

**시설 원에 자재 수출 활성화를 위한
화염확산 억제 알루미늄 스크린 및 생산시스템 개발**
Development of Aluminum Screen with Flame-spread
Prevention Function and Product System for Activation
of Horticultural Materials Export for Greenhouse

(주) 부전

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “시설 원예자재 수출 활성화를 위한 화염확산 억제 알루미늄 스크린 및 생산시스템 개발에 관한 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2016년 01월 20일

주관연구기관명 : (주) 부전
주관연구책임자 : 박 범 순
세부연구책임자 : 박 범 순
협동연구기관명 : 충북대학교
협동연구책임자 : 한 충 수
협동연구기관명 : 공주대학교
협동연구책임자 : 강 태 환
협동연구기관명 : 충북대학교
협동연구책임자 : 이 회 숙
연 구 원 : 홍 미 현
연 구 원 : 지 수 만
연 구 원 : 김 은 숙
연 구 원 : 이 구
연 구 원 : 서 선 희
연 구 원 : 원 진 호
연 구 원 : 조 병 효
연 구 원 : 강 신 형
연 구 원 : 김 현 정
연 구 원 : 안 형 훈
연 구 원 : 계 효 범
연 구 원 : 박 영 미

요 약 문

I. 제 목

시설 원예자재 수출 활성화를 위한 화염확산 억제 알루미늄스크린 및 생산시스템 개발

II. 연구성과 목표 대비 실적

구 분	지식재산권		논문		학 술 발 표	기 술 거 래	교육 지도	사업 화	기술 인증	인력 양성	정책 활용	홍보 전시	기타
	출원	등록	SCI	비 SCI									
최종 목표	3	3		4			2					2	
최종 실적	4	4		1	5		2					6	
목표대비 달성율	133	133		25	500		100					300	

III. 연구개발의 목적 및 필요성

알루미늄 차광 보온 스크린은 국내의 시설 온실에서 반드시 사용해야 하는 시설 원예용 자재로서 원예작물의 경우 적절한 차광을 통해 고품질의 농산물을 생산할 수 있다. 또한 보온성 향상으로 에너지 절감효율을 높여 유류비 절감효과 및 이산화탄소는 배출량을 절감시킬 수 있는 친환경 제품으로 각광을 받고 있다. 그러나 해외로 수출하기 위해서는 준불연 이상의 난연 특성을 지니고 있어야 한다. 플라스틱 및 유리온실의 경우 화재 원인이 다양할 뿐만 아니라, 화재가 발생할 경우 인명 및 재산피해가 크게 발생한다. 따라서 인명 및 재산상의 피해를 최소화하기 위하여 유럽 및 미주지역에서는 농자재의 경우 화염확산억제 특성을 강화시킨 제품만을 사용하도록 허용하고 있고, 화염 억제성을 갖춘 농자재만을 수입하도록 제도적으로 철저히 규제하고 있다. 따라서 알루미늄 차광 보온 스크린의 수출경쟁력을 강화하고, 국내 농업용 및 원예용 하우스의 화재피해 경감을 위하여 화염의 확산을 억제할 수 있는 농업용 알루미늄 스크린과 생산시스템을 개발하고자 한다.

IV. 연구개발 내용 및 범위

1. 시설 원예자재 수출 활성화를 위한 화염확산 억제 알루미늄 스크린 및 생산시스템 개발

<세부과제: (주) 부전>

가. 화염확산 억제 알루미늄 스크린용 소재 탐색 및 개발

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 탐색 및 개발
- (2) 화염확산 억제 PET 탐색 및 개발

나. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템 개발

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산 시스템 설계 및 시작기 제작
- (2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산 시스템의 직조조건 연구
- (3) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 제작용 시작기 보완 연구
- (4) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산에 대한 특성평가

다. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설계
- (2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 시제품 개발

2. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 특성 및 경제성 분석 : <협동과제>

가. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연 및 물리적 특성 분석 <제1협동: 충북대학교>

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연 특성 분석
- (2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 물리적 특성 분석

나. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 온실난방 특성 분석 <제2협동: 공주대학교>

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 열 특성 분석
- (2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 보온재의 난방 특성 비교 분석
- (3) 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린의 난방 특성 비교 분석

다. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 경제성 분석 <제3협동: 충북대학교>

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 부직포와의 화재예방, 설치비용 및 에너지 절감 비교 분석
- (2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린과의 화재예방, 설치비용 및 에너지 절감 비교 분석
- (3) 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린과의 에너지 절약 및 설치비용 절감 비교 분석
- (4) 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 시장성 분석

V. 연구개발결과

1. 시설 원예자재 수출 활성화를 위한 화염확산 억제 알루미늄 스크린 및 생산시스템 개발 가. 화염확산 억제 알루미늄 스크린용 소재 탐색 및 개발

알루미늄 필름과 PET 필름 및 직조사의 탄화거리 시험을 수행하여 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 소재에 대한 화염억제 효과를 분석하였다. 본 연구에서는 가장 이상적인 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설계를 위하여 소재의 폭을 4 mm type과 5 mm type 폭을 비교 하여 작업성과 직조 시간 단축 및 결속강도 내구성 등을 고려하여 설계 하였으며, 화염확산 억제 알루미늄 스크린 제작은 전술한 연구결과를 바탕으로 할로젠 계열 난연제 혼용비율 30%의 알루미늄 필름과 PET 필름 및 난연 직조사를 이용하여 시설 하우스 설치시 가장 많이 사용되는 차광률 55% type과 75% type으로 제작하여 인장강도, 차광률, 투습도, 공기투과도등 물리적 특성을 규명하였다. 또한 제작된 제품의 국내외 방염 Test를 실시하였다.

나. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템 개발

본 연구에서는 농업용 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산을 보다 효율적 이도록 기존 직조 시스템인 라셀기의 구조를 각 단계별로 효율적으로 변형하여 제작 하도록 한다. 첫 번째로 직조사를 빔에 감아서 직조장치에 장착하기 전 단계까지 처리하는 정경장치와 PET 필름 및 알루미늄 필름을 적정한 폭으로 절단하여 보빈에 감아 내는 필름 절단 장치, 정경한 빔과 각 필름별로 감아낸 보빈을 거치대에 장착하여 직조하는 직조 장치, 직조장치에 의해 직조된 알루미늄 스크린 원단을 가공하는 가공 장치를 각각 제작한다.

그리고 제작된 스크린 직조 시스템의 성능과 효율성, 생산된 화염억제 알루미늄 스크린의 품질을 비교 평가 하도록 한다.

다. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발

본 연구에서는 난연성 알루미늄 필름 또는 PET 필름을 폭 4 mm type으로 설계하였다. 폭을 4 mm type으로 설계한 이유는 5 mm type 폭에 비하여 열을 유출할 수 있는 통로는 많아져 다소 보온성이 떨어질 수 있으나 적정 보온력의 확보가 가능하다. 또한 공기의 투과 및 수분의 투과 효과가 더욱 높아져 하우스 내부의 과도한 수분상승을 낮추어 줌으로써 작업의 쾌적성을 높여 효율적인 하우스 관리를 진행할 수 있다. 이외에도 투습성의 향상은 하우스 내부의 과습에 의한 병해충의 서식을 낮추어 작물의 생산성 향상에 기여할 수 있기 때문이다. 또한 화염확산 알루미늄 스크린 직조시 4 mm type이 5 mm type과 비교하여 직조시간 단축 및 결속강도를 강화시켜 내구성을 높이는데 도움이 되기 때문에 Line의 폭을 4 mm type으로 제작하였다.

2. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연성 및 물리적 특성 분석

가. 화염확산 억제 성능 평가

난연성 알루미늄 스크린의 화염 확산 억제 성능 평가는 독일의 방염 시험 검사소(FIRE LABS), 네덜란드의 방염 시험 검사소(Efects) 및 중국 SGS 테스트에서 수행하였고, 각각 개발된 화염 확산 억제 알루미늄 스크린은 방염성능의 조건에 충족하는 것으로 나타났다.

나. 난연성 알루미늄 스크린의 물리적 특성 평가

난연성 알루미늄 스크린의 물리적 특성은 한국 원사 직물 시험 연구원(FITI)에서 기존의 알루미늄 스크린과 난연제의 혼용비율에 따라 20% 혼용한 알루미늄 스크린, 30% 혼용한 알루미늄 스크린 및 40% 혼용한 알루미늄 스크린에 대하여 스크린의 길이 및 폭방향의 인장강도, 차광율, 투습도, 공기투과도를 측정하였다.

난연성 알루미늄 스크린의 물리적 특성 시험결과는 난연성 알루미늄 스크린이 기존 알루미늄 스크린에 비해 인장강도 및 차광율, 공기투과도가 높았고, 투습도는 낮은 것으로 나타났다.

다. 난연사 및 난연성 알루미늄의 인장강도 특성 분석

난연사 및 알루미늄의 인장강도 특성 분석은 난연성 알루미늄 스크린의 제작에 사용된 난연사와 알루미늄의 인장강도를 분석하였다. 난연사는 100, 120, 150 D의 굵기에 따라 측정하였고, 알루미늄은 일반 알루미늄과 난연제 혼용비율에 따라 20% 알루미늄, 30% 알루미늄 및 40% 알루미늄의 인장강도를 측정하였다. 한편, 온도에 따른 인장강도의 특성을 확인하기 위해 5, 25, 30℃인 난연사의 인장강도를 측정하였다.

난연사의 굵기에 따른 인장강도는 난연사의 굵기가 굵을수록 증가하였고, 인장속도에 따른 인장강도는 난연사 굵기별로 임계 인장속도가 존재하는 것으로 나타났으며, 이러한 임계 인장속도를 전후로 동일 난연사 굵기에서 인장강도가 변화하였다.

난연성 알루미늄의 인장강도도 난연사의 인장강도 결과와 마찬가지로 임계 인장강도가 존재하였고, 임계 인장강도를 전후로 인장강도가 변화하였다. 난연제 혼용비율에 따른 인장강도는 난연제 혼용비율이 높을수록 인장강도가 증가하였다.

난연사의 온도에 따른 인장강도는 시료온도가 낮을수록 인장강도가 증가하였으나, 임계인장속도 12cm/min 이후에는 5℃ 시료의 인장강도가 감소하여 시료온도 25℃의 인장강도가 가장 높은 값을 나타내었다.

난연제 혼용비율별 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화는 난연성 알루미늄의 온도에 따른 평균 인장강도는 큰 차이를 나타내지 않았고, 난연성 알루미늄의 온도에 상관없이 난연제의 혼용비율이 높을수록 인장강도가 증가하였으며, 임계 인장속도가 존재하는 것으로 나타났다.

난연사 및 알루미늄의 인장강도 특성 분석은 난연성 알루미늄 스크린의 제작에 사용된 난연사와 알루미늄의 인장강도를 분석하였다. 120D 난연사와 난연제 혼용비율에 따른 20% 알루미늄, 30% 알루미늄 및 40% 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 특성을 분석하기 위해 0, -5, -10 ℃

의 저온창고에서 4시간동안 템퍼링 후 인장강도를 측정하였다.

난연사의 온도에 따른 인장강도는 시료온도 0℃가 시료온도 -5, -10 ℃에 비해 인장강도가 증가하였으며, 임계 인장속도는 10cm/min 이후에는 인장강도가 점차 감소하였다.

난연제 혼용비율별 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화는 난연성 알루미늄의 온도에 따른 평균 인장강도는 큰 차이를 나타내지 않았고, 난연성 알루미늄의 온도에 상관없이 난연제의 혼용비율이 높을수록 인장강도가 증가하였으며, 임계 인장속도가 존재하는 것으로 나타났다.

라. 난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄의 접착력 분석

난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄의 접착력 분석에서는 난연제 혼용 비율에 따른 접착력을 분석하였다. 분석에 사용된 알루미늄의 난연제 혼용 비율은 20%, 30%, 40% 알루미늄이며 알루미늄이 끊어지기 직전의 순간을 촬영하여 접착력을 분석하였다.

난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄의 접착력은 난연제의 혼용 비율이 높을수록 접착력이 떨어지는 것을 확인하였으며, 이는 난연제의 혼용비율이 높아 접착력이 떨어진 것으로 판단된다.

3. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 온실난방 특성 분석

난방특성 분석에 사용된 알루미늄 스크린은 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 실험구로 사용하였고, 대조구로는 일반 시중에 유통되고 있는 일반 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린을 사용하여 난방특성을 분석 하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린의 난방특성 분석

일정기간 기준 하우스 내부온도는 실험구가 대조구와 비교하여 0.2~1.6℃ 높은 것으로 나타났다, 일정기간 기준 1중과 2중 하우스 사이 온도는 실험구 온실이 대조구 온실보다 1.9~3.0℃ 낮은 것으로 나타났다. 일정기간 기준 하우스 외피를 통해 손실된 누적열량은 실험구가 대조구보다 하우스 전방, 중앙, 후방 및 측면에서 각각 300.5, 234.0, 358.9, 65.3 kJ/h 적은 것으로 나타났다. 일정기간 기준의 환기 손실열량도 약 8 kJ/h 정도 실험구가 대조구보다 손실열량이 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다. 토양을 통한 손실열량은 실험구가 대조구보다 일정기간 기준은 약 23 kJ/h 정도 손실열량이 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다. 태양으로부터 하우스 내부로 공급된 일일 기준 누적 공급열량은 총 10,045.5 kJ/h 이었고, 일정기간 기준 누적 공급열량은 총 8324.9 kJ/h의 열량이 공급된 것으로 나타났다. 온풍난방기를 통해 공급된 누적 공급열량은 외기온이 최저기온이 0℃ 이하이었던 2월 21일부터 2월 27일까지 7일간을 기준으로 실험구가 대조구에 비해 18,000 kJ/h 공급열량이 적은 것으로 나타나 약 16% 정도 에너지가 절감되는 것으로 나타났다.

이상의 결과로부터 화염확산 억제 알루미늄 스크린이 일반 알루미늄 스크린보다 보온성이 높고, 난방 에너지가 절감되는 것으로 나타났다.

나. 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린의 난방특성 분석

일정기간 기준 하우스 내부 온도는 실험구가 대조구보다 0.9 °C 정도 낮은 것으로 나타났다. 하우스 사이 온도의 경우에는 실험구가 대조구보다 2.6 °C 정도 낮은 것으로 나타났고, 피복재를 통한 손실열량도 실험구가 대조구보다 약 58.5 kJ/hr 높게 나타났으나 큰 차이는 없었다. 또한 토양을 통한 손실열량과 환기를 통한 손실열량도 실험구와 대조구에서 유사하게 나타났다. 한편, 실험구와 대조구의 하우스 난방을 위해 공급된 연료량은 실험구가 대조구보다 0.46 L/day 정도 많이 소비되는 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다.

이상의 결과로부터 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린의 보온성에 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

4. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 경제성 분석

본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 경제성은 크게 거시적 측면과 미시적 측면에서 분석하였다. 거시적 측면의 경제성분석 결과, 수입대체 효과(외화절약 효과)는 2015년 현재 수입하고 있는 총 물량 50 m²를 100%, 80%, 60% 대체가 가능하다고 가정할 경우, 각각 2,250,000 천원, 1,800,000 천원, 1,350,000 천원의 효과가 있는 것으로 분석되었다. 이러한 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 대체효과는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 사용을 계획하고 있는 농가의 이익으로 귀속되는 효과를 갖는다. 즉, 현재 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치를 하고 있는 농가 중 본 연구에서 개발한 제품으로 100%, 80%, 60%로 각각 대체할 경우, 농가 전체에 귀속되는 이익은 750,000 천원, 60,000 천원, 45,000 천원으로 각각 산출된다. 또한 2015년 기준 농예용 온실 재산 피해액인 1,480,000 천원의 80%만 감소시킬 수 있어도 약 1,184,000 원 정도의 재산피해라는 사회적 비용이 연간 감소될 수 있을 것이다.

미시적 측면에서 개별 농가(일반 알루미늄 스크린 설치를 계획하고 있는 1,000 m² 규모의 하우스 시설을 가지고 고추를 재배하는 농가)가 본 연구에서 개발된 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 이용할 경우, 농가가 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 대체하는데 드는 추가비용은 720 천원임에 비해, 하우스 화재위험에 대비하기 위해 지불하는 보험료는 연 약 3,000 천원, 알루미늄 내용연수 7년에 해당되는 기간 동안의 총 보험료는 약 21,000 천원으로 분석되었다.

이상의 경제성 분석 결과에 기초해 볼 때, 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 경제성은 매우 크다고 결론을 내릴 수 있다.

VI. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 화염확산 억제 성능을 갖춘 알루미늄 스크린을 생산함으로써 해외 수출을 위한 기술 경쟁력 확보
2. 화염확산 억제 알루미늄 스크린에 대한 생산 시스템을 구축하여 체계적이고 안정적인 생산도모
3. 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 개발함으로써 하우스 화재로 인한 인명 및 재산피해의 최소화
4. 고품질 화염확산 억제 알루미늄 스크린개발 및 보급으로 국내외 스크린 시장 확대 및 수출 증진
5. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 개발을 통한 기술성의 향상 및 사업화를 통한 적정 이윤 추구
6. 수입산 방염 차광 보온재에 대한 수입 대체 효과 증진 및 수출 경쟁력 증대

SUMMARY

The purpose of this study was to develop aluminum screen with flame-spread prevention function for greenhouse. The physical properties of aluminum screen developed in this study was analyzed by domestic and foreign official testing agencies. And after fitting developed aluminum screen to the greenhouse, it's heating properties were analyzed. Further, it was analyzed how aluminum screen was efficient economically in terms of micro and macro aspects.

The main results were as following.

I . Development of flame-retardant aluminum screen and product system for activation of horticultural materials export for greenhouse

Weather proof and adhesion strength were analyzed according to mixing ratios and evaporation coating methods of flame-retardant aluminum film and PET film. And carbonization distance of flame-retardant aluminum film, PET film, and weaving thread were examined, and the effects of flame-retardant materials were analyzed. As the results, the carbonization distance of flame-retardant PET film was found to be 105mm, and no flame-spread. In the case of flame-retardant aluminum film, the carbonization distance of laminating method was found to be shorter than evaporation coating method. And with conditions of mixing ratios 30% and 40%, the carbonization distance was turned out below 180mm. Also the remaining time of flam was 0. These results were satisfied with all criteria. Therefore, the method of aluminum laminating film type with 30 : 70 mixing ratio of Halogen series flame retardant and adhesive could be the best way for manufacturing of flame-retardant aluminum screen.

The tolerating level of immersion(adhesive strength) of aluminum film was found that the aluminum film laminated with Halogen series flame retardant is excellent, resulting from no detach between PET film and aluminum film. The carbonization distance of flame-retardant weaving thread was found to be average 10.6 cm, which means that the effect of flame retardant is excellent.

The flame-retardant aluminum screen was designed with three layers of aluminum film, laminated by flame-retardant PET film and aluminum hoil. Especially, by designing bonding layer of flame-retardant PET film and aluminum film, the function of resistance to flame made increased. The sample of flame-retardant aluminum screen was made of mixing ratio 30% of adhesive, and the YES 55 type and YES 75 type were used as the

model of screen. For YES 75 type, the tensile strength showed 190N in the length and width direction, which showed higher tensile strength than YES 55 type. For YES 75 type, shading ratio showed best in the aluminum screen with conditions of Halogen series flame retardant mixing ratios of 30% and 40%. There were no differences in the moisture and air permeability according to mixing ratios of flame retardant. The results of performance evaluation for flame retardant by FITI showed that in the case of carbonization distance, YES 55 type and YES 75 type were satisfied with the criterion. The results of performance evaluation for flame retardant by effects in Netherlands showed that YES 55 type and YES 75 type were satisfied with the criterion.

The weaving system of flame-retardant aluminum screen was consisted of warping device, slitter device, krill device, and processing device for aluminum screen fabric. And a beam was developed for weaving device with 42 pieces of thread in a 4 m width. It was developed that slitter device is consisted of film cradle and tension control roller, cutter, outlet, and krill device. The results of performance evaluation for slitter device showed that the level of evenness of experimental sample was higher than control sample, by 100% in the upper side, 99% in the bottom side. It was developed that the weaving device was consisted of pattern gear for determining weaving types, weaving bar, film guide, weaving thread guide, and weaving pine. The results of performance evaluation for weaving device showed that average producing speed was 24.4 m/hr and average defective production was 0.4 time per 10 minutes. These results means that weaving device developed in this study shows a little higher efficiency than existing weaving device.

II. The analysis of flame retarding and physical properties of flame-retardant aluminum screen

The performance evaluation for preventing flame spread of flame-retardant aluminum screen was conducted by FIRE LABS in Germany, Effects in Netherlands, and SGS test in China respectively. And the flame-retardant aluminum screen developed in this study was satisfied with all performance evaluations.

Flame-retardant waving thread were measured the differences of properties of tensile strength according to 100, 120, 150 D. Also, the properties of tensile strength of aluminum films, which manufactured with mixing ratios of 20, 30, 40% of Halogen series, were measured. Further, for finding the properties of tensile strength according to temperature, tensile strength of flame-retardant weaving thread and aluminum film were measured under conditions of 5, 25, 30°C respectively. As the results, tensile strength of

flame-retardant weaving thread was increased with the thickness of thread. It turned out that there were critical velocity in the tensile strength with velocity of flame-retardant weaving thread according to the thickness of thread. That is, the tensile strength changed right before and after critical velocity value. The higher mixing ratio of flame retardant, the higher tensile strength of Halogen series flame-retardant aluminum film. And the lower temperature of it, the higher tensile strength of flame-retardant weaving thread. However, after critical tensile velocity of 12 cm/min, the tensile strength of sample with 5°C was decreased, and the tensile strength of sample with 25°C showed highest value. Further the tensile strength of Halogen series flame-retardant aluminum film according to temperature, did not show significant differences.

Adhesive strength experiment was conducted according to 20%, 30%, 40% mixing ratio of flame-retardant, and was conducted by taking a picture when right before aluminum is cutting. The results showed that the higher mixing ratio of flame-retardant, the lower adhesive strength.

III. The heating characteristics analysis of greenhouse with flame-retardant aluminum screen

The differences of heating properties and temperature changes in the inside/outside of greenhouse were analyzed between flame-retardant aluminum screen developed in this study (YES 75 type, experimental group) and non-inflammable aluminum screen (control group).

It was turned out that the temperature of inside of greenhouse for experimental greenhouse showed higher temperature by average 1°C than control greenhouse. For the temperature of space between first and second layers of greenhouse, it was found that experimental greenhouse showed lower temperature by average 2.5°C than control greenhouse. For the accumulated losing energy through outer cover of greenhouse, it was found that experimental greenhouse showed lower level by average 250 kJ/h than control greenhouse. The losing energy through greenhouse ventilation showed no difference between experimental greenhouse and control greenhouse. And for the losing energy through soil of greenhouse, it was found that experimental greenhouse showed higher energy by about 12-23 kJ/h than control greenhouse. For the accumulated energy through hot air heating, it was found that experimental greenhouse showed lower energy by average 18,000 kJ/h than control greenhouse. This result means that experimental greenhouse saved energy by 16% comparing to control greenhouse. Above results showed that flame-retardant aluminum screen developed in this study has higher level of

thermo-keeping and higher level of energy saving than non-inflammable aluminum screen.

The differences of heating properties and temperature changes in the inside/outside of greenhouse were analyzed between flame-retardant aluminum screen developed in this study (YES 75 type, experimental group) and foreign made, flame-retardant aluminum screen (control group).

For the temperature of inside of greenhouse, it was found that the temperature for experimental group showed lower by 0.9 °C than control group. For the temperature of space between first and second layers of greenhouse, it was found that experimental greenhouse showed lower temperature by average 2.5°C than control greenhouse. The accumulated losing energy through outer cover of greenhouse, the losing energy through greenhouse ventilation, and the losing energy through greenhouse ventilation showed no difference between experimental greenhouse and control greenhouse. Further, the fuel for heating consumed more by 0.46 L/day for experimental group than control group, which showed almost no difference.

Above results showed no difference in thermo-keeping between flame-retardant aluminum screen developed in this study and foreign made, flame-retardant aluminum screen.

IV. Economic effect analysis of flame-retardant aluminum screen

Economic effects of flame-retardant aluminum screen developed in this study was analyzed in terms of micro and macro economic aspects. In the macro economic aspect, economic effect was analyzed under conditions that the total import volume of flame-retardant aluminum screen is about 50 m² in 2015, and it is possible that import substitution rates were 100%, 80%, 60% respectively. The results showed that the economic values of 2.25 billion won (100% import substitution rates), 1.8 billion won (80% import substitution rates), and 1.35 billion won (60% import substitution rates) respectively. When if current farms, which has been using imported flame-retardant aluminum screen, were replacing it to flame-retardant aluminum screen developed in this study by 100%, 80%, 60% respectively, the farms could save the cost from flame-retardant aluminum screen developed in this study by 750 million won, 60 million won, and 45 million won respectively. Further, the saving social cost from fire prevention could be 1.184 billion won.

In the micro aspect, if a farm, which has typical sized (1,000 m²) greenhouse, growing red paper, and planning non-flame retardant aluminum screen installation, want to install flame-retardant aluminum screen developed in this study, the farm may pay additional cost of 720,000 won. Comparing with this, if the farm choose fire insurance instead of choosing

flame-retardant aluminum screen, then the farm should pay 21,000,000 won for fire insurance. Above results showed that the economic effect of flame-retardant aluminum screen developed in this study was turned out very efficient comparing to the imported one.

Keywords: Flame-spread prevention, Aluminum screen, Product system, Thermo-keeping, Horticultural materials

CONTENTS

Chapter 1. Summary and Purpose of Study	1
Section 1 The purpose of study	1
Section 2 The significance of study	3
1. The significance of study	3
A. Current situations	3
(1) Domestic situations	3
(2) Foreign situations	4
B. Problems	5
C. The needs of Development	6
(1) Technical aspect	6
(2) Economical aspect	6
(3) Sociocultural aspect	8
Section 3 Contents and scope of study	10
Section 4 The study goal outcome vs actual outcome	11
Chapter 2. Current Situations of Technical Development	12
Section 1 Domestic related technique	12
Section 2 Foreign related technique	14
Chapter 3. Performance and Results of Study	16
Section 1 Development of flame-retardant aluminum screen and product system	16
1. Development of flame-retardant aluminum screen material	16
A. Manufacturing experimental product of flame-retardant aluminum screen ·	16
(1) Manufacturing flame-retardant aluminum screen	16
(2) Flame-retardant adhesive properties	16
(3) Applying flame-retardant adhesive	17
(4) Manufacturing experimental product of flame-retardant PET	19
B. Performance evaluation of flame-retardant aluminum screen	21
(1) Measurement of wether proof	21
(2) Measurement of flame retardancy	23
(A) Existing aluminum film	23
(B) 20% of mixing ratio of flame retardant	23
(C) 30% of mixing ratio of flame retardant	24

(D) 40% of mixing ratio of flame retardant	25
2. Development of product system of flame-retardant aluminum screen	27
A. Designing of experimental product	27
(1) Designing of experimental product	27
(2) Designing of slitter device	27
B. Manufacturing experimental product	28
(1) Improvement work of a pilot device	28
(2) Improvement work of weaving device roller	28
(3) Improvement work of fabricated device	29
(4) Installation of slitter device	30
(5) Strength and weakness	30
C. Test of experimental product	31
(1) Test of slitter device	31
(2) Checking the performance possibility of cutting film with uniform size	31
(3) Checking the efficiency of connecting work and keeping proper rep count between slitter and krill devices	32
(4) Quality test of slitter device	33
(5) Optimum condition for weaving	35
(A) Experimental method	35
(B) Experiment results	36
3. Development of flame-retardant aluminum screen	38
A. Manufacturing flame-retardant aluminum screen	38
4. Participation of Related Exhibitions held inside and outside of country	39
5. Summary and conclusion	41

Section 2 The analysis of flame retardancy and physical properties of

flame-retardant aluminum screen	42
1. The analysis of flame retardancy characteristics of flame-retardant aluminum screen	42
A. B1 test by Flame Resistance Examination LABS in Germany(FIRE LABS)	42
(1) The B1 test result of YES White 55	42
(2) The B1 test result of YES White 75	46
(3) The B1 test result of YES White 90	50
(4) The B1 test result of YES White 95	54
B. The test results of Flame Examination Office in Netherlands(Efectis)	58
(1) YES WHITE 55	58
(2) YES WHITE 75	61

C. The test results of SGS in China	65
(1) YES WHITE 55	65
(2) YES WHITE 95	67
D. Choosing proper heat insulating materials in terms of B1 flame retardant test	70
2. Evaluation of physical properties of flame-retardant aluminum screen	70
A. Testing materials	70
B. Measurement items	70
C. Evaluation results of physical characteristics	71
3. The characteristics of tensile strength of flame-retardant thread and aluminum screen ..	72
A. Experimental materials	72
B. Experimental equipment	72
C. Experimental method	74
D. Results of experiment	74
(1) Analysis of tensile strength of flame-retardant thread according to tensile speed	74
(2) Analysis of tensile strength of aluminum according to tensile speed	76
(3) Analysis of tensile strength of 120 D flame-retardant thread according to temperature	78
(4) Analysis of tensile strength of aluminum mixed with flame retardancy according to temperature ..	80
(5) Analysis of tensile strength of 120 D flame-retardant thread in the low temperature	84
(6) Analysis of tensile strength of aluminum mixed with flame retardancy in the low temperature	86
4. Analysis of adhesive strength of aluminum according to mixing ratios of flame retardancy	90
A. Experimental materials	90
B. Experimental equipment	90
C. Experimental method	90
D. Results of experiment	90
5. Summary and conclusion	92
Section 3 Analysis of heating characteristics of flame-retardant aluminum screen ..	94
1. Materials and methods	94
A. Experimental materials	94
B. Experimental equipment	94
(1) Experimental greenhouse	94
(2) Heating system of experimental greenhouse	97

(3) Temperature sensor installation and temperature measurement	98
C. The analysis method of heating characteristics	99
2. Comparisons of heating characteristics between flame-retardant aluminum screen and non-flame-retardant aluminum screen	101
A. Temperature changes of inside of greenhouse	101
(1) Temperature changes of inside of greenhouse based on a day	101
(2) Temperature changes of inside of greenhouse based on a certain period ..	102
B. Temperature changes of day and night of space between first and second layers of greenhouse based on a day	103
(1) Ceiling part	103
(2) Side part	105
C. Temperature changes of day and night of space between first and second layers of greenhouse based on a certain period	106
(1) Ceiling part	106
(2) Side part	108
D. Analysis of heating characteristics	109
(1) Losing energy through greenhouse cover based on a day	109
(2) Losing energy through greenhouse cover based on a certain period	111
(3) Losing energy through greenhouse ventilation based on a day	113
(4) Losing energy through greenhouse ventilation based on a certain period ..	114
(5) Losing energy through greenhouse soil based on a day	115
(6) Losing energy through greenhouse soil based on a certain period	116
(7) Supplying energy from the sun	117
(8) Supplying energy from hot air heater	118
3. Comparisons of heating characteristics between flame-retardant aluminum screen developed in this study and imported one	119
A. Temperature changes of inside of greenhouse based on a day	119
B. Temperature changes of day and night of space between first and second layers of greenhouse based on a certain period	120
C. Analysis of heat characteristics	121
(1) Losing energy through greenhouse cover	121
(2) Losing energy through greenhouse ventilation	122
(3) Losing energy through greenhouse soil	123
(4) Supplying energy from the sun	124
(5) Supplying energy from hot air heater	125
4. Summary and conclusion	126

A. Analysis of heating characteristics of between flame-retardant aluminum screen developed in this study and non-flame-retardant aluminum screen	126
B. Analysis of heating characteristics of between flame-retardant aluminum screen developed in this study and imported one	126
Chapter 4. Economic analysis of developed flame-retardant aluminum screen	127
1. Economic analysis	127
A. Production costs of developed flame-retardant aluminum screen	127
(1) Installation cost of product system	127
(2) Production costs of developed flame-retardant aluminum screen	128
(A) Installation cost of product system	128
(B) Labor cost	129
(C) Raw material cost	129
B. Retail price of developed flame-retardant aluminum screen for farms	129
2. Estimation of economic effects in terms of macro aspects	130
A. Import-substituting effect and farm income effect	130
(1) In the case of import substitution rate 100%	130
(2) In the case of import substitution rate 80%, 60%	131
B. Economic effect of increasing demand of developed flame-retardant aluminum screen	131
(1) In the case of import substitution rate 100%	132
(2) In the case of import substitution rate 80%	132
(3) In the case of import substitution rate 60%	133
C. Saving effect of social cost through flame-spread prevention of greenhouse	134
3. Estimation of economic effects in terms of micro aspects	134
A. Installation of aluminum screen	134
(1) In the case of farm planning installation with imported flame-retardant one	134
(2) In the case of farm planning installation with non-flame-retardant one	134
(A) Additional cost for substituting with flame-retardant aluminum screen developed in this study	135
(B) Cost from fire insurance	135
B. Saving effect of heating cost	137
C. Summary	139
4. Summary and conclusion	140
Chapter 5. The Achievement Level of Study Purpose and the level of contribution	142

Chapter 6. Study Outcomes and Plans of Applying Study Outcomes	145
Chapter 7. Foreign Scientific Technique Informations Collected for This Study	147
Chapter 8. Facilities and Equipments for Study	147
Chapter 9. Performance Results of Safe Management of Laboratory	147
Chapter 10. Reference	148

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과 목표	1
제 1 절 연구개발의 목적	1
제 2 절 연구개발의 필요성	3
1. 연구개발의 필요성	3
가. 국내외 현황	3
(1) 국내 현황	3
(2) 외국 현황	4
나. 문제점	5
다. 개발의 필요성	6
(1) 기술적 측면	6
(2) 경제적 측면	6
(3) 사회 문화적 측면	8
제 3 절 연구내용 및 범위	10
제 4 절 연구성과 목표 대비 실적	11
제 2 장 국내외 기술개발 현황	12
제 1 절 국내의 관련기술	12
제 2 절 외국의 관련기술	14
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	16
제 1 절 화염확산 억제 알루미늄 스크린 및 생산시스템 개발	16
1. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 소재 개발	16
가. 화염확산 억제 알루미늄 시제품 제작	16
(1) 화염확산 억제 알루미늄 제작	16
(2) 난연 접착성	16
(3) 난연 접착제 적용	17
(4) 화염확산 억제 PET 시제품 제작	19
나. 화염확산 억제 알루미늄 필름 성능평가	21
(1) 내후성 측정	21
(2) 화염 억제성	23
(가) 기존 알루미늄 필름	23
(나) 난연제 혼용 비율 20%	23
(다) 난연제 혼용 비율 30%	24
(라) 난연제 혼용 비율 40%	25

2. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템 개발	27
가. 시작기 설계	27
(1) 시작기 설계	27
(2) 슬리터장치 설계	27
나. 시작기 제작	28
(1) 파일럿 장치 개선작업	28
(2) 직조장치 롤러 개선작업	28
(3) 가공장치 개선작업	29
(4) 슬리터 장치 설치	30
(5) 장점 및 개선점	30
다. 시작기 시운전	31
(1) 슬리터 시운전	31
(2) 균일한 필름 사이즈로의 절단 작업에 대한 수행 가능 여부 확인	31
(3) 슬리터와 크릴장치 간의 적절한 회전수 유지 및 연계작업 효율성 확인	32
(4) 슬리터장치 품질 시험	33
(5) 직조 최적 조건 설정	35
(가) 시험 방법	35
(나) 시험결과	36
3. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발	38
가. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 제작	38
4. 관련 국내외 박람회 참전	39
5. 요약 및 결론	41
제 2 절 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연성 및 물리적 특성 분석	42
1. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연 특성 분석	42
가. 독일 방염 시험 검사소(FIRE LABS)의 B1 테스트	42
(1) YES White 55의 B1 테스트 결과	42
(2) YES White 75의 B1 테스트 결과	46
(3) YES White 90의 B1 테스트 결과	50
(4) YES White 95의 B1 테스트 결과	54
나. 네덜란드 화염 시험 검사소(Efectis)의 테스트 결과	58
(1) YES WHITE 55	58
(2) YES WHITE 75	61
다. 중국 SGS의 테스트 결과	65
(1) YES WHITE 55	65
(2) YES WHITE 95	67
라. B1 방염 테스트를 통한 적정 보온재 선정	70

2. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 물리적 특성 평가	70
가. 공시재료	70
나. 측정항목	70
다. 물리적 특성 평가 결과	71
3. 난연사 및 알루미늄의 인장강도 특성 분석	72
가. 공시재료	72
나. 실험장치	72
다. 실험방법	74
라. 실험결과	74
(1) 난연사의 인장속도에 따른 인장강도 분석	74
(2) 알루미늄의 인장속도에 따른 인장강도 분석	76
(3) 120D 난연사의 온도에 따른 인장강도 분석	78
(4) 난연제 혼용 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 분석	80
(5) 저온에서의 120D 난연사 인장강도 분석	84
(6) 저온에서의 난연제 혼용 알루미늄 인장강도 분석	86
4. 난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄의 접착력 분석	90
가. 공시재료	90
나. 실험장치	90
다. 실험방법	90
라. 실험결과	90
5. 요약 및 결론	92
제 3 절 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난방 특성 분석	94
1. 재료 및 방법	94
가. 공시재료	94
나. 실험장치	94
(1) 실험용 하우스	94
(2) 실험용 하우스 온실 난방 시스템	97
(3) 난방특성 분석을 위한 온도센서 설치 및 측정	98
다. 열 특성 분석 방법	99
2. 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린의 난방특성 비교 분석 ..	101
가. 하우스 내부 온도 변화	101
(1) 일일기준 내부온도 변화	101
(2) 일정기간 기준 내부온도 변화	102
나. 일일 기준 하우스 사이의 주야간 온도 변화	103
(1) 천정부	103
(2) 측면부	105

다. 일정기간 기준 하우스 사이 주야간 온도변화	106
(1) 천정부	106
(2) 측면부	108
라. 열 특성 분석	109
(1) 일일 기준 하우스 외피를 통한 손실열량	109
(2) 일정 기간 기준 하우스 외피를 통한 손실	111
(3) 일일 기준 하우스 환기를 통한 손실열량	113
(4) 일정 기간 기준 하우스 환기를 통한 손실열량	114
(5) 일일 기준 하우스 토양을 통한 손실열량	115
(6) 일정 기간 기준 하우스 토양을 통한 손실열량	116
(7) 태양으로부터의 공급열량	117
(8) 온풍 난방기를 통한 공급열량	118
3. 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린의 난방특성 비교 분석 ·	119
가. 일정기간 기준 하우스 내부 온도 변화	119
나. 일정기간 기준 하우스 사이 주야간 온도 변화	120
다. 열 특성 분석	121
(1) 하우스 외피를 통한 손실열량	121
(2) 하우스 환기를 통한 손실열량	122
(3) 하우스 토양을 통한 손실열량	123
(4) 태양으로부터의 공급열량	124
(5) 온풍 난방기를 통한 공급열량	125
4. 요약 및 결론	126
가. 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린의 난방특성 분석	126
나. 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린의 난방특성 분석	126
제 4 장 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발에 따른 경제성 분석	127
1. 경제성 분석방법	127
가. 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산비용	127
(1) 생산시스템 설치비용	127
(2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산비용	128
(가) 생산시스템 설치비용	128
(나) 인건비로 인한 비용	129
(다) 생산원료 비용	129
나. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 농가보급 책정가격	129
2. 거시적 측면의 경제적 효과	130
가. 수입대체 효과 및 농가수익 효과	130

(1) 현재 수입량을 100% 대체할 경우	130
(2) 현재 수입량을 80%, 60% 대체할 경우	131
나. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 수요증가에 따른 경제성	131
(1) 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 100% 대체	132
(2) 수입산 화염확산 억제 스크린 80% 대체	132
(3) 수입산 화염확산 억제 스크린 60% 대체	133
다. 하우스 화재 확산 억제를 통한 사회적 비용 절감효과	134
3. 미시적 측면의 경제성 분석	134
가. 알루미늄 스크린 설치	134
(1) 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치를 계획하고 있는 농가의 경우	134
(2) 일반 알루미늄 스크린 설치를 계획하고 있는 농가의 경우	134
(가) 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 대체하는 경우 추가비용	135
(나) 화재보험가입으로 인한 보험료 비용	135
나. 난방비 절약효과	137
다. 소결	139
4. 요약 및 결론	140
제 5 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	142
제 6 장 연구성과 및 성과 활용 계획	145
제 7 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	147
제 8 장 연구시설·장비 현황	147
제 9 장 연구실 안전관리 이행실적제	147
제 10 장 참고문헌	148

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과 목표

제 1 절 연구개발의 목적

시설농업에서의 온실난방은 태양열, 온풍난방기, 지열 등 다양한 열원이 난방에 사용되고 있으나 약 94%가 유류 난방기에 편중되어 국제유가 변동에 매우 취약한 구조를 가지고 있다. 따라서 온실난방에 제공되는 외부열원을 보다 효율적으로 이용하기 위해서는 피복제와 차광보온 커튼의 상호 작용을 통한 에너지 손실 방지가 매우 중요하다. 그 중 차광보온 겸용 커튼인 알루미늄 스크린은 현재 국내에서 시설하우스에 널리 사용되고 있는 시설 원예용 자재로 주목을 받고 있다.

한편 국내의 화염확산 억제 차광보온 커튼제품은 대부분 난연제를 코팅 처리하여 화염억제성이 작용하도록 제작하고 있다. 그러나 실제 화재 발생시 화염확산 억제 효과가 미흡하기 때문에 대부분의 제품을 외국으로부터 수입하여 시설 하우스에 설치하고 있다. 국내의 경우 아직 농민들의 화재에 대한 인식변화가 낮아 방염 자재 및 방염 제품에 대한 시장규모도 매우 작은 실정이고, 이로 인해 방염 및 난연성 제품의 개발 및 시설원에 시장에 공급되는 제품 종류와 양도 적은 편이다. 특히 농업용 시설원에 온실 부문에는 원예 작물 재배농가들의 하우스 시설은 각종 전기장치와 저유시설을 갖추고 있고, 난방기를 가동하여 겨울철 난방을 실시하는 경우가 많으나 화재에 대한 위험성 인식과 방염자재를 통한 화재 예방 및 확산 저지에 대한 필요성을 느끼지 못하는 경우가 대부분이다.

그러나 최근 일부 시설하우스 경영 농가를 중심으로 화재피해를 경감할 수 있는 차광보온 커튼의 필요성이 대두되고 있고, 화재에 대비하고자 하는 인식이 확산되면서 화염확산 억제 알루미늄 스크린에 대한 잠재 수요가 실수요로 변화하여 매년 증가하고 있는 실정이다. 따라서 시설하우스 화재 발생 시 초기 화염확산을 억제시킬 수 있도록 기능성을 강화한 고품질의 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 개발이 필요하다.

미주 및 유럽지역에서의 난연성 알루미늄 스크린은 자국의 난연성 기준에 맞추어 준 불연성 이상만을 사용할 수 있도록 규정하고 있기 때문에 화재 발생 시 화염을 억제할 수 없는 일반 시설원예자재의 경우 사용을 제한하고 있다. 난연성 농자재 시장이 가장 폭넓게 형성된 유럽의 경우에는 다양한 난연성 제품들이 출시되고 있고, 난연성에 대한 엄격한 기준을 적용하고 있으며, 난연성 제품에 대한 연구개발이 많이 이루어져 왔다.

국내에서는 알루미늄 스크린의 공급이 증가됨에 따라 알루미늄에 대한 물리적 난방특성 연구를 진행하고 있다. Chang 등(1996)은 시설하우스에서 이용하고 있는 보온커튼의 종류, 두께, 물리적 특성 및 광학적 특성을 시험 분석하였다. 이외에도 각종 농산물의 차광재배를 통하여 농산물의 품질향상을 위한 연구(Roh 등 1994, Chio 등 2001, Kwon 등 2004, Lee 등2007)를

진행 하였고, 온실용 슝 쉬는 알루미늄 슝크린의 물리적 특성에 관한 연구를 Choi 등(2014)이 함으로써 차광 보온재를 활용한 작물의 생장 특성에 대한 연구가 이루어져 왔다. 그러나 화염 확산 억제 알루미늄 슝크린에 대한 보온성 및 차광성에 대한 연구는 단편적이고 일률적인 연구에 그치고 있다. 또한, 난방특성에 대한 정확한 규명이 이루어지지 않아 이에 대한 연구가 매우 필요한 실정이고, 농업용 화염확산 억제 알루미늄 슝크린 생산을 위한 직조 시스템에 대한 연구도 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 알루미늄 차광 보온 슝크린의 수출경쟁력을 강화하고, 국내 농업용 및 원예용 하우스의 화재피해 경감을 위하여 화염확산 억제 소재 개발과 직조시스템을 개발한 후 개발 제품을 설치한 온실 내부의 난방특성 및 경제성을 분석하였다.

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 연구개발의 필요성

가. 국내의 현황

(1) 국내 현황

- (가) 국내 보온커튼 시장은 크게 부직포, 알루미늄 스크린시장으로 나뉘어 있으며 겨울철 에너지 절감을 위해 다겹 보온 커튼이 공급되고 있다. 또한 국내 하우스의 대부분은 플라스틱 하우스로 화재발생에 매우 취약하여 매년 천 여건이상의 하우스 화재발생 건수가 신고 되고 있으나 농가에 만연된 화재불감증으로 이에 대한 대비가 취약한 실정이다.
- (나) 매년 인명피해는 18명 이상 발생하고 있으며 재산피해도 매년 80억 원 이상이 보고되고 있어 이에 대한 대비책 마련이 시급한 실정이며, 국내에서는 거의 대부분의 화염확산 억제 알루미늄 스크린 제품을 수입에 의존하고 있으며, 화염확산 억제 및 제품개발 연구 또한 상당히 미진한 실정이다.
- (다) 국내 난연성 알루미늄 스크린은 PET필름 상단부 단면에만 난연제를 도포하여 코팅한 후 난연 처리된 제품이 특허로 등록되어 있으나 화재발생시 화염이 하단부에 서부터 전이되므로 이로 인해 화염 억제 효과가 상당히 떨어지며, 또한 선난연 처리된 제품이 후난연 처리된 제품에 비하여 화염억제 성능이 우수하므로 선난연 처리 제품의 연구 및 개발 필요성이 높아지고 있는 추세이다. 이에 관련하여 (주) 부전은 2011년 연구가 마감된 알루미늄 방염 보온재 개발 과제에서 최대 화염크기, 최대화염 발생시간, 한도마크 도달전 진화시간 등의 화염확산 억제 제품 개발 기초연구를 수행한 결과 선 방염 처리된 제품이 후방염 처리된 제품에 비하여 화염억제 성능이 우수하다는 결과를 얻었다.
- (라) 이러한 결과를 토대로 방염 보온재의 시제품의 개발은 이루어졌으나 방염접착제의 균일한 도포가 이루어지지 않아 화재발생시 화염억제 성능의 재현성 문제가 쉽게 해결되지 않았으며, 향후 본 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 개발하여 보급할 경우 하우스 내 화염전이가 일어나지 않아 화재 피해를 경감할 수 있어 농가의 호응이 클 것으로 기대된다.
- (마) 농업용 알루미늄 스크린을 직조하는 장치로는 라셀기를 사용하고 있으나 국내 라셀기의 개발연구는 대부분 어망 또는 의류 생산을 위한 용도로 개발되었고 개선되어 왔다. 일반적인 직조기의 종류는 루프 방향에 따라 루프가 세로방향으로 형성되는 경편물과 루프가 가로방향으로 형성되는 위편물로 나뉘어지며, 농업용 알루미늄 스크린을 생산하기 위해 사용하는 장치는 섬유제작용 경편기인 라셀기를 알루미늄 스크린 생산에 적합하도록 부속 및 부가장치를 개선하여 사용하여왔다. 따라서 기존의 직조장치를 사용하여 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 생산할 경우 기능성이 떨어지거나 생산 효율

성 및 생산비용의 합리성이 저해될 수 있으나 이에 대한 연구가 활발히 이루어지지 않고 있는 실정이다.

표 1 연차별 비닐하우스 화재 건수 및 재산 피해액

연도	전체 화재건수 (건)	인명피해 (명)		재산피해 (천원)	
		사망	부상	총 재산피해	건별 재산피해
2008년	1,281	2	34	8,449,170	6,595.8
2009년	1,184	1	30	8,792,332	7,426.0
2010년	1,077	3	22	8,760,977	8,134.6
2011년	1,121	0	18	8,045,424	7,177.0
2012년 9월	913	0	12	5,746,554	6,294.1

(인용 : 소방방재청 국가화재정보시스템)



그림 1. 경북 성주시 비닐하우스 화재



그림 2. 경기도 하남시 초이동 화재

(2) 국외 현황

(가) 시설하우스 내의 자재 중 방염 보온 커튼 기술개발은 유럽이 가장 활발하게 진행하고 있으며, 기존의 알루미늄 스크린 시장 또한 유럽이 가장 크게 형성되어 난연성 기준을 상당히 엄격하게 적용하고 있는 실정이다. 더불어 독일의 경우 온실 내부에 사용하는 농업용 기자재가 B1 등급의 난연성을 가지지 않을 경우 보험적용에서 제외시키고 있다.

(나) 미국과 캐나다의 경우 온실면적이 증가되고 있어 이에 대한 알루미늄 스크린의 수요 또한 증가되고 있고, 난연성 제품을 개발할 경우 충분히 시장점유율을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 기존의 알루미늄 스크린 시장은 유럽과 미주지역을 중심으로 형성되어 있었으나 최근에는 중앙아시아, 아프리카 및 중국 등 신흥 알루미늄 스크린 소비시장이 형성되고 있다. 콩고, 수단, 에티오피아 등을 중심으로 하우스 단지를 조성하고자 하고 있고, 이 지역에서의 하우스는 일반적인 플라스틱 하우스가 아닌 철 골조에 차광

스크린을 설치하여 광을 차단함으로써 작물을 원활하게 재배하는 데 이용하고 있다.

(다) 또한 중앙아시아에서는 카자흐스탄, 우즈베키스탄을 중심으로 고부가가치를 지닌 원예 농업의 중요성을 인식하고 대규모의 하우스 원예단지를 조성하고 있으며, 이로 인한 농업용 기자재의 수요가 늘고 있다. 신흥지역인 아프리카, 중앙아시아 지역은 기존의 유럽 및 미주시장에 비하여 현재 수입품에 대한 난연성 규제가 낮으나 향후 수입량이 증가하고 화재에 대한 인식이 강화될 경우 난연성기준이 엄격해질 것으로 판단되며, 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 개발을 통하여 기존의 유럽, 미주 시장뿐만 아니라 신흥시장인 중앙아시아와 아프리카, 중국 등으로의 수출 확대가 기대된다.



그림 3. 유럽의 온실 전경



그림 4. 미국의 온실 전경

나. 문제점

- (1) 현재 국내에서 시판되는 대부분의 난연제품은 후난연제품으로써 난연처리가 간단하고, 처리에 비하여 효과가 우수하므로 많은 제품에 적용하고 있으나, 농업용 알루미늄 스크린에 적용할 경우 난연특성 유지기간이 짧고, 난연제가 작물에 피해를 줄 우려가 높다.
- (2) 후난연처리의 경우에도 여름철 과건, 과습 및 온도변화 등 하우스 내의 환경변화가 크기 때문에 난연처리가 쉽게 붕괴됨으로써 난연효과가 급격히 저하되고, 난연제가 하우스내 재배포장에 떨어져 작물에 피해를 줄 수 있다.
- (3) 선난연 처리 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 개발하기 위해서는 우선 선난연 소재 탐색 및 개발이 필요하며, 이에 대한 연구에 어려움이 있다.
- (4) 유럽에서 개발된 난연성 보온재 생산기술과 품질 및 공정을 차별화 할 수 있는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 제작기술의 개발에 어려움이 크다.
- (5) 준불연 이상의 난연성을 가진 화염확산 억제 알루미늄 스크린제품을 개발하기 위하여 많은 시간과 개발인력, 비용이 소요됨에 따라 막대한 인적 물적 자원을 투자해야 하므로 어려움이 크다.

다. 개발의 필요성

(1) 기술적 측면

- (가) 미국 및 유럽에서는 하우스 설치시 자국에서 제시하는 난연성 기준을 통과한 보온재만을 사용하도록 제한하고 있으므로 이에 대응할 수 있는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발이 필요하다.
- (나) 국산농자재의 수출을 증대시키기 위하여 해외 각국의 수입기준에 적합하며 우수한 화염억제성을 가진 알루미늄 스크린 개발이 필요하다.
- (다) 기존의 일반 소재에 비하여 화염억제효과를 극대화시킬 수 있는 소재를 탐색하여 적용함으로써 화재발생시 피해를 최소화할 수 있는 고품질의 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 개발할 필요성이 있다.
- (라) 해외 시설 원예자재 시장의 변화에 효율적으로 대응할 수 있는 첨단시설하우스용 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템의 개발 연구가 필요하다.
- (마) 기존의 라셀기에 대한 핵심 부품은 일반 알루미늄 스크린 생산용으로서 개발하고자 하는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산에는 맞지 않기 때문에 생산시스템에 적합한 부품의 개발 및 제작이 필요하다.
- (바) 급변하는 해외 농자재 시장에 대하여 농자재 수출 활성화에 기여할 수 있는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산 시스템의 개선 연구가 필요하다.



그림 5. 직조기 모습 및 주요 핵심 부품인 직조핀

(2) 경제적 측면

- (가) 국내 총생산은 2005년 865조 2,410억원에서 2010년 1,172조 8,030억원으로 35.5% 증가하였으며, 국내 총 부가가치는 2005년 775조 8,900억원에서 2010년 1,057조 120억원으로 36.2% 증가하였다. 농업의 부가가치는 2005년 22조 7,560 억원에서 2010년 23조 250억원으로 1.2% 증가하는데 그쳐 국내 총생산 및 총 부가가치에 비하여 턱없이 낮은 성장세를 보이고 있다. 경제성장률은 2010년 현재 6.2%이나 농업은 -2.4%로 마이너스 성장을 나타내고 있으며 (표 2), 이러한 농업의 저성장 및 성장 둔화를 극복할 수 있는 것은 우수한 농업용 자재를 사용하여 상품성이 높은 농산물을 생산하며, 각종 재

해로부터 재산을 보호할 수 있도록 자재를 고급화 하는 것이 중요하다.

- (나) 전체 수출액은 2005년 284,419백만 달러에서 2010년 466,384백만 달러로 63.9%가 증가하였으며, 농업 수출액은 2005년 1,899백만 달러에서 2010년 3722백만 달러로 96.0% 성장하였다. 전체 수출액에서 농업이 차지하는 비중은 2005년 0.66%에서 2010년 0.79%로 큰 차이를 나타내지 않았으며 이러한 결과로 볼 때 농업 전체 수출액이 매우 낮은 것이 원인인 것으로 판단된다. 반면 전체 수입액은 2005년 261,238 백만 달러에서 2010년 425,212 백만 달러로 62.7%가 증가하였으며, 전체 수입액에서 농업이 차지하는 비중은 2005년 2.8%에서 2010년 3.3%로 0.5%가 증가하였다. 수출액에서 농업이 차지하는 비중은 상당히 미미한 반면 수입액에서 농업이 차지하는 비중이 상대적으로 높아 국내 농업의 발전을 위해서는 수입을 대체할 수 있는 우수한 농업제품의 개발 필요성이 대두되고 있다.
- (다) 현재 우리나라에서는 농업용 하우스의 화재피해에 대비하기 위하여 보험 상품이 시판되고 있으나 피해액에 비하여 보상액이 턱없이 부족한 실정이므로 화재의 피해를 경감시키기 위하여 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 개발하여 보급함으로써 하우스 화재 사고시 재산피해를 최소화할 필요성이 있다. 여타 섬유산업의 직조관련 장치에 활용함으로써 경제성을 증대시킬 수 있는 알루미늄 스크린 생산시스템의 개발이 필요하다. 국내외 알루미늄 스크린 시장에 변화를 꾀할 수 있는 고품질의 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 생산시스템의 개발로 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 생산비용을 절감시켜 부가가치의 극대화가 절실히 필요하다.

표 2 경제규모 및 경제성장률에 농업이 차지하는 비중

구분	단위	2005	2009	2010	
경제규모	국내총생산	10억 원	865,241	1,065,037	1,172,803
	총부가가치	10억 원	775,890	958,836	1,057,012
	농업	10억 원	22,756	21,908	23,025
	구성비	%	2.9	2.3	2.2
경제성장률	GDP	%	4.0	0.3	6.2
	농업성장률	%	0.4	3.0	-2.4

(인용 : 2011농림수산물식품 주요통계)

표 3 수출입에서 농업이 차지하는 비중

(단위 : 백만 달러, %)

		2005	2009	2010
수출	국가전체	284,419	363,534	466,384
	농업	1,899	2,991	3,722
	비중	0.66	0.82	0.79
수입	국가전체	261,238	323,085	425,212
	농업	7,397	11,754	13,988
	비중	2.83	3.63	3.28
수지	국가전체	23,180	40,449	41,172
	농업	-5,498	-8,763	-10,266

(인용 : 2011농림수산식품 주요통계)

(3) 사회 문화적 측면

- (가) 농업용 하우스의 화재발생은 대부분 화염전이로 인해 대형화하는 경향이므로 인명 및 재산 피해를 최소화하기 위해 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 개발이 필요하다.
- (나) 화재가 발생할 경우 하우스 시설 및 재배작물 피해에 따른 농가에 물질적, 정신적 타격이 크기 때문에 이를 미연에 방지할 수 있도록 화염확산 억제가 가능한 농자재의 개발이 시급하다.
- (다) 국내의 경우 전국적으로 비닐하우스가 단지화 및 밀집화되어 세워지고 있어 화재에 매우 취약할 뿐만 아니라 화재발생시 화염의 전이로 인하여 대형화할 우려가 있으므로 고품질의 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 보급이 절실한 실정이다.



그림 6. 비닐하우스의 단지



그림 7. 비닐하우스의 밀집

- (라) 제품 경쟁력 강화를 국내 농자재의 화염 억제성을 촉진시켜 줄 수 있는 고효율의 생산 시스템의 구축 및 연구가 절실히 필요한 실정이다.
- (다) 농로에 농기계 및 농자재를 적치해놓음으로써 하우스 화재발생시 대형소방차의 진입이 지연됨으로써 화재가 대형화할 수 있으므로 화염의 확산을 억제시켜 화재 피해를 경감시킬 수 있는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발이 필요하다.



그림 8. 농로 적치물 1



그림 9. 농로 적치물 2

제 3 절 연구내용 및 범위

1. 시설 원예자재 수출 활성화를 위한 화염확산 억제 알루미늄 스크린 및 생산시스템 개발

<세부과제: (주) 부전>

가. 화염확산 억제 알루미늄 스크린용 소재 탐색 및 개발

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 탐색 및 개발
- (2) 화염확산 억제 PET 탐색 및 개발

나. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템 개발

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산 시스템 설계 및 시작기 제작
- (2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산 시스템의 직조조건 연구
- (3) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 제작용 시작기 보완 연구
- (4) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산에 대한 특성평가

다. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설계
- (2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 시제품 개발

2. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 특성 및 경제성 분석 : 협동기관

가. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연 및 물리적 특성 분석 <제1협동: 충북대학교>

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연 특성 분석
- (2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 물리적 특성 분석

나. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 온실난방 특성 분석 <제2협동: 공주대학교>

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 열 특성 분석
- (2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 보온재의 난방 특성 비교 분석
- (3) 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린의 난방 특성 비교 분석

다. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 경제성 분석 <제3협동: 충북대학교>

- (1) 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 부직포와의 화재예방, 설치비용 및 에너지 절감 비교 분석
- (2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린과의 화재예방, 설치 비용 및 에너지 절감 비교 분석
- (3) 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린과의 에너지 절약 및 설치비용 절감 비교 분석
- (4) 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 시장성 분석

제 4 절 연구성과 목표 대비 실적

(단위 : 건수)

구 분	지식재산권		논문		학 술 발 표	기 술 거 래	교육 지도	사업 화	기술 인증	인력 양성	정책 활용	홍보 전시	기 타
	출원	등록	SCI	비 SCI									
최종 목표	3	3		4			2					2	
최종 실적	4	4		1	5		2					2	
목표대비 달성율	133	133		25			100					100	

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내의 관련기술

현재 국내에서의 알루미늄을 이용한 농업용 방염보온재에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 일반적인 연구 현황을 보면, 롯데 알미늄 주식회사(2009) 특허에 의하면 난연 적층 구조물과 이를 적용한 스크린에 관한 것으로, 난연성을 부여하기 위해 PET필름의 상면에 코팅되는 난연제 및 알루미늄의 산화를 방지하기 위하여 알루미늄 호일의 하면에 코팅되는 산화 방지제로 구성되는 적층 구조물 및 생산된 알루미늄 스크린은 난연성이 우수하여 화재 예방할 수 있고, 내구성이 우수하여 수명을 연장할 수 있으며, 저비용으로 생산이 가능하여 제작비를 절감할 수 있는 효과를 얻을 수 있다고 한다.

Cho 등(1989)은 플라스틱 온실에서 온도, 상대습도 및 토양층의 열전도량을 측정하여 시뮬레이션 모형을 개발하였고, 이를 통하여 폴리에틸렌 필름을 사용한 보온 커튼이 설치되어 있을 경우, 온실내의 열에너지는 약 18~20%의 절감효과를 가져왔다고 보고하였다. 그리고 폴리에틸렌 필름을 사용한 보온 커튼이 설치되었을 경우 피복재의 온도는 1°C 정도 상승하였으며, 온실 내부 공기의 온도는 1.5~1.8°C 정도 상승하는 것으로 보고하였다.

Chang 등(1996)은 폴리프로필렌 3종과 폴리에스터 1종으로 물리적 특성과 광학적 특성에 대해 시험한 결과, 인장하중은 3.4~13.4 kgf 범위이고, 인장응력은 0.32~1.82 kgf/mm²의 범위에서 커튼이 두꺼워짐에 따라 인장강도는 증가하지만 인장응력은 큰 차이가 없으며, 유사한 두께에서는 폴리프로필렌계가 폴리에스터계보다 광투과율이 높다고 하였다.

Kim 등(1998)은 온실의 보온용 커튼재로 부직포가 64.9%로 가장 많았고, 대부분 2층 커튼(85.9%)이었으며, 개폐방식은 대부분 예인식(92.7%)의 자동개폐방식(75.2%)이었다고 하였다. 그리고 바닥피복으로 인한 축열이나 반사효과를 감안할 때 효율적인 바닥처리가 필요하다고 보고하였다. 또한 난방방식은 철골온실에서는 온수난방(47.3%)이 온풍난방(33.8%)보다 다소 많았으며, 플라스틱온실에서는 대부분 온풍난방(90.8%)이었고, 온실의 난방위치는 대부분 지상난방(89.8%)으로, 지중난방은 극소수로 나타났다고 보고하였다.

Kim 등(1998)은 하우스 동간 간격을 피복하여 연동화한 개선형 비닐하우스는 관행 단동하우스에 비하여 방열비가 1.8~2.1에서 1.3~1.4로 줄었으며, 보온 개선형 비닐하우스에서 지온 측정시 20cm에서는 1.9°C 내외, 1 cm에서는 1.3°C, 기온은 1.1°C 정도 보온 개선구가 높았다고 보고하였다.

Kang and Song(2000)은 온실자체만으로 보온하는 경우 주간에는 외기온과 실온의 차가 9.5~23°C, 야간에는 6~7°C를 보였으며, PCM 축열조를 가동하는 경우 주간에는 외기온과 실온의 차가 9~23°C, 야간에는 7~13.5°C 이었고, 열펌프와 PCM 축열조를 동시에 가동하는 경우

에는 주간에는 외기온과 실온과의 차가 9~20℃, 야간에는 9~14℃ 이었다. 이와 같은 결과에서 온실난방은 가열장치 뿐만 아니라 축열장치를 사용하는 것이 바람직하다고 보고하였다.

Hong 등(2003)은 단층 부직포의 경우 시료의 점도가 클수록 투수도 값이 높게 나타났으며, 시료의 평균 기공크기에 비례하였다. 다층 부직포는 투수도의 경우 인접기공들 중 평균 기공크기가 아닌 가장 작은 기공크기에 의해 결정되므로 적층수가 증가할수록 유효기공 크기의 감소로 투수도 값이 낮게 측정되었다고 보고하였다.

Kim 등(2007)은 알루미늄 반사 단열재의 배치방법에 따라 보온성이 달라지는 정도를 알아보기 위하여 실험 장치를 제작하여 분석한 결과, 단일 부직포보다 알루미늄 반사재가 있는 경우에 보온율이 높았으며, 알루미늄을 두층으로 할 경우가 한 층으로 할 때보다 내부온도가 높았다고 보고하였다. 그리고 알루미늄 반사재의 광택부분을 외부로 향하게 하는 것이 내부로 향하게 하는 것보다 모듈 내 온도가 높았다고 하였다.

Lee 등(2007)는 PE(Polyethylene), 부직포, 알루미늄 스크린 및 화학솜 조합자재, 다겹 보온자재 등 보온자재들의 열관류량 측정을 통한 보온효과를 비교·측정하여 분석한 결과, 부직포에 비하여 알루미늄 스크린의 열관류량이 적었다고 보고하였다. 또한 알루미늄 및 화학솜의 2겹 보온자재와 다겹 보온자재는 알루미늄 스크린에 비하여 열관류량이 각각 23.3%, 43.0% 적게 나타나 다겹 보온자재가 알루미늄 스크린에 비하여 열관류량이 적어 다겹 보온자재의 보온성이 우수하였다고 보고하였다.

변상근 등(2007)은 수산화알루미늄과 인산을 반응시켜 수산화알루미늄 인산염을 합성하고 이의 난연 특성을 측정하였으며 결과는 수산화알루미늄 인산염은 수산화알루미늄과 인산의 반응에서 다양한 반응 물 비로 염이 형성될 수 있으며, 염의 구성비에 따라 열분해 현상에 차이가 발생하였다. 또한, 수산화알루미늄은 난연 소재의 하나로 이용되고 있고, 인산은 유기물 인산을 형성하여 다양한 유기 인산계 난연 소재로 적용되고 있다. 연구결과, 수산화알루미늄과 인산의 반응으로 형성된 수산화알루미늄 인산염은 무기물 난연 소재가 가지는 장점 뿐만 아니라, 수산화알루미늄 자체의 난연 특성과 인산이 가지는 난연 특성을 공유하는 상승효과를 나타낼 수 있었다고 하였다.

김황진 등(2008)는 산업 발달에 따라 다양한 신소재가 개발되는데 주로 석유화학공업으로부터 생산되는 것들로서 화재에 취약하고 한번 착화되면 화재가 급격히 성장하여 소화하기 어렵고 연기의 유독성으로 인해 인명 피해가 우려된다. 화재위험성이 증대되어 이에 대한 방화대책의 일환으로 방염을 하도록 규정하고 있으며 착화시간을 늦추어 난연성 자재에 쓰이도록 화재 피해를 줄은 것이 1차적 목표라고 하였다.

롯데 알루미늄 주식회사(2009) 특허에 의하면 난연 적층 구조물과 이를 적용한 스크린에 관한 것으로, 난연성을 부여하기 위해 PET필름의 상면에 코팅되는 난연제 및 알루미늄의 산화를 방지하기 위하여 알루미늄 필름의 하면에 코팅되는 산화 방지제로 구성되는 적층 구조물 및 생산된 알루미늄 스크린은 난연성이 우수하여 화재를 예방할 수 있고, 내구성이 우수하여 수명을 연장할 수 있으며, 저비용으로 생산이 가능하여 제작비를 절감할 수 있는 효과를 얻을 수 있다

고 한다.

Ko(2009)는 2층 커튼을 할 경우 사용하는 자재의 조합방법에 따라 보온효과에 많은 차이가 있으며, 자재의 조합에 따른 보온력은 상부 커튼을 연질필름으로 하는 경우가 보온력이 가장 낮고, 반사면을 위로 피복한 반사필름과 양면이 반사성인 필름조합에서 보온력이 높다고 하였다. 그리고 2층 커튼의 경우 커튼과 커튼 간격은 10~20 cm가 되도록 하는 것이 좋은데, 간격을 너무 좁히면 커튼이 서로 겹쳐져 보온력이 떨어지고, 너무 넓히면 공기의 유동에 의한 대류 작용이 커지므로 간격을 확보하는데 주의해야 한다고 밝혔다.

Chung 등(2009)은 단겹 보온자재와 조합형 보온자재 사이의 보온성 연구에서 조합형 보온자재가 단겹 보온자재에 비하여 45~55% 정도 보온율이 높았다고 보고하였다.

Kim 등(2009)은 보온재의 공기투과도, 차광율, 자외선 차단율 등 열 물리 특성에 따른 보온 특성 연구에서 다겹 보온재의 겹수, 두께, 방향성 등의 변화에 따라 보온성의 차이가 크다고 하였다. 또한, 알루미늄 반사면의 유광면이 바깥쪽으로 향하도록 설치하는 것이 보온성이 우수하다고 하였으며, 같은 재료라고 하더라도 내부 재료의 방향성에 따라 보온성도 차이가 있다고 보고하였다.

최취경과 민세홍(2012)은 알루미늄복합패널의 일반재와 난연재에 대한 실제 화재에서의 화재 성상을 분석하기 위하여 실험(ISO 13785-2)을 수행하였다. 시험결과, 일반재인 경우 최고 온도가 210초에 1,021℃가 측정되었으며, 난연재는 약 1,200 초에 1,190℃가 측정되었다. 화재성상은 알루미늄 복합패널 중 난연재의 경우 착화가 더디게 진행되었으며, 일반재의 알루미늄 복합패널은 연소착화와 동시에 화재가 빠르게 확산되었다. 일반재와 난연재의 알루미늄 복합패널은 연소 착화 하는데는 분명한 차이를 보였지만, 일단 착화된 이후에는 수직 화염의 확산의 연소형태는 일반재나 난연재 모두 빠르게 수직 확산되는 비슷한 양상을 보였다. 이에 따라 연구결과, 알루미늄 복합패널에 대한 화재위험성을 줄이기 위해서는 난연재 사용을 적극적으로 유도하도록 하였다.

이덕희 등(2014)은 난연 스크린 재료를 이용한 방화 셔터는 중량, 난연 성능 동작성이나 안정성 등에서 기존 철제 셔터보다 우수한 성능을 보이며, 화재에 의한 인명 피해를 최소화하기 위하여 난연 스크린 재료를 이용한 스크린 방화셔터의 이용이 증가되고 있다고 하였다.

(주)부전 (2014)의 특허에서 알루미늄 스크린의 난연성을 향상시키기 위해서 알루미늄 필름을 상부와 하부에 난연제를 이용한 알루미늄 스크린 제작 하여, 화재시 스크린을 통한 화재의 전이를 최소화하여 사용상 안전성이 증대되는 효과가 있었으며, 특히 접착층을 난연화 시킴에 따라 화재의 전이 가능성을 크게 낮추었다.

제 2 절 외국의 관련기술

외국의 시설하우스 보온재 기술개발은 유럽에서 활발히 진행되고 있는 것으로 알려져 있으나 구체적인 연구개발에 대해서는 알려진 바가 없다. 또한 알루미늄 방염 보온재와 관련한 특허는 스웨덴의 루드빅 스펠손사가 소유하고 있고, 대부분은 방염제를 표면 코팅하여 차광보온커튼을

제작하는 경우이다. 그러나 방염접착제를 사용하여 제작하는 알루미늄 방염 보온재에 대한 연구사례는 거의 전무한 실정이다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 화염확산 억제 알루미늄 스크린 및 생산시스템 개발

1. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 소재 개발

본 연구에서 개발된 알루미늄 필름과 PET 필름으로 제작한 화염확산 억제 알루미늄 스크린에 대한 파일럿 제품을 생산하였고, 초기에 난연성 시험을 수행하였으나 기존 목표치에 미흡한 난연 특성을 나타내었다. 특히 탄화거리에서 낮은 난연 특성을 보여 시제품개발을 위해서 필름의 개선에 대한 필요성이 제기되었다. 이에 난연성을 개선한 알루미늄 필름과 PET 필름을 사용하여 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 시제품을 개선한 후 시제품을 생산 하였다.

가. 화염확산 억제 알루미늄 시제품 제작

(1) 화염확산 억제 알루미늄 제작

알루미늄은 알루미늄 스크린의 구성요소 중 하나이며, 가장 많이 필요로 하는 소재이다. 일반적인 농업용 스크린 소재의 알루미늄은 경량화와 아울러 반사성을 높이기 위한 하나의 기능적인 측면에서 제작되어왔다. 그러나 본 연구에서는 소재인 알루미늄을 차광 및 보온의 기능뿐만 아니라 화염을 저지할 수 있는 기능을 보완하여 멀티적인 기능을 갖출 수 있도록 연구를 추진하였다. 특히 알루미늄은 난연성 소재이기는 하나 알루미늄 필름은 표면의 필름과 접착제로 인하여 화염이 확산 전이가 되는 특성을 지니고 있어 난연화가 필요한 소재이다. 따라서 지난 2차년도에 실시하였던 알루미늄 필름의 탄화거리시험과 내후성 시험의 결과를 토대로 하여 화염확산억제 알루미늄 시제품을 보완 제작하였다. 지난 연구에서는 증착필름이 경량화는 탁월하나 화염억제성이 낮았고, 알루미늄 라미네이팅 필름의 제작방식으로 알루미늄 필름을 제작하였다. 1차년도 추진하였던 탄화거리 시험에서 화염억제효과가 높았던 난연제 혼용비율은 25%였으나 적정 난연제 혼용비율을 찾기 위해서는 알루미늄 필름에 대한 세밀한 난연 접착성 연구를 수행하여 접착 혼용비율을 30% 로 결정하였다.

(2) 난연 접착성

알루미늄 필름의 난연화를 위해서는 그림 1의 모식도 중 접착부위인 Bonding 부위의 난연화가 필요하였다. 접착제 제작을 위해서는 화학적인 난연 접착제의 개발과 접착제에 난연제를 분산시키는 혼용방식의 두 가지 중의 선택이 필요하였다. 난연 접착제 제작을 위해서는 화학적인 방식을 이용한 난연 접착제의 제작과 난연제와 접착제의 일정 비율 혼합에 의한 제작방식이 있다. 화학적인 방식은 난연성은 우수하나 연구비 및 개발기간의 한계로 인하여 손쉽게 제작할 수 있는 (접착제 + 난연제) 혼용 방식을 사용하였다. 그리하여 1차 년도의 파일럿 제품 개발부터 접착제와 난연제의 혼용방식을 채용하였고, 시제품 제작에도 이러한 방식을 적용하였다.

본 접착방식은 접착제의 비율이 증가할수록 접착력이 높아지는 반면 난연제 비율이 줄어들어 화염억제성이 감소하며, 난연제의 비율이 증가할수록 화염억제성이 높아지는 반면 접착력이 떨어지므로 접착제와 난연제의 적정혼용비율의 조정이 필요하였다.

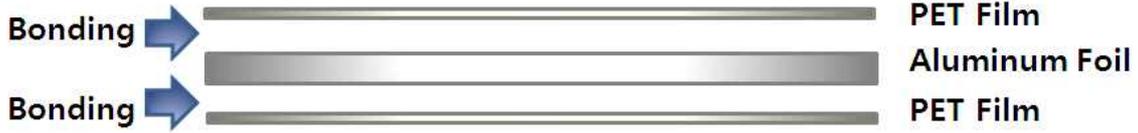


그림 10. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연 접착 부위 모식도

(3) 난연 접착제 적용

난연제 혼용방식 적용에 따라 1차 년도의 탄화시험을 통한 혼용비율은 25% 이었다. 그러나 혼용비율이 20%와 25% 간의 비교였으므로 최적 혼용비율을 결정을 위해 더욱 세밀한 혼용비율에 대한 연구가 필요하였다. 따라서 난연제와 접착제간의 최적의 혼용비율을 산출하기 위하여 10 ~ 50% 간의 혼용비율에 따른 난연성과 접착성을 비교하였다.

표 4는 난연제와 접착제의 혼용비율에 따른 난연 및 접착성을 비교한 것이다.

표 4 난연제와 접착제의 혼합비율에 따른 난연 및 접착성능 비교

구분	난연제와 접착제의 혼합비율(난연제 : 접착제)				
	10 : 90	20 : 80	30 : 70	40 : 60	50 : 50
난연성능	XX	○	○	◎	◎
접착성능	◎	○	○	X	XX

(우수, ◎; 양호, ○; 불량, X; 매우불량, XX)

표 4에서 보는 바와 같이 여러 가지 비율의 난연 접착제 성능을 비교해본 결과, 난연제 10% 혼합의 경우 접착성능은 우수하였으나 난연성능이 크게 낮았으며, 40~50%의 혼합비율에서는 난연성능은 우수하였지만 접착성능은 매우 불량하였다. 이 중 20%와 30%의 혼합비율에서는 난연성능과 접착성능 모두 양호한 결과를 나타내었다. 이외에도 40%의 경우 접착성능은 떨어지나 난연성능이 매우 우수하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단하였다. 이러한 결과들을 토대로 하여 난연접착제를 제작하기 위한 난연제 적정 혼용 비율로 제시한 것은 20~40% 였으며 제시한 비율 내에서의 적정 접착성능과 난연성능을 지닌 혼용비율을 찾는 것이 중요하다.

적정 혼합비율을 좀 더 구체적으로 알아보기 위해 앞서 방염성능과 접착성능이 양호했던 20~30% 구간에서 방염제를 5%의 비율로 나누어 방염성능과 접착성능을 비교한 결과는 표 5와 같다. 그리고 비교한 난연성능과 접착성능은 20, 25, 30% 구간에서 별다른 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 5 난연제와 접착제의 혼합비율(20~30%)에 따른 난연 및 접착성능 비교

구분	난연제와 접착제의 혼합비율(난연제 : 접착제)		
	20 : 80	25 : 75	30 : 70
난연성능	○	○	○
접착성능	○	○	○

(우수, ◎; 양호, ○; 불량, X; 아주불량, XX)

본 결과를 토대로 기존의 알루미늄 필름에 비하여 접착제의 난연제 적정비율별에 따라 20%, 30%, 40%가 혼용된 접착제를 제작하여 알루미늄 필름을 제작하였다(그림 11). 제작방식은 그림10에서 제시한 바와 같이 알루미늄 호일 상하부에 난연 접착제를 도포하여 PET 필름을 부착하는 방식으로 도포롤러로 난연 접착제를 PET 필름에 도포한 후 알루미늄 호일을 부착하고, 압착롤러를 사용하여 압착 및 열처리를 통한 내후성 및 내침수성을 더욱 강화시켰다.



(a) 혼용비율 20%



(b) 혼용비율 30%를



(c) 혼용비율 40%

그림 11. 혼용비율별 알루미늄 필름 시제품

(4) 화염확산 억제 PET 시제품 제작

PET 필름은 화재 발생시 스크린 표면에서 가장 먼저 화염이 전이되는 부분으로 스크린 상에서 1차적으로 화염저지가 가능한 중요한 소재라고 할 수 있다(그림 12). 1차년도에서는 A사와 B사의 PET 필름에 대한 탄화거리 시험을 수행한 결과를 토대로 하여 PET 필름 시제품을 제작하고자 하였다.

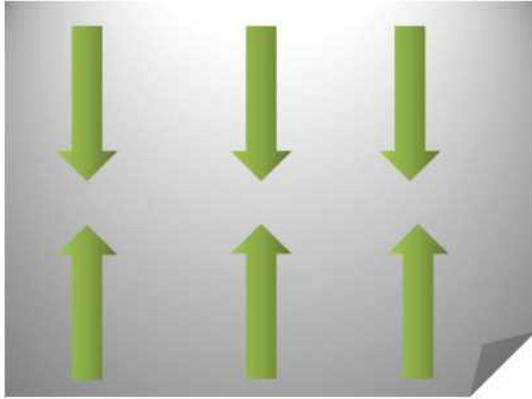


그림 12. 은실 내 화재발생시 화염전이방향

PET 필름의 난연제 표면코팅은 직접적인 화재의 저지효과가 높았으나 하우스 내부 환경이 고온 다습한 상태가 지속됨에 따라 표면 코팅 붕괴시 약액이 작물에 피해를 줄 우려가 있어 A사와 B사 모두 PET 제작 시 난연제를 분산시켜 제작하는 방식을 채택하였다. 분산방향은 중앙에서 주변으로 분산시키는 방법과 주변에서 중앙으로 분산시키는 방법이 있다.

본 연구에서는 그림 13에서 보는 바와 같이 화염이 주변에서 중앙으로 번지는 화염 접근방법을 감안하여 주변에서 중앙으로 난연제를 고르게 분산시키는 방법이 가장 효과적일 것으로 판단하였다. 따라서 후자의 분산기법을 사용하여 난연성 PET 필름을 제작하였고, 아울러 PET 필름 외에도 난연 LLDPE 필름의 제작에도 난연제 분산방식을 활용하여 YES WHITE 시제품 제작에 활용하였다.

이러한 난연제 분산을 통한 PET 제작방식으로 시제품을 제작하였으나 PET 필름과 알루미늄간의 접착에 따른 난연 및 내후성 성능저하 등의 문제를 야기할 수 있어 이에 대한 성능평가를 실시하였다



(a) 난연제 분산방향



(b) 난연제 측면 분산방향

그림 13. PET 필름 내 난연제 분산방향



난연성 PET 필름 시제품



난연성 LLDPE 필름 시제품

그림 14. 난연성 PET 필름 및 LLDPE 필름

나. 화염확산 억제 알루미늄 필름 성능평가

화염확산 억제 알루미늄 필름의 성능평가는 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 기존 소재인 알루미늄 필름과 각각의 난연 비율별 알루미늄 필름에 대한 방화도 시험을 통하여 잔염시간과 탄화거리 등에 대한 난연 특성을 구명하고자 하였다. 이러한 성능 평가를 통하여 적합한 난연성 소재를 선정하고, 추후 성능의 극대화를 통한 난연성 스크린 개선 연구를 추진하고자 하였다.

성능평가는 기존의 알루미늄 필름과 난연 접착제 비율별 알루미늄 필름의 내후성과 화염 억제성 시험을 수행하였다.

(1) 내후성 측정

내후성은 하우스 환경에 대한 내성을 알아보기 위한 것으로 알루미늄 필름이 하우스 내 수분환경에 대한 저항성이 어느 정도인지를 확인하기 위해 내침수성 시험을 수행하였다. 내침수성 시험방법은 수분 100%의 환경 하에서 기존의 일반 알루미늄 필름과 각각의 난연제 혼용비율에 따른 난연 알루미늄 필름을 이용하여 PET 필름과 알루미늄 호일간의 박리여부를 확인하였다.

기존의 알루미늄 필름과 난연성 알루미늄 필름은 알루미늄 호일 상하면에 PET 필름을 부착한 동일한 구조로서 과습으로 인한 접착력 감소는 PET 필름의 박리현상으로 나타나 제품의 내구성을 저하시키는 원인이 된다.

그림 15에 나타낸 바와 같이 내침수성시험은 기존의 일반 알루미늄 필름(번호 1)과 난연제 혼용비율이 20%(번호 2), 30%(번호 3), 40%(번호 4)의 난연 알루미늄 필름을 가로 5cm, 세로 5cm의 크기로 절단하여 25℃ 물속에 일주일 동안 침지한 후 표면의 박리여부를 확인하였다.



(a) 알루미늄 필름 Sample 단편



(b) 시험용기

그림 15. 내침수성 시험

표 6은 기존 알루미늄 필름과 난연제 혼용비율별 알루미늄 필름의 내침수성 시험 결과를 나타낸 것이다.

표 6에서 보는 바와 같이 기존의 알루미늄 필름과 접착제 혼용비율이 20%, 30%, 40%인 알루미늄 필름 모두 박리특성이 나타나지 않았다. 전체적으로 박리적인 부분에 대해서는 큰 문제가 없을 것으로 생각되나 난연성이 지속적으로 충분히 발휘될 경우 접착성이 최대한 작용할 수 있는 비율을 유지시켜주는 것이 중요하다고 판단된다. 따라서 낮은 접착비율보다는 난연 특성이 최대한 유지되면서 접착력이 우수하도록 제작하여야한다. 그러한 점을 고려할 경우 난연제 혼용비율을 30%로 하는 것이 가장 적절할 것으로 판단된다.

표 6 기존 및 난연제 혼용 알루미늄 필름의 내침수성시험 결과

구분	반복					판정
	1	2	3	4	5	
기존	-	-	-	-	-	PASS
혼용률 20%	-	-	-	-	-	PASS
혼용률 30%	-	-	-	-	-	PASS
혼용률 40%	-	-	-	-	-	PASS



(a) 실험후의 용기내 필름들



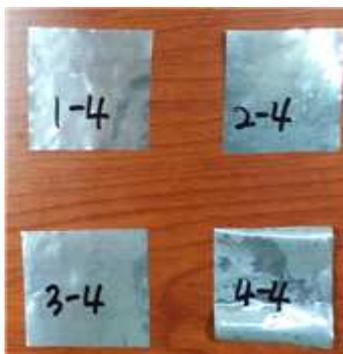
(b) 1반복



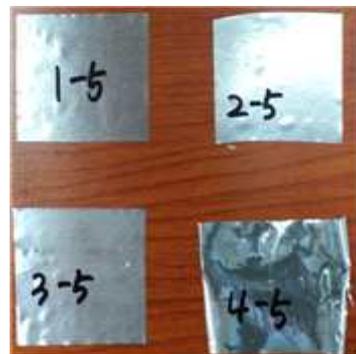
(c) 2반복



(d) 3반복



(e) 4반복



(f) 5반복

그림 16. 내침수성 시험 결과

(2) 화염 억제성

(가) 기존 알루미늄 필름

화염억제성은 난연 비율별로 처리된 알루미늄 필름에 대한 방화도 시험을 수행하기 위하여 FITI시험 연구원에 방화도 시험을 의뢰한 후 그 결과를 도출하였다. 화염 억제성 시험에 사용된 공시재료는 기존 알루미늄 필름과 난연제 혼용 비율 20%, 30%, 40%의 알루미늄 필름 샘플을 이용하였고, CPAI84 : Section 6에 의거한 시험방법으로 화염 억제성을 평가하였다. 각 난연제 혼용비율별 알루미늄 필름 방화도 시험 결과는 표 7, 8, 9, 10에 나타내었다.

표 7은 기존의 알루미늄 필름에 대한 평균 잔염시간 및 탄화거리 시험한 결과를 나타낸 것이다.

표 7에서 보는 바와 같이 기존의 알루미늄 필름은 난연제가 혼용되어 있지 않기 때문에 화염이 빠른 시간 내에 알루미늄 필름 전체에 번진 후 전체를 태웠으며, 잔염시간은 평균 3.8초 이었고, 탄화거리는 300mm 이었다.

표 7 알루미늄 필름(기존)에 대한 평균 잔염시간과 탄화거리

구분	반 복				평균	
	1	2	3	4		
잔염시간 (s)	경사	3.2	3.6	3.2	5.2	3.8 ± 0.95
	위사	3.6	4.5	2.8	2.3	3.3 ± 0.96
적하물 낙하연소 시간 (s)	경사	0	0	0	0	0 ± 0
	위사	0	0	0	0	0 ± 0
탄화거리 (mm)	경사	300	300	300	300	300 ± 0
	위사	300	300	300	300	300 ± 0

(나) 난연제 혼용 비율 20%

난연제 20%를 혼용한 난연성 알루미늄 필름에 대한 방화도 시험결과는 표 8과 같다. 결과를 살펴보면 잔염시간은 경사 24.1초, 위사 23.2초 이었고, 탄화거리는 위사에서 285 mm 경사에서 300 mm 를 보였다. 이와 같이 잔염시간과 탄화거리가 긴 것은 난연제가 집착제와 완전히 혼용되지 않아 화염이 계속 지속된 것으로 보이며, 이로 인해 탄화거리가 상당히 길었던 것으로 판단된다.

표 8 난연성 알루미늄 필름 (20%)에 대한 평균 잔염시간과 탄화거리

구분		반 복				평균
		1	2	3	4	
잔염시간 (s)	경사	24.1	20.3	25.8	26.1	24.1 ± 2.56
	위사	22.3	25.9	20.1	24.6	23.2 ± 2.66
적하물 낙하연소 시간 (s)	경사	0	0	0	0	0 ± 0
	위사	0	0	0	0	0 ± 0
탄화거리 (mm)	경사	300	300	300	300	300 ± 0
	위사	263	300	278	300	285 ± 18.09

(다) 난연제 혼용 비율 30%

표 9는 난연제를 30% 혼용하여 제작한 난연성 알루미늄 필름에 대한 탄화도 시험을 수행한 결과를 나타낸 것이다. 표 9에 나타낸 바와 같이 난연제를 30% 혼용한 알루미늄 필름의 잔염시간과 낙하물 연소시간은 0 초 이었고, 탄화거리도 경사와 위사에서 각각 180, 166 mm 로 짧게 나타났다. 이상의 방화도 시험 결과는 난연제와 접착제간의 혼용이 균일하게 이루어져 탄화거리가 짧고 잔염이 나타나지 않아 난연효과와 접착효과를 모두 만족시켰으며, 화염의 전이도 더 이상 이루어지지 않은 것으로 보인다.

표 9 난연성 알루미늄 필름 (30%)에 대한 평균 잔염시간과 탄화거리

구분		반 복				평균
		1	2	3	4	
잔염시간 (s)	경사	0	0	0	0	0 ± 0
	위사	0	0	0	0	0 ± 0
적하물 낙하연소 시간 (s)	경사	0	0	0	0	0 ± 0
	위사	0	0	0	0	0 ± 0
탄화거리 (mm)	경사	182	175	189	172	180 ± 7.41
	위사	164	168	162	169	166 ± 3.30

(라) 난연제 혼용 비율 40%

난연제 혼용비율이 40%인 알루미늄 필름에 대한 방화도 시험 결과는 표 10과 같다. 난연제 혼용비율이 30%인 알루미늄 필름과 마찬가지로 잔염시간과 낙화물 연소시간은 없었고, 탄화거리의 위사, 경사 모두 69mm로 가장 짧은 탄화거리를 나타내었다. 따라서 난연제 혼용비율이 높을수록 알루미늄 필름이 탄화거리가 짧고, 난연성이 탁월하였던 것으로 나타났다. 그러나 난연제 40% 혼용 알루미늄 필름은 다른 알루미늄 필름들에 비하여 난연제의 혼용비율이 높아 접착력이 떨어질 우려가 있으므로 30% 혼용 알루미늄 필름이 화염확산 억제 알루미늄 스크린 제작에 가장 적합할 것으로 판단된다.

표 11은 CPAI 84 Section 6(1995)의 적합 판정기준을 나타낸 것이고, 그림 17은 FITI 시험 연구원에서 수행한 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 방화도 시험 성적서를 나타낸 것이다.

표 10 난연성 알루미늄 필름 (40%)에 대한 평균 잔염시간과 탄화거리

구분	반 복				평균	
	1	2	3	4		
잔염시간 (s)	경사	0	0	0	0	0 ± 0
	위사	0	0	0	0	0 ± 0
적하물 낙하연소 시간 (s)	경사	0	0	0	0	0 ± 0
	위사	0	0	0	0	0 ± 0
탄화거리 (mm)	경사	68	72	70	65	69 ± 2.98
	위사	69	68	66	71	69 ± 2.08

표 11 CPAI 84 Section 6(1995) 적합 판정기준

Fabric weight (g/m ²)	탄화거리(mm)		잔염시간(초)		적하물의 낙하연소시간	
	평균	최대 (개별)	평균	최대 (개별)	평균	최대 (개별)
50 ~ 135	215 이하	255 이하	2 이하	4 이하	0	0

시험 성적서

요 의 자 : (주)부연
 주 소 : 경기 수원시 팔달구 원서동 458-5 보도원리본관 1층
 발 수 번 호 : M270-14-00185
 발 급 일 자 : 2014-01-14
 용 도 : 방화시험용
 제 판 호 : 1/2

요 의 자 재 사 시 료 명 : #1 SAMPLE A, #2 SAMPLE B

2014-01-08일까지 의뢰하신 시료에 대한 시험결과는 아래와 같습니다.

시 실험 품 목 : 시 실험 결 과

(01) 방화도 (CPAI 84, SECTION 8 WALL & TOP MATERIAL : 1995)

#1	
점화시간(s)	
-경사	3.2 3.8 5.2 6.2 // 3.9
-취사	0.6 4.5 2.5 2.5 // 3.5
점화열의 누적연소시간(s)	
-경사	0 0 0 0 // 0
-취사	0 0 0 0 // 0
탄생거름(mm)	
-경사	300 300 300 300 // 300
-취사	300 300 300 300 // 300

주) 판정 - 점화된 시료의 시험결과는 CPAI 84, SECTION 8 에서 규정한 기준에 적합하지 않음.
 기준 - 중량(160 g/㎡ 초과, 195 g/㎡ 미만)
 탄생거름 : 최대 평균치 216 mm 이하, 최대 거가치 255 mm 이하
 점화시간 : 최대 평균치 2.0 초, 최대 거가치 4.0 초
 점화열의 누적연소시간 : 최대 거가치 0 초
 요 의 자 의 요청에 따라 재시상태에서만 시험하였음.

<다음페이지 계속>

FITI시험연구원



본 문서 확인 번호 : AFS-040-3100 #
 (출력일자에 따라 후 "성적서확인" 및 "원서" 문서 확인 번호를 참조. 위 번호 여부를 확인함 < "확인" >)

DOCUMENT SERVICE
 * 본 센터는 계약서 작성에 관한 상담을 받으실 수 있습니다. 상담을 받으실 때는 상담을 받으실 날짜와 시간을 꼭 알려주세요.
 * 본 센터는 계약서 작성 시에 대한 상담을 받으실 수 있습니다. 상담을 받으실 때는 상담을 받으실 날짜와 시간을 꼭 알려주세요.

발 수 번 호 : M270-14-00185
 제 판 호 : 2/2

(01) 계속

#2	
점화시간(s)	
-경사	0 0 0 0 // 0
-취사	0 0 0 0 // 0
점화열의 누적연소시간(s)	
-경사	0 0 0 0 // 0
-취사	0 0 0 0 // 0
탄생거름(mm)	
-경사	88 72 73 85 // 88
-취사	88 88 88 71 // 88

주) 판정 - 점화된 시료의 시험결과는 CPAI 84, SECTION 8 에서 규정한 기준에 적합함.
 기준 - 중량(160 g/㎡ 초과, 195 g/㎡ 미만)
 탄생거름 : 최대 평균치 216 mm 이하, 최대 거가치 255 mm 이하
 점화시간 : 최대 평균치 2.0 초, 최대 거가치 4.0 초
 점화열의 누적연소시간 : 최대 거가치 0 초
 요 의 자 의 요청에 따라 재시상태에서만 시험하였음.

SAMPLE : #1 #2

DOCUMENT SERVICE
 * 본 센터는 계약서 작성에 관한 상담을 받으실 수 있습니다. 상담을 받으실 때는 상담을 받으실 날짜와 시간을 꼭 알려주세요.
 * 본 센터는 계약서 작성 시에 대한 상담을 받으실 수 있습니다. 상담을 받으실 때는 상담을 받으실 날짜와 시간을 꼭 알려주세요.

시험 성적서

요 의 자 : (주)부연
 주 소 : 경기 수원시 팔달구 원서동 458-5 보도원리본관 1층
 발 수 번 호 : M270-14-00185
 발 급 일 자 : 2014-01-14
 용 도 : 방화시험용
 제 판 호 : 1/2

요 의 자 재 사 시 료 명 : #1 SAMPLE A, #2 SAMPLE B

2014-01-08일까지 의뢰하신 시료에 대한 시험결과는 아래와 같습니다.

시 실험 품 목 : 시 실험 결 과

(01) 방화도 (CPAI 84, SECTION 8 WALL & TOP MATERIAL : 1995)

#1	
점화시간(s)	
-경사	24.1 20.9 25.8 28.1 // 24.1
-취사	23.3 25.9 20.1 24.5 // 23.2
점화열의 누적연소시간(s)	
-경사	0 0 0 0 // 0
-취사	0 0 0 0 // 0
탄생거름(mm)	
-경사	300 300 300 300 // 300
-취사	285 300 278 300 // 285

주) 판정 - 점화된 시료의 시험결과는 CPAI 84, SECTION 8 에서 규정한 기준에 적합하지 않음.
 기준 - 중량(160 g/㎡ 초과, 195 g/㎡ 미만)
 탄생거름 : 최대 평균치 216 mm 이하, 최대 거가치 255 mm 이하
 점화시간 : 최대 평균치 2.0 초, 최대 거가치 4.0 초
 점화열의 누적연소시간 : 최대 거가치 0 초
 요 의 자 의 요청에 따라 재시상태에서만 시험하였음.

<다음페이지 계속>

FITI시험연구원



본 문서 확인 번호 : 9854-4109-4814 #
 (출력일자에 따라 후 "성적서확인" 및 "원서" 문서 확인 번호를 참조. 위 번호 여부를 확인함 < "확인" >)

DOCUMENT SERVICE
 * 본 센터는 계약서 작성에 관한 상담을 받으실 수 있습니다. 상담을 받으실 때는 상담을 받으실 날짜와 시간을 꼭 알려주세요.
 * 본 센터는 계약서 작성 시에 대한 상담을 받으실 수 있습니다. 상담을 받으실 때는 상담을 받으실 날짜와 시간을 꼭 알려주세요.

발 수 번 호 : M270-14-00185
 제 판 호 : 2/2

(01) 계속

#2	
점화시간(s)	
-경사	0 0 0 0 // 0
-취사	0 0 0 0 // 0
점화열의 누적연소시간(s)	
-경사	0 0 0 0 // 0
-취사	0 0 0 0 // 0
탄생거름(mm)	
-경사	182 178 188 172 // 180
-취사	164 168 182 159 // 166

주) 판정 - 점화된 시료의 시험결과는 CPAI 84, SECTION 8 에서 규정한 기준에 적합함.
 기준 - 중량(160 g/㎡ 초과, 195 g/㎡ 미만)
 탄생거름 : 최대 평균치 216 mm 이하, 최대 거가치 255 mm 이하
 점화시간 : 최대 평균치 2.0 초, 최대 거가치 4.0 초
 점화열의 누적연소시간 : 최대 거가치 0 초
 요 의 자 의 요청에 따라 재시상태에서만 시험하였음.

SAMPLE : #1 #2

DOCUMENT SERVICE
 * 본 센터는 계약서 작성에 관한 상담을 받으실 수 있습니다. 상담을 받으실 때는 상담을 받으실 날짜와 시간을 꼭 알려주세요.
 * 본 센터는 계약서 작성 시에 대한 상담을 받으실 수 있습니다. 상담을 받으실 때는 상담을 받으실 날짜와 시간을 꼭 알려주세요.

그림 17. FITI 시험연구원 방화도 시험 성적서

2. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템 개발

가. 시작기 설계

(1) 시작기 설계

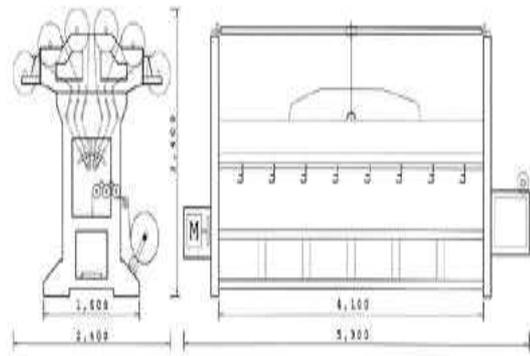
1년차에 제작한 생산 파일럿 시스템은 그림 18에서 보는 바와 같이 정경-직조-가공의 시스템 구성으로 이루어져 있다. 이 중 직조장치는 정경에 의해 감겨진 직조사 빔을 직조장치에 걸고 절단된 알루미늄 필름과 PET 필름을 투입하여 직조하도록 제작하였다. 직조 파일럿장치 제작시 충분히 개선한 바가 있어 파일럿 장치와 유사하게 설계를 진행하였으며, 이를 통한 연속성을 부가하였다.

파일럿 생산 시스템의 문제점은 필름 절단 장치가 빠져 있어 4mm 폭 절단 필름을 외부에서 반입해야 하며, 직조장치 내에서 직조작업이 끝난 후 직조사의 텐션 유지 및 직조사의 고정을 위한 열처리를 수행하고 작업이 마무리된 원단을 마는 작업이 진행되어야 한다. 열처리는 전면 열처리만 수행할 경우 배면의 직조사에 대해 열이 가해지지 않아 쉽게 풀리는 문제점이 있어 배면과 전면의 열처리 작업의 수행이 필요하며, 생산 작업의 효율성을 기하기 위하여 롤링장치에 대한 개선작업을 진행해야 한다.

이외에도 직조장치 내 후랜치 바와 바간에 연속적인 직조작업과 바늘과 바늘 잠금장치간의 미세한 움직임 조절함으로써 직조 작업시 작업의 효율성을 높이고 불량률을 최소화할 수 있도록 개선작업을 수행하였다.



(A) 직조장치



(B) 직조장치 도면

그림 18. 직조장치(A) 및 도면(B)

(2) 슬리터장치 설계

설치하고자 하는 슬리터와 크릴 장치에 대하여 개략도 및 도면을 작성하기 위하여 슬리터와 크릴장치간의 연계방안과 슬리터에 대한 필요한 기능을 살펴보았다.

슬리터의 경우 가장 중요한 점은 절단성능을 높이기 위한 방안으로 텐션의 적절한 조절이

가능하고 슬리터의 롤러 회전력을 크릴장치에 적절하게 전달하는 것이 필요하다. 이에 대한 사항에 부합하는 슬리터 장치의 반입을 위하여 전체적인 개략도를 만들었으며, 슬리터 장치 제작 시 절단된 알루미늄 필름에 대한 되감기 작업을 위하여 슬리터와 유기적으로 움직일 수 있는 크릴장치의 제작이 필요함에 따라 슬리터 장치와 연계한 크릴장치의 도면을 제작하였다(그림 19). 특히 절단폭을 4mm로 할 경우 절단되는 가닥이 상당히 많아서 최소한 40개 이상의 보빈이 동시에 회전하여 알루미늄 필름을 되감아내어야 하므로 큰 규모의 크릴장치를 제작하게 되었다.

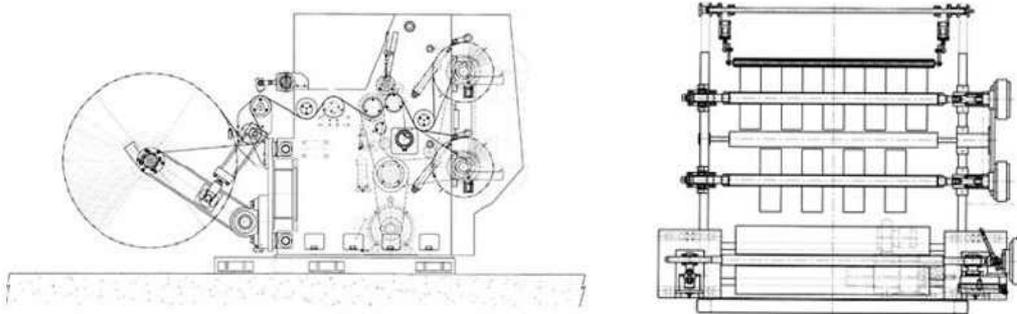
나. 시작기 제작

(1) 파일럿 장치 개선작업

생산시스템 내 파일럿 직조 장치의 직조 후 직조사의 압착과 열처리를 통한 품질 향상을 위해 추가적인 열처리 및 직조장치 내 롤링작업의 효율성을 높여 생산성을 증대시키고자 장치 개선작업을 수행하였다.

이외에도 원단 생산 후 가공작업을 수행하는데 있어 활용도를 높이고 작업진행을 용이하게 하기 위해서 가공장치의 개선작업을 수행하였다. 직조장치와 가공장치의 개선작업에 대한 내용은 다음과 같으며 파일럿시스템에 대한 전체적인 점검을 선행하여 진행하였고, 여기서 지적된 직조장치와 가공장치의 작업상 드러난 문제점을

개선하고자 한 것이다.



(A) 슬리터장치 도면

(B) 크릴장치 도면

그림 19. 필름 절단용 슬리터 장치(A)와 크릴장치(B) 도면

(2) 직조장치 롤러 개선작업

열처리는 직조된 스크린 표면에 열을 가하여 순간적인 변성을 통해 내구성을 높이고, 직조사의 정착이 가능하도록 해준다. 열처리를 하지 않을 경우 직조된 스크린은 흐물흐물하고 실이 고정되지 못하고 들떠서 제품이 손상될 수 있으므로 고품질의 스크린 생산이 어려워진다.

따라서 스크린 생산 시 제품의 열처리 작업이 매우 중요한 면을 차지하고 있다. 열처리작업을 위한 온도는 1차년도에 확립했던 90℃내외로 하여 진행하고 있으나 상면쪽만이 열처리작업

이 이루어짐에 따라 배면쪽의 내구성이 떨어지고, 배면쪽 직조사가 흔들림으로 인하여 상면쪽에도 영향을 미치기 때문에 불량률이 높아지는 문제를 야기해왔다.

불량률을 최소화하기 위해서는 상면뿐만 아니라 배면쪽에도 열처리작업을 진행함으로써 스크린의 전체적인 내구성을 높이고 직조사를 고정 및 안정화시킴으로써 스크린의 품질을 향상시킬 수 있도록 하였으며, 이와 아울러 열처리작업이 끝난 스크린에 대해 롤러로 원단을 감을 때 롤링작업의 효율성을 높일 수 있도록 추가적인 개선작업을 수행하였다(그림 20 참조).



열처리봉 설치

롤러 교체

그림 20. 직조장치 열처리봉 설치 및 롤러 교체작업

(3) 가공장치 개선작업

원단에 대한 가공작업을 원활하게 수행하기 위하여 가공장치의 롤러 축간 거리를 좁히는 작업을 수행하여 원단반이 판의 폭을 좀 더 길게 설치함으로써 롤러축과 거치대 사이에 원단이 빠지는 문제를 해결 하였다. 이를 통해 직조원단이 훼손되거나 작업진행에 차질을 빚는 문제를 해결함으로써 더욱 작업의 효율성을 증진시키고 또한 품질 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.



그림 21. 개선작업 수행 가공장치

그림 22. 가공장치 개선작업 진행전경

(4) 슬리터 장치 설치

그림 23과 24에 나타난 바와 같이 슬리터 장치는 정경장치와 함께 필름 소재를 정해진 폭으로 절단하여 보빈에 감아내는 장치로서 장치의 설치장소는 대량의 보빈을 이동시키기 편리한 장소가 적합하며, 직조장치와 가까운 위치에 설치하는 것이 좋다.

슬리터를 사용할 경우 필름원단을 후면 바(bar)에 걸어놓은 후 슬리터할 필름을 풀어서 고정 롤러바에 끼워 텐션을 작동시켜 필름을 고정한다. 텐션이 필름 전체에 균일하게 작용하지 못할 경우 절단이 진행될 때 필름에 주름이 생기거나 필름이 일정하게 투입되지 못하여 불량 발생될 가능성이 높으므로 텐션을 작동시킬 때 주의해야 한다. 필름이 슬리터 롤러를 지나 슬리터 칼날에 도달하였을 때 슬리터 칼날에 필름을 연결하고 절단하기 시작한다. 슬리팅된 필름은 가닥별로 크릴장치의 보빈으로 이동한다. 크릴장치는 하부의 벨트를 통해 슬리터 모터와 연결되어 있어 슬리터가 움직인 만큼 크릴장치의 보빈도 회전하게 되므로 슬리팅된 필름을 감아내기에는 적합하다고 할 수 있다. 텐션은 매우 중요하여 텐션이 강하면 필름이 늘어나서 가늘어질 수 있으며 텐션이 약할 경우에는 보빈에 감긴 필름이 제대로 감기지 않고 풀려서 엉켜버리는 문제점을 지니고 있어 적절한 텐션을 가해서 필름이 쳐지거나 필름이 늘어나는 문제가 발생하지 않도록 적절히 조절해 주어야 한다.



그림 23. 슬리터 설치 전경



그림 24. 슬리터 크릴장치 설치 전경

(5) 장점 및 개선점

슬리터 장치의 장점은 필름에 대한 슬리팅 폭을 적절히 조절할 수 있어 원하는 방향과 폭을 지닌 필름을 지속적으로 생산할 수 있다는 점이다. 그리고 절단된 필름에 대해서는 크릴장치로 연결하여 슬리팅된 필름을 바로 감아낼 수 있다는 것이 본 장치의 장점이라 할 수 있다. 일반적인 슬리터는 슬리팅 필름을 감아낼 크릴장치가 작아 보빈으로 감아낼 수 있는 양이 적을 수밖에 없으나 본 장치는 최대 45개의 보빈을 장착할 수 있어 원하는 사양의 슬리팅작업을 지속적으로 진행할 수 있다.

개선점은 칼날에서 절단되는 부분이 균일하게 절단되기 위해서는 손실분(lose율)이 어느 정도 발생된다는 점이다. 손실분 발생에 대해서는 숙련된 인력의 배치가 필요하며, 이외에도 슬

리터 칼날의 성능향상 및 균일한 텐션의 작용이 필요할 것으로 보이고, 이에 대해서는 점차적으로 개선해나갈 필요가 있다고 생각된다.

다. 시작기 시운전

(주) 부전에서 구축한 슬리터 장치는 크게 슬리터 본체와 크릴장치로 구분되며, 슬리터 본체와 크릴 장치간에는 대형벨트로 연결되어 있어 슬리터의 회전력을 그대로 크릴장치로 전달함으로써 슬리터의 슬리팅 작업과 크릴장치의 필름 되감기 작업이 유기적으로 이어질 수 있도록 제작하였다.

(1) 슬리터 시운전

슬리터는 크게 필름거치대와 텐션 조절롤러, 칼날, 배출구로 구성되며 별도장치로 크릴장치를 포함하고 있다. 필름거치대에 슬리팅할 필름을 거치대에 올리고 필름을 텐션조절롤러에 투입한다. 그리고 텐션조절롤러를 나온 필름은 칼날을 통과하면서 슬리팅 된 후 배출구로 각각의 가닥이 배출된다. 배출된 가닥은 크릴장치에 걸려있는 각각의 보빈에 감겨진다. 이러한 일련의 과정을 반복하여 진행하므로 배출되는 속도와 보빈의 감겨지는 속도가 동일해야 하므로 슬리터의 RPM수가 크릴장치의 회전수와 일치시키기 위해 대형 벨트로 유기적으로 연결되어 있다

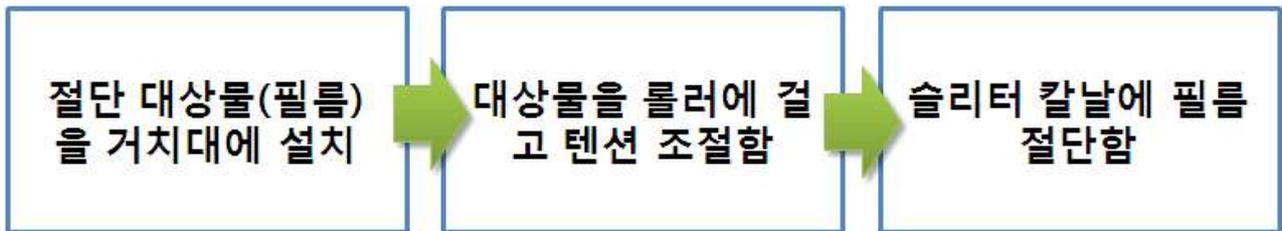


그림 25. 슬리터 작동 순서

(2) 균일한 필름 사이즈로의 절단 작업에 대한 수행 가능 여부 확인

슬리터 작업의 가장 중요한 것은 원하는 절단폭을 균일한 사이즈로 계속해서 절단할 수 있어야 하며, 그러지 못할 경우 lose율이 증가할 수밖에 없다. 우선 필름을 장착한 후 텐션롤러로 필름을 투입할 때 적절한 타이밍과 정확한 위치 선정을 해야 lose율의 최소화가 가능하다. 따라서 최소한의 lose율을 유지하기 위해서는 숙련된 작업자가 필요하며 슬리터 칼날의 지속적인 관리가 중요하다(그림 26 참조).



그림 26. 알루미늄 필름 절단장면

(3) 슬리터와 크릴장치 간의 적절한 회전수 유지 및 연계작업 효율성 확인

필름의 풀리는 속도와 슬리팅 후 절단된 스트랩이 감기는 속도를 동일하게 하여 슬리팅 작업과 동시에 크릴장치에서 자동으로 스트랩 가닥을 감는 작업을 수행하게 된다. 이를 위해 슬리터와 크릴 장치간에는 텐션롤링속도와 동일하게 팬 벨트를 연결하여 텐션속도의 힘이 크릴 장치로 전이될 수 있도록 제작하였다. 이를 통하여 롤러속도와 보빈의 회전속도를 동일하게 하여 스트랩이 보빈에 용이하게 감길 수 있도록 한다. 아울러 보빈의 회전과 좌우이동을 통하여 효율적으로 보빈에 감길 수 있도록 제작하였다(그림 27, 28 참조).

슬리터에서 조절되는 텐션의 회전수는 슬리팅작업이 용이하게 진행될 수 있도록 고정되어 있지 않고 유동적으로 조절하도록 함으로써 작업 환경 및 작업량, 작업인력의 숙련도에 따라 달라질 수 있다.

슬리터 장치사용은 절단할 필름을 뒷부분의 거치대에 설치하고 필름을 롤러에 걸고 텐션을 조절한 뒤 슬리터 칼날로 필름을 절단한다. 절단된 필름은 텐션을 받으면서 크릴장치로 넘어가 크릴장치에 설치된 보빈에 감겨진다.



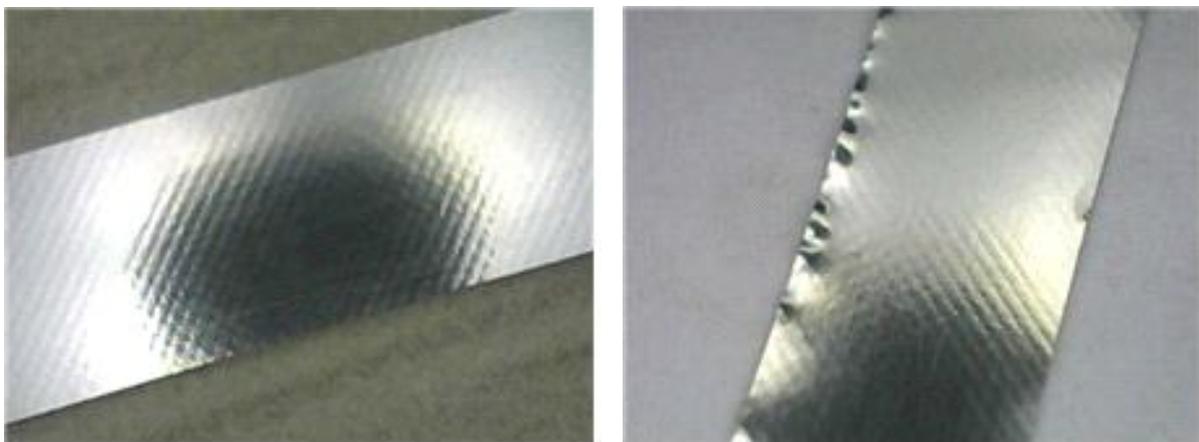
그림 27. 필름의 텐션롤러로의 투입장면



그림 28. 슬리터와 크릴장치를 연결하는 벨트

(4) 슬리터장치 품질 시험

슬리터의 성능 및 품질을 확인해볼 수 있는 방법은 알루미늄 필름을 절단했을 때 절단면의 평탄정도로 확인할 수 있다. 칼날의 성능에 따라 절단이 양호하게 이루어질 경우 절단면이 평탄함을 보이고 있으나 절단이 불량할 경우 한쪽 또는 양쪽의 절단사면이 울퉁불퉁해지는 형태를 보임으로써 보빈에 감겨지거나 직조시에 제품의 불량을 초래할 수 있다는 점에서 중요한 특성이라 할 수 있다(그림 29). 이외에도 절단폭이 균일하게 절단되는 지에 대한 슬리터의 균일 절단 시험이 필요하다. 균일하게 슬리팅되지 못할 경우 직조시 직조사가 흐트러져 제대로된 제품의 생산이 어렵고, 인장강도도 떨어져 내구성이 약화되는 원인이 되기도 한다. 절단이 양호한 필름은 절단면이 평탄하고 매끈하게 절단되어 있어 직조시 용이하게 투입될 수 있다. 반면 절단이 불량한 필름은 한쪽 면 또는 양쪽면에 울퉁불퉁한 면이 나타나 직조시 효율적인 직조작업을 어렵게 한다.



(a) 절단이 양호한 알루미늄 필름

(b) 절단이 불량한 알루미늄 필름

그림 29. 절단이 양호한 필름과 불량한 필름의 비교

외부에 슬리팅작업을 의뢰하여 납품받은 것을 대조구로 하고 (주) 부전에서 슬리터 장치를 구축한 후 슬리팅작업을 실시하여 절단한 알루미늄 필름을 실험구로 하여 길이 90cm를 30cm씩 나누어 구간별로 평탄정도를 측정된 결과 대조구의 경우 평균적으로 상면 82% 하면 83%의 평탄정도를 나타내는 반면 실험구는 평균 상면 100%, 하면 99%로 매끈하게 절단되었음을 알 수 있다. 특히 대조구의 경우 절단면이 울퉁불퉁하게 나타내는 부분이 많아서 필름을 절단할 때에 문제가 있음을 알 수 있다(표 12 참조).

표 12. 알루미늄 필름 표면 평탄 정도

구 분	0cm	30cm	60cm	90cm	평균	비고
대조구(%)	80/96*	86/83	83/80	80/76	82/83	절단면 평탄정도
실험구(%)	100/100	100/100	100/100	100/96	100/99	

* 상면절단면/하면절단면

또한 슬리터 작업이 진행될 때 알루미늄 필름에 대한 절단 폭이 균일하게 지속적으로 이루어지고 있는지 확인하기 위하여 구간별 절단폭을 측정된 결과 대조구와 실험구 모두에서 평균 4mm를 유지하는 것으로 나타나 외주 필름과 내부장치 절단필름 모두에게 pass 판정을 내렸다(표 13 참조). 그림 29에서도 생산시스템용 슬리터로 절단한 필름과 기존 외주절단 필름과 비교한 결과에서도 구간별로 각각 절단폭이 4mm로 동일한 결과임을 확인하였다.

표 13. 알루미늄 필름 구간별 절단 폭

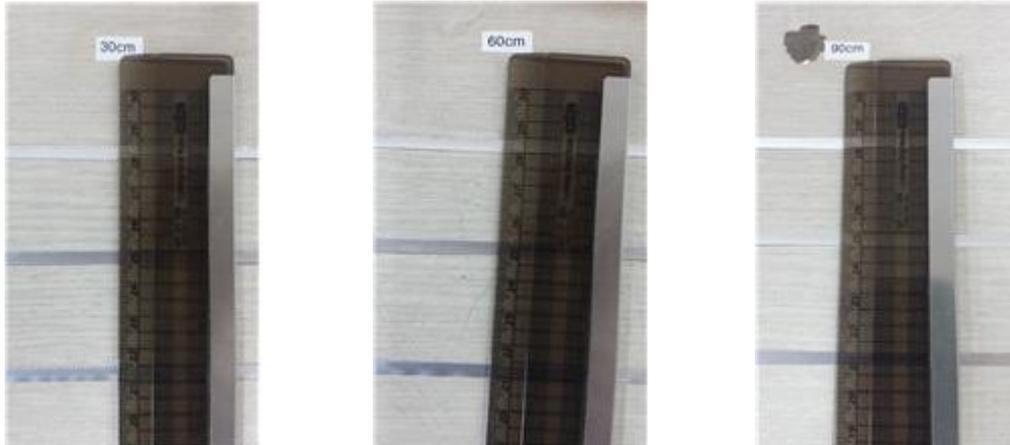
구 분	0cm	30cm	60cm	90cm	평균	판정
대조구	4mm	4mm	4mm	4mm	4mm	PASS
실험구	4mm	4mm	4mm	4mm	4mm	PASS

(5) 직조 최적 조건 설정

슬리팅된 필름을 사용하여 직조할 경우 알루미늄 스크린 생산작업을 진행할 때 생산의 효율성이 매우 중요하다. 효율성이 떨어지는 제품은 수익성이 악화되고 적정가격에 제품을 공급하기 어려워진다. 특히 직조장치의 경우 적정 생산속도와 최소한의 불량률을 나타냄으로써 생산의 효율성을 기할 수 있다. 이를 위해 기존의 스크린 직조장치와 새로이 개발된 생산시스템 내 직조장치에 대한 생산속도와 단위길이당 불량률을 조사하여 비교함으로써 생산시스템용 장치의 효율성을 제고하고자 하였다.



(a) 생산 시스템용 절단필름



(b) 기존 외주절단 필름

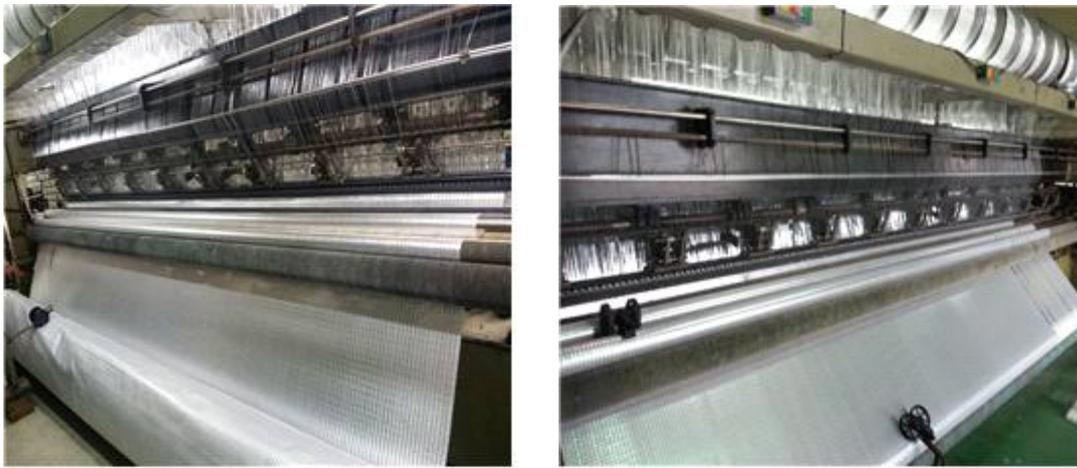
그림 30. 슬리터 운전시 폭 길이측정

(가) 시험 방법

생산효율성 시험을 위해 대조구로 선정된 기존의 직조장치는 평택에서 농업용 알루미늄 스크린을 직조하고 있는 직조장치이며, 시험구는 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 생산시스템용 직조장치로서 대조구와 시험구의 장치에서 제품을 생산할 때 측정 항목으로 지정된 시간당 생산량, 불량횟수, 평균 생산속도를 조사하여 상호간 비교하고자 하였다(그림 30 참조).

(나) 시험결과

기존의 직조장치와 시제품 사이에 반복별 10분당 생산량, 불량횟수, 생산속도 등의 생산성을 비교한 결과는 표 14와 같다. 비교 결과를 살펴보면 기존 직조장치는 10분당 3.5~4.5m를 생산하여 평균 24.2m/hr의 평균 생산속도를 보였으며, 불량 횟수는 평균 10분당 0.6회의 불량이 발생하였다. 반면 시제품은 10분당 3.4~4.4m를 생산하여 24.4m/hr의 평균생산속도를 나타내었으며, 불량횟수는 평균 10분당 0.4회의 불량이 발생하였다(표 14). 기존의 장치와 시제품을 비교해본 결과 생산속도는 거의 유사한 경향을 보였으나 불량횟수는 시제품의 불량횟수가 낮아 생산효율성이 약간 높은 것으로 나타났다. 그러나 뚜렷한 차이는 보이지 않은 것으로 나타나 생산속도의 향상과 불량횟수의 감소를 위한 생산시스템용 직조장치의 추가 개선작업이 필요하다고 생각된다.



(a) 기존의 직조장치(평탁)

(b) 생산 시스템 직조장치

그림 31. 기존 직조장치와 생산시스템용 직조장치

표 14. 기존 직조장치와 직조장치 시제품간의 생산성능 비교

구분		반복					평균생산 속도 (m/hr)
		1	2	3	4	5	
기존	생산량 (m)	3.5	3.8	4.1	4.5	4.3	24.2
	불량횟수 (회)	1	0	1	1	0	
시제품	생산량 (m)	3.4	3.8	4.5	4.4	4.2	24.4
	불량횟수 (회)	0	0	1	0	1	

※ 생산량은 10분당 생산량을 의미함

직조장치의 생산성능에 대한 분석을 통하여 직조조건을 구명하기 위해서는 관행적인 생산방식에 의해 생산하는 제품과는 차이가 있으므로 비교하는 것은 다소 무리가 있으나 직조장치의 생산방식이 유사하므로 일반 알루미늄 스크린의 생산량과 생산속도를 비교하여 분석하였다.



그림 32. 직조불량으로 손실된 알루미늄 스크린

비교결과를 분석하여 직조조건을 제시하면 필름 스트랩을 투입하여 직조함에 따른 적정 직조 패턴을 유지하여 각각의 후랜치 바간의 적절하고 유기적이며 효율적인 직조가 이루어져야 할 뿐만 아니라 직조 시에 직조사의 인장강도가 직조작업에 적합해야 한다. 인장강도가 약할 경우 실이 쉽게 끊어져 불량 발생할 우려가 크며 인장강도가 강하더라도 실이 두꺼워지면 스크린 본래의 기능이 훼손될 우려가 크고 미려함이 사라질 수 있다. 이를 감안하여 직조작업을 진행하여야만 고품질의 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산에 대한 효율성을 증진시킬 수 있을 것이다.

3. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발

가. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 제작

화염확산 억제의 의미는 화재발생시 더 이상 불길이 번지지 않도록 함으로서 하우스 내 피해를 최소화하고자 하는 구체적인 방안으로 하우스 내부의 불길을 1차적으로 방어할 수 있는 내염성 자재로서 유럽에서는 난연성 알루미늄 스크린을 반드시 사용하도록 지정하고 있어 난연성 알루미늄 스크린을 개발할 경우 해외 수출경쟁력을 강화할 수 있으며 해외 시장의 점유율확대에 기여할 수 있다. 이를 위하여 연구과제를 수행한 결과, 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 시제품을 그림 33와 같은 방식으로 직조하여 제작할 수 있었다. 앞서 연구한 바에 따라 난연제 혼용비율 30%의 알루미늄 필름으로 YES55와 YES75 모델의 화염확산억제 알루미늄 스크린을 제작하였다.

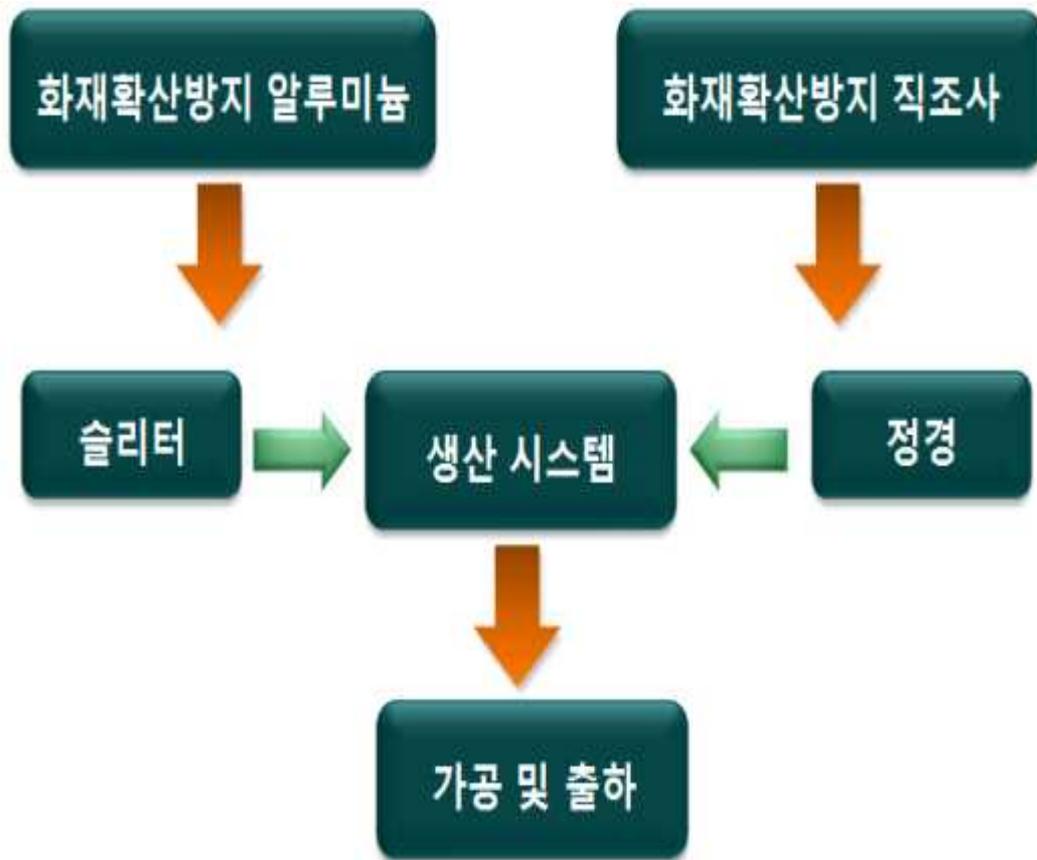
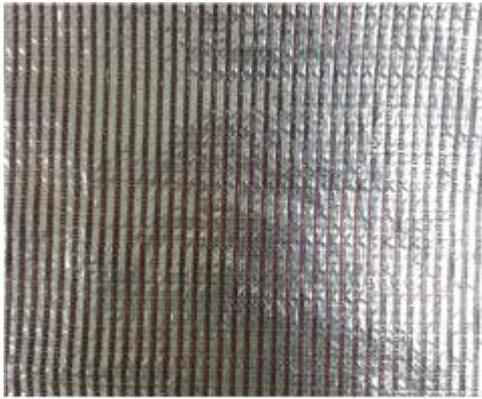


그림 33. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 제작순서

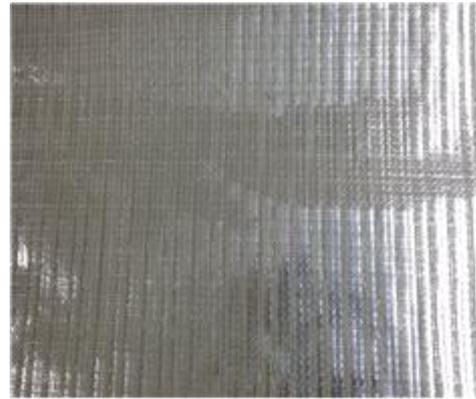
이전에 수행한 난연제 혼용비율별로 제작한 난연성 알루미늄 필름의 방화도시험을 분석한 결과를 토대로 지속적인 난연성 및 물성관련 연구 수행을 통해 더욱 향상된 난연특성을 지닌 알루미늄 필름을 제작할 수 있었다. 그리고 본 소재의 향상된 특성을 바탕으로 난연제 혼용비

올별 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 시제품을 제작하였다(그림 34).

난연제와 접착제의 혼용비율을 30%로 알루미늄 필름을 제작하였으며, 기제작한 알루미늄 필름으로 화염확산 억제 알루미늄 스크린 시제품을 제작하여 제1협동기관으로 넘겨 방화도 테스트 등 각종 시험을 실시하여 그 결과를 토대로 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 개선작업을 실시할 예정이다.



YES 55 TYPE



YES 75 TYPE

그림 34. 난연제 혼용비율 30%의 화염확산 억제 알루미늄 스크린

4. 관련 국내외 박람회 참전

시작품 제작을 통한 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 홍보하기 위하여 국내외 각종 박람회를 참전하였다. (주)부전에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 선보였고 해외 구매자들의 관심을 이끌어내는데 성공하였다. 특히 합리적인 가격과 제품의 우수성 그리고 신뢰할 수 있는 기술력을 다양하게 선보일 수 있는 계기를 마련했다는 점에서 상당한 마케팅 효과를 얻을 수 있었다. 이와 아울러 세계적인 원예농업 박람회인 만큼 다양한 원예 관련 다양한 제품을 선보이고 있어 원예 산업의 전체적인 최신 흐름을 확인할 수 있었을 뿐 아니라 향후 대중화할 수 있는 원예자재에 대한 소재 개발 측면에서도 상당한 학습효과를 얻었다는 점에서 높게 평가할 수 있을 것이라 생각된다.

또한, 다양한 원예 관련 신제품에 대한 정보 수집을 통하여 소재개발 및 연구 활성화를 통하여 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 제품개선에 유익한 박람회라고 판단되어 1차 년도부터 지속적으로 참가하고 있다.

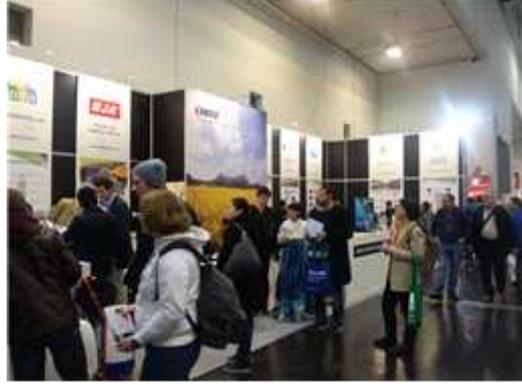


그림 35. 독일 에센 원예 농업 박람회 전경

5. 요약 및 결론

알루미늄 필름과 PET 필름 및 직조사의 탄화거리 시험을 수행하여 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 소재에 대한 화염억제 효과를 분석하였다. 본 연구에서는 가장 이상적인 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설계를 위하여 소재의 폭을 4 mm type과 5 mm type 폭을 비교 하여 작업성과 직조 시간 단축 및 결속강도 내구성 등을 고려하여 설계 하였으며, 화염확산 억제 알루미늄 스크린 제작은 전술한 연구결과를 바탕으로 할로겐 계열 난연제 혼용비율 30%의 알루미늄 필름과 PET 필름 및 난연 직조사를 이용하여 시설 하우스 설치시 가장 많이 사용되는 차광률 55% type과 75% type으로 제작하여 인장강도, 차광률, 투습도, 공기투과도등 물리적 특성을 규명하였다. 또한 제작된 제품의 국내외 방염 Test를 실시하였다.

본 연구에서는 농업용 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산을 보다 효율적 이도록 기존 직조 시스템인 라셀기의 구조를 각 단계별로 효율적으로 변형하여 제작 하도록 한다. 첫 번째로 직조사를 빔에 감아서 직조장치에 장착하기 전 단계까지 처리하는 정경장치와 PET 필름 및 알루미늄 필름을 적정한 폭으로 절단하여 보빈에 감아 내는 필름 절단 장치, 정경한 빔과 각 필름별로 감아낸 보빈을 거치대에 장착하여 직조하는 직조 장치, 직조장치에 의해 직조된 알루미늄 스크린 원단을 가공하는 가공 장치를 각각 제작한다.

그리고 제작된 스크린 직조 시스템의 성능과 효율성, 생산된 화염억제 알루미늄 스크린의 품질을 비교 평가 하도록 한다.

본 연구에서는 난연성 알루미늄 필름 또는 PET 필름을 폭 4 mm type으로 설계하였다. 폭을 4 mm type으로 설계한 이유는 5 mm type 폭에 비하여 열을 유출할 수 있는 통로는 많아져 다소 보온성이 떨어질 수 있으나 적정 보온력의 확보가 가능하다. 또한 공기의 투과 및 수분의 투과 효과가 더욱 높아져 하우스 내부의 과도한 수분상승을 낮추어 줌으로써 작업의 쾌적성을 높여 효율적인 하우스 관리를 진행할 수 있다. 이외에도 투습성의 향상은 하우스 내부의 과습에 의한 병해충의 서식을 낮추어 작물의 생산성 향상에 기여할 수 있기 때문이다. 또한 화염확산 알루미늄 스크린 직조시 4 mm type이 5 mm type과 비교하여 직조시간 단축 및 결속강도를 강화시켜 내구성을 높이는데 도움이 되기 때문에 Line의 폭을 4 mm type으로 제작하였다.

제 2 절 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연성 및 물리적 특성 분석

1. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연 특성 분석

가. 독일 방염 시험 검사소(FIRE LABS)의 B1 테스트

화염확산 억제 성능 평가는 독일의 방염시험 검사소(FIRE LABS)에 의뢰하여 독일의 방염 시험규격인 DIN4102-1의 시험 기준에 의거하여 방염성능을 평가하였다.

방염성 시험을 위한 샘플은 (주) 부전에서 개발한 선형저밀도 폴리에틸렌(LLDPE ; Linear Low Density Polyethylene)의 비율에 따라 YES White 55 (알루미늄 호일 50%, LLDPE 45%, 직조용 실 5%), YES White 75 (알루미늄 호일 70%, LLDPE 25%, 직조용 실 5%), YES White 90 (알루미늄 호일 85%, LLDPE 10%, 직조용 실 5%), YES White 95 (알루미늄 호일 90%, LLDPE 5%, 직조용 실 5%)로 샘플을 제작하였고, 또한 동일한 샘플에서 알루미늄 필름 스트립을 세로방향으로 절단한 것(시험표본 A)과 가로 방향으로 절단한 것(시험표본 B)에 대한 방염 성능인 B1 테스트(DIN 4102-1, CLASS B1)를 실시하였다.

(1) YES White 55의 B1 테스트 결과

(주) 부전에서 개발한 YES White 55의 B1 테스트 결과를 표 15와 표 16 및 그림 36과 37에 나타내었다.

표 15에서 보는 바와 같이 YES White 55의 화염 최고높이는 시험표본 A와 B에서 30cm로 동일하게 나타났고, 화염에 의한 용융 시간도 1분으로 동일하게 나타났다. 화염 소거 시간은 3분으로 나타났으며, 시험 후 연기 밀도의 경우 시험 표본 A와 B에서 각각 1.63%, 2.08%로 나타나, 기준 값인 400% 이하를 만족하는 것으로 나타났다. 또한 연소 후 잔여길이의 경우 시험 표본 A, B에서 평균 62cm와 63cm로 기준 값인 15cm 이상을 만족하는 것으로 나타났다. 한편, 발연온도는 최고 온도 평균이 시험표본 A와 B에서 각각 107℃, 111℃로 시험표본 B가 A보다 약 4℃ 높게 나타났으나 큰 차이는 없었고, 발연 온도 기준 값인 200℃ 이하보다 낮게 측정되어 B1 테스트 조건에 부합하였고, 발연시간은 약 10분 정도인 것으로 나타났다.

표 16에 나타낸 바와 같이 시험 표본의 경사방향과 위사방향에 대한 성능평가에서 발화시간은 1초, 화염이 심하게 발생할 때의 높이가 약 2cm, 연소발생시간은 1~2초, 측정표시 도달까지의 화염소거시간은 약 1~3초로 나타났으며, 연기발생(시각적)은 전술한 바와 같이 매우 적은 것으로 측정되었다. 또한 이상연소와 화염소진은 없는 것으로 평가되었다.

이상의 결과로부터 (주) 부전에서 개발한 YES White 55는 B1 테스트에서 기준 값을 모두 충족시켜 성능시험을 통과하였다.

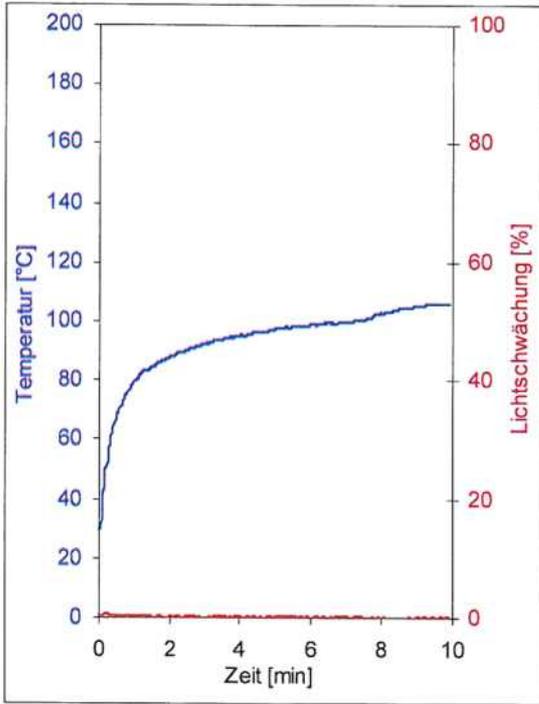
표 15 YES White 55의 B1 테스트 결과(I)

항목		세목	시험 표본 특성 값		요구사항
			A(세로)	B(가로)	
1	화염최고 높이	길이(cm)	30	30	
		시간(min)	1	1	
2	화염에 의한 용융 및 탄화절단	시간(min)	1	1	
3	표본 뒷면	화염탄화시간(min:s)	없음	없음	
		변색시간(min:s)	없음	없음	
4	연소 용융물	시작시간(min)	아니오	아니오	
5	표본 연소잔유물	시작시간(min)	아니오	아니오	
6	탄화되고 남은 시험부분	시작시간(min)	아니오	아니오	
7	표본체의 바닥으로부터 연소확대 지속	시작시간(min:s)	없음	없음	
8	조기시험종료	화염소거시간(min)	아니오 3	아니오 3	
9	시험후 잔유물	화염지속시간(min) 화염길이(cm)	아니오	아니오	
10	시험후 잔염	잔염지속시간(min:S) 연기 밀도(< 400%)	아니오 1.63	아니오 2.08	
11	연소후 잔여길이	반복별 길이(cm)	60	60	> 0
			60	62	
			65	65	
			65	67	
		평균	62	63	≥15
12	발연 온도	평균 최고 온도(℃)	107	111	≤200
		발연시간(min:s)	9:56	9:58	
주의점 : 정확한 현장시험에서 연소 후 잔여길이가 45cm이상으로 실험이 완료되었다.					

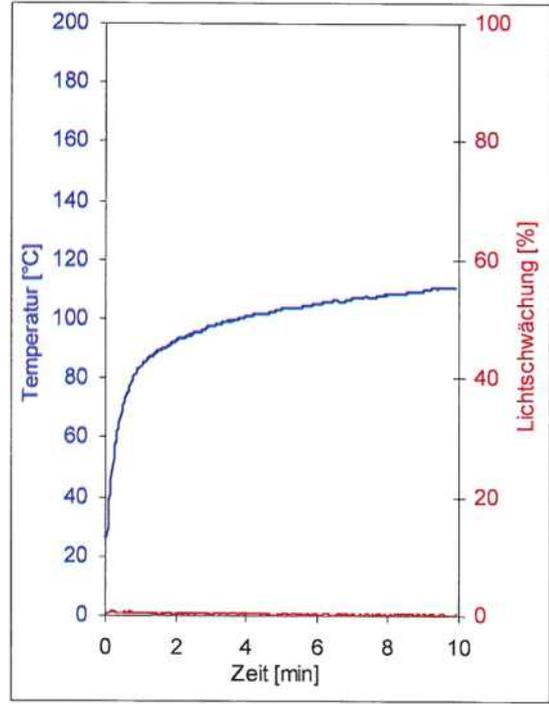
표 16 YES White 55의 B1 테스트 결과(II)

	단위	경사 방향						위사방향						요구사항	
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
표본번호	-	1	2	3	4	5	6	-	1	2	3	4	5	6	-
발화시간	s	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	-
화염이 격렬할 때의 높이	cm	1	2	1	2	2	2	-	1	2	3	2	3	3	-
연소발생 시간	s	1	2	1	1	2	2	-	1	3	2	2	3	2	-
측정표지까지의 최고 연소 시간	s	무	무	무	무	무	무	-	무	무	무	무	무	≥ 20	
측정표지 도달까지의 화염 소거시간	s	1	3	2	2	3	3	-	1	3	2	2	3	-	
거름종이의 발화시간	s	무	무	무	무	무	무	-	무	무	무	무	무	1)	
연기의 발생(시각적)	-	매우 적음						매우 적음						-	
실험종료까지의 이상연소	s	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	-	
화염소진	s	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	-	
20초 도달시간이 되도록 실험하는 표본의 외관 화염전이의 취약점의 범위 내에 있는 표본을 하나의 최고 약 9cm의 높이와 1.5cm 폭의 화염으로 연소하였다.															

- 주) 표본 1 : 직물 가장자리 연소
 표본 2 : 직물 표면 연소
 1) 20초 이내에 발화하지 않음
 ./ 연소반응 없음

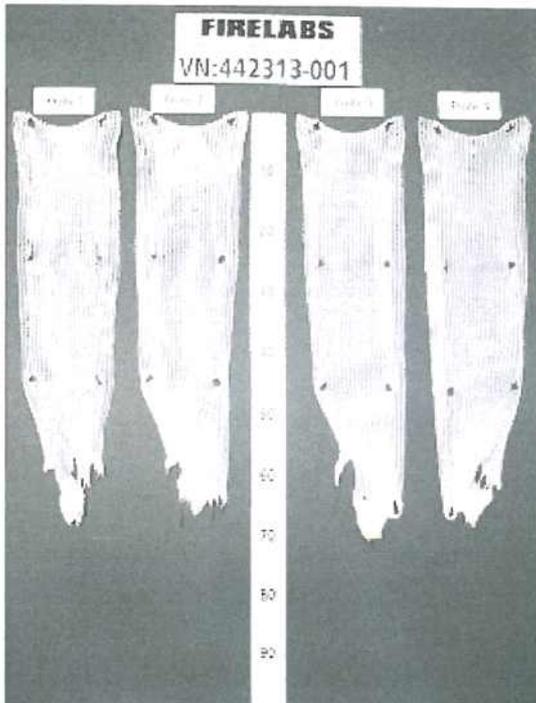


(a) 시험표본 A

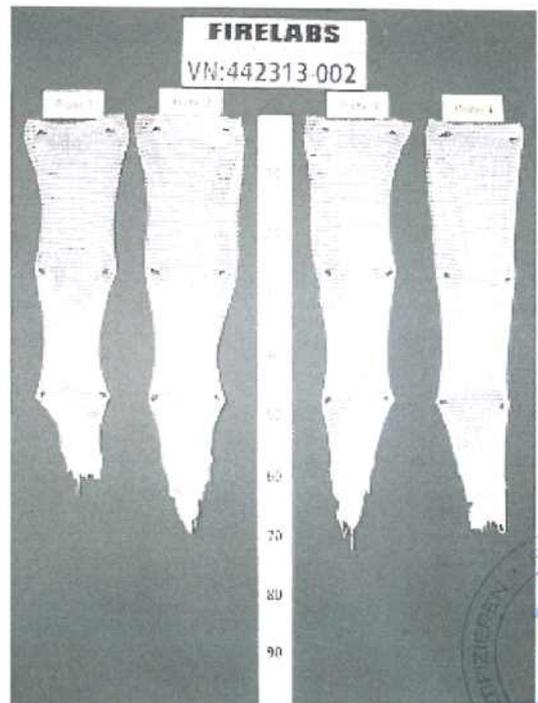


(b) 시험표본 B

그림 36. YES White 55의 연기 발생 온도 및 연기 발생 밀도 변화



(a) 시험표본 A



(b) 시험표본 B

그림 37. YES White 55의 연소 시험 후 표본 상태

(2) YES White 75의 B1 테스트 결과

표 17과 표 18 및 그림 38과 39는 (주) 부전에서 개발한 YES White 75의 B1 테스트 결과를 나타낸 것이다.

표 17에서 알 수 있듯이 YES White 75의 화염최고 높이는 시험표본 A와 B에서 30cm로 동일하게 나타났고, 화염에 의한 용융 시간도 1분으로 동일하게 나타났다. 화염 소거 시간은 3분으로 나타났고, 시험 후 연기 밀도의 경우 시험 표본 A와 B에서 각각 0.60%, 0.83%로 YES White 55보다 약 1% 내외 작은 것으로 나타났으며, 기준 값인 400% 이하를 만족하는 것으로 나타났다. 또한 연소 후 잔여길이의 경우 시험 표본 A, B에서 평균 67cm와 62cm로 기준 값인 15cm 이상을 만족하는 것으로 나타났고, YES White 55 시험 표본 A보다 연소 후 잔여 길이가 5cm 긴 것으로 나타났다. 한편, 발연온도는 최고 온도 평균이 시험표본 A와 B에서 각각 114℃, 117℃로 나타나 시험 표본 B가 A보다 약 3℃ 높게 나타났으나 큰 차이는 없었다. 또한 YES White 55보다 발연 온도가 6~7℃ 정도 높은 것으로 나타났고, 시험표본 발연 온도 기준 값인 200℃ 이하보다 낮게 나타나 B1 테스트 조건에 부합하였으며, 발연시간은 약 10분 정도인 것으로 나타났다.

한편 표 18에서 보는 바와 같이 YES White 75 시험 표본의 경사방향과 위사방향에 대한 성능평가에서 발화시간은 1초, 화염이 격렬할 때의 높이가 약 2cm, 연소발생시간은 2~3초로 YES White 55 시험 표본보다 약 1초 정도 긴 것으로 나타났다. 또한 측정표지 도달까지의 화염소거시간은 약 2~3초로 나타나 YES White 55와 유사하게 성능이 평가 되었다. 또한 연기 발생(시각적)은 전술한 바와 같이 매우 적으로 측정되었다. 또한 이상연소와 화염소진은 없는 것으로 평가되었다.

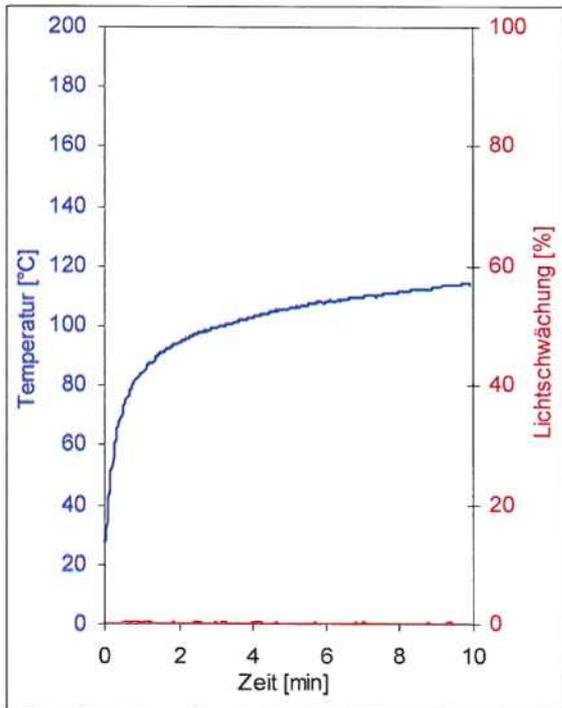
이상의 결과로부터 (주) 부전에서 개발한 YES White 75도 B1 테스트에서 기준 값을 모두 충족시키는 것으로 나타났다.

표 17 YES White 75의 B1 테스트 결과(I)

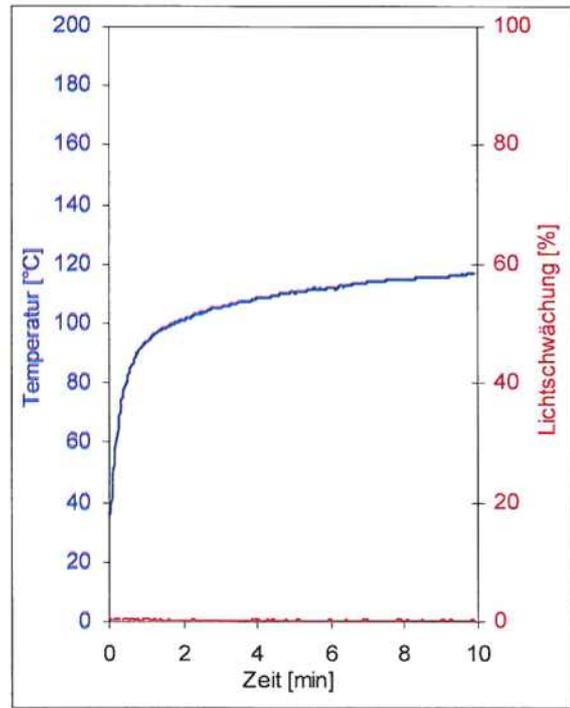
항목	세목	표본 특성값		요구사항
		A(세로)	B(가로)	
1	화염최고 높이 시간(min)	30 1	30 1	
2	화염에 의한 용융 및 탄화절단 시간(min)	1	1	
3	표본 뒷면 화염탄화시간(min:s) 변색시간(min:s)	없음 없음	없음 없음	
4	연소 용융물 시작시간(min)	아니오	아니오	
5	표본 연소잔유물 시작시간(min)	아니오	아니오	
6	탄화되고 남은 시험부분 시작시간(min)	아니오	아니오	
7	표본체의 바닥으로부터 연소확대 지속 시작시간(min:s)	없음	없음	
8	조기시험종료 화염소거시간(min)	아니오 3	아니오 3	
9	시험후 잔유물 화염지속시간(min) 화염길이(cm)	아니오	아니오	
10	시험후 잔염 잔염지속시간(min:S) 연기 밀도(< 400%)	아니오 0.60	아니오 0.83	
11	연소후 잔여길이 반복별 길이(cm) 평균	68 70 65 67 67	62 61 60 65 62	> 0 ≥15
12	발연 온도 평균 최고 온도(℃) 발연시간(min:s)	114 9:52	117 9:54	≤200
주의점 : 정확한 현장시험에서 연소 후 잔여길이가 45cm이상으로 실험이 완료되었다.				

표 18 YES White 75의 B1 테스트 결과(II)

	단위	경사 방향						위사방향						요 구 사 향		
		1	2	3	4	5	6	-	1	2	3	4	5		6	-
표본번호	-	1	2	3	4	5	6	-	1	2	3	4	5	6	-	
발화시간	s	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	-	-
화염이 격렬할 때의 높이	cm	2	2	2	2	2	2	-	1	2	2	2	2	2	-	-
연소발생 시간	s	2	3	3	3	3	2	-	1	3	2	3	2	3	-	-
측정표지까지의 최고 연 소시간	s	무	무	무	무	무	무	-	무	무	무	무	무	무	-	≥ 20
측정표지 도달까지의 화 염소거시간	s	3	3	3	3	3	3	-	2	3	2	3	2	3	-	-
거름종이의 발화시간	s	무	무	무	무	무	무	-	무	무	무	무	무	무	-	1)
연기의 발생(시각적)	-	매우 적음						매우 적음						-		
실험종료까지의 이상연소	s	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	-	-
화염소진	s	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	무	-	-
20초 도달시간이 되도록 실험하는 표본의 외관 화염전이의 취약점의 범위내에 있는 표본을 하나의 최고 약 2cm의 높이와 1.5cm 폭의 화염 으로 연소하였다.																

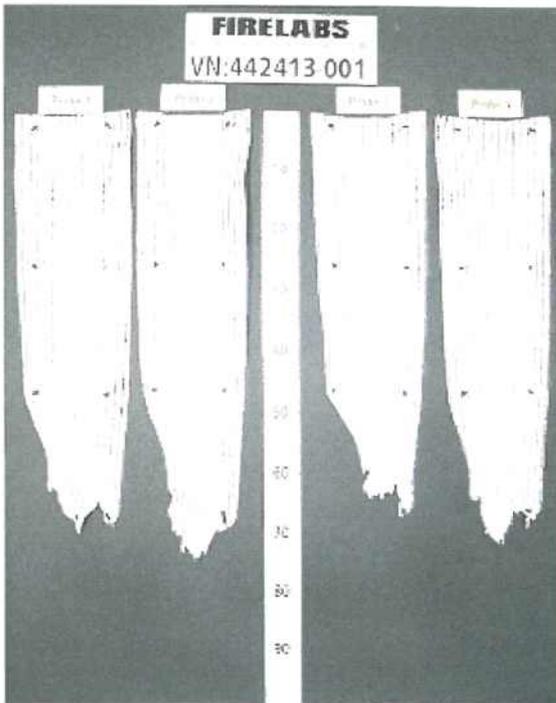


(a) 시험표본 A

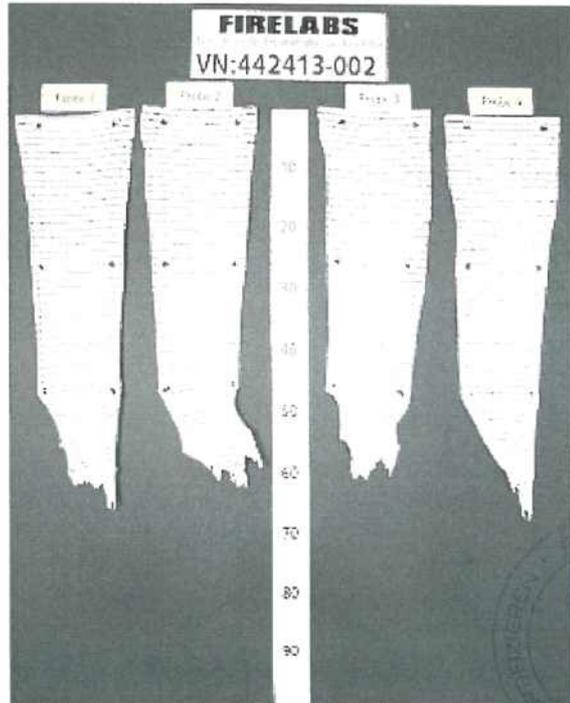


(b) 시험표본 B

그림 38. YES White 75의 연기 발생 온도 및 연기 발생 밀도 변화



(a) 시험표본 A



(b) 시험표본 B

그림 39. YES White 75의 연소 시험 후 표본 상태

3) YES White 90

YES White 90의 독일 방염 시험 결과를 표 19, 표 20 및 그림40, 그림 41에 나타내었다. 표와 그림에 나타난 바와 같이 YES 10은 B1 테스트의 기준 값을 모두 충족하여 성능시험을 통과한 것으로 나타났다.

표 19에 나타냈듯이 시험표본 A와 B의 최대 화염높이는 20cm이었고, 용융시간 또한 동일하게 1분으로 나타났다. 또한 연기밀도는 시험표본 A에서 3.2%, 시험표본 B에서는 6.2%로 평가 기준 값인 400% 이하의 값으로 나타나 B1테스트 조건에 충족하였다.

한편, 연소 후 잔여길이 평균은 시험표본 A와 시험표본 B에서 각각 64cm, 61cm로 평가 기준 값인 15cm 이상을 나타내었으며, 연소 가스 온도는 시험표본 A에서 112℃, 시험표본 B에서는 117℃로 시험표본 A의 온도가 시험표본 B에 비해 5℃ 낮은 것으로 나타났으나, 두 시험표본 모두 평가 기준 값인 200℃ 이하의 값을 나타내어 B1 테스트 조건에 부합하는 것으로 나타났다. 또한 발연시간은 시험표본 A와 시험표본 B에서 각각 9분 58초, 9분 56초로 큰 차이가 없었다.

표 20은 시험표본의 경사방향 및 위사방향에 대하여 성능평가를 실시한 것이다. 표 20에서 보는 바와 같이 모든 표본의 발화시간은 1초로 나타났으며, 화염이 심하게 발생할 때의 높이는 경사방향에서 4~10cm, 위사방향에서는 2~7cm로 측정되었다. 연소발생 시간은 경사방향은 3~10초, 위사방향은 3~5초를 나타내었고, 측정표지 도달까지의 화염 소거시간은 경사방향 4~11초, 위사방향 3~7초의 값을 보였다.

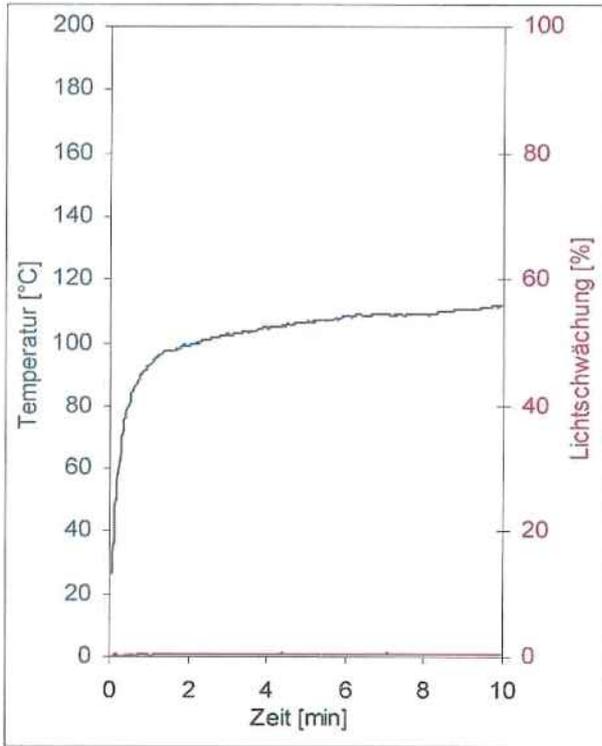
한편, 시각적인 연기발생은 매우 적은 것으로 나타났으며, 이상연소 및 화염소진은 없는 것으로 평가되었다.

표 19 YES White 90의 B1 테스트 결과

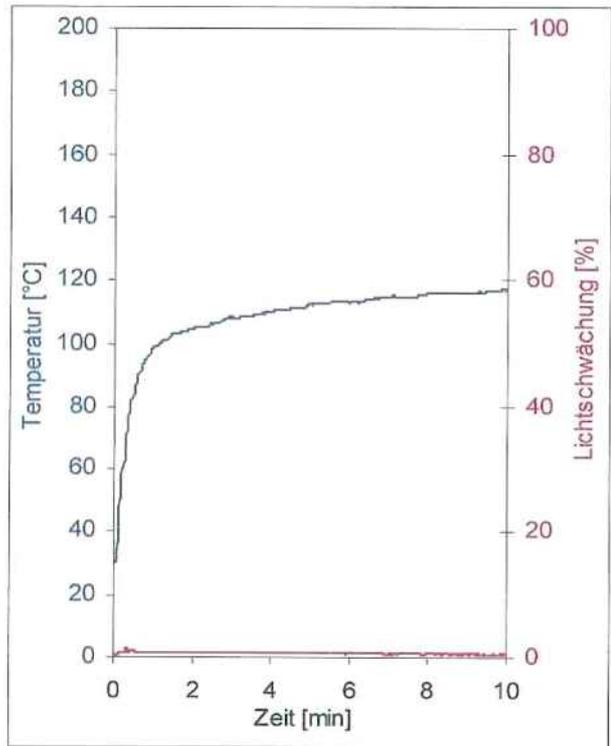
항목	제목	시험 표본 특성 값		요구 사항	
		A(세로)	B(가로)		
1	화염최고높이	길이(cm) 시간(min)	20 1	20 1	
2	화염에 의한 용융 및 탄화절단	시간(min)	1	1	
3	표본 뒷면의 불꽃/연기 및 변색	화염 탄화시간(min:s) 변색시간(min:s)	없음	없음	
4	연소 용융물	시작시간(min:s)	없음	없음	
5	표본 연소 잔유물	시작시간(min:s)	없음	없음	
6	탄화되고 남은 시험부분	시간(min:s)	없음	없음	
7	표본체의 바닥으로부터 연소확대 지속	시간(min:s)	없음	없음	
8	조기 시험 종료	화염소거시간(min)	없음 3	없음 3	
9	시험 후 잔유물	화염지속시간(min) 화염길이(cm)	없음	없음	
10	시험 후 잔염	잔염지속시간(min:s) 연기밀도(≤ 400%)	없음 3.2	없음 6.2	
11	연소 후 잔여길이	반복별 길이(cm)	68	60	> 0
			64	65	
			59	61	
			65	60	
		평균	64	61	≥ 15
12	발연온도	평균 최고 온도(℃) 발연시간(min:s)	112 9:58	117 9:56	≤ 200
비고 : 정확한 현장시험에서 연소 후 잔여길이가 45cm 이상으로 실험이 완료됨					

표 20 YES White 90의 B1 테스트 결과

	단위	경사 방향						위사 방향						요구 사항
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
표본번호	-	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
발화시간	s	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
화염이 격렬할 때의 높이	cm	7	4	5	10	6	6	3	2	7	5	3	2	
연소발생 시간	s	3	3	3	10	3	3	4	3	5	4	3	3	
측정표지까지의 최고 연소 시간	s	연소반응 없음						연소반응 없음						
측정표지 도달까지의 화염 소거시간	s	6	4	4	11	4	4	4	4	7	7	4	3	
거름종이의 발화시간	s	연소반응 없음						연소반응 없음						
연기의 발생(시각적)	-	매우적음						매우적음						
실험종료까지의 이상연소	s	연소반응 없음						연소반응 없음						
화염소진	s	연소반응 없음						연소반응 없음						
<p>화염전이 취약점의 범위 내에 있는 표본을 각각 최고 약 10cm의 높이와 6cm 폭의 화염으로 연소하여 4cm의 그을음이 있었다.</p>														

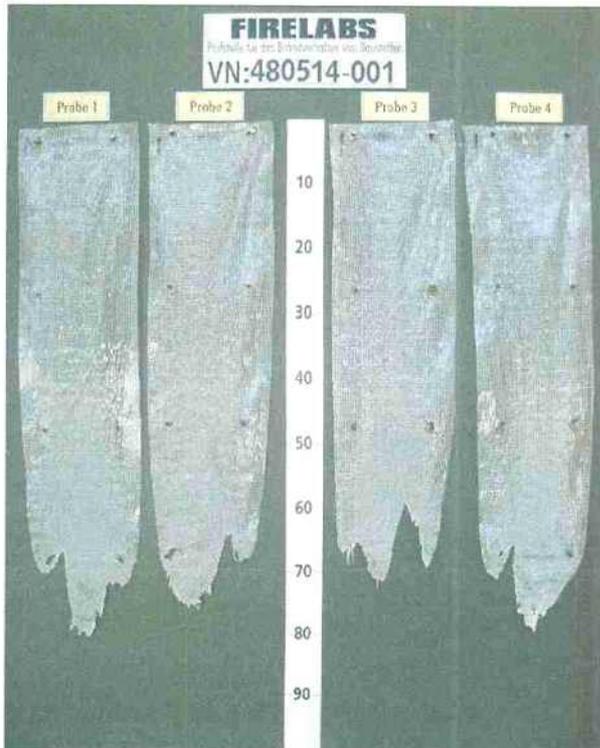


(a) 종방향

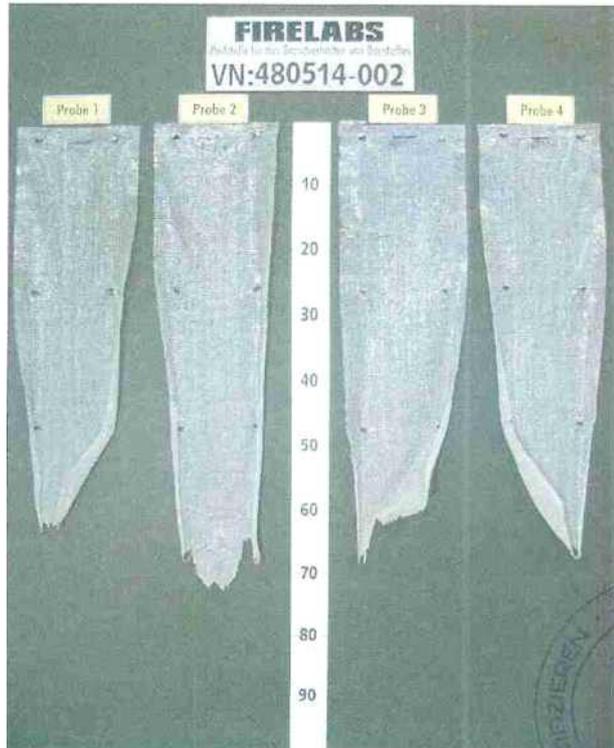


(b) 횡방향

그림 40. YES White 90의 연기 발생 온도 및 연기 발생 밀도 변화



(a) 종방향



(b) 횡방향

그림 41. YES White 90의 연소 시험 후 표본의 상태

(3) YES White 95

표 21과 표 22 및 그림 42와 43에 (주) 부전에서 개발한 YES White 95의 B1 테스트 결과를 나타내었다.

표 21에 나타난 바와 같이 YES White 95의 화염 최고높이는 YES White 55와 YES White 75와 마찬가지로 시험표본 A와 B에서 30cm로 동일하게 나타났고, 화염에 의한 용융 시간도 1분으로 동일하게 나타났다. 화염 소거 시간은 3분으로 나타났고, 시험 후 연기 밀도의 경우 시험 표본 A와 B에서 각각 2.80%, 4.00%로 YES White 55보다 약 1~2% 높았고, YES White 75보다 2~3% 정도 높은 것으로 나타났으나 기준 값인 400% 이하는 만족하는 것으로 나타났다. 또한 연소 후 잔여길이의 경우 시험 표본 A, B에서 평균 66cm와 65cm로 YES White 55 시험 표본 A보다 연소 후 잔여 길이가 2~3cm 긴 것으로 나타났고, YES White 75와 비교하여 시험 표본 B의 경우 3cm 긴 것으로 나타났으며, 기준 값인 15cm 이상을 만족하는 것으로 나타났다. 한편, 발연온도는 최고 온도 평균이 시험표본 A와 B에서 각각 113℃, 117℃로 나타나 시험 표본 B가 A보다 약 4℃ 높게 나타났으나 큰 차이는 없었다. 또한 YES White 55보다 발연 온도가 6℃ 정도 높은 것으로 나타났고, YES White 75와 유사한 경향을 보였고, 시험표본 발연 온도 기준 값인 200℃ 이하보다 낮게 나타나 B1 테스트 조건에 부합하였으며, 발연시간은 약 10분 내외인 것으로 나타났다.

한편 표 22에서 보는 바와 같이 YES White 95 시험 표본의 경사방향과 위사방향에 대한 성능평가에서 발화시간은 1초, 화염이 심하게 발생할 때의 높이가 약 2~6cm로서 YES White 55와 YES White 75와 비교하여 1~4cm 정도 높은 것으로 나타났다. 또한 연소 발생시간은 1~4초로서 YES White 55와 YES White 75와 비교하여 약 1~2초 정도 긴 것으로 나타났다. 한편, 측정표시 도달까지의 화염소거시간은 약 2~6초로 나타나 YES White 55와 YES White 75보다 약 1~3초 정도 화염소거시간이 긴 것으로 평가 되었다. 또한 연기발생(시각적)은 전술한 바와 같이 매우 적은 것으로 측정되었다. 또한 이상연소와 화염소진은 없는 것으로 평가되었다.

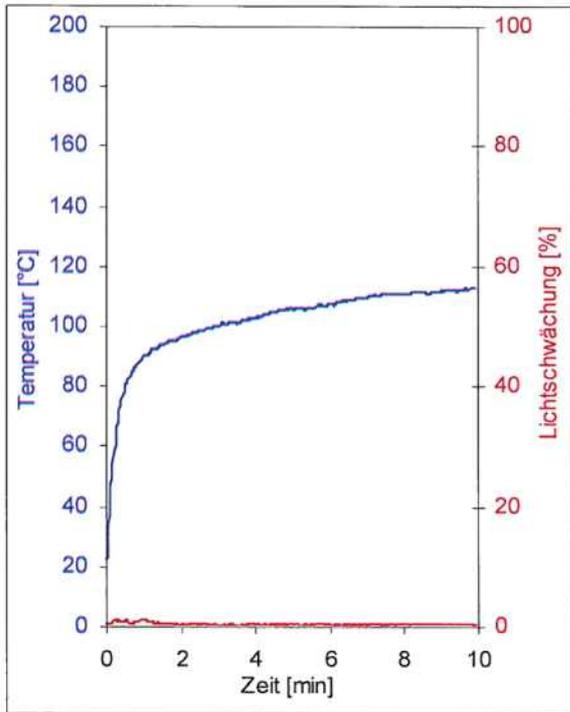
이상의 결과로부터 (주) 부전에서 개발한 YES White 95도 B1 테스트에서 기준 값을 모두 충족시키는 것으로 나타났다.

표 21 YES White 95의 B1 테스트 결과(I)

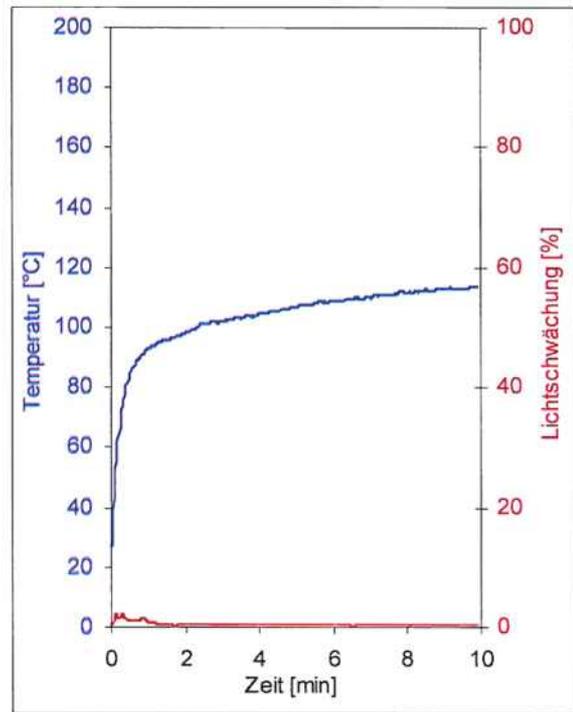
항목	세목	표본 특성값		요구사항
		A(세로)	B(가로)	
1	화염최고 높이	30	30	
	시간(min)	1	1	
2	화염에 의한 용융 및 탄화절단	1	1	
3	화염탄화시간(min:s)	없음	없음	
	변색시간(min:s)	없음	없음	
4	연소 용융물	아니오	아니오	
5	표본 연소잔유물	아니오	아니오	
6	탄화되고 남은 시험부분	아니오	아니오	
7	표본체의 바닥으로부터 연소확대 지속	없음	없음	
8	조기시험종료	아니오	아니오	
9	화염소거시간(min)	3	3	
		아니오	아니오	
10	화염지속시간(min)	아니오	아니오	
	화염길이(cm)			
11	잔염지속시간(min:S)	아니오	아니오	
12	반복별 길이(cm)	2.8	4.0	> 0
		68	65	
		68	64	
		65	66	
		65	65	
	평균	66	65	≥15
12	평균 최고 온도(℃)	113	117	≤200
	발연시간(min:s)	10:00	9:54	
주의점 : 정확한 현장시험에서 연소 후 잔여길이가 45cm이상으로 실험이 완료되었다.				

표 22 YES White 95의 B1 테스트 결과(II)

	단위	경사 방향							위사방향							요구사항
		1	2	3	4	5	6	-	1	2	3	4	5	6	-	
표본번호	-	1	2	3	4	5	6	-	1	2	3	4	5	6	-	
발화시간	s	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	-	-
화염이 격렬할 때의 높이	cm	2	4	3	4	6	3	-	2	2	4	3	3	5	-	-
연소발생 시간	s	1	3	4	3	4	3	-	2	2	3	3	4	4	-	-
측정표지까지의 최고 연소시간	s	무	무	무	무	무	무	-	무	무	무	무	무	무	-	≥ 20
측정표지 도달까지의 화염소거시간	s	2	3	4	3	4	3	-	2	2	3	3	5	6	-	-
거름종이의 발화시간	s	무	무	무	무	무	무	-	무	무	무	무	무	무	-	1)
연기의 발생(시각적)	-	매우 적음							매우 적음							-
실험종료까지의 이상연소	s	무	무	무	무	무	무	-	무	무	무	무	무	무	-	-
화염소진	s	무	무	무	무	무	무	-	무	무	무	무	무	무	-	-
20초 도달시간이 되도록 실험하는 표본의 외관 화염전이의 취약점의 범위내에 있는 표본을 하나의 최고 약 7cm의 높이와 3cm 폭의 화염으로 연소하였다,																

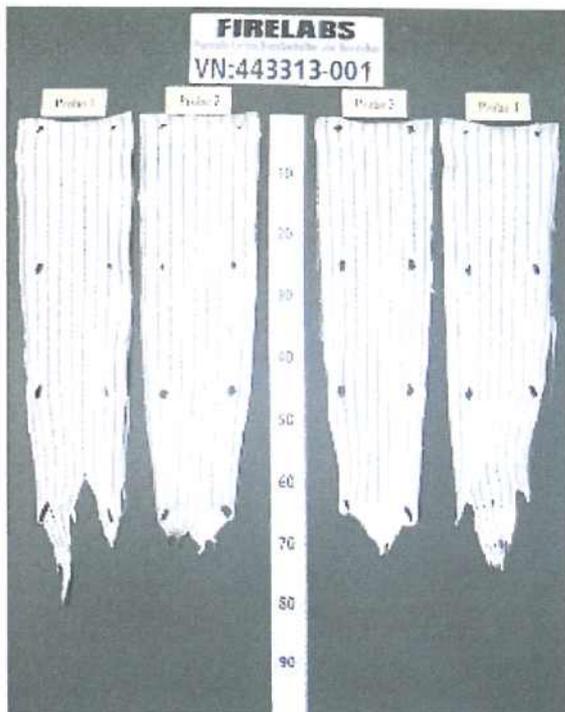


(a) 시험표본 A

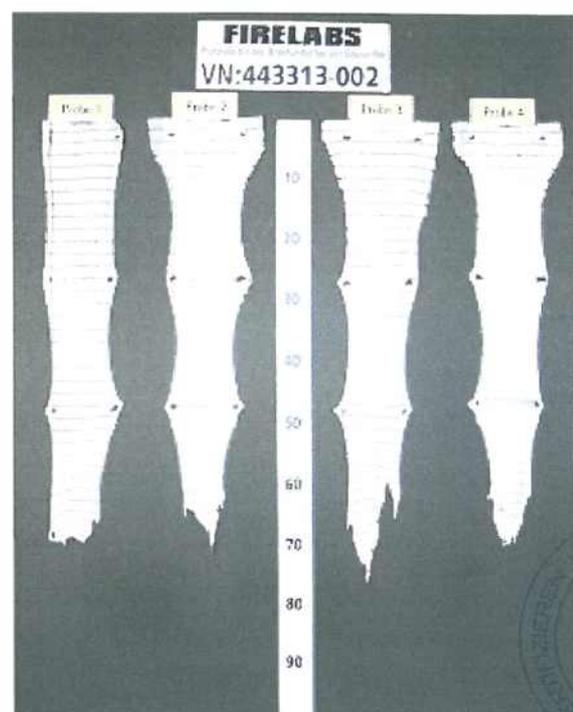


(b) 시험표본 B

그림 42. YES White 95의 연기 발생 온도 및 연기 발생 밀도 변화



(a) 시험표본 A



(b) 시험표본 B

그림 43. YES White 95의 연소 시험 후 표본 상태

나. 네덜란드 화염 시험 검사소(Efectis)의 테스트 결과

네덜란드 방염시험 검사소(Efectis)에서의 방염성 시험은 (주) 부전에서 개발한 YES WHITE 55, YES WHITE 75를 실시하였다. YES WHITE 55는 알루미늄 호일 50%, LLDPE 45%, 직조용 실 5%로 이루어져 있으며, YES WHITE 75는 알루미늄 호일 70%, LLDPE 25%, 직조용 실 5%로 구성되어 있다. 방염 시험은 시료의 상, 하단에 횡방향 및 종방향에 따라 Configuration 1, Configuration 2, Configuration 3로 나누어 네덜란드의 방염 시험 규격인 DIN 8825:2010에 따라 실시하여 평가하였다. Configuration 1은 시료의 상, 하단에 횡방향 및 종방향에 따라 30° 방향에서 화염을 가하여 각 3부분씩, 총 12부분의 방염성 시험을 실시한 것이다. Configuration 2는 최악의 시료방향을 가정하여 시료의 상단을 화염과 수직방향으로 6부분의 방염성을 시험한 것이다. 또한 Configuration 3도 최악의 시료방향을 가정하여 시험한 것으로 시료 상단의 30° 방향에서 움직이는 화염을 가하여 방염성을 시험하였다.

(1) YES WHITE 55

표 23 ~ 표 28은 YES WHITE 55의 방염 시험 결과를 나타낸 것이다. 표 23 ~ 표 28에 나타낸 바와 같이 YES WHITE 55는 네덜란드 방염시험 검사조건에서 평가가 (+)로 나타나 방염 성능의 조건에 충족하는 것으로 나타났다.

표 23은 시료 상단의 종방향에서 Configuration 1 시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 표 23에서 보는 바와 같이 YES WHITE 55의 연소된 부분이 37~44mm로 측정되었고, 평가기준인 220mm 지점을 통과한 경우가 나타나지 않아 종합평가에서 (+)를 얻었다.

표 24은 시료 하단의 종방향에서 Configuration 1 시험을 실시한 결과이다. 표 24에 나타낸 바와 같이 연소된 부분의 크기는 30~40mm의 값을 나타내었고, 표 23과 마찬가지로 평가기준인 220mm 지점을 통과한 경우가 나타나지 않아 모든 시험 및 종합평가에서 (+)를 나타내어 방염 성능의 조건에 충족하는 것으로 나타났다.

표 25는 시료 상단의 횡방향에서 Configuration 1 시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 표 25에 나타냈듯이 연소된 부분의 크기는 28~40mm의 값을 나타내었으며, 평가기준인 220mm 지점을 통과한 경우가 나타나지 않아 종합평가에서 (+)를 보였다.

표 26은 시료 하단의 횡방향에서 Configuration 1 시험을 실시한 결과이다. 표 26에 보는 바와 같이 연소된 부분의 크기가 25~40mm의 값을 나타내어, 평가기준인 220mm 이하의 연소크기를 보였고, 종합평가에서 다른 조건과 마찬가지로 (+)를 나타내어 방염성능의 조건에 충족하였다.

따라서 Configuration 1 시험의 결과는 모든 위치의 평가에서 (+)를 나타내어 방염 성능의 조건에 충족하는 것으로 나타났다.

표 27은 YES WHITE 55의 Configuration 2 시험결과를 나타낸 것이다. 표 27에 나타낸 바와 같이 연소된 부분의 크기는 90~115mm이었고, 각각의 평가 및 종합평가 모두 (+)를 나타내었다.

한편, 표 28은 시료를 Configuration 3으로 시험한 결과를 나타낸 것이다. 표 28에 나타낸 바

와 같이 YES WHITE 55의 연소된 부분은 105~189mm로 나타났고, 6개의 시험 중 1개의 평가가 (-)였으나, 종합평가에서는 (+)를 나타내었다.

따라서 YES WHITE 55는 네덜란드 방염시험 규격인 DIN 8825의 결과에서 방염성능의 조건에 충족하는 것으로 나타났다.

표 23 YES WHITE 55에 대한 종방향 상단의 Configuration 1 실험 결과

Test no.	점화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	평가
1a	Y	N / 40 / n/a	+
1b	Y	N / 44 / n/a	+
1c	Y	N / 37 / n/a	+
종합평가			+

표 24 YES WHITE 55에 대한 종방향 하단의 Configuration 1 실험 결과

Test no.	점화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	평가
2a	Y	N / 40 / n/a	+
2b	Y	N / 30 / n/a	+
2c	Y	N / 38 / n/a	+
종합평가			+

표 25 YES WHITE 55에 대한 횡방향 상단의 Configuration 1 실험 결과

Test no.	점화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	평가
3a	Y	N / 28 / n/a	+
3b	Y	N / 40 / n/a	+
3c	Y	N / 32 / n/a	+
종합평가			+

표 26 YES WHITE 55에 대한 횡방향 하단의 Configuration 1 실험 결과

Test no.	점화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	평가
2a	Y	N / 40 / n/a	+
2b	Y	N / 30 / n/a	+
2c	Y	N / 38 / n/a	+
종합평가			+

표 27 YES WHITE 55의 Configuration 2 실험 결과

Test no.	점화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	Filter paper 점화 [Y/N]	평가
5a	Y	N / 105 / n/a	N	+
5b	Y	N / 90 / n/a	N	+
5c	Y	N / 100 / n/a	N	+
5d	Y	N / 115 / n/a	N	+
5e	Y	N / 98 / n/a	N	+
5f	Y	N / 90 / n/a	N	+
종합평가			N	+

표 28 YES WHITE 55의 Configuration 3 실험 결과

Test no.	접화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	평가
6a	Y	N / 175 / n/a	+
6b	Y	N / 118 / n/a	+
6c	Y	N / 189 / n/a	-
6d	Y	N / 105 / n/a	+
6e	Y	N / 180 / n/a	+
6f	Y	N / 135 / n/a	+
종합평가			+

(2) YES WHITE 75

표 29 ~ 표 34는 YES WHITE 75의 방염 시험 결과를 나타낸 것이다. 표 29 ~ 표 34에 나타낸 바와 같이 YES WHITE 75도 YES WHITE 55와 마찬가지로 네덜란드 방염시험 검사조건에서 평가가 (+)로 나타나 방염 성능의 조건에 충족하는 것으로 나타났다.

표 29는 시료 상단의 종방향에서 Configuration 1 시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 표 29에서 보는 바와 같이 YES WHITE 75의 연소된 부분이 38~42mm로 측정되었고, 평가기준인 220mm 지점을 통과한 경우가 나타나지 않아 종합평가에서 (+)를 얻었다.

표 30은 YES WHITE 75 하단의 종방향에서 Configuration 1 시험을 실시한 결과이다. 표 30에 나타낸 바와 같이 연소된 부분의 크기는 46~70mm의 값을 나타내었고, 표 29와 마찬가지로 평가기준인 220mm 지점을 통과한 경우가 나타나지 않아 모든 시험 및 종합평가에서 (+)를 나타내어 방염 성능의 조건에 충족하는 것으로 나타났다.

표 31은 YES WHITE 75 상단의 횡방향에서 Configuration 1 시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 표 31에 나타냈듯이 연소된 부분의 크기는 28~35mm의 값을 나타내었으며, 평가기준인 220mm 지점을 통과한 경우가 나타나지 않아 종합평가에서 (+)를 보였다.

표 32는 시료 하단의 횡방향에서 Configuration 1 시험을 실시한 결과이다. 표 32에 보는 바와 같이 연소된 부분의 크기가 27~33mm의 값을 나타내어, 평가기준인 220mm 이하의 연소크기를 보였고, 종합평가에서 다른 조건과 마찬가지로 (+)를 나타내어 방염성능의 조건에 충족하였다.

따라서 YES WHITE 75의 Configuration 1 시험 결과는 모든 위치의 평가에서 (+)를 나타내어 방염 성능의 조건에 충족하는 것으로 나타났다.

표 33은 YES WHITE 75의 Configuration 2 시험결과를 나타낸 것이다. 표 33에 나타낸 바와 같이 연소된 부분의 크기는 78~110mm이었고, 각각의 평가 및 종합평가 모두 (+)를 나타내었다.

한편, 표 34는 YES WHITE 75를 Configuration 3으로 시험한 결과를 나타낸 것이다. 표 34에 나타낸 바와 같이 YES WHITE 75의 연소된 부분은 105~220mm로 나타났고, 12개의 시험 중 1개에서 220mm 지점을 통과하여 평가가 (-)였으나, 종합평가에서는 (+)를 나타내었다.

따라서 YES WHITE 75는 YES WHITE 55와 마찬가지로 네덜란드 방염시험 규격인 DIN 8825의 결과에서 방염성능의 조건에 충족하는 것으로 나타났다.

표 29 종방향 상단의 Configuration 1 실험 결과

Test no.	점화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	평가
1a	Y	N / 40 / n/a	+
1b	Y	N / 38 / n/a	+
1c	Y	N / 42 / n/a	+
종합평가			+

표 30 종방향 하단의 Configuration 1 실험 결과

Test no.	점화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	평가
2a	Y	N / 46 / n/a	+
2b	Y	N / 70 / n/a	+
2c	Y	N / 48 / n/a	+
종합평가			+

표 31 횡방향 상단의 Configuration 1 실험 결과

Test no.	점화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	평가
3a	Y	N / 28 / n/a	+
3b	Y	N / 30 / n/a	+
3c	Y	N / 35 / n/a	+
종합평가			+

표 32 횡방향 하단의 Configuration 1 실험 결과

Test no.	점화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	평가
2a	Y	N / 32 / n/a	+
2b	Y	N / 33 / n/a	+
2c	Y	N / 27 / n/a	+
종합평가			+

표 33 Configuration 2 실험 결과

Test no.	점화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	Filter paper 점화 [Y/N]	평가
5a	Y	N / 90 / n/a	N	+
5b	Y	N / 90 / n/a	N	+
5c	Y	N / 110 / n/a	N	+
5d	Y	N / 90 / n/a	N	+
5e	Y	N / 78 / n/a	N	+
5f	Y	N / 103 / n/a	N	+
종합평가			N	+

표 34 Configuration 3 실험 결과

Test no.	점화 [Y/N]	220mm 지점 통과 [Y/N] / [mm] / [s]	평가
6a	Y	N / 120 / n/a	+
6b	Y	N / 105 / n/a	+
6c	Y	N / 137 / n/a	+
6d	Y	N / 105 / n/a	+
6e	Y	N / 130 / n/a	+
6f	Y	N / >220 / 20	-
6g	Y	N / 168 / n/a	+
6h	Y	N / 150 / n/a	+
6i	Y	N / 215 / n/a	+
6j	Y	N / 153 / n/a	+
6k	Y	N / 174 / n/a	+
6l	Y	N / 150 / n/a	+
종합평가			+

다. 중국 SGS의 테스트 결과

화염확산 억제성능 평가는 중국의 SGS-CSTC에 의뢰하여 평가하였다.

방염성 시험을 위한 시료는 (주) 부전에서 개발한 YES WHITE 55와 YES WHITE 95 두 가지 시료를 이용하였다(그림 44). 방염성 시험을 위한 시료는 세로방향으로 절단한 것(시험표본 A)과 가로방향으로 절단한 것(시험표본 B)을 가지고 14일 동안 온도 23±2 ℃, 습도 50±6 %에서 보관 후 평가에 사용하였다. 방염성 시험은 DIN4102-15 & 16, 그리고 B1테스트(DIN 4102-1, Clause6.2-Class B1)을 실시하여 평가하였다.



YES WHITE 55



YES WHITE 95

그림 44. 알루미늄 스크린 (YES WHITE 55, YES WHITE 95)

(1) YES WHITE 55

YES 55의 방염 시험 결과를 표 35, 표 36에 나타내었다. YES 55는 방염성 테스트의 기준 값을 모두 충족하여 성능시험을 통과 한 것으로 나타났다.

표 35에서 나타냈듯이 DIN4102-15 & 16의 테스트 결과를 보면 시험표본 A와 B의 최대 화염높이는 30cm, 28cm 이었으며, 용융시간은 동일하게 1초로 나타났다.

연소 후 잔여길이 평균은 시험표본 A 와 시험표본 B에서 각각 64.5cm, 66cm로 나타났으며, 평가 기준 값인 15cm 이상을 충족시켰다. 발열온도에서 평균 최고 온도는 시험표본 A에서 140.5℃, 시험표본 B에서 142.1℃로 비슷하게 나타났으며. 발열시간은 6분49초, 7분으로 각각 나타났다.

표 36은 DIN 4102-1, Clause6.2-Class B1 테스트 결과를 나타낸 것이다. 화염이 심하게 발생할 때의 높이는 세로방향에서 2~3cm 가로방향에서도 2~3cm로 측정되었다. 화염 소거시간은 15초로 세로방향 가로방향 둘 다 동일하게 측정 되었으며, 시각적인 연기발생은 매우 적은 것으로 나타났다.

표 35 DIN 4102-15 & 16 테스트 결과 (YES WHITE 55)

항목		제목	시험 표본 특성 값			
			A(세로)		B(가로)	
1	화염최고높이	길이(cm) 시간(min:s)	30 0:07	28 0:07		
2	화염에 의한 용융 및 탄화절단	시간(min:s)	0:01	0:01		
3	표본 뒷면의 불꽃/연기 및 변색	화염 탄화시간(min:s) 변색시간(min:s)	0:02 0:01	0:02 0:01		
4	연소 용융물	시작시간(min:s)	없음	없음		
5	표본 연소 잔유물	시작시간(min:s)	없음	없음		
6	탄화되고 남은 시험부분	시간(min:s)	없음	없음		
7	표본체의 바닥으로부터 연소확대 지속	시간(min:s)	없음	없음		
8	조기 시험 종료	시간(min:s)	없음	없음		
9	시험 후 잔유물	화염지속시간(min:s) 화염길이(cm)	없음	없음		
10	시험 후 잔열	잔열지속시간(min:s)	없음	없음		
11	연소 후 잔여길이	반복별 길이(cm)	65	64	67	64
			67	62	66	67
		평균	64.5		66	
12	발열온도	평균 최고 온도(℃) 발열시간(min:s)	140.5 06:49	142.1 07:00		

표 36 DIN 4102-1 Clause6.2 테스트 결과 (YES WHITE 55)

표본번호	세로 방향					가로 방향				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
측정표지까지의 최고 연소 시간	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
자가 소거시간 (s)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
화염이 격렬할 때의 높이	2	3	2	2	2	2	2	2	3	3
화염 소거시간 (s)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
거름종이의 발화	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
연기의 발생(시각적)	매우적음					매우적음				

(2) YES WHITE 95

YES 95의 방염 시험 결과를 표 37, 표 38에 나타내었다. YES 95는 방염성 테스트의 기준 값을 모두 충족하여 성능시험을 통과 한 것으로 나타났다.

표 37에서 나타냈듯이 DIN4102-15 & 16의 테스트 결과를 보면 시험표본 A와 B의 최대 화염높이는 30cm, 30cm 이었으며, 시간은 8초, 10초로 나타났다. 또한 용융시간은 동일하게 1초로 나타났다.

연소 후 잔여길이 평균은 시험표본 A 와 시험표본 B에서 각각 70.2cm, 70.7cm로 나타났으며, 평가 기준 값인 15cm 이상을 충족시켰다. 발열온도에서 평균 최고 온도는 시험표본 A에서 140.2℃, 시험표본 B에서 141.5℃로 비슷하게 나타났으며. 발열시간은 6분56초, 6분40초로 각각 나타났다.

표 38은 DIN 4102-1, Clause6.2-Class B1 테스트 결과를 나타낸 것이다. 화염이 심하게 발생할 때의 높이는 세로방향에서 3~4cm 가로방향에서는 4~5cm로 측정되었다. 화염 소거시간은 15초로 세로방향 가로방향 둘 다 동일하게 측정 되었으며, 시각적인 연기발생은 매우 적은 것으로 나타났다.

표 37 DIN 4102-15 & 16 테스트 결과 (YES WHITE 95)

항목		제목	시험 표본 특성 값			
			A(세로)		B(가로)	
1	화염최고높이	길이(cm) 시간(min:s)	30 0:08	30 0:10		
2	화염에 의한 용융 및 탄화절단	시간(min:s)	0:01	0:01		
3	표본 뒷면의 불꽃/연기 및 변색	화염 탄화시간(min:s) 변색시간(min:s)	0:03 0:01	0:03 0:01		
4	연소 용융물	시작시간(min:s)	없음	없음		
5	표본 연소 잔유물	시작시간(min:s)	없음	없음		
6	탄화되고 남은 시험부분	시간(min:s)	없음	없음		
7	표본체의 바닥으로부터 연소확대 지속	시간(min:s)	없음	없음		
8	조기 시험 종료	시간(min:s)	없음	없음		
9	시험 후 잔유물	화염지속시간(min:s) 화염길이(cm)	없음	없음		
10	시험 후 잔열	잔열지속시간(min:s)	없음	없음		
11	연소 후 잔여길이	반복별 길이(cm)	70	68	72	71
			72	71	70	70
		평균	70.2		70.7	
12	발열온도	평균 최고 온도(℃) 발열시간(min:s)	140.2 06:56	141.5 06:40		

표 38 DIN 4102-1 Clause6.2 테스트 결과 (YES WHITE 55)

표본번호	세로 방향					가로 방향				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
측정표지까지의 최고 연소 시간	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
자가 소거시간 (s)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
화염이 격렬할 때의 높이	4	3	4	4	3	5	4	4	4	4
화염 소거시간 (s)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
거름종이의 발화	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
연기의 발생(시각적)	매우적음					매우적음				

라. B1 방염 테스트를 통한 적정 보온재 선정

이상의 결과로부터 (주) 본 연구에서 개발한 YES White 55, YES White 75, YES White 95는 독일 방염 시험 검사소(FIRE LABS)의 B1 방염 테스트, 네덜란드 화염 시험 검사소(Efectis)의 테스트 및 중국 SGS의 테스트를 통과하였다. 따라서 각각의 테스트를 통한 적정 보온재 선정은 연기 밀도, 연소 후 잔여 길이, 발연 온도, 화염이 심하게 발생할 때의 높이, 연소 발생시간 및 측정표시 도달까지의 화염소거 시간을 기준으로 평가한 결과 YES White 75가 가장 적정한 것으로 나타났고, 실제 샘플을 제작하여 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 물리적 특성을 평가하였다.

2. 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 물리적 특성 평가

난연성 알루미늄 스크린의 물리적 특성은 한국원사직물시료연구원(FITD)에 의뢰하여 인장강도, 차광율, 투습도, 공기투과도를 시험하였다.

가. 공시재료

물리적 특성 측정을 위한 시료는 1차년도에의 경우 기존의 알루미늄 스크린과 난연제의 혼합 비율에 따라 난연제 20%를 혼용한 난연성 알루미늄 스크린, 30%를 혼용한 난연성 알루미늄 스크린 및 40%를 혼용한 난연성 알루미늄 스크린 총 4종의 알루미늄 스크린에 대하여 평가하였다. 또한 2차 년도에는 본 연구에서 개발한 화염 확산 억제 알루미늄 스크린 YES White 75의 물리적 특성 평가는 경사와 위사에 대한 인장강도, 투습도, 차광율을 측정하였다.

나. 측정항목

(1) 인장강도

인장강도[N] 측정은 KS K 0520:2009, C.R.E, 그레브법에 따라 알루미늄 스크린을 폭 100 ± 2 mm, 길이 100mm 이상으로 파지하여, 신장속도 50mm/min에서 최대 인장강도를 시험하였다.

(2) 차광율

차광율은 KS K 0819 A법에 따라 측정되었다. 차광율의 측정은 알루미늄 스크린에서 채취한 200mm×200mm 크기의 정사각형 시험편을 가로, 세로 및 높이가 약 400mm×400mm×100mm 크기인 육면체 상자에 장착하여, 광원에서 시험편을 투과된 빛을 조도계로 측정하여 차광율을 시험하였다.

(3) 투습도

투습도[g/m²/24h]는 ASTM E 96 WATER법에 따라 측정되었다. 투습도의 측정은 면적 0.003 846 5m², 높이 53mm인 투습컵에 증류수를 19±6mm 수준까지 채우고, 알루미늄 스크린을 부착하여 온도 23±1℃, 상대습도 50±2%의 환경에서 24시간동안 방치하여 투과된 수분의 양을 측정하여 시험하였다.

(4) 공기투과도

공기투과도는 KS K ISO 9237의 시험기준에 따라 200 Pa의 공기가 20cm²의 알루미늄 스크린에 수직으로 통과하여 흐르는 양을 측정하였다.

다. 물리적 특성 평가 결과

표 39는 한국 원사 직물 시료 원구원(FITI)에서 일반 알루미늄 스크린과 난연성 알루미늄 스크린의 물리적 특성 평가 결과를 나타낸 것이다. 표 39에 보는 바와 같이 난연성 알루미늄 스크린은 인장강도, 공기투과도, 차광율이 증가하는 경향을 나타내었고, 습도의 경우는 감소하는 것으로 나타났다. 또한 난연성 알루미늄 스크린이 기존 알루미늄에 비해 인장강도, 공기투과도가 높은 것으로 나타났고, 차광율과 투습도는 낮은 것으로 나타났다.

인장강도는 기존의 알루미늄 스크린의 경우 길이방향과 폭방향에서 모두 180N으로 동일한 값을 나타내었다. 난연성 알루미늄 스크린의 경우 난연제 혼합비율 20%, 30%, 40%에서 길이 방향의 인장강도가 190N으로 동일하게 나타났고, 폭방향은 난연제 혼합비율에 따라 각각 200N, 220N, 190N으로 난연제 혼합비율 30%에서 폭방향 인장강도가 가장 큰 것으로 나타났다. 기존의 알루미늄 스크린에 비해 길이방향에서 10N 정도, 폭방향에서는 10~40N 큰 값을 보여 난연성 스크린이 인장강도가 다소 높은 것으로 나타났다.

차광율은 난연제를 30% 사용한 난연성 스크린에서 64.55%로 가장 낮은 값을 보였으며, 난연제 40%의 난연성 알루미늄 스크린은 65.56%로 가장 높은 차광율을 보였으나, 시료에 따른 차이는 1.01% 이내의 차이를 보여 큰 차이는 없었다.

투습도는 난연제를 20% 혼용한 난연성 알루미늄 스크린에서 749 g/m²/24h으로 가장 높은 값을 나타내었고, 난연제를 40% 혼용한 난연성 알루미늄 스크린에서는 740g/m²/24h으로 난연제의 혼용율이 적을수록 투습도가 다소 높은 것으로 나타났다.

공기투과도는 기존의 알루미늄 스크린의 경우 223.2 mm/s이었고, 난연제 20%, 30%, 40%에서 각각 227.3mm/s, 227.2mm/s, 232.1mm/s로 나타나 난연제 혼합비율 40%에서 공기투과도가 가장 양호한 것으로 나타났다.

한편 YES White 75의 인장강도는 경사와 위사에서 각각 200N과 180N으로 나타나 경사의 인장강도가 위사보다 20N 높은 것으로 나타났다. 투습도의 경우 1m² 당 194g의 물이 투습되는 것으로 측정되었다. 차광율의 경우 73.81%로 나타났다.

표 39 기존 알루미늄 스크린과 난연성 알루미늄 스크린의 물리적 특성 평가 비교

측정 항목	인장강도 (N)		차광율 (%)	투습도 (g/m ² /24h)	공기투과도 (mm/s)
	길이	폭			
시료					
알루미늄 스크린 (기존)	180	180	64.64	747	223.2
난연성 알루미늄 스크린 (20%)	190	200	65.46	749	227.3
난연성 알루미늄 스크린 (30%)	190	220	64.55	747	227.2
난연성 알루미늄 스크린 (40%)	190	190	65.56	740	232.1
YES White 75	200	180	73.81	194	-

3. 난연사 및 알루미늄의 인장강도 특성 분석

가. 공시재료

난연사 및 알루미늄의 인장강도를 분석하기 위한 공시재료는 난연성 알루미늄 스크린 제작에 사용된 난연사와 알루미늄을 사용하였다. 난연사는 100, 120, 150 데니아의 굵기에 따라 인장강도를 측정하였으며, 알루미늄은 일반 알루미늄 및 난연제 혼용비율에 따라 20% 알루미늄, 30% 알루미늄, 40% 알루미늄의 인장강도를 측정하였다. 한편, 데니아는 섬유의 굵기를 나타내는 단위로 원사 1g으로 9000m의 실을 만든 경우의 굵기를 1 데니아라고 말한다. 일반적인 단위로는 D를 사용한다.

나. 실험장치

그림 45는 난연사와 알루미늄의 인장강도를 측정하기 위한 인장강도 측정 시스템의 개략도를 나타낸 것이다. 인장강도 측정 시스템은 인장강도 측정기(FG-5005, LUTRON, Taiwan) 및 스탠드(FS-1001, LUTRON, Taiwan)로 구성되어있다. 그림 45에 보는 바와 같이 인장강도의 측정은 측정기 스탠드 상단의 핸들을 수동으로 회전시켜 센서에 부착된 시료의 인장강도를 측정하는 방식으로 이루어져있다. 그러나 이러한 측정방식의 경우 인장속도가 일정치 않아 정확한 인장강도의 측정이 불가능한 단점이 있기 때문에 기존의 인장강도 측정기 스탠드의 개조가 필요하였다.

그림 46은 개조된 인장강도 측정 시스템의 개략도를 나타낸 것이다. 그림 46에 나타낸 바와 같이 개조 후의 인장강도 측정 시스템은 상단의 핸들을 제거하고, 역회전이 가능한 리버서블모터(9SRDG-60FP, DKM, Korea), 15:1의 감속비를 가진 감속기(9PBK 15BH, DKM, Korea) 및 인장속도 조절을 위한 컨트롤러(FX 1000A, DKM, Korea)를 부착하였다.

인장강도 측정은 인장강도 측정기의 센서부분 및 스탠드 하단의 클램프에 시료를 부착하고, 컨트롤러의 속도를 조절한 후 시료를 일정한 속도로 인장하여 강도를 측정하는 방식으로 이루어져 있다. 측정된 인장시간에 따른 인장강도는 인장강도 데이터 분석장치를 통해 컴퓨터에 자동 저장하였다.

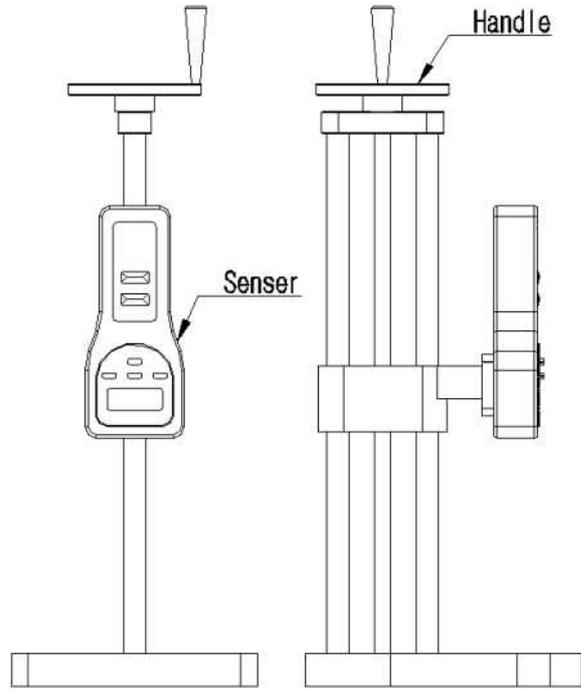


그림 45. 인장강도 측정기의 개조 전 사진 및 개략도

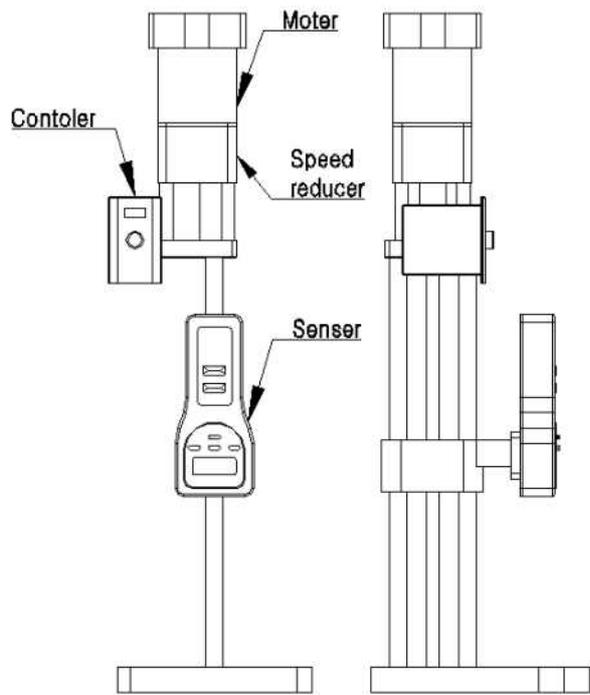


그림 46. 인장강도 측정기의 개조 후 사진 및 개략도

다. 실험방법

난연사 및 알루미늄의 인장강도 측정은 인장속도에 따른 인장강도의 변화를 측정하기 위해 컨트롤러에서 모터의 속도를 조절하여 인장속도 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 cm/min의 10 수준으로 측정하였다. 인장강도는 공시재료를 5회 반복 실험하여 평균값으로 나타내었다. 또한 난연사와 난연성 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 특성을 확인하기 위해 120 데니아의 난연사와 난연제 혼용비율에 따라 20%, 30%, 40% 알루미늄을 온도 5℃, 25℃, 30℃의 냉장고 및 오븐에서 4시간동안 방치하여 열평형 후, 인장강도를 측정하였다.

한편 난연사 및 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 특성을 확인하기 위해 120 데니아의 난연사와 난연제 혼용비율에 따라 20, 30, 40 % 알루미늄을 온도 0, -5, -10 ℃의 냉동실에서 4시간동안 템퍼링한 후 인장강도를 측정하였다.

라. 실험결과

(1) 난연사의 인장속도에 따른 인장강도 분석

그림 47과 표 40은 난연사의 인장속도에 따른 최대 인장강도의 변화를 나타낸 것이다.

그림 47과 표 40에 보는 바와 같이 난연사의 굵기에 따른 인장강도는 난연사의 굵기가 굵을수록 증가하였다. 한편, 인장속도에 따른 인장강도는 난연사 굵기별로 임계 인장강도가 존재하는 것으로 나타났고, 이러한 임계 인장속도를 전후로 동일 난연사 굵기에서 인장강도가 변화하였다.

100D의 인장강도는 인장속도가 증가함에 따라 인장강도도 증가하였다가 임계 인장속도 10cm/min 에서 최대 인장강도를 나타내었고, 임계 인장속도 이상에서는 인장강도가 점차 감소하는 것으로 나타났다. 100D의 경우 인장속도 2cm/min에서 3.113N의 값을 보였고, 임계 인장속도 10cm/min의 인장강도는 3.4N으로 나타났으며, 인장속도 20cm/min에서의 인장강도는 3.2N 으로 임계 인장속도 10cm/min 이후 약 0.2N 감소하였다.

120D에서 임계 인장속도는 12cm/min으로 최대 인장 강도 값을 나타내었고, 임계 인장속도 12cm/min 이후에는 인장속도가 증가함에 따라 인장강도가 점차 감소하였다. 120D 난연사의 인장강도는 인장속도 2cm/min 에서 3.54N 이었고, 임계 인장속도 12cm/min 까지 인장강도가 점차 증가하여 최대 3.92N의 값을 나타내었다. 임계 인장속도 이후에는 인장강도가 점차 감소하여 20cm/min 에서는 3.813N으로 0.107N의 인장강도가 감소하는 것으로 나타났다.

150D에서도 같은 경향으로서 임계 인장속도는 16cm/min 이었고, 임계 인장속도 16cm/min 이상에서는 난연사의 인장강도가 감소하였다. 150D 난연사의 인장속도에 따른 인장강도는 2cm/min의 인장속도에서 3.963N 이었고, 임계 인장속도 16cm/min 에서의 인장강도가 4.76N으로 최대값을 나타내었다.

표 40에 나타낸 바와 같이 난연사의 굵기에 따른 인장강도의 평균은 100D의 경우 3.244N 이었고, 120D에서는 3.805 N, 150 D는 4.402 N으로 나타나, 150D의 평균 인장강도가 100D와 120D에 비해 각각 1.158 N, 0.597 N 정도 높은 값을 나타내었다.

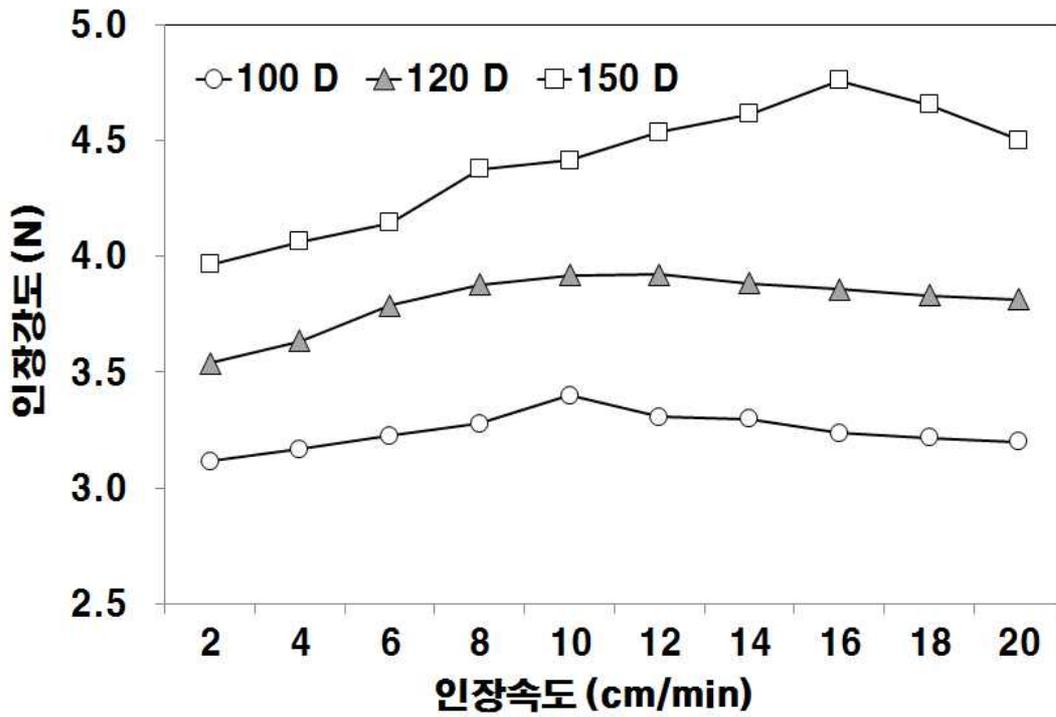


그림 47. 난연사의 인장속도에 따른 최대 인장강도 변화

표 40 난연사의 굵기별 인장속도에 따른 최대 인장강도

(unit : N)

인장속도 \ 굵기	100 D	120 D	150 D
2 cm/min	3.113	3.537	3.963
4 cm/min	3.167	3.633	4.063
6 cm/min	3.223	3.788	4.143
8 cm/min	3.277	3.877	4.377
10 cm/min	3.400	3.917	4.415
12 cm/min	3.307	3.920	4.537
14 cm/min	3.297	3.883	4.613
16 cm/min	3.237	3.857	4.760
18 cm/min	3.217	3.830	4.653
20 cm/min	3.200	3.813	4.500
평균	3.244	3.805	4.402

(2) 알루미늄의 인장속도에 따른 인장강도 분석

그림 48은 알루미늄의 난연제 혼용비율별 인장속도에 따른 인장강도 변화를 비교하여 나타낸 것이다.

그림 48에 나타낸 바와 같이 알루미늄 또한 난연제의 인장강도 결과와 마찬가지로 인장속도가 증가함에 따라 인장강도가 높아지는 경향을 보였으나, 임계 인장속도 이상에서는 인장강도가 감소되는 것으로 나타났다. 또한 난연제 혼용비율에 따른 인장강도는 난연제의 혼용비율이 높을수록 인장강도가 증가하였다.

난연제를 혼용하지 않은 기존 알루미늄의 인장강도는 임계 인장속도 16cm/min까지 인장강도가 점차 증가하였으며, 임계 인장속도 16cm/min 이후에는 인장속도가 증가함에 따라 인장강도는 감소하였다. 난연제를 혼용하지 않은 알루미늄의 경우, 인장속도 2cm/min에서 12.333N의 값을 나타내었고, 임계 인장속도 16cm/min에서는 15.493N의 값을 나타내어 약 3.16N의 인장강도가 증가하였다. 임계 인장속도 16cm/min 이후의 인장강도는 점차 감소하여 인장속도 20cm/min의 인장강도는 13.793N으로 약 1.7N 감소하였다.

난연제 20%을 혼용한 알루미늄의 인장강도는 임계 인장속도 12cm/min에서 최대값을 나타내었으며, 임계 인장속도 이상의 인장속도에서는 인장강도가 점차 감소하였다. 난연제를 20% 혼용한 20% 알루미늄의 인장강도는 인장속도 2cm/min에서 14.93N의 값을 보였고, 임계 인장속도 12cm/min에서 17.97N으로 인장속도 2cm/min에 비해 3.04N 정도 높은 값을 나타내었으며, 임계 인장속도 이후에는 인장강도가 점차 감소하여 인장속도 20cm/min에서 17.5N으로 0.47N 감소하였다.

난연제 30% 혼용한 알루미늄에서도 같은 경향으로서 임계 인장속도 4cm/min에서 인장강도가 최대값을 나타내었으며, 임계 인장속도 4cm/min 이후 인장강도가 감소하였다. 30% 알루미늄의 인장강도는 인장속도 2cm/min에서 25.773N이었으며, 임계 인장속도 4cm/min에서 27.470N으로 가장 높은 값을 나타내었고, 임계 인장속도 이후 인장강도가 점차 감소하여 20cm/min에서 25.695N으로 최대값에 비해 1.773N 감소하였다.

난연제 40% 혼용 알루미늄의 인장강도는 기존 알루미늄과 난연제를 20, 30% 혼용한 알루미늄에 비해 가장 높은 인장강도를 보였다. 40% 알루미늄도 같은 경향으로서 임계 인장속도 10cm/min에서 최대값을 나타내었고, 임계 인장속도 10cm/min 이상의 인장속도에서는 인장강도가 점차 감소하였다. 40% 알루미늄의 인장강도는 인장속도 2cm/min에서 36.8N의 값을 나타냈고, 임계 인장속도 10cm/min에서는 43.13N이었다. 임계 인장속도 10cm/min 이후에는 인장강도가 감소하여 20cm/min에서 인장강도는 41.037N으로 2.093N 정도 감소하였다.

표 41에는 알루미늄의 난연제 혼용비율별 인장속도에 따른 인장강도 값을 나타내었다. 표 41에 나타낸 바와 같이 알루미늄의 혼용비율에 따른 평균 인장강도 값은 난연제를 혼용하지 않은 알루미늄의 경우, 13.477N으로 가장 적은 값을 나타내었으며, 난연제 혼용비율 20%의 알루미늄은 17.552N, 30% 알루미늄은 26.377N, 40% 알루미늄의 평균 인장강도는 40.886N으로 난연제의 혼용비율이 증가함에 따라 평균 인장강도가 최대 13.139N 증가하는 것으로 나타났다.

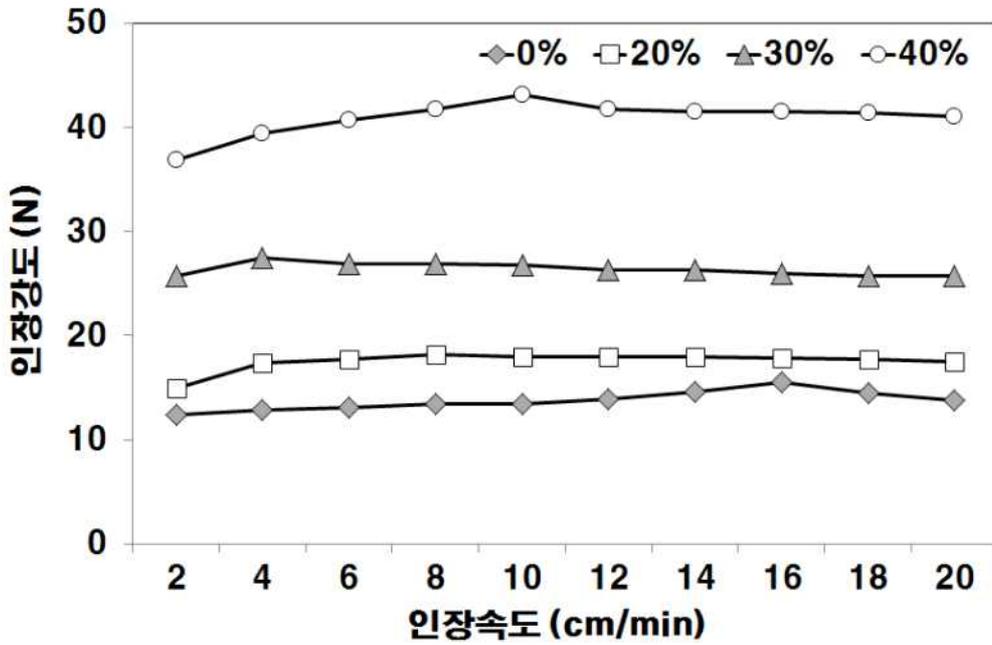


그림 48. 알루미늄의 인장속도에 따른 인장강도 변화

표 41 알루미늄의 난연제 혼용비율별 인장속도에 따른 인장강도

(unit : N)

인장속도 \ 알루미늄	기존 알루미늄	20% 알루미늄	30% 알루미늄	40% 알루미늄
2 cm/min	12.333	14.930	25.773	36.800
4 cm/min	12.895	17.415	27.470	39.370
6 cm/min	13.103	17.737	26.937	40.715
8 cm/min	13.437	18.193	26.885	41.690
10 cm/min	13.477	17.947	26.737	43.130
12 cm/min	13.845	17.970	26.347	41.768
14 cm/min	14.590	17.943	26.277	41.533
16 cm/min	15.493	17.847	25.917	41.440
18 cm/min	14.508	17.733	25.730	41.373
20 cm/min	13.793	17.500	25.695	41.037
평균	13.747	17.522	26.377	40.886

(3) 120D 난연사의 온도에 따른 인장강도 분석

그림 49와 표 42는 120D 난연사의 온도별 인장강도의 변화를 비교하여 나타낸 것이다. 그림 14에 나타냈듯이 난연사의 온도에 따른 인장강도는 인장속도 2cm/min부터 임계 인장속도 12cm/min의 구간에서는 시료온도가 낮을수록 인장강도가 증가하였으나, 임계 인장속도 12cm/min 이후에서는 5℃ 시료의 인장강도가 크게 감소하여 25℃의 시료에 비해 낮은 값을 나타내었다.

표 42에는 120D 난연사의 온도별 인장속도에 따른 인장강도를 나타내었다. 표 42에 보는 바와 같이 난연사의 온도에 따른 인장강도 평균은 5℃에서 3.581N으로 가장 높은 값을 보였으며, 25℃, 30℃에서의 평균 인장강도는 각각 3.805N, 3.670N을 나타내어 온도가 낮을수록 인장강도가 높아지는 경향을 보였으나, 임계 인장속도 14cm/min이상의 속도에서는 시료온도 5℃의 인장강도에 비해 25℃의 인장강도가 0.07~0.373N 높은 값을 나타내었다. 그러나 시료온도에 따른 인장강도의 차이는 0.02~0.367N로 0.5N이하의 차이를 보여 큰 차이는 나타나지 않았다.

한편, 인장속도에 따른 인장강도의 변화는 난연사의 인장강도 결과와 같은 경향을 보여, 시료 온도에 관계없이 임계 인장속도는 12cm/min 이었으며, 임계 인장속도 이상에서는 인장강도가 감소하는 경향을 나타내었다.

난연사 온도 5℃, 인장속도 2cm/min에서의 인장강도는 3.763N의 값을 나타내었으며, 임계 인장속도 12cm/min까지 인장강도가 점차 증가하여 인장속도 12cm/min에서 4.148N의 값을 나타내었고, 임계 인장속도 이후에는 인장강도가 점차 감소하여 인장속도 20cm/min에서의 인장강도는 3.44N으로 0.708N 감소하였다.

난연사 온도 25℃에서도 임계 인장속도 12 cm/min에서 3.92N으로 가장 높은 인장강도를 나타내어 인장속도 2cm/min의 인장강도 3.537N에 비해 0.383N 증가하였으며, 20cm/min 인장속도에서의 인장강도는 3.813N으로 0.107N 감소하였다.

난연사 온도 30℃에서도 같은 경향을 나타내어 임계 인장속도 12cm/min까지 인장강도가 증가하였고, 임계 인장속도 12cm/min 이후에는 인장강도가 감소하는 것으로 나타났다.

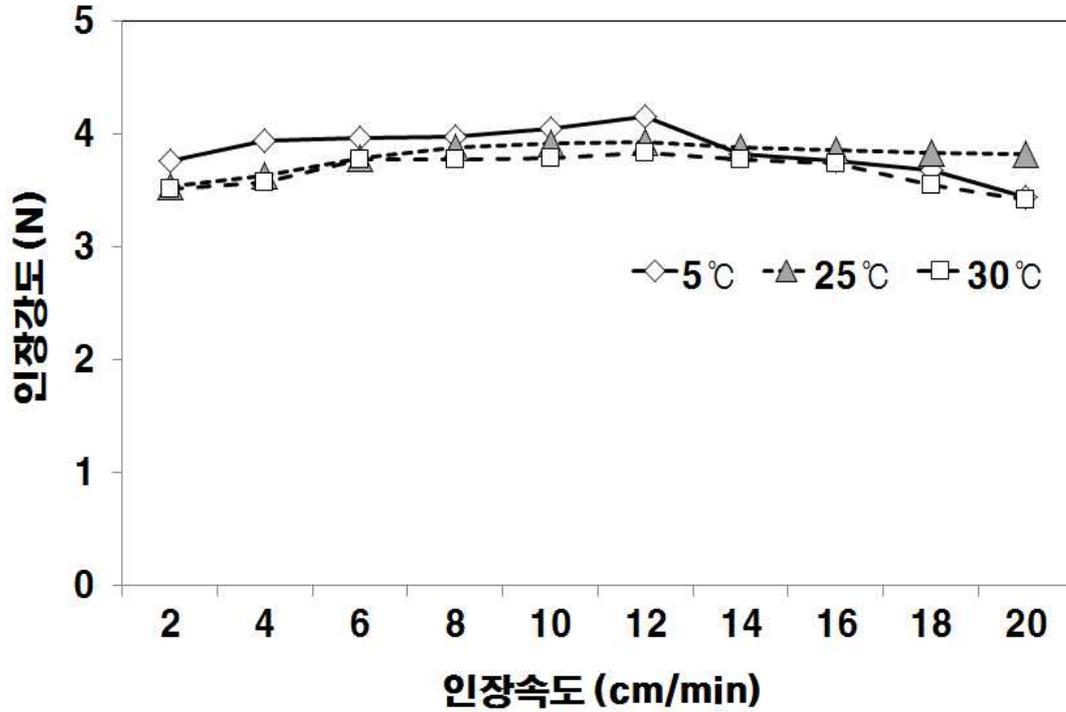


그림 49. 120D 난연사의 온도에 따른 인장강도 변화

표 42 120D 난연사의 온도별 인장속도에 따른 인장강도

(unit : N)

인장속도 \ 온도	온도		
	5°C	25°C	30°C
2 cm/min	3.763	3.537	3.510
4 cm/min	3.940	3.633	3.573
6 cm/min	3.957	3.788	3.767
8 cm/min	3.970	3.877	3.777
10 cm/min	4.047	3.917	3.783
12 cm/min	4.148	3.920	3.827
14 cm/min	3.813	3.883	3.777
16 cm/min	3.760	3.857	3.737
18 cm/min	3.675	3.830	3.540
20 cm/min	3.440	3.813	3.413
평균	3.851	3.805	3.670

(4) 난연제 혼용 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 분석

그림 50~그림 52와 표 43~표 45는 난연제 혼용비율별 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화를 나타낸 것이다. 그림과 표에 나타낸 바와 같이 온도에 따른 인장강도는 큰 차이를 나타내지 않았고, 난연성 알루미늄의 온도에 상관없이 난연제의 혼용비율이 높을수록 인장강도가 증가하였으며, 임계 인장속도가 존재하는 것으로 나타났다.

그림 50과 표 43은 난연제를 20% 혼용한 알루미늄의 온도에 따른 인장강도의 변화를 비교하여 나타낸 것이다. 그림 50에 보는바와 같이 난연제 20% 혼용 알루미늄의 온도에 따른 임계 인장속도는 5℃의 알루미늄에서는 18cm/min 이었고, 25℃ 20% 혼용알루미늄은 16cm/min, 30℃ 난연제 20% 혼용알루미늄에서는 16cm/min에서 임계 인장속도가 나타났다. 또한 임계 인장속도를 전후하여 인장강도가 변화하는 것으로 나타났다.

표 43에 나타낸 바와 같이 난연제 20% 혼용한 알루미늄의 온도에 따른 평균 인장강도는 5℃의 20% 혼용 알루미늄에서는 13.387N, 25℃는 13.747N, 30℃의 경우 13.524N으로 나타나 시료온도 25℃에서의 인장강도가 가장 높은 것으로 나타났으나, 5℃, 30℃의 혼용 알루미늄에 비해 각각 0.36N, 0.223N의 차이로 큰 차이는 없었다.

그림 51과 표 44에는 난연제 30% 혼용한 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화를 비교하여 나타내었다. 그림 51과 표 44에 보는 바와 같이 난연성 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화는 큰 차이가 나타나지 않았으며, 온도에 따라 최대 인장강도를 나타내는 임계 인장속도가 존재하였다. 5℃ 30% 혼용 알루미늄의 임계 인장속도는 10cm/min 이었으며, 25℃와 30℃에서 임계 인장속도는 각각 4cm/min, 18cm/min으로 나타났다.

표 44에 나타낸 바와 같이 난연제 30% 혼용 알루미늄의 온도별 평균 인장강도는 5℃에서 27.574N 이었으며, 25℃ 난연제 30% 알루미늄은 26.416N, 30℃ 난연제 30% 알루미늄에서는 26.744N이었다. 따라서 난연제 30% 알루미늄 온도 5℃의 평균 인장강도가 25℃, 30℃에 비해 각각 1.158N, 0.83N 높았으나, 큰 차이는 나타나지 않았다.

그림 52와 표 45는 난연제 40% 혼용 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화를 비교하여 나타낸 것이다. 그림 52에 보는 바와 같이 난연제 40% 혼용 알루미늄의 온도별 임계 인장속도는 5℃에서 14cm/min, 25℃와 30℃의 30% 혼용 알루미늄에서는 10cm/min이 임계 인장속도로 나타났다.

표 45에 나타냈듯이 40% 난연성 알루미늄의 온도별 평균 인장강도는 5℃, 30℃에서 각각 45.117N, 44.932N으로 비슷한 값을 나타내었으며, 25℃에서 평균 인장강도는 40.866N으로 5℃와 30℃의 40% 난연성 알루미늄에 비해 다소 낮은 값을 나타내었다.

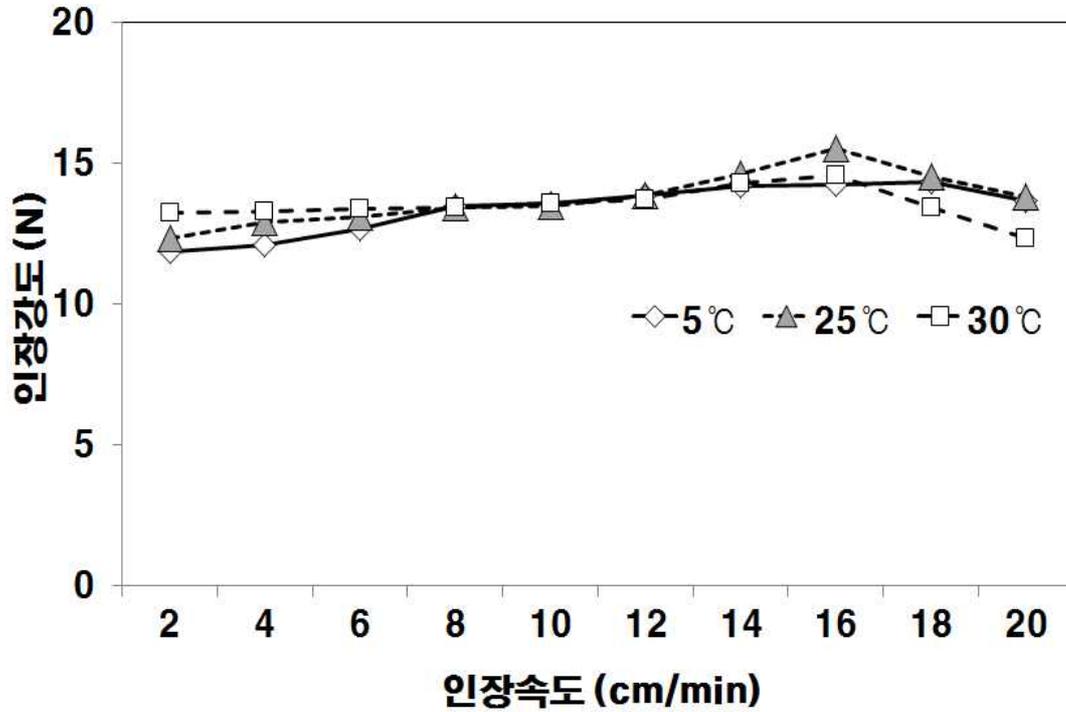


그림 50. 난연제 20% 혼용 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화

표 43 난연제 20% 혼용 알루미늄의 온도별 인장속도에 따른 인장강도 (unit : N)

인장속도 \ 온도	온도		
	5°C	25°C	30°C
2 cm/min	11.837	12.333	13.243
4 cm/min	12.090	12.895	13.295
6 cm/min	12.650	13.103	13.377
8 cm/min	13.487	13.437	13.440
10 cm/min	13.563	13.477	13.577
12 cm/min	13.855	13.845	13.687
14 cm/min	14.170	14.590	14.265
16 cm/min	14.250	15.493	14.573
18 cm/min	14.335	14.508	13.440
20 cm/min	13.633	13.793	12.340
평균	13.387	13.747	13.524

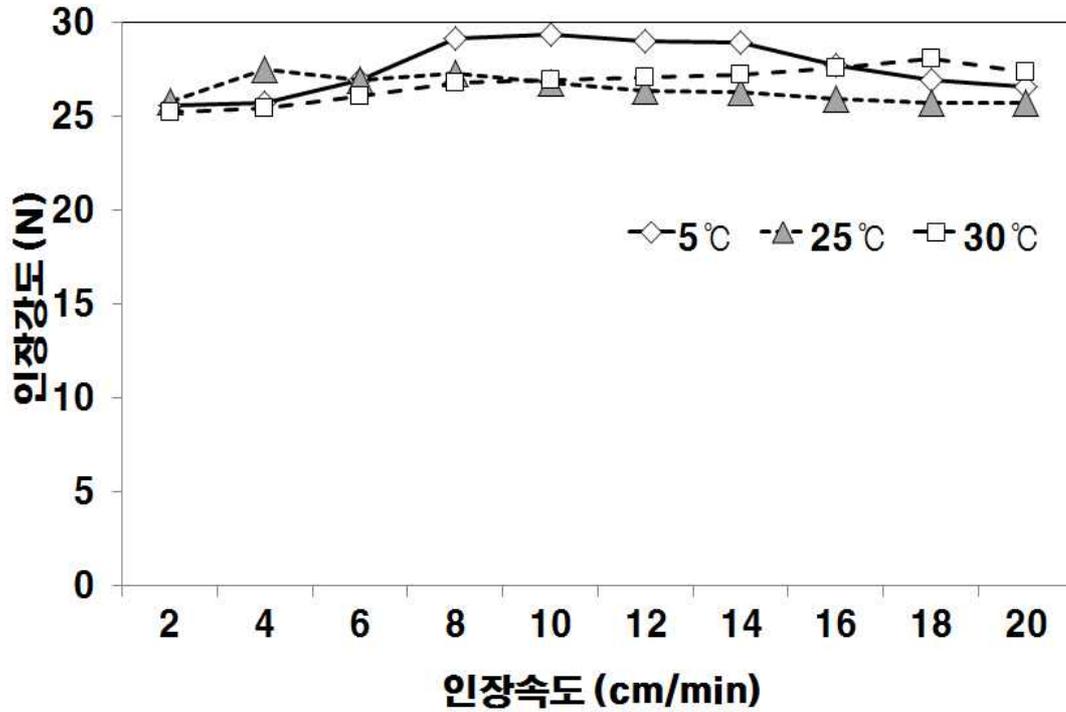


그림 51. 난연제 30% 혼용 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화

표 44 난연제 30% 혼용 알루미늄의 온도별 인장속도에 따른 인장강도 (unit : N)

인장속도 \ 온도	온도		
	5°C	25°C	30°C
2 cm/min	25.587	25.773	25.217
4 cm/min	25.710	27.470	25.390
6 cm/min	26.920	26.937	26.073
8 cm/min	29.085	27.277	26.767
10 cm/min	29.365	26.737	26.873
12 cm/min	28.995	26.347	27.060
14 cm/min	28.895	26.277	27.197
16 cm/min	27.680	25.917	27.530
18 cm/min	26.917	25.730	28.030
20 cm/min	26.583	25.695	27.307
평균	27.574	26.416	26.744

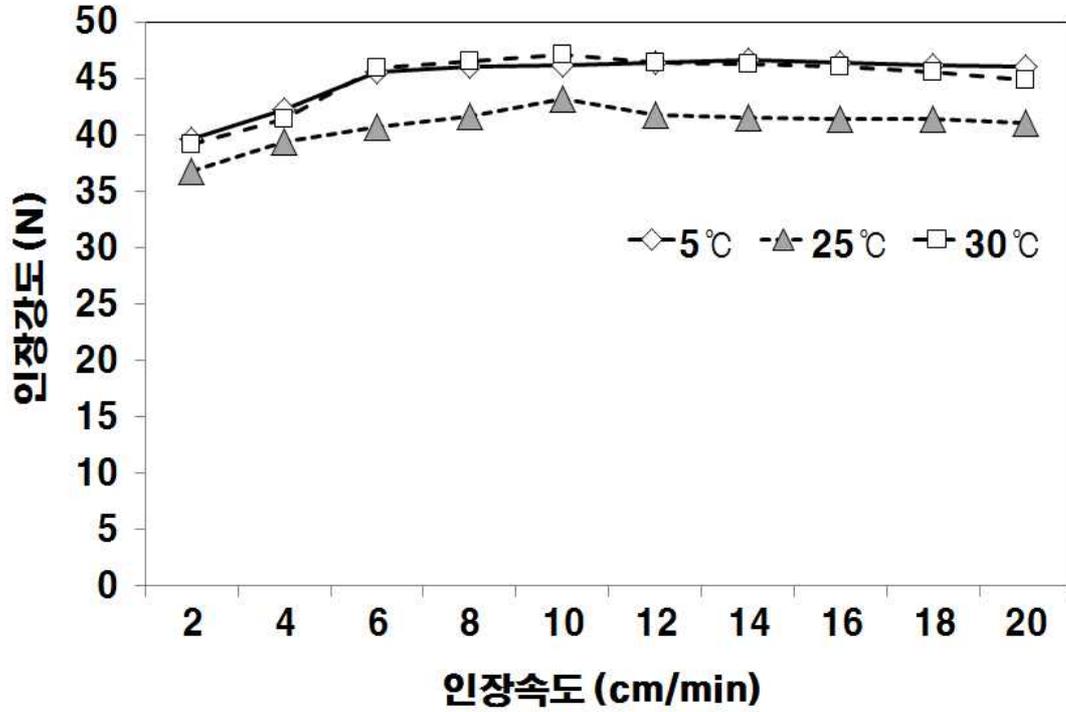


그림 52. 난연제 40% 혼용 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화

표 45 난연제 40% 혼용 알루미늄의 온도별 인장속도에 따른 인장강도 (unit : N)

인장속도 \ 온도	온도		
	5°C	25°C	30°C
2 cm/min	39.655	36.800	39.197
4 cm/min	42.195	39.370	41.423
6 cm/min	45.580	40.715	45.943
8 cm/min	46.005	41.690	46.570
10 cm/min	46.130	43.130	47.150
12 cm/min	46.440	41.768	46.380
14 cm/min	46.600	41.533	46.250
16 cm/min	46.345	41.440	45.990
18 cm/min	46.160	41.373	45.600
20 cm/min	46.055	41.037	44.813
평균	45.117	40.886	44.932

(5) 저온에서의 120D 난연사 인장강도 분석

그림 53과 표 46은 120D 난연사의 온도별 인장강도의 변화를 비교하여 나타낸 것이다. 그림 53에 나타냈듯이 난연사의 온도에 따른 인장강도는 인장속도 2cm/min부터 임계 인장속도 10cm/min까지 인장강도가 증가하였으나, 임계 인장속도 10cm/min 이후에서는 인장강도가 점차 감소하였고, 시료온도 0℃의 인장강도가 시료온도 -5℃ 및 -10℃의 인장강도에 비해 높은 값을 나타내었다.

표 46에는 120D 난연사의 온도별 인장속도에 따른 인장강도를 나타내었다. 표 46에서 보는 바와 같이 난연사의 온도에 따른 인장강도 평균은 0℃에서 4.00N으로 가장 높은 값을 나타냈으며, -5℃의 경우 평균 인장강도는 3.92N, -10℃에서는 평균 인장강도는 3.85N을 나타내어 온도가 높을수록 인장강도가 높아지는 경향을 보였고, 시료온도에 따른 인장강도의 차이는 0.11~0.21N으로 0.3N 이하의 차이를 보였다.

한편, 인장속도에 따른 인장강도의 변화는 시료온도에 관계없이 임계 인장속도는 10cm/min이었으며, 임계 인장속도 이후부터는 인장강도가 감소하는 경향을 나타내었다.

난연사 시료온도 0℃의 인장속도 2cm/min에서의 인장강도는 3.69N으로 나타났고, 임계 인장속도 10cm/min까지 인장강도가 점차 증가하여 인장속도 10cm/min에서 4.15N으로 나타났으며, 임계 인장속도 이후에는 인장강도가 점차 감소하여 인장속도 18cm/min에서의 인장강도는 4.01N으로 0.14N 감소하였다.

난연사 시료온도 -5℃의 경우 인장속도 2cm/min에서의 인장강도는 3.56N의 값을 나타내었으며, 임계 인장속도 10cm/min에서 4.10N의 값을 나타내었고, 임계 인장속도 이후에는 인장강도가 점차 감소하여 인장속도 18cm/min에서의 인장강도는 3.95N으로 0.15N 감소하였다.

난연사 시료온도 -10℃에서도 임계 인장속도 10cm/min에서 4.03N으로 가장 높은 인장강도를 나타내어 인장속도 2cm/min의 인장강도 3.48N에 비해 0.55N 증가하였으며, 18cm/min 인장속도에서의 인장강도는 3.85N으로 0.18N 감소하였다.

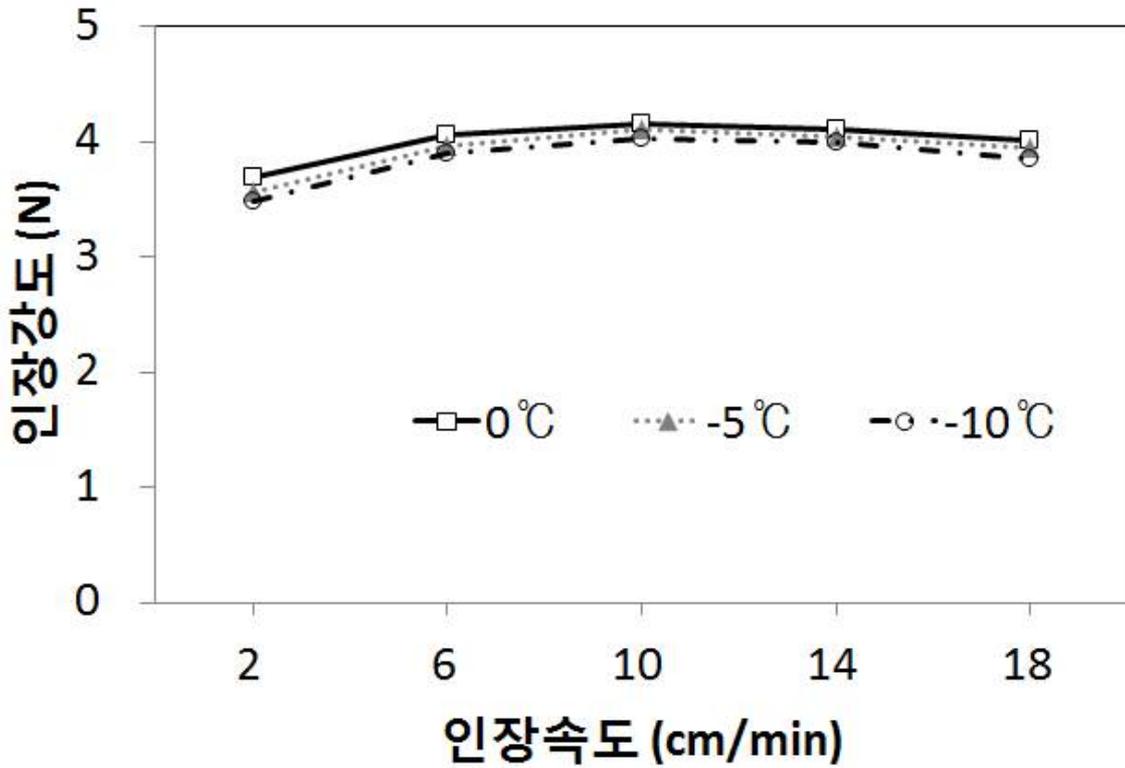


그림 53. 120D 난연사의 온도에 따른 인장강도 변화

표 46 120D 난연사의 온도별 인장속도에 따른 인장강도

(unit : N)

인장속도 \ 온도	0°C	-5°C	-10°C
2cm/min	3.69	3.56	3.48
6cm/min	4.06	3.96	3.90
10cm/min	4.15	4.10	4.03
14cm/min	4.10	4.05	3.99
18cm/min	4.01	3.95	3.85
평균	4.00	3.92	3.85

(6) 저온에서의 난연제 혼용 알루미늄 인장강도 분석

그림 54~56와 표 47~49은 난연제 혼용비율별 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화를 나타낸 것이다. 그림과 표에 나타낸 바와 같이 온도에 따른 인장강도는 큰 차이를 나타내지 않았고, 난연성 알루미늄의 온도에 상관없이 난연제의 혼용비율이 높을수록 인장강도가 증가하였다.

그림 54와 표 47은 난연제를 20% 혼용한 알루미늄의 온도에 따른 인장강도의 변화를 비교하여 나타낸 것이다. 그림 54에서 보는바와 같이 난연제 20% 혼용 알루미늄의 온도에 따른 임계 인장속도는 온도에 상관없이 16cm/min으로 나타났다. 또한 임계 인장속도를 전후로 인장강도가 변화하는 것으로 나타났다.

표 47에서 보는 바와 같이 난연제 20% 혼용한 알루미늄의 온도에 따른 평균 인장강도는 0℃ 혼용 알루미늄에서 13.09N, -5℃ 혼용 알루미늄의 경우 13.00N, -10℃ 혼용 알루미늄에서는 12.95N으로 나타나 0℃ 혼용 알루미늄의 인장강도가 가장 높은 것으로 나타났으나, -5℃ 및 -10℃ 혼용 알루미늄에 비해 0.09, 0.14 N의 차이로 큰 차이는 없었다.

그림 55와 표 48에는 난연제 30% 혼용한 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화를 비교하여 나타내었다. 그림 55와 표 48에서 알 수 있듯이 난연성 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화는 큰 차이가 나타나지 않았으며, 온도에 따른 임계 인장속도는 0, -5, -10 ℃ 혼용 알루미늄에서 모두 14cm/min으로 나타났다.

표 48에 나타낸 바와 같이 난연제 30% 혼용 알루미늄의 온도별 평균 인장강도는 시료온도 0℃에서 24.58N이었으며, 시료온도 -5℃의 경우 24.20N, 시료온도 -10℃에서는 23.94N이었다. 따라서 시료온도 0℃의 평균 인장강도가 -5, -10 ℃에 비해 각각 0.38, 0.64 N 높았으나, 큰 차이는 나타나지 않았다.

그림 56과 표 49는 난연제 40% 혼용 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화를 비교하여 나타낸 것이다. 그림 56에 보는 바와 같이 난연제 40% 혼용 알루미늄의 온도별 임계 인장속도는 0, -5 ℃ 및 -10℃에서 14cm/min이 임계 인장속도로 나타났다.

표 49에 나타냈듯이 40% 난연성 알루미늄의 온도별 평균 인장강도는 0℃에서 39.67N으로 나타났고, -5, -10 ℃에서 각각 39.45, 39.11 N으로 나타났으며, 0℃의 혼용 알루미늄이 -5, -10 ℃ 혼용 알루미늄에 비해 각각 0.22, 0.56 N 높은 값을 나타내었으나, 큰 차이는 나타나지 않았다.

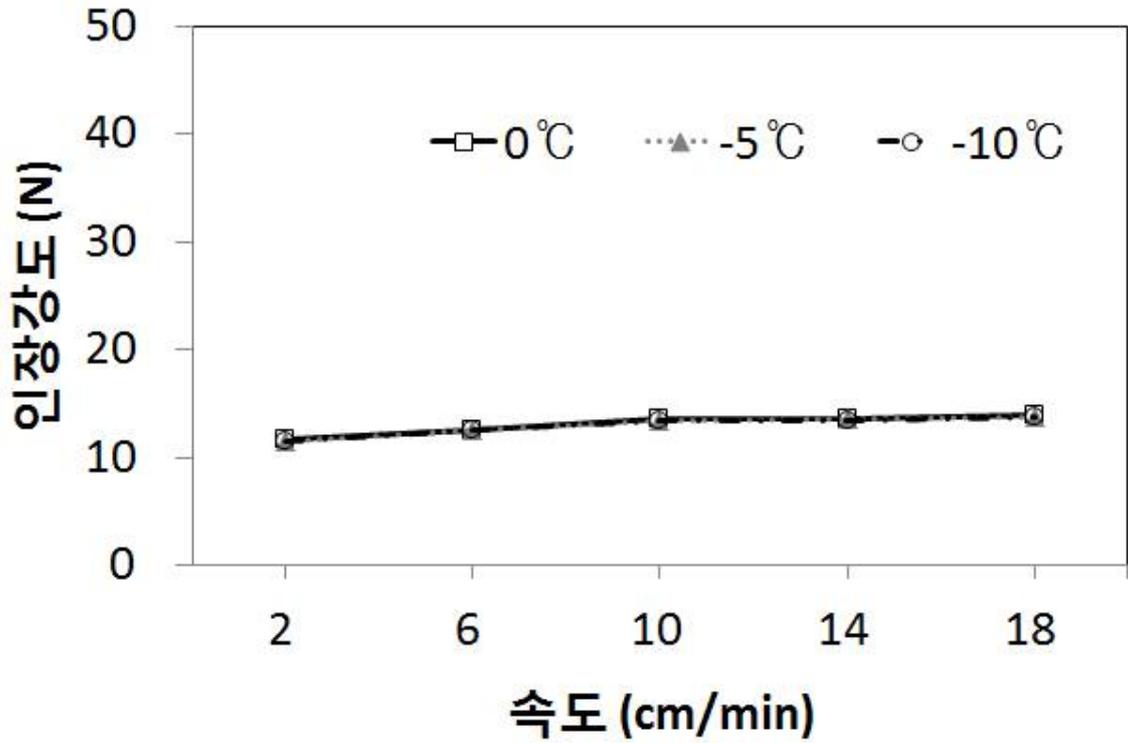


그림 54. 난연제 20% 혼용 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화

표 47 난연제 20% 혼용 알루미늄의 온도별 인장속도에 따른 인장강도 (unit : N)

인장속도 \ 온도	온도		
	0°C	-5°C	-10°C
2cm/min	11.73	11.57	11.53
6cm/min	12.63	12.53	12.49
10cm/min	13.54	13.47	13.45
14cm/min	13.61	13.56	13.49
18cm/min	13.92	13.86	13.78
평균	13.09	13.00	12.95

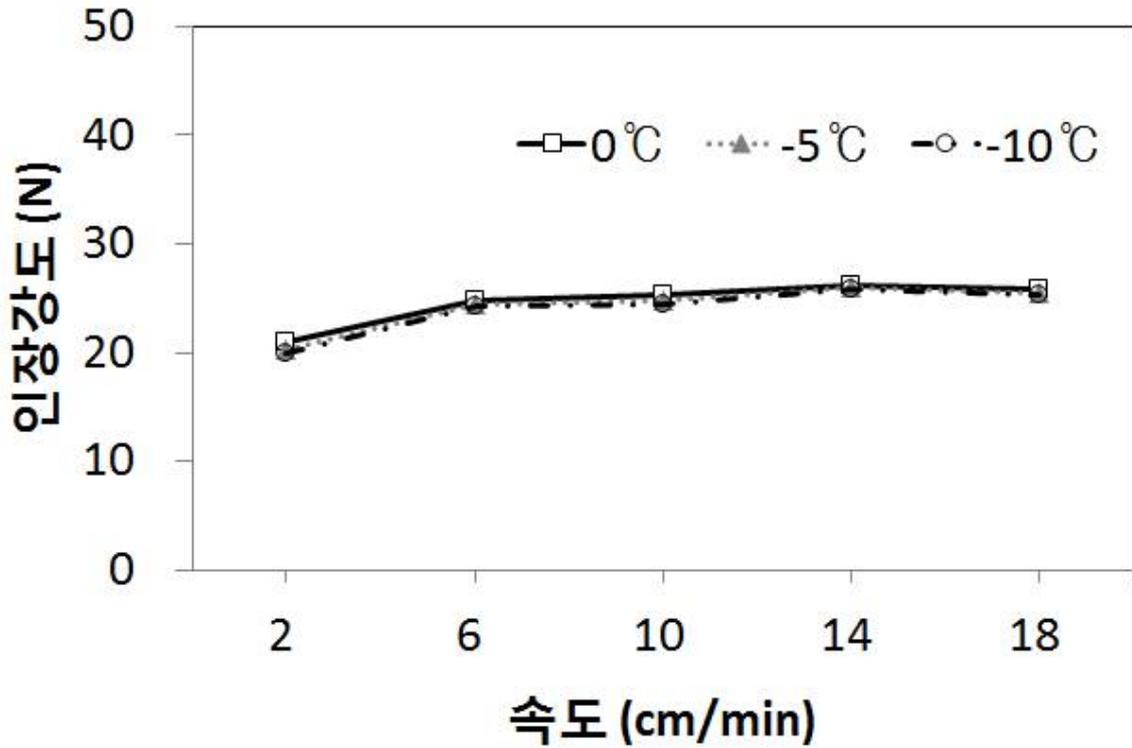


그림 55. 난연제 30% 혼용 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화

표 48 난연제 30% 혼용 알루미늄의 온도별 인장속도에 따른 인장강도 (unit : N)

인장속도 \ 온도	0°C	-5°C	-10°C
2cm/min	20.93	20.24	19.88
6cm/min	24.75	24.50	24.25
10cm/min	25.25	24.78	24.48
14cm/min	26.10	25.94	25.74
18cm/min	25.85	25.52	25.32
평균	24.58	24.20	23.94

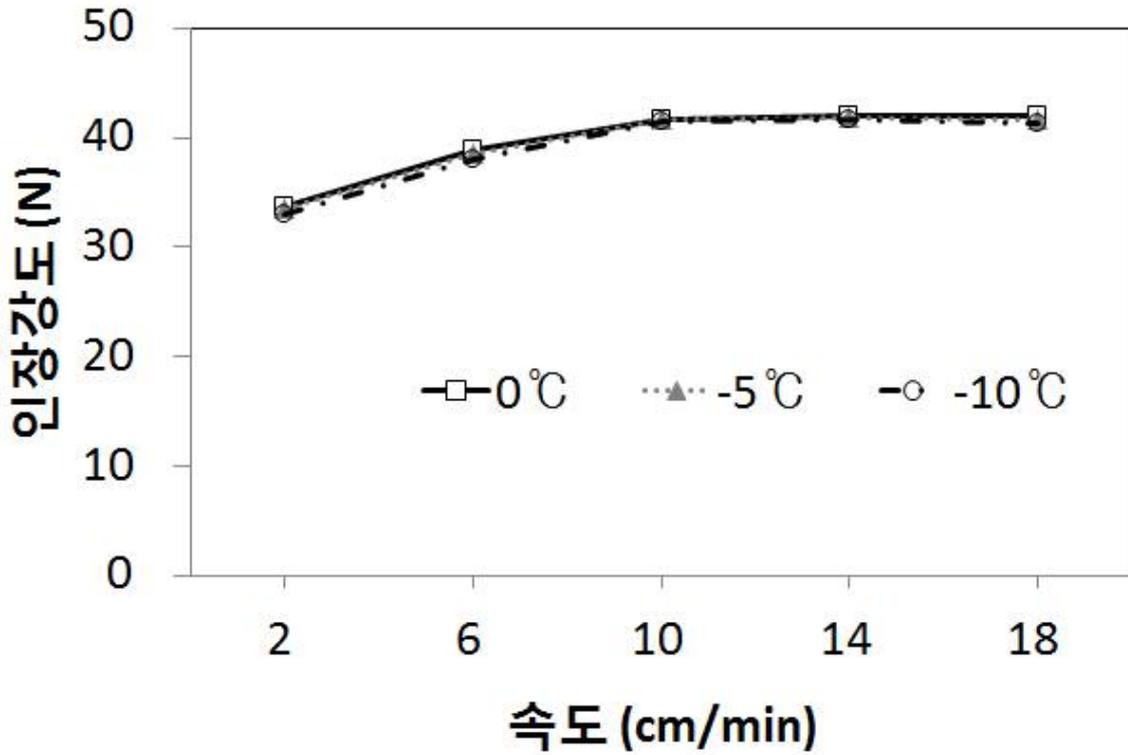


그림 56. 난연제 40% 혼용 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화

표 49 난연제 40% 혼용 알루미늄의 온도별 인장속도에 따른 인장강도 (unit : N)

인장속도 \ 온도	온도		
	0°C	-5°C	-10°C
2cm/min	33.68	33.47	33.02
6cm/min	38.95	38.58	38.07
10cm/min	41.73	41.65	41.56
14cm/min	42.02	41.82	41.64
18cm/min	41.97	41.72	41.29
평균	39.67	39.45	39.11

4. 난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄의 접착력 분석

가. 공시재료

난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄의 접착력을 분석하기 위해 사용된 공시재료는 난연성 알루미늄 스크린 제작에 사용된 알루미늄을 사용하였다. 알루미늄은 20, 30, 40%의 난연제 혼용비율에 따라 접착력을 분석하였다.

나. 실험장치

난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄의 접착력을 분석함에 앞서서 먼저 인장강도를 측정하는 형태를 띄어야 한다. 따라서 인장강도 측정기(FG-5005, LUTRON, Taiwan)를 이용하여 인장강도 측정의 형태를 나타내었으며, 접착력 분석을 하기 위한 촬영은 카메라(SONY a5100, SONY, Japan)로 측정하였고, 카메라의 기본 사양은 다음 표와 같다(표 50).

표 50 카메라(SONY a5100, SONY, JAPAN)의 기본 사양

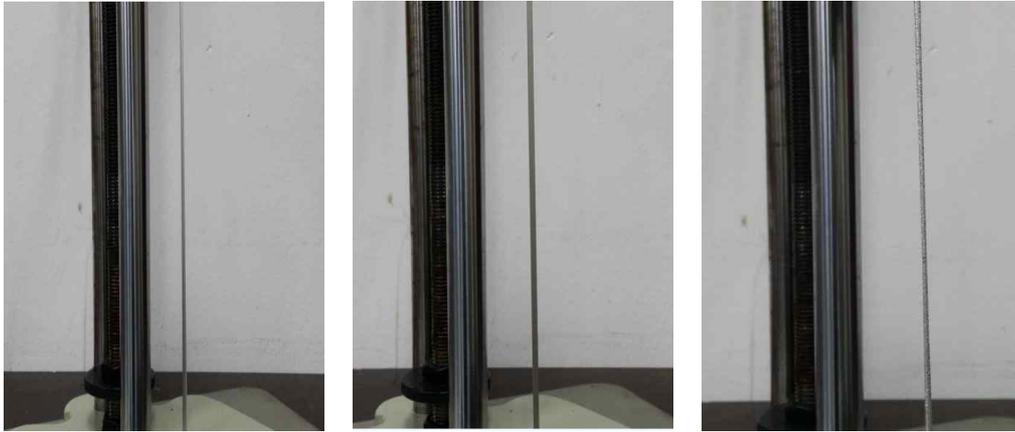
일반	카메라 타입	렌즈 교환식 디지털 카메라(빌트인 플래시 탑재)
	렌즈 호환성	Sony E 마운트 렌즈
이미지센서	타입	APS-C 타입(23.5 × 15.6mm)“Exmor” CMOS 센서
	화소수(유효화소)	약 2,430만 픽셀
	화소수(전체화소)	약 2,430만 픽셀
	이미지 중횡비	3 : 2
	컬러필터	RGB 원색컬러
크기	W × H × D	약 109.6mm × 62.8mm × 35.7mm

다. 실험방법

인장속도는 컨트롤러에서 모터의 속도를 조절하여 10cm/min의 수준으로 측정하였으며, 알루미늄이 끊어지기 직전의 순간을 촬영하여 난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄의 접착력을 비교 및 분석 하고자 하였다.

라. 실험결과

난연제 혼용비율에 따른 접착력을 분석한 결과는 그림 57과 같다. 그림 57에서 확인할 수 있듯이 난연제 혼용비율 40%의 알루미늄 필름은 20%와 30%에 비해 알루미늄의 접착력이 현저히 떨어지는 모습을 볼수 있다. 이는 난연제 40% 혼용 알루미늄 필름이 혼용비율 20%, 30%의 알루미늄 필름에 비해 난연제의 혼용비율이 높아 접착력이 약한것으로 판단된다.



20%

30%

40%

그림 57. 난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄 필름의 접착력 변화

5. 요약 및 결론

(1) 화염확산 억제 성능 평가

난연성 알루미늄 스크린의 화염 확산 억제 성능 평가는 독일의 방염 시험 검사소(FIRE LABS), 네덜란드의 방염 시험 검사소(Efects) 및 중국 SGS 테스트에서 수행하였고, 각각 개발된 화염 확산 억제 알루미늄 스크린은 방염성능의 조건에 충족하는 것으로 나타났다.

(2) 난연성 알루미늄 스크린의 물리적 특성 평가

난연성 알루미늄 스크린의 물리적 특성은 한국 원사 직물 시험 연구원(FITI)에서 기존의 알루미늄 스크린과 난연제의 혼용비율에 따라 20% 혼용한 알루미늄 스크린, 30% 혼용한 알루미늄 스크린 및 40% 혼용한 알루미늄 스크린에 대하여 스크린의 길이 및 폭방향의 인장강도, 차광율, 투습도, 공기투과도를 측정하였다.

난연성 알루미늄 스크린의 물리적 특성 시험결과는 난연성 알루미늄 스크린이 기존 알루미늄 스크린에 비해 인장강도 및 차광율, 공기투과도가 높았고, 투습도는 낮은 것으로 나타났다.

(3) 난연사 및 난연성 알루미늄의 인장강도 특성 분석

난연사 및 알루미늄의 인장강도 특성 분석은 난연성 알루미늄 스크린의 제작에 사용된 난연사와 알루미늄의 인장강도를 분석하였다. 난연사는 100, 120, 150 D의 굵기에 따라 측정하였고, 알루미늄은 일반 알루미늄과 난연제 혼용비율에 따라 20% 알루미늄, 30% 알루미늄 및 40% 알루미늄의 인장강도를 측정하였다. 한편, 온도에 따른 인장강도의 특성을 확인하기 위해 5, 25, 30℃인 난연사의 인장강도를 측정하였다.

난연사의 굵기에 따른 인장강도는 난연사의 굵기가 굵을수록 증가하였고, 인장속도에 따른 인장강도는 난연사 굵기별로 임계 인장속도가 존재하는 것으로 나타났으며, 이러한 임계 인장속도를 전후로 동일 난연사 굵기에서 인장강도가 변화하였다.

난연성 알루미늄의 인장강도도 난연사의 인장강도 결과와 마찬가지로 임계 인장강도가 존재하였고, 임계 인장강도를 전후로 인장강도가 변화하였다. 난연제 혼용비율에 따른 인장강도는 난연제 혼용비율이 높을수록 인장강도가 증가하였다.

난연사의 온도에 따른 인장강도는 시료온도가 낮을수록 인장강도가 증가하였으나, 임계인장속도 12cm/min 이후에는 5℃ 시료의 인장강도가 감소하여 시료온도 25℃의 인장강도가 가장 높은 값을 나타내었다.

난연제 혼용비율별 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화는 난연성 알루미늄의 온도에 따른 평균 인장강도는 큰 차이를 나타내지 않았고, 난연성 알루미늄의 온도에 상관없이 난연제의 혼용비율이 높을수록 인장강도가 증가하였으며, 임계 인장속도가 존재하는 것으로 나타났다.

연사 및 알루미늄의 인장강도 특성 분석은 난연성 알루미늄 스크린의 제작에 사용된 난연사와 알루미늄의 인장강도를 분석하였다. 120D 난연사와 난연제 혼용비율에 따른 20% 알루미늄, 30% 알루미늄 및 40% 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 특성을 분석하기 위해 0, -5, -10℃의 저온창고에서 4시간동안 템퍼링 후 인장강도를 측정하였다.

난연사의 온도에 따른 인장강도는 시료온도 0℃가 시료온도 -5, -10℃에 비해 인장강도가

증가하였으며, 임계 인장속도는 10cm/min 이후에는 인장강도가 점차 감소하였다.

난연제 혼용비율별 알루미늄의 온도에 따른 인장강도 변화는 난연성 알루미늄의 온도에 따른 평균 인장강도는 큰 차이를 나타내지 않았고, 난연성 알루미늄의 온도에 상관없이 난연제의 혼용비율이 높을수록 인장강도가 증가하였으며, 임계 인장속도가 존재하는 것으로 나타났다.

(4) 난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄의 접착력 분석

난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄의 접착력 분석에서는 난연제 혼용 비율에 따른 접착력을 분석하였다. 분석에 사용된 알루미늄의 난연제 혼용 비율은 20%, 30%, 40% 알루미늄이며 알루미늄이 끊어지기 직전의 순간을 촬영하여 접착력을 분석하였다.

난연제 혼용 비율에 따른 알루미늄의 접착력은 난연제의 혼용 비율이 높을수록 접착력이 떨어지는 것을 확인하였으며, 이는 난연제의 혼용비율이 높아 접착력이 떨어진 것으로 판단된다.

제 2 절 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난방 특성 분석

본 연구에서는 PET 필름과 알루미늄 필름을 할로젠 계열 난연제와 접착제 혼합 비율 30%로 접착하여 제작한 화염확산 억제 알루미늄 스크린 YES White 75를 시설후에 설치한 후 기존 알루미늄 스크린과 현재 국내에 유통되고 있는 외국산 방염 알루미늄 스크린의 난방특성을 비교 분석하였다.

1. 재료 및 방법

가. 공시재료

난방특성 분석에 사용된 알루미늄 스크린은 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린 YES White 75를 실험구로 사용하였고, 대조구로는 일반 시중에 유통되고 있는 일반 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린을 사용하여 난방특성을 분석하였다.

나. 실험장치

(1) 실험용 하우스

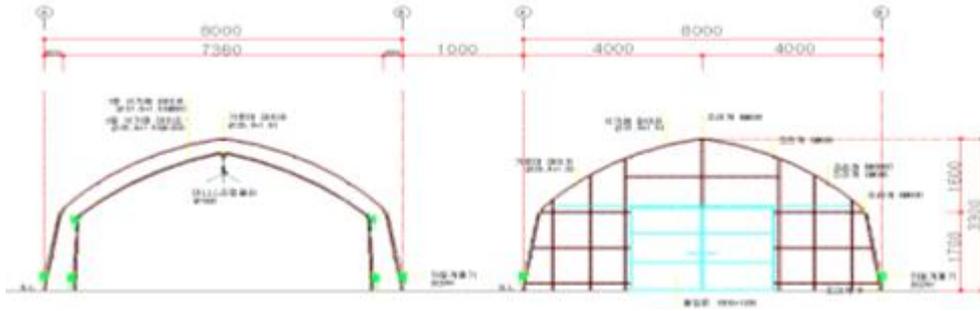
그림 58은 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 설치하여 온실의 난방특성 분석에 사용한 비닐 하우스의 개략도를 나타낸 것이다.

그림 58에서 보는 바와 같이 난방특성 분석에 사용한 하우스는 17,000×3,300×8,000 mm (L×H×W)의 2중 구조로 설치하였다. 설치 온실의 1 동당 거리는 1000 mm의 간격으로 설치하였고, 온실 방향은 정남향으로 설치하였다.

1중 하우스의 석가래는 $\Phi 31.8$ mm×1.5 T 파이프를 사용하였고, 가로대의 경우 $\Phi 25.4$ mm×1.5 T 파이프를 400과 600 mm 간격으로 설치한 후 0.1 mm의 폴리에틸렌 필름으로 피복하였다. 2중 하우스의 경우에는 석가래와 가로대를 $\Phi 25.4$ mm×1.5 T 파이프를 1200 mm 간격으로 가설하였다. 2중 피복재는 실험구의 경우 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린 YES White 75를 설치하였고, 대조구는 A사의 일반 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린을 설치하여 난방특성을 분석하였다.

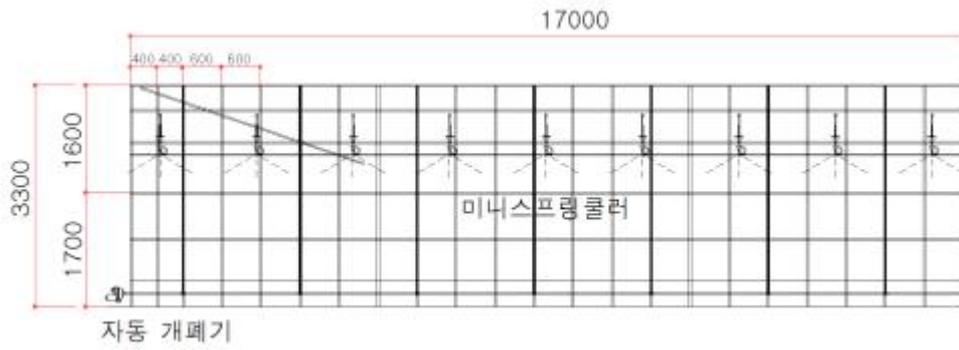
그림 59에 (a)와(b)는 하우스 온도 조절 및 환기를 위한 개폐 장치를 나타낸 것이다. 하우스 온도 조절 및 환기를 위한 개폐 장치는 1중 하우스의 외벽과 2중 하우스의 외벽에 설치하였다.

그림 59에 (c)는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치 온실 완공 후 전경을 나타낸 것이다.

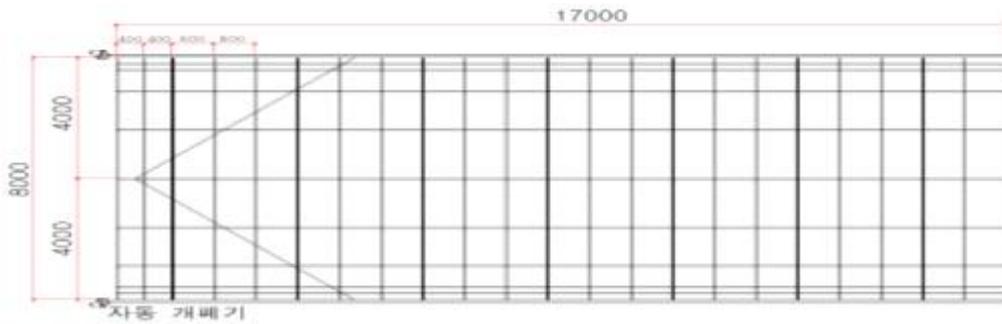


(a) 단면도

(b) 정면도



(c) 측면도



(d) 평면도

그림 58. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치 온실의 개략도



(a) 하우스 측면 1중 개폐장치



(b) 하우스 측면 2중 개폐장치



(c) 온실 완공 후 전경

그림 59. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치 온실

(2) 실험용 하우스 온실 난방 시스템

그림 60는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 온실의 난방 시스템을 나타낸 것이다.

그림 60에서 보는 바와 같이 난방시스템의 구성은 하우스 내부의 온도를 측정하여 내부 온도를 조절에 사용되는 온도 센서 (K-Type)와 하우스 컨트롤 패널 및 전기 온풍 난방기 (F1-HM07088-10001A, 송림찬바람, KOREA)로 구성되어 있다. 전기온풍난방기의 열용량은 60,000 kcal/hr로서 전기 온풍 난방기는 난방기 자체에서 온도 설정이 가능하고, 하우스 컨트롤 패널과 연동되어 난방이 가능하다.



(a) 내부 온도 센서



(b) 하우스 컨트롤 패널



(c) 전기 온풍 난방기

그림 60. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 온실의 난방 시스템

(3) 난방특성 분석을 위한 온도센서 설치 및 측정

그림 61은 화염확산 억제 알루미늄 스크린 온실의 난방특성을 분석하기 위하여 설치한 온도센서의 설치 개략도를 나타낸 것이다. 온도센서는 K-Type 열전대를 사용하였다.

그림 61에서 보는 바와 같이 2중 하우스 내부의 온도센서는 하우스를 전면부, 중앙부 및 후면부로 나누어 설치하였고, 중앙에 상(2400 mm), 중(1800 mm), 하(300 mm)부 및 측면에 중(1800 mm), 하(300 mm)부로 나누어 총 21개의 센서를 설치하였다.

또한, 그림 61의 3-D 도면에 나타낸 바와 같이 파란색 점은 2중 하우스의 보온재인 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린으로부터 1중 하우스로 방출되는 열의 온도를 측정하기 위하여 1중 하우스와 2중 하우스의 사이에 하우스 상부를 전면부, 중앙부 및 후면부로 나누어 온도센서 3개를 설치하였다. 하우스 측면에 지상으로부터 1800 mm 상부에 좌우측으로 2개를 설치하였다. 하우스 내부의 중앙 지점에는 지중 온도를 측정하기 위하여 깊이 100 mm, 300 mm 및 500 mm 지점에 온도센서를 설치하였고, 외기온도를 측정하기 위하여 센서를 설치하였다. 모든 온도 데이터는 데이터 로거(GL820, GRAPHTEC, JAPAN)을 이용하여 저장하였다.

열특성 분석 및 하우스 내부 온도 변화를 위해 사용된 온도 데이터는 기존 알루미늄 스크린의 경우 일일기준(2014년 2월 21일)과 일정기간 기준(2014년 2월 21일~2014년 3월 1일)으로 나누어 분석하였다. 외국산 방염 알루미늄 스크린의 경우에는 일정기간 기준(2015년 2월 23일~2015년 3월 1일)으로 하우스 내부 온도의 경우 각 지점의 온도데이터를 평균하여 분석에 이용하였다. 일정기간에 온도데이터는 동일 시간대의 온도를 평균하여 분석에 이용하였다.

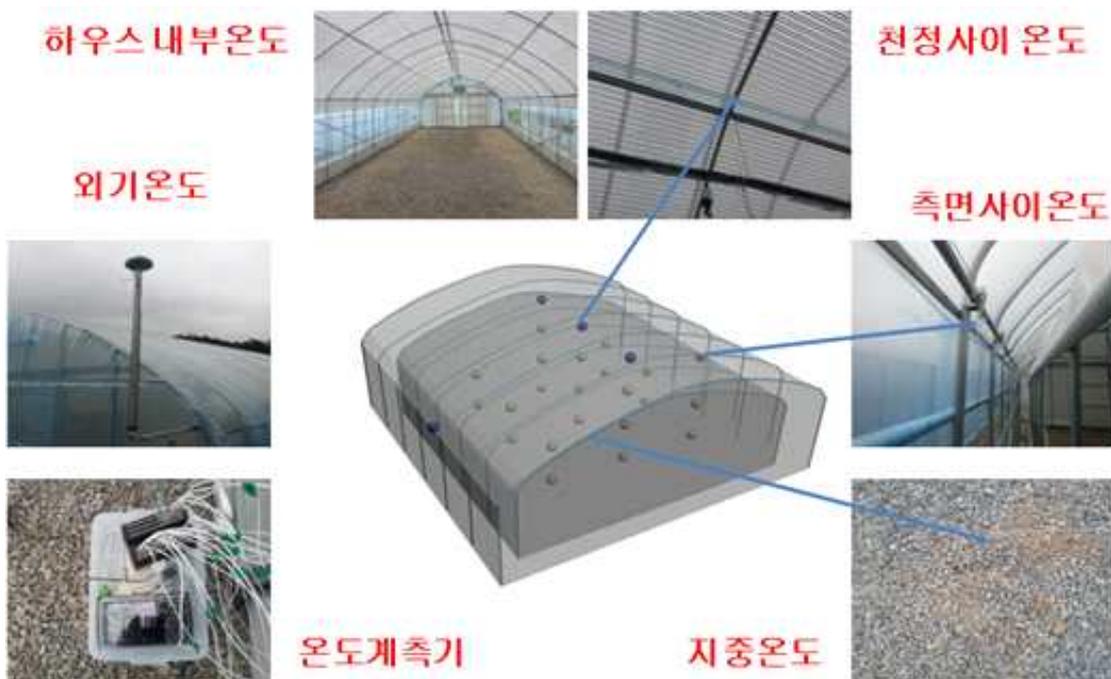


그림 61. 난방특성 분석을 위한 하우스 내부 온도센서 설치

다. 열 특성 분석 방법

온실 내의 열 특성은 태양열 및 온풍기로부터의 공급열량과 외부로부터 손실된 열량이 동일하다는 가정 하에 주간과 야간의 경우 식 (1)과 야간의 경우 식(2)를 이용하여 분석하였다.

$$Q_{Hot\ air\ heater} = Q_{Loss - day} + Q_{Vent} + Q_{Soil} + Q_{Air} \dots\dots\dots(1)$$

$$Q_{Hot\ air\ heater} = Q_{Loss - night} + Q_{Vent} + Q_{Soil} + Q_{Air} \dots\dots\dots(2)$$

여기서,

- Q_{Solar} : Solar radiation in the greenhouse (kJ/hr)
- $Q_{Hot\ air\ heater}$: Heat gained from hot heater (kJ/hr)
- $Q_{Loss - day}$: Heat loss through the greenhouse cover in day (kJ/hr)
- $Q_{Loss - night}$: Heat loss through the greenhouse cover in night (kJ/hr)
- Q_{Vent} : Heat loss by the ventilation from the greenhouse (kJ/hr)
- Q_{Soil} : Heat absorbed and released by the soil in greenhouse (kJ/hr)

공급열량은 주간과 야간의 경우 식 (3)을 이용하여 태양으로부터 공급된 열량(Q_{Solar})을 산출하였고, 온풍난방기에 의해 공급된 열량($Q_{Hot\ air\ heater}$)은 소비전력량을 측정하여 환산한다. 야간의 경우에는 온풍난방기로부터 공급된 열량만을 산출하여 열특성 분석에 사용한다.

$$Q_{Solar} = \tau \times I_s \times A_g \dots\dots\dots(3)$$

여기서,

- τ : Transmissivity of greenhouse cover
- I_s : Solar radiation on the horizontal surface (kJ/m²·hr)
- A_g : Wall area of greenhouse (m²)
- q_{fuel} : Consumption of fuel (ℓ)
- C : Caloric value per unit area (kJ/ℓ·hr)

온실 내 수평면의 태양강도는 서산 기상대에서 측정된 일평균 태양강도를 시간대별로 평균하여 이용하였다.

손실열량은 그린 하우스 피복재 외부로 손실되는 열량(Q_{Loss})을 주간과 야간의 경우 식 (4)를 이용하고, 야간의 경우 식 (5)을 이용하여 산출한다. 또한 손실열량 중 환기에 의해 손실되는 열량(Q_{Vent})은 식 (6)을 이용하여 분석하고, 지면으로 저장되거나 방열되는 (Q_{Soil})은 식 (8)을 이용하여 산출한다.

$$Q_{ss-day} = A_g \times h_t \times (T_{in} - T_{ambi}) \dots\dots\dots(4)$$

$$Q_{Loss-night} = A_g \times h_t \times (1 - f_r) \times (T_{in} - T_{ambi}) \dots\dots\dots(5)$$

$$Q_{Vent} = A_g \times h_v \times (T_{in} - T_{ambi}) \dots\dots\dots(6)$$

$$Q_{Soil} = \sum_{i=1}^n m_{soil} \times C_{p.soil} \times \Delta T \dots\dots\dots(7)$$

여기서,

- h_t : Heat transfer coefficient of greenhouse cover
- h_v : Ventilation heat transfer coefficient of greenhouse
- T_{in} : Inside temperature of the greenhouse (°C)
- T_{ambi} : Ambient temperature of the greenhouse (°C)
- A_g : Wall area of greenhouse (m²)
- m_{soil} : Mass of soil (kg/m²·hr)
- $C_{p.soil}$: Specific heat at constant pressure of soil (0.96kJ/kg·°C)
- ΔT : Difference temperature between soil layers (°C)
- f_r : Saving factor
(Aluminum+Polyethylene: 0.55, Non-woven fabric: 0.30)

2. 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린의 난방특성 비교 분석

가. 하우스 내부 온도 변화

(1) 일일기준 내부온도 변화(2014년 2월 21일)

그림 62는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치 온실(Exp.; 이후 실험구로 칭함)과 일반 알루미늄 스크린 설치 온실(Cont.; 이후 대조구로 칭함)의 일일 기준 주야간 온실 내부 온도 변화를 나타낸 것이다.

그림 62에서 보는 바와 같이 실험구인 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치 온실의 주야간 온실 내부 온도가 일반 알루미늄 스크린 설치 온실보다 약간 높은 경향을 보였다.

2014년 2월 21일의 외기온도는 주간인 경우 최고 5.9℃를 나타내었고, 야간의 경우에는 최저 -5.6℃를 나타내었다.

실험구 온실 내부의 주야간 온도는 2.1~25.8℃를 나타내었고, 대조구 온실 내부의 온도는 1.5~24.0℃로 나타났다. 이것은 실험구 온실이 대조구 온실과 비교하여 0.1~2.1℃ 높은 것으로 실험구 온실에 설치한 화염확산 억제 알루미늄 스크린이 일반 알루미늄 스크린에 비해 보온성이 양호한 것으로 판단된다.

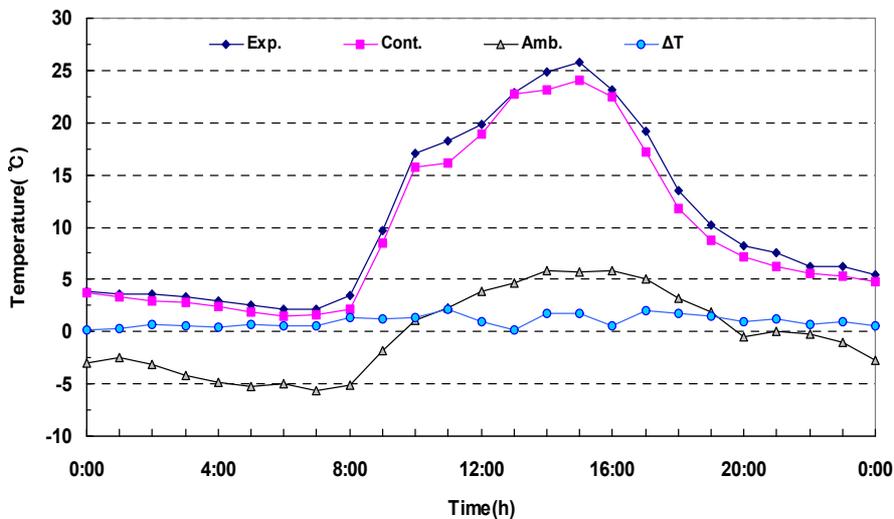


그림 62. 일일기간 기준 실험구와 대조구의 주야간 온실 내부 온도 변화

(2) 일정기간 기준 내부온도 변화(2014년 2월 21일~2014년 3월 1일)

그림 63에 일정기간 기준 실험구 온실과 대조구 온실의 주야간 온실 내부 온도 변화를 나타내었다.

그림 63에 나타낸 바와 같이 실험구 온실의 온실 내부 온도가 대조구 온실보다 약간 높은 경향을 보였다.

실험기간 동안 외기온도는 주간인 경우 최고 10℃를 나타내었고, 야간의 경우에는 최저 -2℃를 나타내었다.

실험구 온실의 내부 온도는 4~22.6℃의 분포를 보였고, 대조구 온실의 내부온도는 3.6~21.8℃로 나타나 실험구 온실의 내부온도가 대조구 온실과 비교하여 0.2~1.6℃ 높은 것으로 나타났다. 이것은 일일 기준 온실 내부 온도변화와 유사한 결과로서 본 연구에서 개발하여 실험구 온실에 설치한 화염확산 억제 알루미늄 스크린이 일반 알루미늄 스크린에 비해 보온성이 양호한 것으로 판단된다.

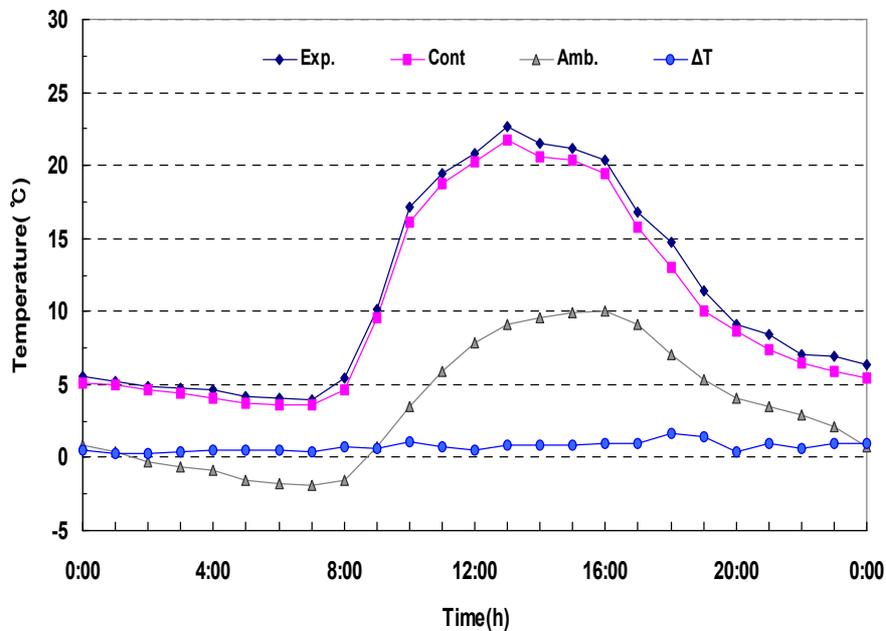


그림 63. 일정기간 기준 실험구와 대조구의 주야간 온실 내부 온도 변화

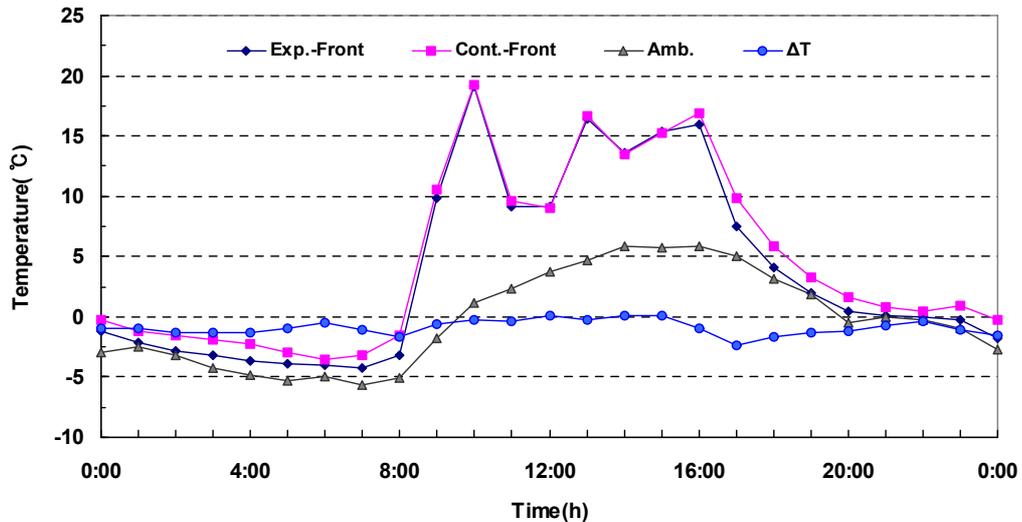
나. 일일 기준 하우스 사이의 주야간 온도 변화(2014년 2월 21일)

(1) 천정부

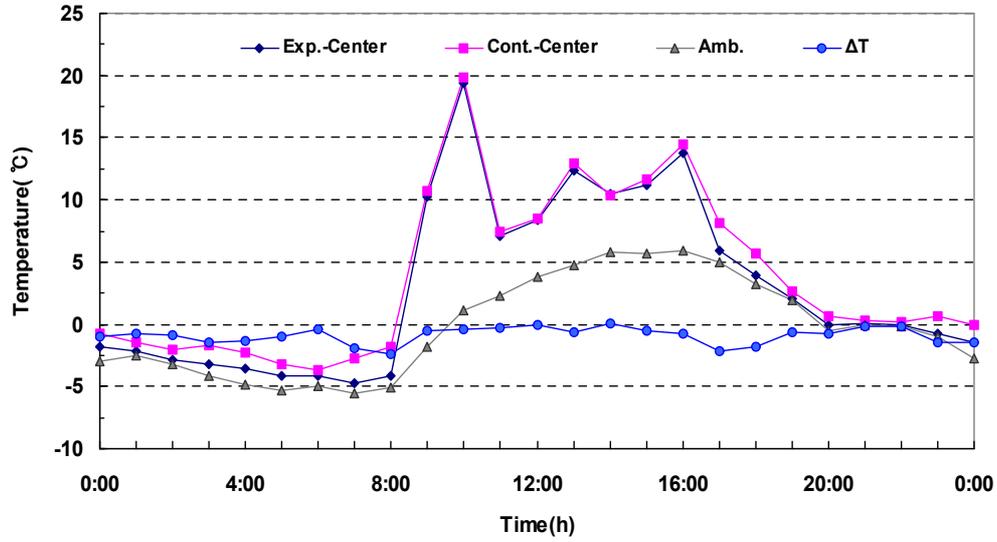
그림 64는 일일 기준 1중과 2중 하우스 사이의 전방, 중앙 및 후방 천정부 온도 변화를 나타낸 것이다. 1중과 2중 하우스 사이의 온도는 야간의 경우 실험구와 대조구에 설치한 2중 하우스의 단열재가 1중 하우스와 차단된 후 2중 하우스로부터 방출되는 열 특성을 알아보기 위해 설치하였다.

그림 64에서 보는 바와 같이 1중과 2중 하우스 사이의 천정부 온도 변화는 실험구 온실이 대조구 온실보다 낮은 것으로 나타났다.

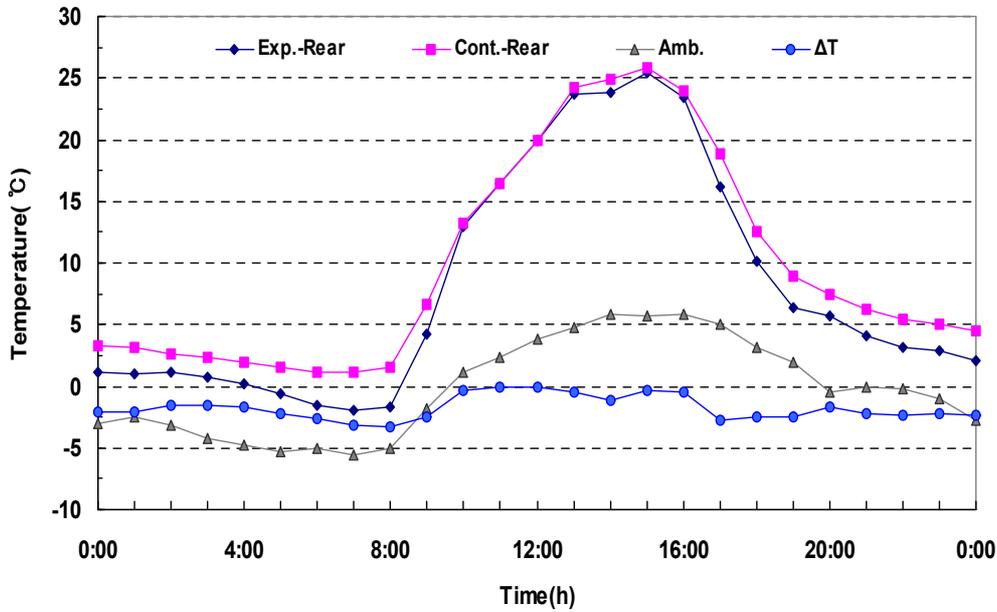
주간 실험구 온실의 전방, 중앙 및 후방에서 각각 19.1, 19.4, 25.5°C로 나타났고, 야간의 경우에는 각각 -4.3, -4.7, -1.9°C로 나타났다. 주간 대조구 온실의 경우에는 전방, 중앙 및 후방에서 각각 19.3, 19.8, 25.8°C, 야간의 경우에는 각각 -3.5, -3.7, 1.1°C로 나타났다. 이것은 실험구 온실이 대조구 온실보다 1.4~3.3°C 낮은 것으로서 이와 같이 실험구의 1중과 2중 하우스 사이의 천정부 온도가 대조구보다 낮은 것은 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 보온성이 일반 알루미늄 스크린의 보온성보다 우수하여 보온재를 통한 열손실이 적었기 때문으로 판단된다.



(a) 하우스 전방



(b) 하우스 중앙



(c) 하우스 후방

그림 64. 일일 기준 1층과 2층 하우스 천정부 사이 주야간 온도변화

(2) 측면부

그림 65에 일일 기준 1층과 2층 하우스 사이의 측면부 온도 변화를 나타내었다.

그림 65에서 보는 바와 같이 1층과 2층 하우스 사이의 측면부 온도 변화는 실험구가 대조구에 비해 약간 낮은 경향을 보였으나 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

실험구 온실의 측면부 온도는 9.4~10.8℃의 분포를 보였고, 대조구의 경우에는 9.6~10.8℃로 나타나 실험구가 대조구보다 -0.2℃ 정도 낮은 것으로 나타났다.

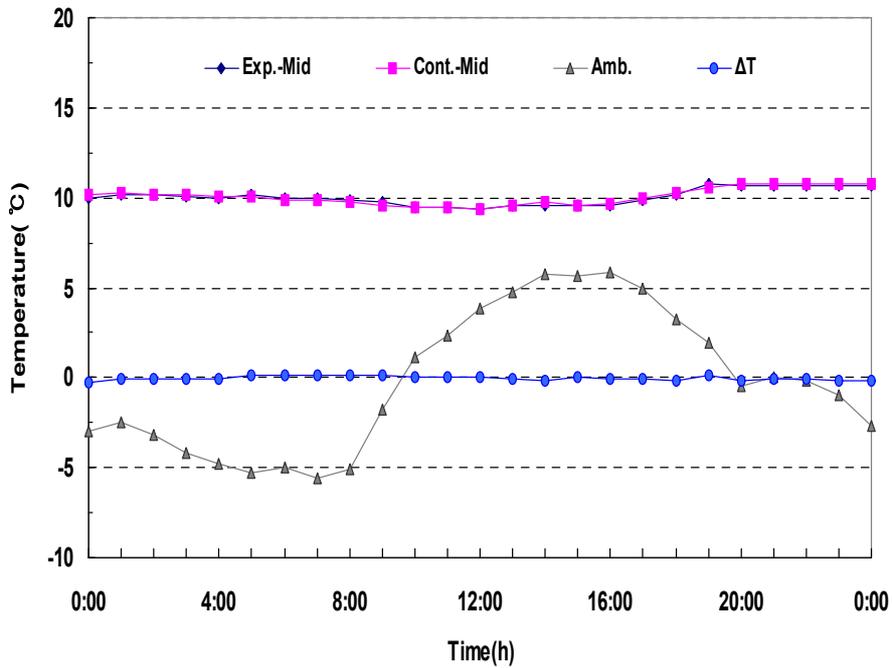


그림 65. 일일 기준 1층과 2층 하우스 측면 사이 주야간 온도변화

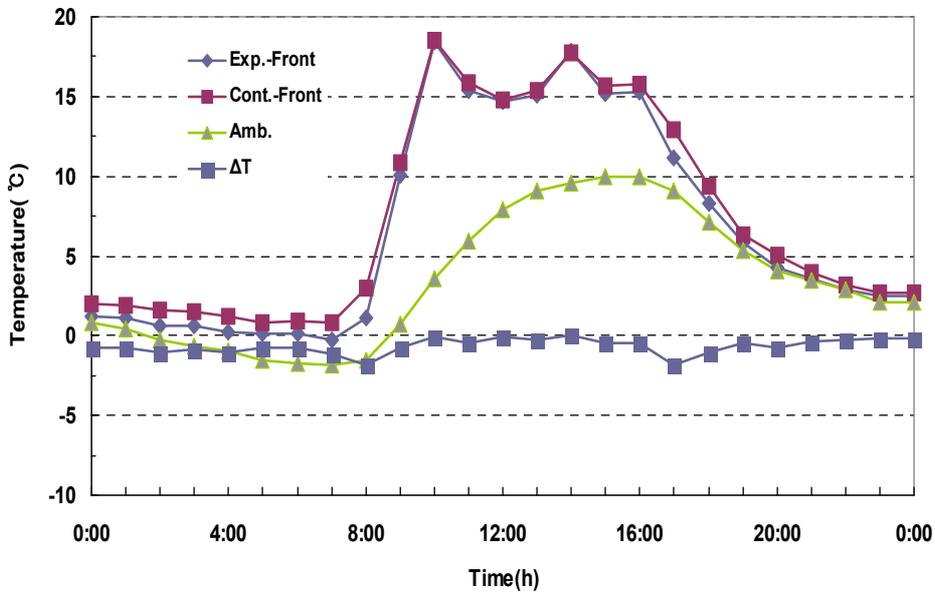
다. 일정기간 기준 하우스 사이 주야간 온도변화

(1) 천정부

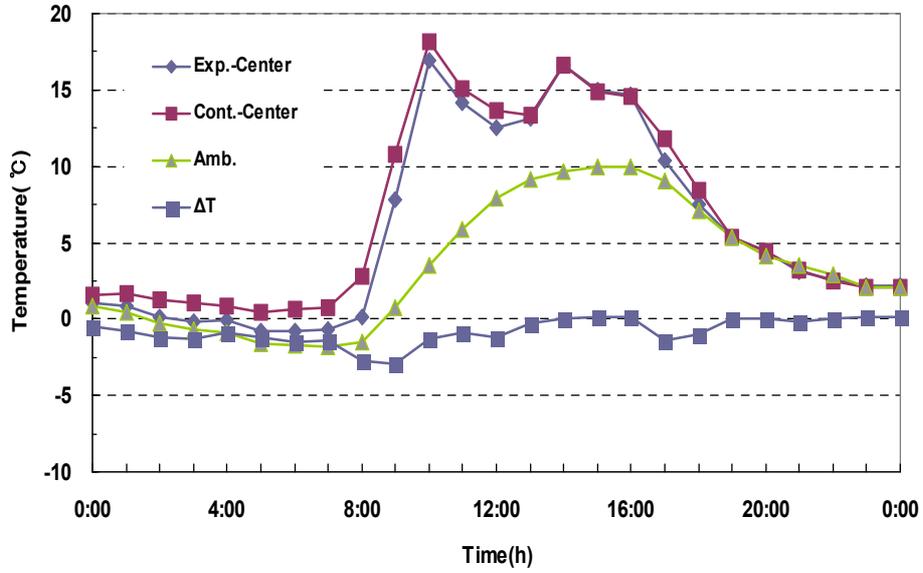
그림 66은 일정기간 기준 1층과 2층 하우스 천정부 사이 온도 변화를 나타낸 것이다.

그림 66에 나타낸 바와 같이 하우스 사이의 천정부 온도 변화는 일일 기준 결과와 마찬가지로 실험구 온실이 대조구 온실보다 낮은 것으로 나타났다.

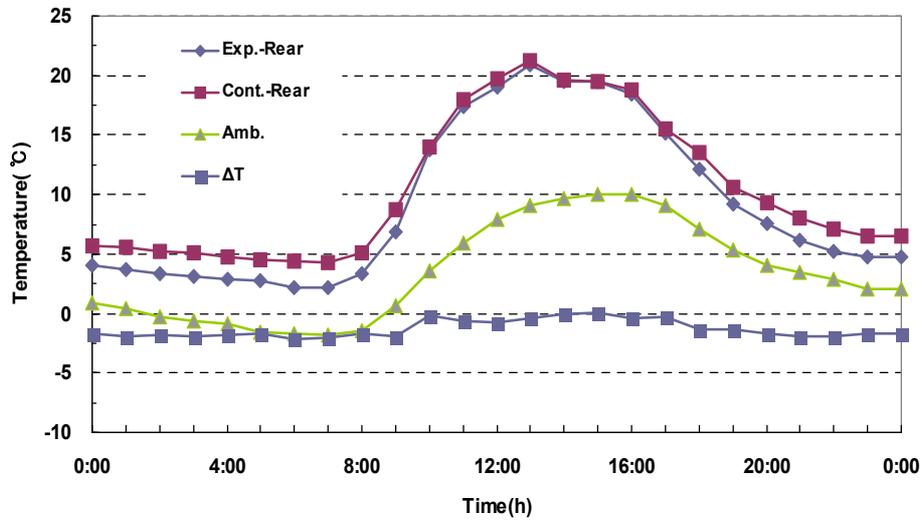
주간 실험구 온실의 전방, 중앙 및 후방에서 각각 17.8, 16.9, 20.9℃, 야간의 경우에는 각각 -0.3, -0.8, -2.2℃로 나타났다. 주간 대조구 온실의 경우에는 전방, 중앙 및 후방에서 각각 18.5, 18.2, 21.3℃, 야간의 경우에는 각각 0.8, 0.4, 4.3℃로 실험구 온실이 대조구 온실보다 1.9~3.0℃ 낮은 것으로 나타났다. 이와 같이 실험구의 1층과 2층 하우스 사이의 천정부 온도가 대조구보다 낮은 것은 전술한 바와 같이 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 보온성이 일반 알루미늄 스크린의 보온성보다 우수하여 보온재를 통한 열손실이 적었기 때문으로 판단된다.



(a) 하우스 전방



(b) 하우스 중앙



(c) 하우스 후방

그림 66. 일정기간 기준 1층과 2층 하우스 천정부 사이의 온도 변화

(2) 측면부

그림 67은 일정기간 기준 1중과 2중 하우스 사이의 측면부 온도 변화를 나타낸 것이다.

그림 67에서 보는 바와 같이 1중과 2중 하우스 사이의 측면부 온도 변화는 18시 이후 실험구가 대조구보다 약간 낮은 경향을 보였고, 다른 시간대에서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

실험구 온실의 측면부 온도는 10.5~11.4℃로 나타났고, 대조구의 경우에는 10.7~11.8℃의 분포를 보였으며, 18시 이후부터 0.3~0.7℃ 정도 실험구가 대조구보다 측면부 온도가 낮게 나타났다.

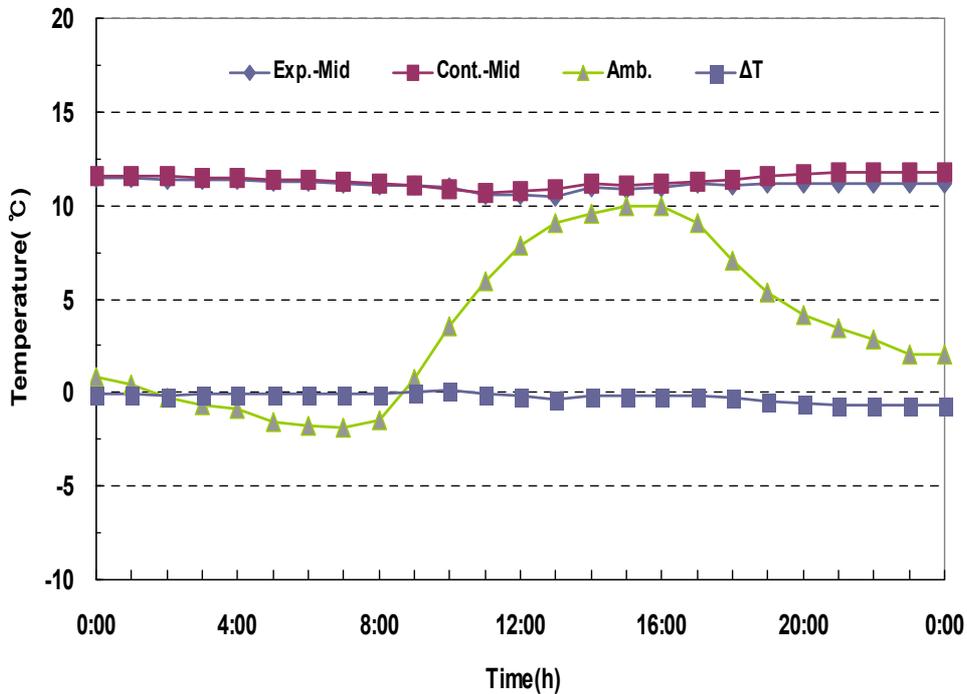


그림 67. 일일 기준 1중과 2중 하우스 측면부 사이의 온도 변화

라. 열 특성 분석

(1) 일일 기준 하우스 외피를 통한 손실열량(Q_{ss})

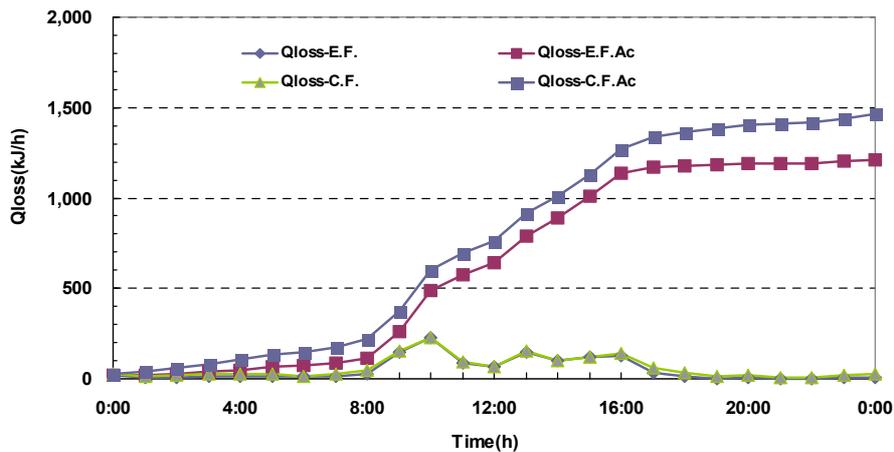
그림 68은 일일 기준 실험구 및 대조구 하우스의 외피를 통해 외부로 방출된 손실열량과 누적 손실열량을 나타낸 것이다.

그림 68에서 보는 바와 같이 하우스 외피를 통한 손실열량은 실험구보다 대조구가 더 큰 경향을 보였고, 야간보다 주간에 열 손실이 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 온풍난방기가 설치된 하우스 후방과 측면에서의 손실열량이 높은 경향을 보였고, 하우스 측면을 통한 손실열량은 실험구와 대조구에서 큰 차이가 없었다.

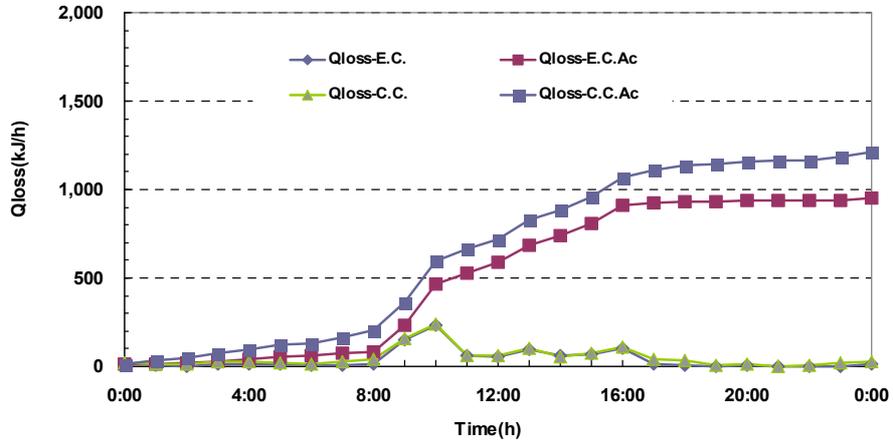
하우스 전방, 중앙 및 후방에서 하우스 외피를 통한 손실열량은 실험구와 대조구에서 모두 오전 8시부터 오후 5시 사이에 발생하는 것으로 나타났고, 하우스 측면의 경우 이와 반대로 오후 5시부터 오전 8시 사이에 하우스 외피를 통해 열량이 손실되는 것으로 나타났다.

일일 기준 실험구 하우스 외피를 통해 손실된 누적열량은 하우스 전방, 중앙, 후방 및 측면에서 각각 1,211.5, 953.7, 2,409.0, 2,827.4 kJ/h로 나타났다. 대조구의 경우에는 하우스 전방, 중앙, 후방 및 측면에서 각각 1,463.7, 1,212.3, 2,887.7, 2,836.6 kJ/h로 나타나 실험구가 대조구보다 하우스 전방, 중앙, 후방 및 측면에서 각각 252.2, 258.5, 478.7, 9.6 kJ/h의 손실열량은 적은 것으로 나타났다.

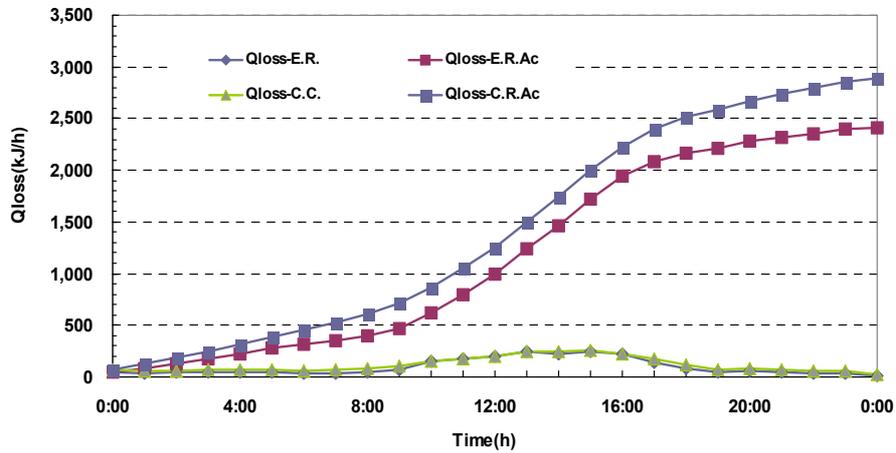
이것은 전술한 바와 같이 본 연구에서 개발한 화염확산 알루미늄 스크린이 일반 알루미늄 스크린과 비교하여 보온성이 높았기 때문으로 판단된다.



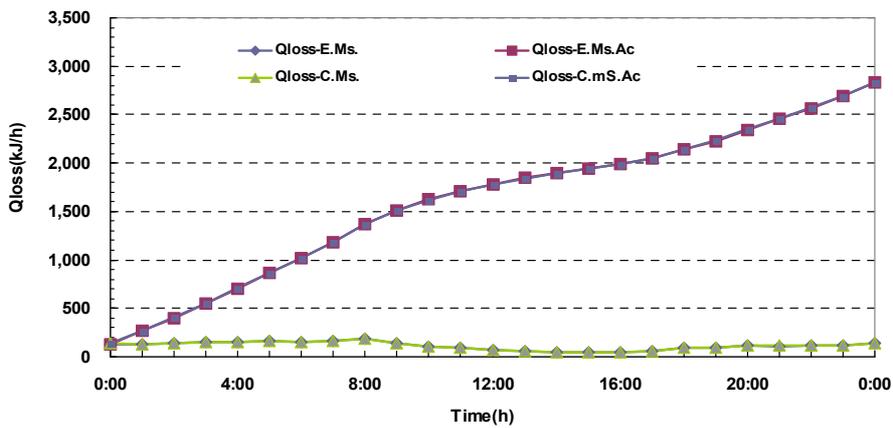
(a) 하우스 전방



(b) 하우스 중앙



(c) 하우스 후방



(d) 하우스 측면

그림 68. 일일 기준 하우스 외피를 통한 손실열량

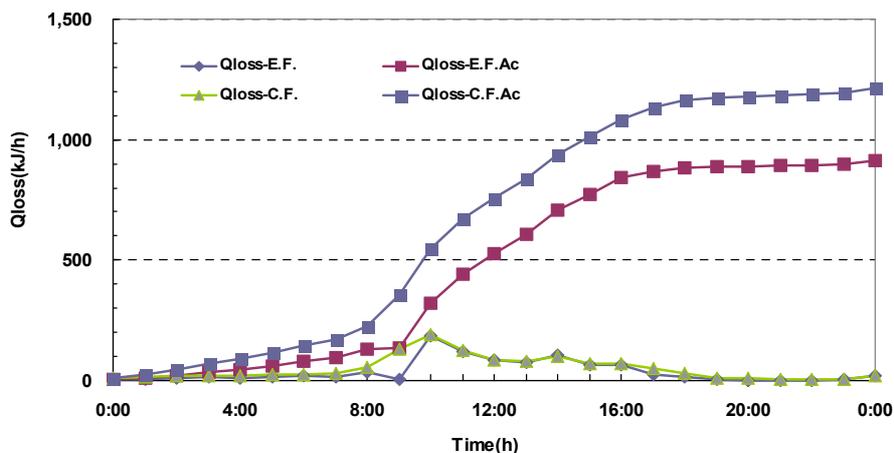
(2) 일정 기간 기준 하우스 외피를 통한 손실

그림 69에 일정기간 기준 실험구 및 대조구 하우스의 외피를 통해 외부로 방출된 손실열량과 누적 손실열량을 비교하여 나타내었다.

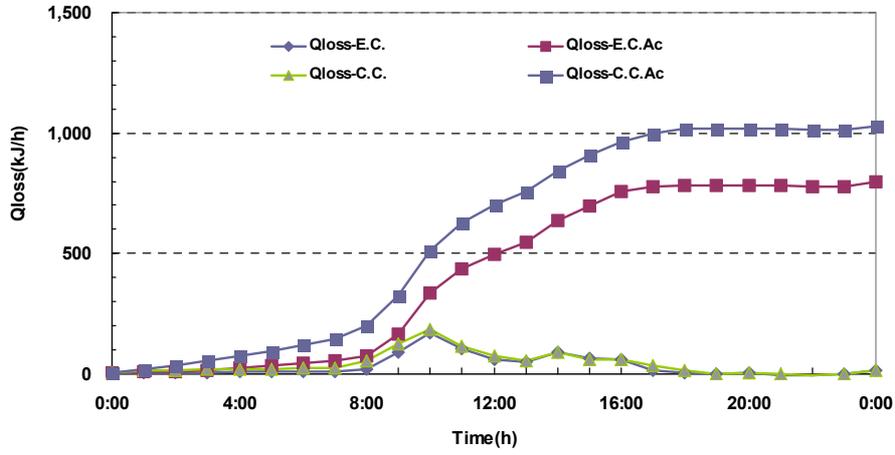
그림 69에 나타낸 바와 같이 하우스 외피를 통한 손실열량은 일일 기준과 마찬가지로 실험구보다 대조구가 더 큰 경향을 보였고, 야간보다 주간에 열 손실이 더 많이 발생하였으며, 온풍난방기가 설치된 하우스 후방과 측면에서의 손실열량이 높은 경향을 보였다.

하우스 전방, 중앙 및 후방에서 하우스 외피를 통한 손실열량은 일일 기준 손실열량과 유사하게 실험구와 대조구에서 모두 오전 8시부터 오후 5시 사이에 발생하는 것으로 나타났다. 또한 하우스 측면의 경우 이와 반대로 오후 5시부터 오후 12시 사이에 하우스 외피를 통해 손실열량이 발생하는 것으로 나타났다.

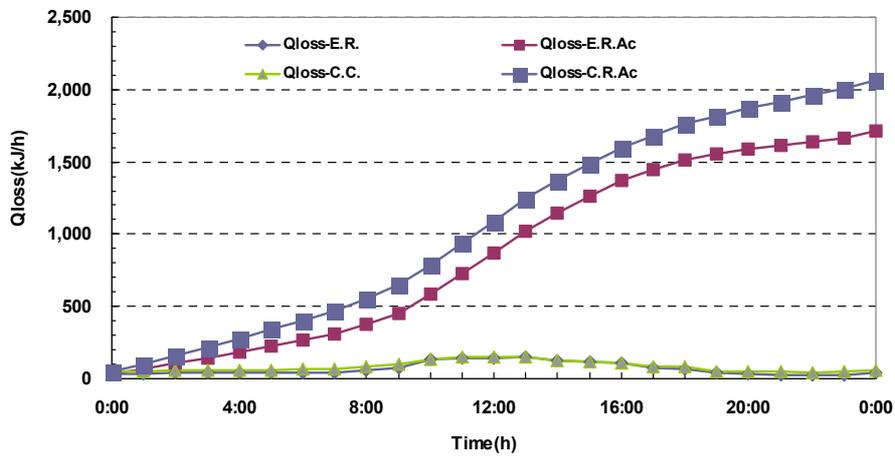
실험구 하우스 외피를 통해 손실된 누적열량은 하우스 전방, 중앙, 후방 및 측면에서 각각 914.7, 795.2, 1,709.9, 2,115.3 kJ/h로 나타났다. 대조구의 경우에는 하우스 전방, 중앙, 후방 및 측면에서 각각 1,215.2, 1,029.2, 2,068.8, 2,180.5 kJ/h로 나타나 실험구가 대조구보다 하우스 전방, 중앙, 후방 및 측면에서 각각 300.5, 234.0, 358.9, 65.3 kJ/h 손실열량은 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 화염확산 알루미늄 스크린이 일반 알루미늄 스크린보다 온실 피복재로 더 효율적인 것으로 판단된다.



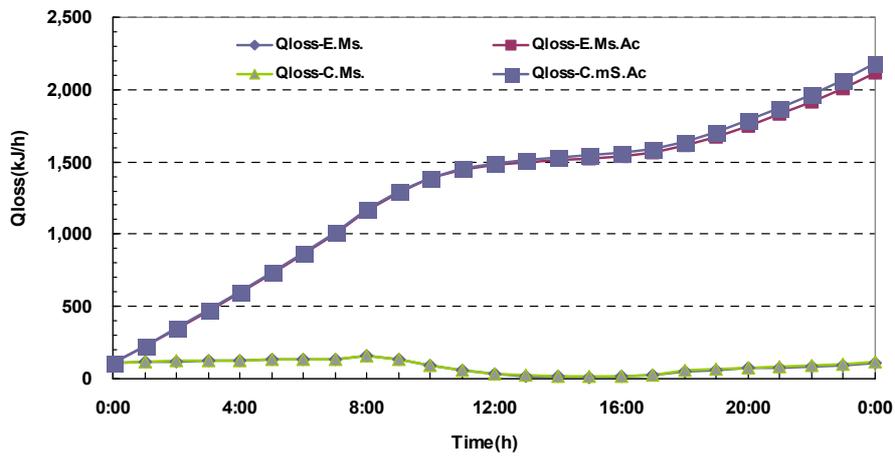
(a) 하우스 전방



(b) 하우스 중앙



(c) 하우스 후방



(d) 하우스 측면

그림 69. 일정 기간 기준 하우스 외피를 통한 손실열량

(3) 일일 기준 하우스 환기를 통한 손실열량(*nt.*)

그림 70은 일일 기준 실험구와 대조구 하우스의 환기를 통한 열손실량과 누적열손실량을 비교하여 나타낸 것이다.

그림 70에서 보는 바와 같이 하우스의 환기를 통한 열손실량은 실험구가 대조구보다 약간 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었고, 야간보다는 주간 8시부터 18시 사이에 손실열량이 많은 경향을 보였다.

실험구와 대조구 하우스의 환기를 통한 열손실량은 각각 113.2 kJ/h와 102.9 kJ/h로서 약 10 kJ/h 정도 실험구가 대조구보다 손실열량이 많은 것으로 나타났다. 이것은 실험구 하우스 내부 온도가 대조구 하우스 내부온도보다 높았기 때문으로 판단된다.

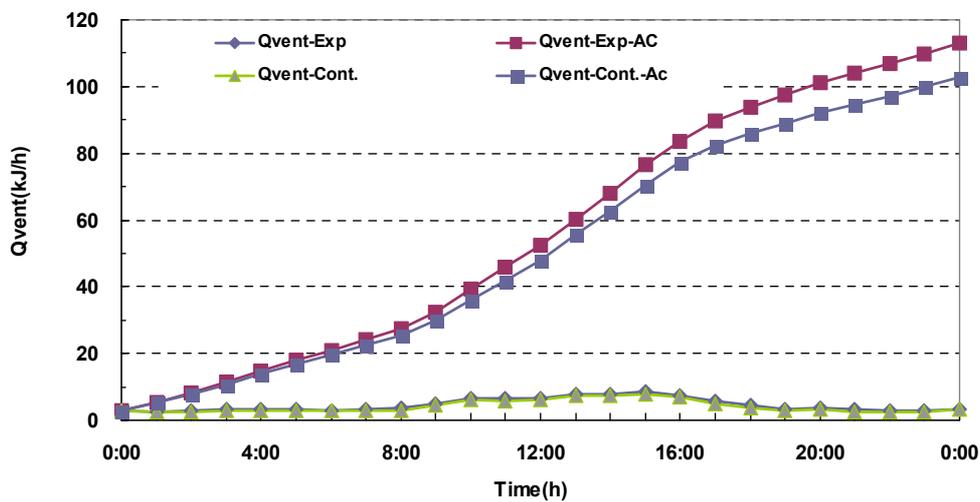


그림 70. 일일 기준 하우스 환기를 통한 손실열량

(4) 일정 기간 기준 하우스 환기를 통한 손실열량

그림 71에 일정기간 기준 실험구와 대조구 하우스의 환기를 통한 열손실량과 누적열손실량을 비교하여 나타내었다.

그림 71에 나타낸 바와 같이 하우스의 환기를 통한 열손실량은 일일 기준과 유사하게 실험구가 대조구보다 약간 많은 경향을 보였으나 큰 차이는 없는 것으로 나타났고, 야간보다는 주간 8시부터 17시 사이에 손실열량이 많은 경향을 보였다.

실험구와 대조구 하우스의 환기를 통한 열손실량은 각각 80.6 kJ/h와 72.8 kJ/h로서 7.8 kJ/h 정도 실험구가 대조구보다 손실열량이 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다. 이것은 전술한 바와 같이 실험구 하우스 내부 온도가 대조구 하우스 내부온도보다 높았기 때문으로 판단된다.

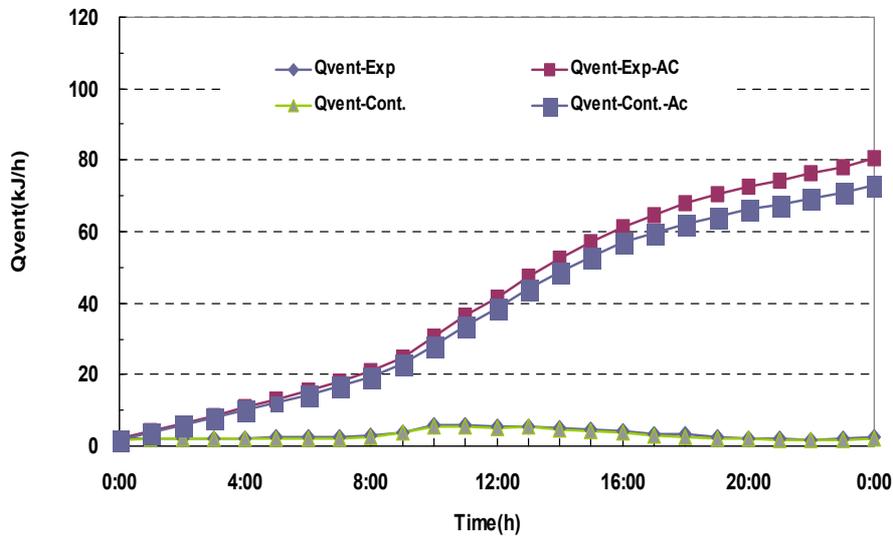


그림 71. 일정 기간 기준 하우스 환기를 통한 손실열량

(5) 일일 기준 하우스 토양을 통한 손실열량(Q_{soil})

그림 72는 일일 기준 실험구와 대조구 하우스의 토양을 통한 열손실량과 누적열손실량을 나타낸 것이다.

그림 72에서 보는 바와 같이 하우스의 토양을 통한 열손실량도 환기를 통한 손실열량과 유사하게 실험구가 대조구보다 약간 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다. 또한 야간의 경우에는 토양으로부터 하우스 내부 공간으로 열량이 공급되는 경향을 보였고, 주간에는 토양으로 열량이 공급되어 손실열량이 발생하는 것으로 나타났다.

실험구와 대조구 하우스의 토양을 통한 열손실량은 각각 116.7 kJ/h와 104.4 kJ/h로서 약 12 kJ/h 정도 실험구가 대조구보다 손실열량이 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다. 이것은 실험구 하우스 내부 온도가 대조구 하우스 내부온도보다 높아 토양으로 손실되는 열량이 많았기 때문으로 판단된다.

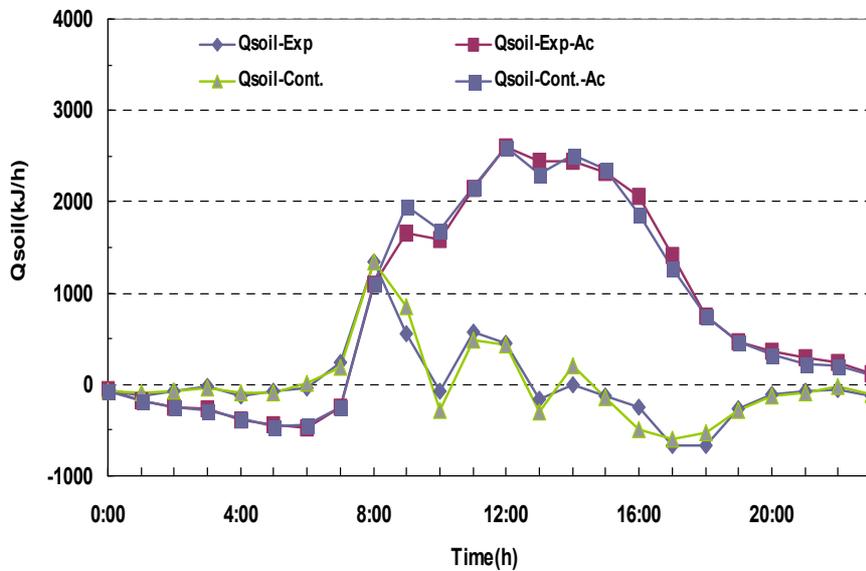


그림 72. 일일 기준 하우스 토양을 통한 손실열량

(6) 일정 기간 기준 하우스 토양을 통한 손실열량(Q_{soil})

그림 73에 일정기간 기준 실험구와 대조구 하우스의 토양을 통한 열손실량과 누적열손실량을 나타낸 것이다.

그림 73에서 나타낸 바와 같이 일정기간 기준 하우스의 토양을 통한 열손실량도 일일 기준 토양 손실열량과 유사하게 실험구가 대조구보다 약간 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다. 또한 오전 7시부터 오후 2시까지는 하우스 내부 공간으로부터 토양을 열이 손실되는 것으로 나타났고, 그 이후부터 토양으로부터 하우스 내부 공간으로 열량이 공급되는 경향을 보였다.

실험구와 대조구 하우스의 토양을 통한 열손실량은 각각 75.8 kJ/h와 52.7 kJ/h로서 약 23 kJ/h 정도 실험구가 대조구보다 손실열량이 많은 것으로 나타났다.

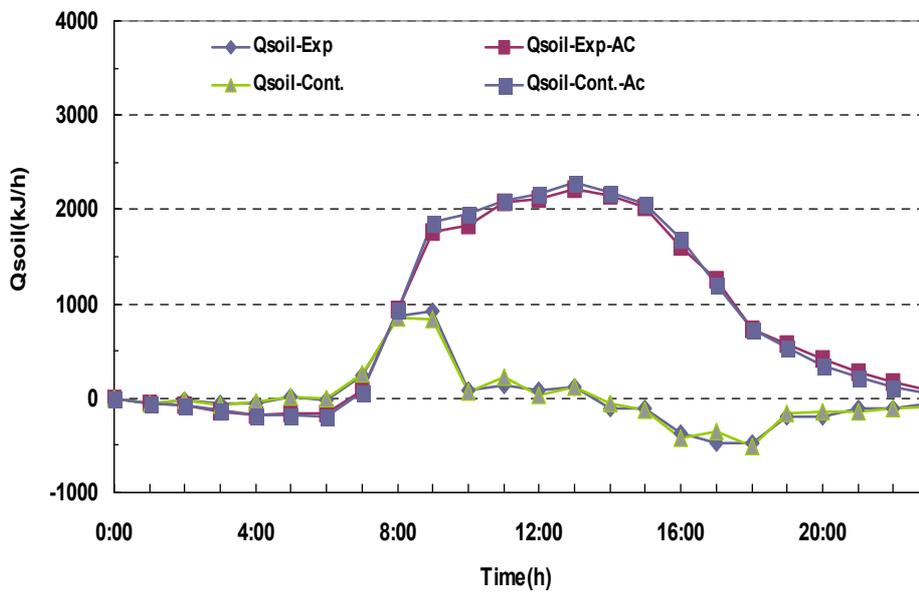


그림 73. 일정기간 기준 하우스 토양을 통한 손실열량

(7) 태양으로부터의 공급열량(Q_{solar})

그림 74와 75는 일일 및 일정기간 기준 태양으로부터 실험구 및 대조구 하우스 내부로 공급된 시간대별 열량과 누적 공급열량을 나타낸 것이다. 온실 내 수평면의 태양강도는 서산 기상대에서 측정된 일평균 태양강도를 시간대별로 평균하여 이용하였다.

그림 74에서 보는 바와 같이 일일 기준 실험구 및 대조구 하우스 내부로 공급된 시간대별 공급 열량은 오전 11시에서 오후 3시 사이에 1150.0~1615.9 kJ/h의 열량이 공급된 것으로 나타났다. 또한 일일 기준 누적 공급열량은 그림 59에 나타낸 바와 같이 총 10,045.5 kJ/h의 열량이 실험구와 대조구 하우스 내부로 공급된 것으로 나타났다.

한편 일정기간 기준 실험구 및 대조구 하우스 내부로 공급된 시간대별 공급 열량은 오전 11시에서 오후 2시 사이에 1171.4~1435.7 kJ/h의 열량이 공급된 것으로 나타났다. 또한 일정기간 기준 누적 공급열량은 그림 16에 나타낸 바와 같이 총 8324.9 kJ/h의 열량이 실험구와 대조구 하우스 내부로 공급된 것으로 나타났다.

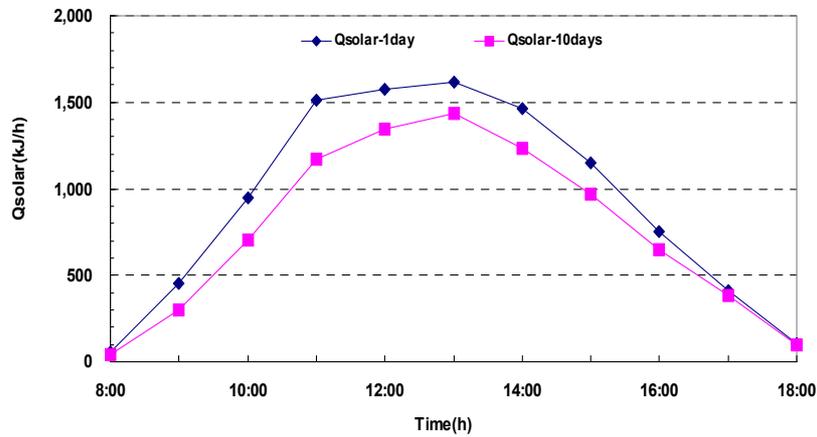


그림 74. 일일 및 일정기간 기준 태양을 통한 공급 열량

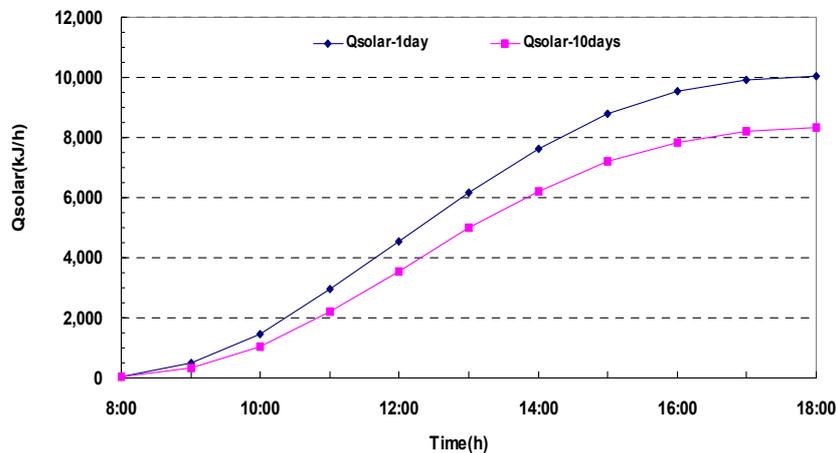


그림 75. 일일 및 일정기간 기준 태양을 통한 공급 누적 열량

(8) 온풍 난방기를 통한 공급열량(*ater*)

그림 76은 온풍 난방기를 통해 실험구와 대조구 하우스 내부로 공급된 열량을 실험기간에 따라 나타낸 것이다. 표 51은 실험기간에 따른 외기 최고온도와 최저 온도를 나타낸 것이다.

그림 76에서 보는 바와 같이 온풍 난방기를 통해 공급된 열량은 실험구가 대조구에 비해 적은 것으로 나타났으나, 외기온이 상승함에 따라 온풍 난방기를 통한 공급열량은 실험구와 대조구에서 큰 차이가 나타나지 않는 경향을 보였다.

실험기간 동안 실험구와 대조구의 누적 공급열량은 3월 2일 기준으로 각각 424,800 kJ/h와 428,400 kJ/h로 나타나 실험구가 대조구에 비해 3600 kJ/h 공급열량이 적은 것으로 나타났으므로 실험기간 동안 누적 에너지 절감량으로 환산하면 약 12% 정도 실험구가 대조구보다 에너지가 절감되는 것으로 나타났다.

한편 외기온이 최저기온이 0℃ 이하이었던 2월 21일부터 2월 27일까지 7일간을 기준으로 실험구와 대조구의 누적 공급열량은 각각 320,400 kJ/h와 338,400 kJ/h로 나타나 실험구가 대조구에 비해 18,000 kJ/h 공급열량이 적은 것으로 나타나 약 16% 정도 실험구가 대조구보다 에너지가 절감되는 것으로 나타났다.

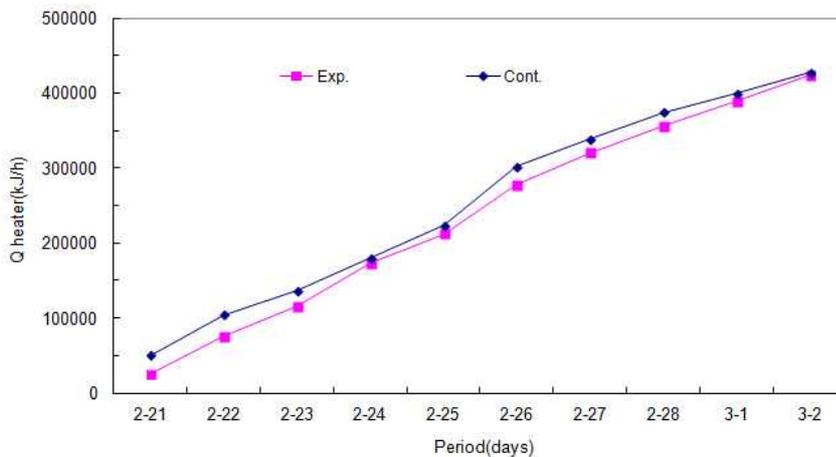


그림 76. 실험구와 대조구의 온풍난방기 누적 공급열량

표 51 실험기간 동안 외기 최고온도 및 최저 온도 비교

Month	02	02	02	02	02	02	02	02	03	03
Day	21	22	23	4	5	6	27	28	01	02
Max. T.	5.9	6.8	8	9.8	11.6	14.6	14.8	11.7	8.5	9.7
Min. T.	-5.6	-4.7	-3.9	-3.4	-3.9	-2.1	-0.2	0.7	1.8	-1.7

3. 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린의 난방특성 비교 분석 가. 일정기간 기준 하우스 내부 온도 변화

그림 77은 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치 온실(Exp.; 이후 실험구로 칭함)과 외국산 방염 알루미늄 스크린 설치 온실(Cont.; 이후 대조구로 칭함)의 일정기간 기준 주야간 온실 내부 온도 변화를 평균하여 나타낸 것이다.

그림 77에서 보는 바와 같이 실험구인 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치 온실의 주야간 온실 내부 온도가 대조구보다 약간 낮은 경향을 보였으나 큰 차이는 없었다.

실험기간인 2015년 2월 23일~3월 1일 사이의 외기온도는 주간외의 경우 최고 11.9℃를 나타내었고, 야간의 경우에는 최저 -1.8℃를 나타내었다.

실험구 온실 내부의 주야간 온도는 8.8~18.4℃를 나타내었고, 대조구 온실 내부의 온도는 9.7~19.2℃로 나타났다.

이것은 실험구 온실이 대조구 온실과 비교하여 0.8℃ 내외 높은 것으로 실험구 온실에 설치한 화염확산 억제 알루미늄 스크린이 외국산 방염 알루미늄 스크린과 보온성에 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

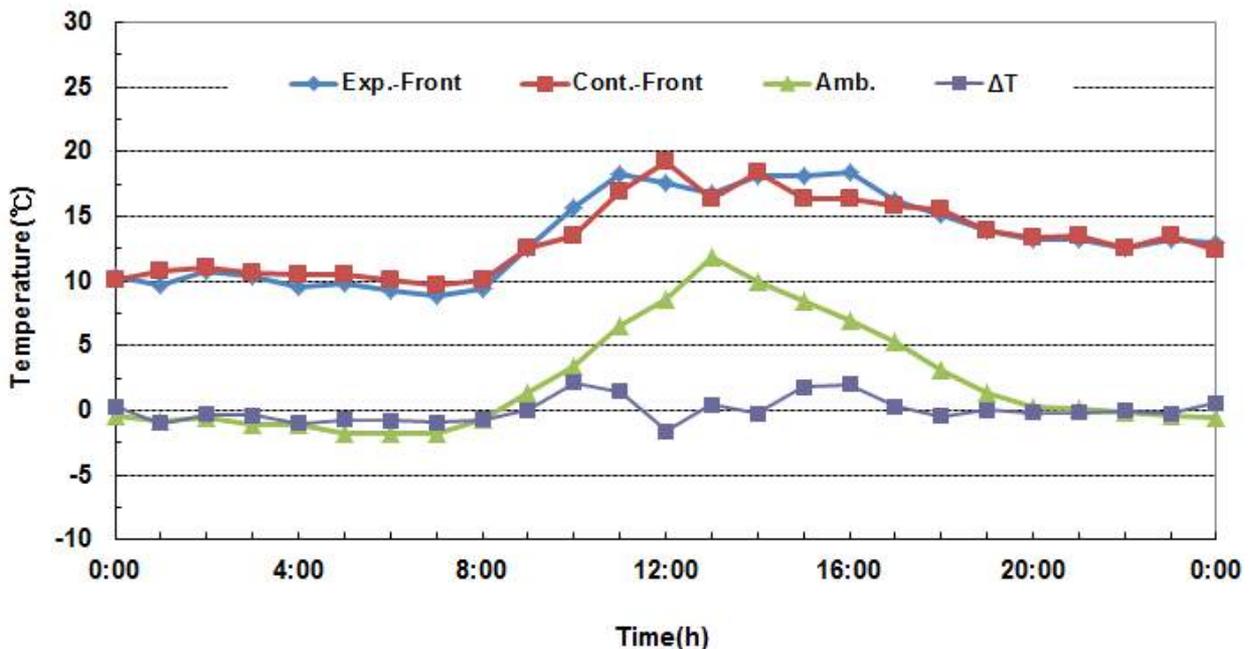


그림 77. 일정기간 기준 실험구와 대조구의 주야간 온실 내부 온도 변화

나. 일정기간 기준 하우스 사이 주야간 온도변화

그림 78에 일정기간 기준 실험구와 대조구 하우스의 1층과 2층 하우스 사이 온도 변화를 나타낸 것이다. 1층과 2층 하우스 사이의 온도는 야간의 경우 실험구와 대조구에 설치한 2층 하우스의 단열재가 1층 하우스와 차단된 후 2층 하우스로부터 방출되는 열 특성을 알아보기 위해 설치하였다. 또한 천정부와 측면부 온도를 평균하여 하우스 사이 온도 변화를 분석하였다.

그림 78에서 보는 바와 같이 1층과 2층 하우스 사이 온도 변화는 실험구 온실이 대조구 온실보다 약간 높은 것으로 나타났다.

오전 6시부터 오후 6시까지 주간 실험구 온실의 사이 온도는 5.5~26.1℃를 나타냈고, 대조구의 경우에는 4.6~23.7℃로 대조구가 실험구보다 평균 1℃ 정도 낮은 것으로 나타났다. 야간의 경우에는 실험구 하우스 사이 온도가 5.4~8.5℃ 이었고, 대조구의 경우에는 5.2~9.5로 나타나 실험구가 대조구보다 평균 0.6℃ 나타나 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린이 주간보다 야간에 하우스 사이온도가 더 낮은 것으로 나타났다.

이와 같이 야간에 하우스 사이온도가 대조구보다 낮은 것은 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 보온성이 외국산 방염 알루미늄 스크린보다 보온성이 다소 우수하여 보온재를 통한 열손실이 적었기 때문으로 판단된다.

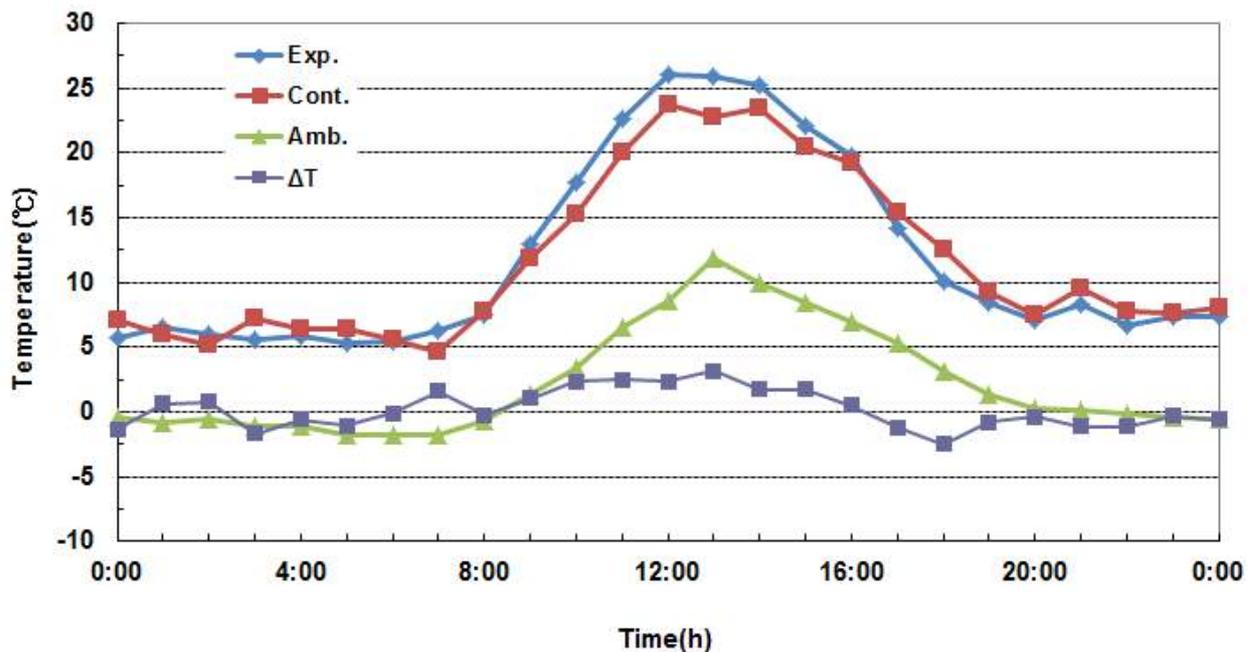


그림 78. 일정기간 기준 실험구와 대조구의 1층과 2층 하우스 사이의 온도 변화

다. 열 특성 분석

(1) 하우스 외피를 통한 손실열량(Q_{loss})

그림 79는 일정기간 기준 실험구 및 대조구 하우스의 외피를 통해 외부로 방출된 손실열량과 누적 손실열량을 나타낸 것이다.

그림 79에서 나타낸 바와 같이 하우스 외피를 통한 손실열량은 실험구보다 대조구가 더 큰 경향을 보였으나 큰 차이는 없었다 또한 실험구와 대조구에서 모두 오전 9시부터 오후 4시 사이에 발생하는 것으로 나타났다.

하우스 외피를 통한 손실열량은 실험구의 경우 오전 9시부터 오후 4시 사이에 120.1~ 180.9 kJ/h의 열량이 손실되는 것으로 나타났고, 대조구의 경우에는 109.0~156.7 kJ/h의 열량이 손실되는 것으로 나타났다.

일정기간 기준 실험구 하우스 외피를 통해 손실된 누적열량은 2,483.7 kJ/h 이었고, 대조구의 경우에는 2,425.2 kJ/h 로 나타나 실험구가 대조구보다 58.5 kJ/h의 열량 손실이 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다.

이것은 본 연구에서 개발한 화염확산 알루미늄 스크린이 외국산 방염 알루미늄 스크린과 비교하여 보온성이 미세하게 낮은 것으로 판단되지만 실용상에는 큰 문제가 없을 것으로 사료된다.

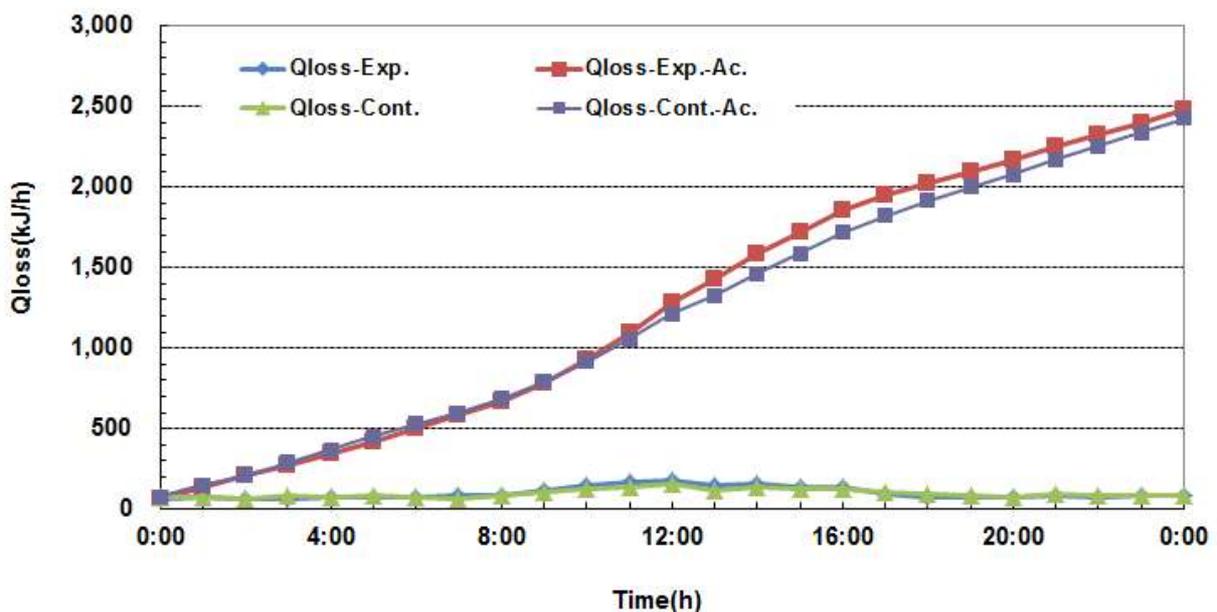


그림 79. 일정기간 기준 실험구와 대조구 하우스의 하우스 외피를 통한 손실열량

(2) 하우스 환기를 통한 손실열량(*nt.*)

그림 80은 일정기간 기준 실험구와 대조구 하우스의 환기를 통한 열손실량과 누적열손실량을 비교하여 나타낸 것이다.

그림 80에서 보는 바와 같이 하우스의 환기를 통한 열손실량은 실험구가 대조구보다 약간 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었고, 야간보다는 주간인 오전 6시부터 오후 3시 사이에 손실열량이 많은 경향을 보였다.

실험구와 대조구 하우스의 환기를 통한 열손실량은 각각 116.1 kJ/h와 115.8 kJ/h로서 약 0.3 kJ/h 정도 실험구가 대조구보다 손실열량이 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다.

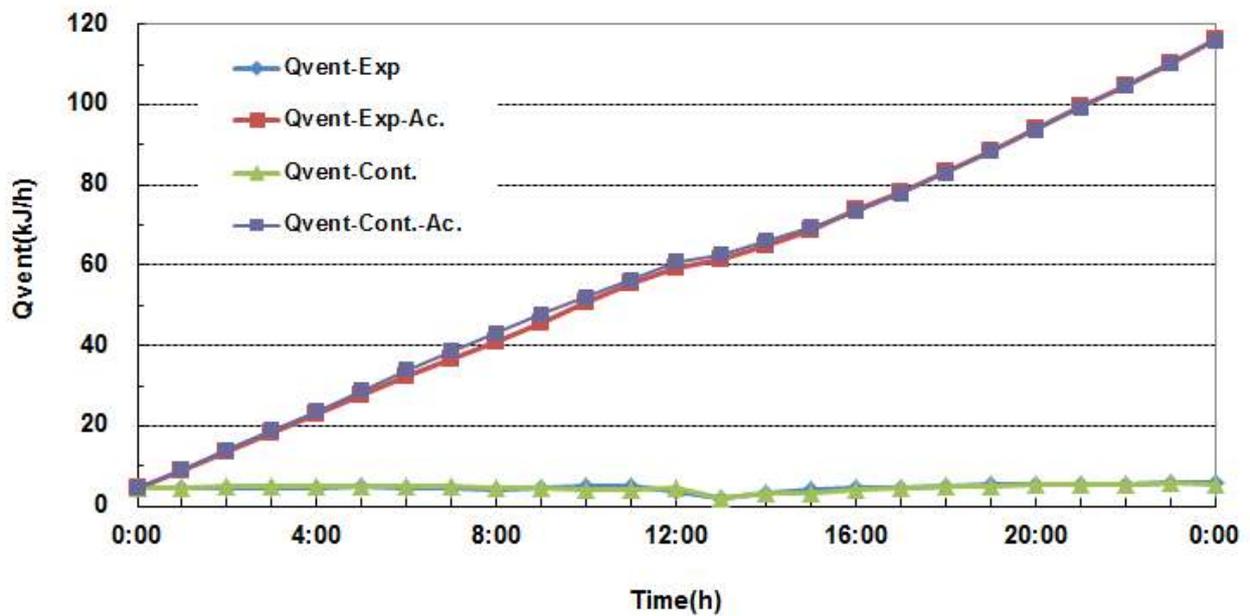


그림 80. 일정기간 기준 실험구와 대조구 하우스의 환기를 통한 손실열량

(3) 하우스 토양을 통한 손실열량(Q_{soil})

그림 81은 일정기간 기준 실험구와 대조구 하우스의 토양을 통한 열손실량과 누적열손실량을 나타낸 것이다.

그림 81에서 보는 바와 같이 하우스의 토양을 통한 열손실량도 환기를 통한 손실열량과 유사하게 실험구가 대조구보다 약간 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다. 또한 야간의 경우에는 토양으로부터 하우스 내부 공간으로 열량이 공급되는 경향을 보였고, 주간에는 토양으로 열량이 공급되어 손실열량이 발생하는 것으로 나타났다.

실험구 하우스의 토양을 통한 열손실량은 오전 7시부터 오후 1시까지 2.9~71.2 kJ/h 의 열량이 토양으로 손실되는 것으로 나타났고, 오후 2시부터 오전 6시까지는 2.6~36.5 kJ/h 의 열량이 토양으로부터 하우스 내부로 공급되는 것으로 나타났다. 대조구 하우스의 토양을 통한 열손실량도 오전 8시부터 오후 1시까지 20.0~97.7 kJ/h 의 열량이 토양으로 손실되는 것으로 나타났고, 오후 2시부터 오전 7시까지는 1.0~73.8 kJ/h 의 열량이 토양으로부터 하우스 내부로 공급되는 것으로 나타났다.

한편, 실험구와 대조구 하우스의 토양을 통한 누적손실열량은 각각 84.7 kJ/h와 93.8 kJ/h로서 약 9.0 kJ/h 정도 실험구가 대조구보다 손실열량이 적은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다. 이것은 실험구와 대조구 하우스의 내부온도가 큰 차이가 없었기 때문에 토양으로 손실되는 열량도 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

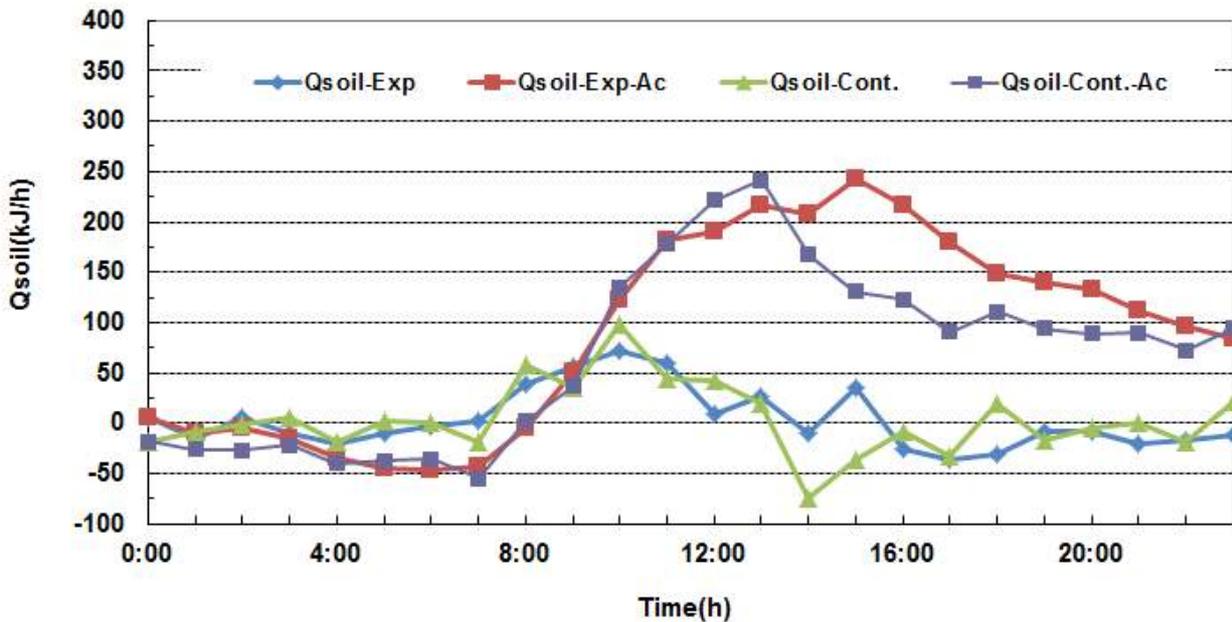


그림 81. 일정기간 기준 실험구와 대조구 하우스의 토양을 통한 손실열량

(4) 태양으로부터의 공급열량(*ater*)

그림 82는 일정기간 기준 태양으로부터 실험구 및 대조구 하우스 내부로 공급된 시간대별 열량과 누적 공급열량을 나타낸 것이다. 온실 내 수평면의 태양강도는 서산 기상대에서 측정된 일평균 태양강도를 시간대별로 평균하여 이용하였다.

그림 82에서 보는 바와 같이 일정기간 기준 실험구 및 대조구 하우스 내부로 공급된 시간대별 공급 열량은 오전 12시에서 오후 2시 사이에 1033.6~1143.1 kJ/h 의 열량이 공급된 것으로 하루 중 가장 높은 값을 나타내었다. 또한 일정기간 기준 누적 공급열량은 그림 82에 나타낸 바와 같이 총6781.1 kJ/h의 열량이 실험구와 대조구 하우스 내부로 공급된 것으로 나타났다.

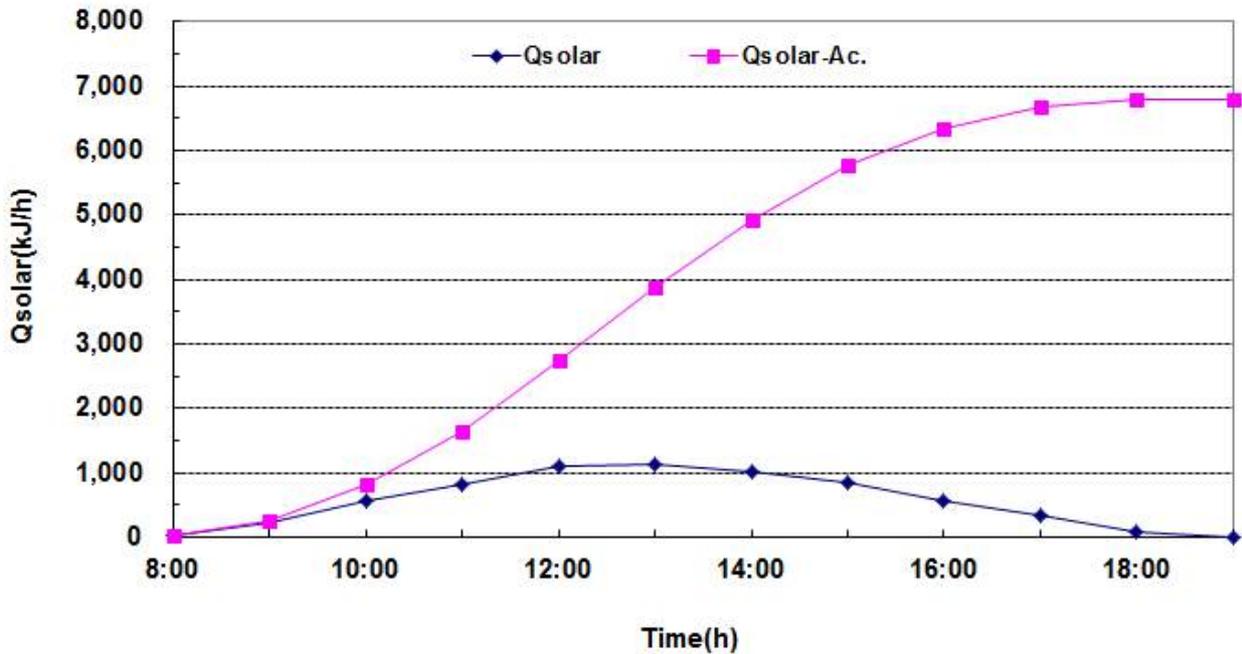


그림 82. 일일 및 일정기간 기준 태양을 통한 공급 누적 열량

(5) 온풍 난방기를 통한 공급열량(*ater*)

그림 83은 일일 기준 온풍 난방기를 통해 실험구와 대조구 하우스 내부로 공급된 열량을 나타낸 것이다.

그림 83에 나타낸 보는 바와 같이 온풍 난방기를 통해 공급된 열량은 실험구가 대조구에 비해 미세하게 높은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

실험기간 동안 실험구의 온풍난방기를 통한 공급열량은 31.56 L/day 로 나타났고, 대조구의 경우에는 31.1 L/day 로 나타나 실험구가 대조구보다 0.46 L/day 난방연료 소비가 많은 것으로 나타났으나 차이가 매우 적었다.

이것은 전술한 바와 같이 본 연구에서 개발한 화염화산 억제 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린의 보온성이 유사했기 때문으로 판단된다.

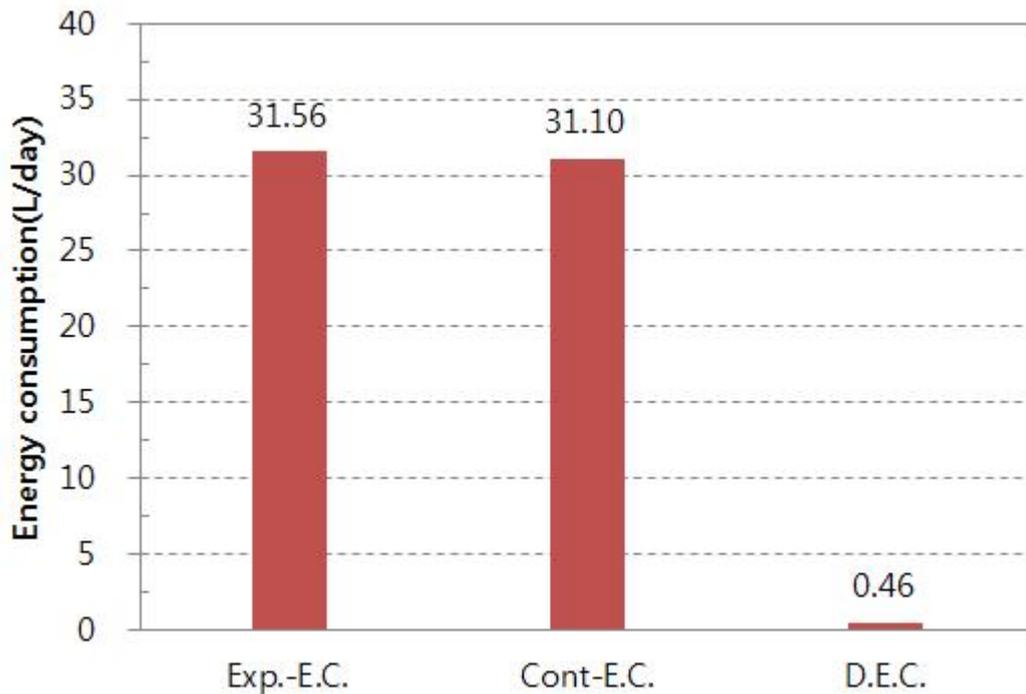


그림 83. 실험구와 대조구의 온풍난방기 누적 공급열량

4. 요약 및 결론

난방특성 분석에 사용된 알루미늄 스크린은 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 실험구로 사용하였고, 대조구로는 일반 시중에 유통되고 있는 일반 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린을 사용하여 난방특성을 분석 하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 일반 알루미늄 스크린의 난방특성 분석

일정기간 기준 하우스 내부온도는 실험구가 대조구와 비교하여 0.2~1.6℃ 높은 것으로 나타났다, 일정기간 기준 1층과 2층 하우스 사이 온도는 실험구 온실이 대조구 온실보다 1.9~3.0℃ 낮은 것으로 나타났다. 일정기간 기준 하우스 외피를 통해 손실된 누적열량은 실험구가 대조구보다 하우스 전방, 중앙, 후방 및 측면에서 각각 300.5, 234.0, 358.9, 65.3 kJ/h 적은 것으로 나타났다. 일정기간 기준의 환기 손실열량도 약 8 kJ/h 정도 실험구가 대조구보다 손실열량이 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다. 토양을 통한 손실열량은 실험구가 대조구보다 일정기간 기준은 약 23 kJ/h 정도 손실열량이 많은 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다. 태양으로부터 하우스 내부로 공급된 일일 기준 누적 공급열량은 총 10,045.5 kJ/h 이었고, 일정기간 기준 누적 공급열량은 총 8324.9 kJ/h의 열량이 공급된 것으로 나타났다. 온풍난방기를 통해 공급된 누적 공급열량은 외기온이 최저기온이 0℃ 이하이었던 2월 21일부터 2월 27일까지 7일간을 기준으로 실험구가 대조구에 비해 18,000 kJ/h 공급열량이 적은 것으로 나타나 약 16% 정도 에너지가 절감되는 것으로 나타났다.

이상의 결과로부터 화염확산 억제 알루미늄 스크린이 일반 알루미늄 스크린보다 보온성이 높고, 난방 에너지가 절감되는 것으로 나타났다.

나. 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린의 난방특성 분석

일정기간 기준 하우스 내부 온도는 실험구가 대조구보다 0.9 ℃ 정도 낮은 것으로 나타났다. 하우스 사이 온도의 경우에는 실험구가 대조구보다 2.6 ℃ 정도 낮은 것으로 나타났고, 피복재를 통한 손실열량도 실험구가 대조구보다 약 58.5 kJ/hr 높게 나타났으나 큰 차이는 없었다. 또한 토양을 통한 손실열량과 환기를 통한 손실열량도 실험구와 대조구에서 유사하게 나타났다. 한편, 실험구와 대조구의 하우스 난방을 위해 공급된 연료량은 실험구가 대조구보다 0.46 L/day 정도 많이 소비되는 것으로 나타났으나 큰 차이는 없었다.

이상의 결과로부터 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 외국산 방염 알루미늄 스크린의 보온성에 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

제 4 장 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발에 따른 경제성 분석

2014년 기준으로 난연성 알루미늄 스크린의 세계시장은 약 700 억 원 수준으로, 중앙아시아, 아프리카 및 중국 시장이 추가될 경우 약 1,000 억 원 이상의 해외시장이 형성될 것으로 전망되며, 이와 더불어 국내에서도 난연성 알루미늄 스크린에 대한 중요성 인식 확산에 따른 수요가 확산될 것으로 예측된다.

현재 화염확산 억제 알루미늄 스크린은 전량 수입에 의존하고 있고, 그 중 유럽의 S사가 가장 앞선 기술력으로 국내 시장을 독점하고 있는 실정으로 국내 독자적인 기술력을 바탕으로 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발이 절실히 필요한 상황이다. 따라서 본 연구에서 개발된 제품에 대한 생산성, 판매에 따른 수익성에 대한 경제성 분석이 필요하다. 아울러 국내에서 원천기술로 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 국내 시설원예농가에서 구입하여 사용할 경우 농가에게 귀속되는 경제성 및 수입대체 효과 등에 대한 경제성 분석이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발에 따른 경제성 분석을 방법론적으로 크게 거시적 측면과 미시적 측면에서 분석하고자 하였다.

거시적 측면에서의 경제성 분석은 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발에 따른 수입대체효과, 농가보급으로 인한 농가수익 효과 및 화재 예방으로 인한 사회적 비용 절감 효과에 대하여 분석하였다. 그리고 미시적 측면에서의 경제성 분석은 국내 시설하우스 농가의 일반적인 재배면적인 1,000 m² 규모를 기준으로 첫째, ‘수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린’을 사용하고자 하는 농가와 둘째, 현재 일반 알루미늄 스크린을 사용하고 있는 농가에서 ‘본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린’을 사용할 경우 발생하는 경제적 효과를 분석하고자 한다.

1. 경제성 분석방법

경제성 분석방법은 첫째, 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 생산하기 위하여 투입되는 생산비용을 산출하고, 이를 기초로 국내 (시설원예)농가를 대상으로 한 보급 (예정)가격을 책정한다. 둘째, 2015년 기준 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 국내 시장 판매가격과 본 연구에서 개발한 스크린의 책정 (예정)가격을 기초로 경제성 분석을 하고자 한다.

가. 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산비용

본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산비용은 직조기 4대가 1년 동안 생산하는 것을 기준으로 하여 산출하였다. 그 이유는 정경기 및 슬리터 1대 당 직조기 4대를 동시에 운영할 수 있도록 되어 있기 때문이며, 산출과정은 다음과 같다.

(1) 생산시스템 설치비용(1년, 직조기 4대 기준)

본 연구에서 개발하고 있는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템 설치비용은 직조기 4대를 기준으로 할 때 670,000 천원 소요된다. 또한 직조기의 내용연수 13년¹⁾과 정액 감가 상

1) 제2008-7호에서 제시한 물품번호 3625007 제직기의 내용연수 13년에 기초함.

각법을 적용할 경우, 본 연구개발 화염확산 알루미늄 스크린 생산시스템 설치비용은 직조기 4대, 1년을 기준으로 약 51,538천원(670,000 천원/13년 = 51,538,462 원)이 된다(표 52 참조).

표 52 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템 설치비용
(1년, 직조기 4대 기준) 단위: 천원

구분	단위금액	총금액	비고
직조기 본체	100,000	400,000(100,000×4대)	
스크린 생산시스템	50,000	200,000(50,000×4대)	
정경기 (크릴장치포함)	20,000	20,000	직조기 4대분 정경 가능
슬리팅 장치 (보빈포함)	50,000	50,000	직조기 4대분 슬리터 가능
합계		670,000	

(2) 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산비용(1 m² 당)

본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산비용은 생산시스템 설치비용, 생산 인건비로 인한 비용, 스크린 생산 원료비용을 각각 산출하여 모두 더한 값으로 하되, 1 m²를 기준으로 산출하였다. 그 결과 1 m² 기준, 스크린 총 생산비용은 2,922 원(생산시스템 설치비용 30원 + 인건비 92원 + 생산원료비용 2,800원)으로 산출되었으며 구체적인 산출과정은 다음과 같다.

(가) 생산시스템 설치비용

직조기 1대 당, 화염확산 알루미늄 스크린 1일 생산량은 1,800 m²이며, 1년을 48주, 주 5일 생산하는 것을 기준으로 할 경우, 직조기 1대 당 1년 생산량은 432,000 m²이다. 그리고 직조기 4대 당 1년 생산량은 총 1,728,000 m²(432,000 m²×4)이다. 그리고 앞에서 살펴본 생산시스템 설치비용 약 51,538 천원(1년, 직조기 4대 기준)에 기초하여 스크린 1 m² 당 생산시스템 설치비용을 산출하면 약 30 원(51,538 천원/1,728,000 m²)이 된다(표 53 참조).

표 53 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산량(1년, 직조기 4대 기준)

구분	1일생산량	1일생산시간	1년생산량	비고
직조기 1대 기준	1,800 m ²	8시간	432,000 m ²	1일 1,800 m ² x 240일(48주×주5일근무)
직조기 4대 기준	7,200 m ²	8시간	1,728,000 m ²	

(나) 인건비로 인한 비용

직조기 4대 당 화염확산 알루미늄 스크린 생산에 필요한 인력은 총 6인이다. 이 중 4인은 직조기 4대(직조기 1대 당 각각 1인 소요) 운영에 필요한 인력이며, 나머지 2인은 정경기와 슬리터기(각각 1인 소요)에 필요한 인력이다.

그리고 1인 인건비는 2015년 현재 스크린 직조 현장에서의 인건비를 고려하여 월 2,200 천원(퇴직금 포함)으로 가정할 경우, 1년 기준 총 26,400 천원이 소요된다. 그리고 본 연구의 경제성 분석단위인 1년, 직조기 4대 운영에 필요한 6인을 기준으로 할 때, 총 인건비는 총 158,400 천원(월 2,200 천원 × 6인 × 12개월)이 된다. 따라서 1 m² 당 소요되는 인건비는 약 92 원(158,400 천원/1,728,000 m²)이다(표 54 참조).

표 54 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산에 필요한 인건비(1년, 직조기 4대 기준)

단위: 천원

월 인건비 (퇴직금 포함)	연 인건비(1인 기준)	연 인건비(6인 기준)
2,200	26,400(월 2,200 × 12 개월)	158,400(월 2,200 × 6인 × 12 개월)

(다) 생산원료 비용

본 연구개발 화염확산 억제 스크린 생산원가는 1 m² 생산을 기준으로 할 때, 난연호일, 난연 PET, 난연실 등을 포함하여 2,800원이 소요된다.

나. 화염확산 억제 알루미늄 스크린 농가보급 책정가격

본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산을 위한 비용은 1 m² 당 약 2,922 원이다. 그리고 생산비용에 유통마진, 운영비용 등을 고려하여, 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 농가보급 (예상)가격은 3,000 원/ m²로 책정할 예정이다. 이는 2015년 현재 일반 알루미늄 스크린의 농가보급가격 2,400 원/ m²에 비해 600 원 높은 가격이며, 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 4,500 원/ m²에 비해 1,500 원 낮은 가격이다(표 55 참조).

표 55 알루미늄 스크린 농가보급가격(2015년 기준)

스크린 유형	m ² 당 단가(원)	비고
본 연구 개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린	3,000	생산가 2,922 원/ m ²
일반 알루미늄 스크린	2,400	
수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린	4,500	

2. 거시적 측면의 경제적 효과

가. 수입대체 효과 및 농가수익 효과

수입대체 효과는 현재 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 본 연구에서 개발한 스크린으로 대체할 경우 외화절약 효과를 어느 정도 가져 올 수 있는지 분석을 통하여 산출하고자 한다. 또한 농가수익 효과는 현재 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 사용하는 농가가 본 연구에서 개발한 제품으로 대체할 경우 농가에게 귀속되는 수익을 산출하고자 한다.

다만 본 연구에서 개발한 알루미늄 스크린 대체율을 현재 수입량의 100%, 80%, 60%로 각각 구분하여 산출하며, 그 이유는 수입산과 본 연구에서 개발된 제품은 완전히 동일한 것이 아니어서 현재 수입량의 100%를 본 연구에서 개발한 제품으로 대체할 가능성은 적다는 점 때문이다. 즉 수입대체율에 따라 외화절약 효과 및 농가 전체에게 귀속되는 경제적 효과는 달라질 것이다.

(1) 현재 수입량을 100% 대체할 경우

수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 연 총수입량이 2015년 현재 약 50 만 m²이고²⁾, 농가보급가격이 4,500 원임을 고려할 때, 2015년 현재 수입하고 있는 화염확산 억제 스크린을 100% 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 스크린으로 대체할 경우, 총 2,250,000 천원(500,000 m² × 4,500 원)의 외화절약효과를 가져올 수 있다.

그리고 현재 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 사용하고 있는 농가의 경우 본 연구 개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 교체할 경우, m² 당 1,500 원의 절감효과(수입산 4,500 원 - 본 연구개발 3,000 원)를 갖게 된다. 따라서 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 사용하고 있는 농가 모두가 100% 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 대체할 경우, 현재 수입산을 사용하고 있는 우리나라 전체 농가에 귀속되는 총 절감비용은 매년 750,000 천원(500,000 m² × 1,500 원)이 될 것이다(표 56 참조).

2) 2015 현재 한국의 2개 기업이 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 수입하고 있으며, 2개 기업이 수입하는 총량은 약 50만 m²이며, m² 당 판매가격은 4,500 원임. 화염확산 억제 알루미늄 스크린은 관세청의 수출입 무역통계로 잡히지 않아서, (주)부전에서 파악하고 있는 통계자료를 기초로 하였음.

서 개발된 제품의 수요량을 분석하였다.

(1) 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 100% 대체

본 연구개발 화염확산 스크린 제품으로 수입산 제품을 100% 대체한다고 가정할 경우, 그리고 본 연구개발 제품의 가격탄력성이 2.0일 때, 본 연구개발 제품의 수요량은 10,000 m² 증가(총 수입량 500,000 m² × 2%)하게 되며, 이 증가분으로 인하여 현재 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 이용하는 농가에게 귀속되는 절감효과는 총 15,000 천원(10,000 m² × 1,500 원)이 된다.

그리고 가격탄력성이 3.0일 때 수요량 증가분은 15,000 m², 농가 귀속 경제적 효과는 22,500 천원(15,000 m² × 1,500 원)이 된다. 가격탄력성이 4.0일 때 수요량 증가분은 20,000 m², 농가 귀속 경제적 효과는 30,000 천원(20,000 m² × 1,500 원)으로 각각 산출된다(표 57 참조).

표 57 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 가격탄력성에 따른 경제적 (수입산 대체율, 100% 기준) 단위: 천원

가격탄력성	2.0	3.0	4.0
수요 증가량(m ²)	10,000	15,000	20,000
농가 귀속 경제적 효과 1,500 원/ m ² (수입산 4,500 원 - 본 연구개발 제품 3,000 원)	15,000	22,500	30,000

(2) 수입산 화염확산 억제 스크린 80% 대체

본 연구개발 화염확산 스크린 제품으로 수입산 제품을 80% 대체한다고 가정할 경우, 그리고 본 연구개발 제품의 가격탄력성이 2.0일 때, 본 연구개발 제품의 수요량은 8,000 m² 증가(총 수입량 500,000 m² × 80% × 2%)하게 되며, 이 증가분으로 인하여 현재 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 이용하는 농가에게 귀속되는 절감효과는 총 12,000 천원(8,000 m² × 1,500 원)이 된다.

그리고 가격탄력성이 3.0일 때 수요량 증가분은 12,000 m², 농가 귀속 경제적 효과는 18,000 천원(12,000 m² × 1,500 원)이 된다. 가격탄력성이 4.0일 때 수요량 증가분은 16,000 m², 농가 귀속 경제적 효과는 24,000 천원(16,000 m² × 1,500 원)으로 각각 산출된다(표 58 참조).

표 58 화염확산 억제 알루미늄 스크린 가격탄력성에 따른 경제성
(수입산 대체율, 80% 기준)

단위: 천원

가격탄력성	2.0	3.0	4.0
수요증가량(m ²)	8,000	12,000	16,000
농가 귀속 경제적 효과 1,500 원/m ² (수입산 4,500 원 - 본 연구개발 제품 3,000 원)	12,000	18,000	24,000

(3) 수입산 화염확산 억제 스크린 60% 대체

본 연구개발 화염확산 스크린 제품으로 수입산 제품을 60% 대체한다고 가정할 경우, 그리고 본 연구개발 제품의 가격탄력성이 2.0일 때, 본 연구개발 제품의 수요량은 6,000 m² 증가(총 수입량 500,000 m² × 60% × 2%)하게 되며, 이 증가분으로 인하여 현재 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 이용하는 농가에게 귀속되는 절감효과는 총 9,000 천원(6,000 m² × 1,500 원)이 된다.

그리고 가격탄력성이 3.0일 때 수요량 증가분은 9,000 m², 농가 귀속 경제적 효과는 13,500 천원(9,000 m² × 1,500 원)이 된다. 가격탄력성이 4.0일 때 수요량 증가분은 12,000 m², 농가 귀속 경제적 효과는 18,000 천원(12,000 m² × 1,500 원)으로 각각 산출된다(표 59 참조).

표 59 화염확산 억제 알루미늄 스크린 가격탄력성에 따른 경제성 (수입산 대체율, 80% 기준)

단위: 천원

가격탄력성	2.0	3.0	4.0
수요증가량(m ²)	6,000	9,000	12,000
농가 귀속 경제적 효과 1,500 원/m ² (수입산 4,500 원 - 본 연구개발 제품 3,000 원)	9,000	13,500	18,000

다. 하우스 화재 확산 억제를 통한 사회적 비용 절감효과

우리나라 국민안전처 국가화재정보센터(www.nfds.go.kr)에서 제공하는 자료에 의하면 2015년 한 해 동안 농예용 온실에서 발생한 화재는 총 155건으로 이로 인한 재산피해 총액은 1,480,848 천원으로 추산하며, 부상자는 4명으로 나타나고 있다.

본 연구에서 개발하고 있는 화염확산 억제 알루미늄 스크린은 화재를 원천적으로 차단할 수 있는 것이 아니라, 화재발생 시 화염확산을 억제할 수 있는 기능을 갖고 있다. 또한 본 연구에서 개발한 제품이 얼마나 농가에 보급될 수 있느냐에 따라 달라질 수 있음을 고려하여, 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 보급으로 인하여 현재 발생하고 있는 하우스 화재로 인한 재산피해액의 80% 정도를 감소시킬 수 있다고 가정할 경우, 약 1,180,000 천원 정도의 사회적 비용이 연간 절감될 수 있을 것으로 예상된다.

3. 미시적 측면의 경제성 분석

지금까지의 경제성분석이 거시적 측면에서 이루어진 반면, 여기서는 개인 농가입장에서의 경제적 효과를 분석하고자 한다. 이를 위해 일반적인 시설원예 농가 규모 1,000 m²의 비닐하우스를 운영할 경우를 가정하고자 하며, 이 경우 스크린은 약 1,200 m²가 필요하다.

이러한 조건을 기준으로 개인 농가의 입장에서 필요한 스크린 설치비용과 비닐하우스 운영에 필요한 에너지 비용을 함께 고려하여 다음 2가지 차원 즉, 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치를 계획하고 있는 농가와 일반 알루미늄 스크린 설치를 계획하고 있는 농가가 본 연구에서 개발한 스크린으로 대체할 경우의 경제성을 분석하였다.

가. 알루미늄 스크린 설치

(1) 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치를 계획하고 있는 농가의 경우

수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 사용을 계획하고 있는 농가가 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 대체할 경우, 경제성분석은 매우 단순하다. 즉 수입산 제품의 농가 보급가격이 4,500 원/m²인 반면, 본 연구개발은 3,000 원/m²이라는 점에서 농가는 m²당 1,500 원의 비용을 절감하게 된다.

따라서 1,000 m² 규모의 하우스를 운영하는 농가가 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 대신 본 연구에서 개발한 제품을 사용할 경우, 총 1,200 m² 스크린이 필요하고 총 18,000 천원의 비용절감을 할 수 있다.

(2) 일반 알루미늄 스크린 설치를 계획하고 있는 농가의 경우

일반 알루미늄 스크린 설치를 계획하고 있는 농가가 화재예방을 위하여 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 대체할 경우의 경제성 분석은 ① 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 대체하기 위하여 발생하는 추가비용이 얼마인지와 ② 일반 알루미늄 스크린을 사용하되 보험에 가입하여 하우스 화재위험에 대비하기 위한 추가비용 즉, 보험료가 얼마

인지를 고려하여 좀 더 경제적인 것으로 선택하게 될 것이다. 후자처럼 농가가 하우스 화재에 대비하기 위해 보험을 이용하는 경우, 아울러 고려해야 할 점은 하우스 화재보험은 2015년 현재 농협손해보험사에서만 판매하고 있으며, 하우스 화재보험이 별도의 상품으로 출시되지 않고, 농협손해보험사에서 판매하고 있는 농작물재해보험 중 원예시설 화재의 특약으로 판매되고 있다. 따라서 농가가 원예시설의 화재보험에 가입하려면 일단 농작물재해보험에 가입을 해야 원예시설 화재위험에 대한 보험에 특약으로 가입할 수 있는 상황이다.

(가) 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 대체하는 경우 추가비용

본 연구보고서에서 경제성분석을 위해 가정하고 있는 1,000 m² 규모 하우스 농가의 경우 스크린의 사용량은 약 1,200 m²이다. 따라서 일반알루미늄 스크린을 사용하고 있는 농가가 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 대체할 경우, m² 당 추가비용은 600 원(본 연구개발 제품의 농가보급가격은 3,000 원/m²이고, 일반 알루미늄 스크린은 2,400 원)임을 고려할 때, 총 추가비용은 720 천원이다.

(나) 화재보험가입으로 인한 보험료 비용

농가에서 화재예방을 위하여 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 이용하지 않고 대신 농작물재해보험의 원예시설 화재 특약에 가입할 경우, 본 연구보고서에서 경제성분석을 위해 가정하고 있는 1,000 m² 규모 비닐하우스 농가를 사례로 한 보험료를 산출하면 다음과 같다.

2015년 현재 농협손해보험사에서 판매하고 있는 농작물재해보험의 원예시설 화재보험 특약에 가입하기 위해 농가가 지불해야 하는 연 보험료 산정은 농협손해보험사의 홈페이지에서 제시하고 있는 보험료 산정계산식을 이용하였다. 보험료 산정 계산은 (a) 농업용시설물, (b) 시설작물에 따라 보험료에 차등을 두고 있다.

이 계산식에 따르면, (a) 농업용시설물은 크게 하우스형태(연동, 단동, 원예유리온실, 원예내재해형 등), 하우스 소재지에 따라 보험료가 다르며, 보험가입자(농가)가 보험금 최고가액을 설정하도록 되어 있다. 이 최고가액 한도 내에서 시설농가의 피해액만큼만 보험금 지급을 받도록 되어 있으며, 이는 피해가 조금만 있어도 농가가 가입한 보험금 최고금액을 지급받는 것이 아니라, 손실액만큼만 보상을 받는다는 의미이다. 아울러 농가가 결정한 보험금 최고가액보다 화재로 인한 손실금액이 큰 경우, 그 차액은 보험회사로부터 보상을 받지 못한다.

본 연구에서는 (a) 하우스 시설물에 대해서 하우스 형태를 '단동'으로, 지역을 충북 괴산군으로 지정하였다. 그리고 1,000 m² 규모의 일반 알루미늄 하우스가 화재로 인하여 발생할 수 있는 최대 손실금액 62,880 천원을 농업용시설을 위한 보험가입금액으로 설정하였으며 그 근거는 다음과 같다.

일반적으로 철골 아치형 단동 하우스 제작비는 평균 3.3 m²(1평) 당 200 천원이 소요³⁾되며,

3) 금액은 일반 알루미늄 스크린을 직조하여 판매하고 있는 (주)부전에서 제공한 자료에 기초함.

따라서 1,000 m² 규모의 하우스 제작비는 약 60,000 천원이 소요되는 것으로 추정할 수 있다. 여기에 일반 알루미늄 스크린 금액 총 2,880 천원(1,000 m² 규모의 하우스에 필요한 스크린 1,200 m² × 2,400 원/m²)을 더하면 총 62,880 천원이다.

(b) 아울러, 시설작물은 충북 괴산군이라는 점을 고려하여 ‘고추’로 지정하였다. 그리고 1,000 m² 규모의 하우스에서 생산할 수 있는 붉은고추의 양은 연 342 kg으로 산출하였으며 산출근거는 다음과 같다. 즉, 괴산군농업기술센터(www.gsat.go.kr)에서 제공하고 있는 가장 최근자료인 2012년 총생산면적과 고추생산량은 946 ha와 3,235 톤이다. 이에 기초하여 산출한 1,000 m²당 생산가능 붉은 고추는 342 kg이다. 그리고 342 kg의 붉은고추의 가격은 841,320 원으로 산출하였으며 근거는 한국농수산물유통공사(www.at.or.kr)가 제공한 자료 중 붉은고추 가격에 기초하였다(표 60 참조). 즉, 가장 최근인 2014년 자료 중 고추수확시기인 7~10월의 중간시점 9월 1일을 기준으로 하여, 한국농수산물유통공사가 제공한 붉은고추(중품) 10 kg 당 전국 평균가격인 24,600 원을 기초로 841,320 원(24,600 원 × 34.2 kg)으로 산출하였다.

표 60 붉은고추(중품) 10 kg 당 가격(2014년 9월 1일 기준)

품목별 > 도매가격 > 채소류 > 붉은고추 > 붉은고추(중품) > 10kg

구분	당일 09월 01일	3일전 08월 29일	4일전 08월 28일	5일전 08월 27일	6일전 08월 26일	7일전 08월 25일	1개월전	1년전	평년
평균	24,600	23,600	21,400	22,000	22,600	23,600	27,300	22,300	23,757
최고값	35,000	33,000	25,000	25,000	25,000	30,000	30,000	25,000	25,700
최저값	18,000	18,000	18,000	19,000	19,000	18,000	22,750	21,000	22,917
등락률	-	4.2	15.0	11.8	8.8	4.2	-9.9	10.3	3.5
서울	18,000	18,000	18,000	20,000	23,000	18,000	22,750	21,500	22,967
부산	21,000	21,000	18,000	19,000	19,000	19,000	27,000	22,000	23,267
대구	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000	27,000	29,250	21,000	22,917
광주	35,000	33,000	25,000	25,000	25,000	30,000	27,500	25,000	25,700
대전	24,000	21,000	21,000	21,000	21,000	24,000	30,000	22,000	23,933

출처: 한국농수산물유통공사 홈페이지(www.at.or.kr)

이상의 자료에 기초하여 농업용시설물에는 62,880 천원을, 시설작물에는 841,320원을 보험가입금액으로 설정한 후 계산한 보험료는 연 약 3,000 천원(연 3,011,570원)으로 산출되었다(그림 1, 2 참조). 이를 일반 알루미늄 스크린 설치 계획을 본 연구개발 화염확산 알루미늄 스크린으로 대체할 경우와 비교하기 위하여 알루미늄 내용연수 7년⁴⁾에 해당되는 기간 동안의 총 보험료를 산출한 결과, 약 21,000 천원(3,000 천원 × 7년)으로 산출되었다. 그 이유는 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 경우 한번 설치하면 7년 동안 지속적으로 사용할 수 있는 반면, 보험료는 매년 지불해야 하기 때문이다.

4) 스크린의 내용연수는 공식적으로 발표된 정보를 찾을 수 없었으나, 일반 (시설)원에 농가에서 사용하고 있는 일반 알루미늄 스크린의 경우 평균 7년 이상 사용하고 있다는 사실에 근거하여 결정함.



그림 84. 농협손해보험사의 농작물재해보험 상품에 대한 보험료 산출을 위한 입력사항



그림 85. 보험료 산출결과

나. 난방비 절약효과

본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난방 절약효과 실험은 2차에 걸쳐 이루어졌다. 1차에서는 일반 알루미늄 스크린을 대조구로 하여 비교 실험하였으며, 2차에서는 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 대조구로 하여 비교 실험하였다. 실험조건으로 1차 실험에서는 전기히터를 이용하였으며, 2차 실험에서는 등유보일러를 이용하여 하우스 난방을 실시하였다. 그리고 비닐하우스 규모는 1, 2차 실험 모두 136 m²(약 41 평) 규모의 비닐하우스에 200 m²의 스크린을 사용하였다.

1차 실험 즉 일반 알루미늄 스크린과 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 비교한 결과, 본 연구개발 제품이 1주일간 5 kW의 에너지 절감효과를 보였다. 이를 1년 중 하우스 난

방이 필요한 5 개월(20 주)로 확대할 경우, 본 연구개발 제품이 일반 알루미늄 제품에 비해 1년 동안 총 100 kW(5 kW × 20 주)의 에너지 절약효과가 있는 것으로 나타났다.

이를 현금가로 환산하면 4,551 원(45.51 원/kW × 100 kW)이며, 본 연구개발 화염확산 억제 스크린 m² 당 에너지 절약금액은 1년 동안 약 22.76 원(4,551 원/200 m²)이다. 따라서 본 연구 보고서에서 경제성분석을 위해 가정하고 있는 1,000 m² 규모 농가의 경우, 스크린 사용량은 1,200 m²가 소요되므로 1년 동안 에너지 절약은 총 27,312 원(22.76 원 × 1,200 m²)이다(표 61 참고).

2차 실험 즉, 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린과 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 비교한 결과, 본 연구개발 제품이 1주일간 3.2 L의 등유를 더 소비하였다. 이를 1년 중 하우스 난방이 필요한 5 개월(20 주)로 확대할 경우, 본 연구개발 제품이 수입산에 비해 1년 동안 총 64 L(3.2 L × 20 주)의 등유가 더 필요한 것으로 나타났다.

이를 현금가로 환산하면 44,800 원(700 원/L × 64 L)이다. 따라서 본 연구개발 화염확산 억제 스크린은 수입산보다 1년 동안 m² 당 약 224 원(44,800 원/200 m²)의 난방비용이 더 소요된다. 따라서 본 연구보고서에서 경제성분석을 위해 가정하고 있는 1,000 m² 규모 농가의 경우 스크린 사용량은 1,200 m²가 소요되므로, 1년 동안 수입산 보다 더 필요한 난방에너지 비용은 총 268,800 원(224 원 × 1,200 m²)이다(표 62 참고).

표 61 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린 vs 일반 알루미늄 스크린 에너지 절약 실험 결과(하우스규모 136 m²)

스크린 유형	1주일간 평균 에너지 사용량(kW)	1년(난방이 필요한 20주 기준)간 총에너지 사용량(kW)	비용
본 연구 개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린	89	1,780	81,008 원 (45.51 원×17,80 kW)
일반 알루미늄 스크린	94	1,880	85,559 원 (45.51 원 × 1,880 kW)

주: 농사용 요금체계에 의거, 2015년 3월 기준 1 kW 당 45.51 원 적용(출처: 한국전력).

표 62 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린 vs 수입산 일반 알루미늄 스크린 에너지 절약 실험 결과(하우스규모 136 m²)

스크린 유형	1주일간 평균 사용 유량(L)	1년(난방이 필요한 20주 기준)간 총에너지 사용량(L)	비용
본 연구 개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린	220.9	4,418	3,092,600 원 (4,418 L × 700 원)
수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린	217.7	4,354	3,047,800 원 (4,354.0 L × 700 원)

주: 면세유 가격은 농협주유소에 따라 약간씩의 차이를 보이며, 본 연구에서는 2015년 3월 24일, N농협 주유소 기준, 등유 L당 700원을 기준으로 계산함.



그림 86. 전국에서 가장 저렴한 농협주유소에서 제시한 가격표시판

다. 소결

1,000 m² 규모의 하우스를 운영하는 농가가 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 대신 본 연구에서 개발한 제품을 사용할 경우, 스크린 비용 중 총 18,000 천원을 절감할 수 있다. 한편 수입산이 본 연구개발 제품보다 하우스 보온효과가 우수하여 등유로 난방을 하였을 경우, 연약 268,800원 비용을 본 연구개발 제품 사용 시 더 필요한 것으로 나타났다. 이를 알루미늄 스크린 내용연수인 7년을 고려하면 본 연구개발 제품이 수입산보다 총 1,881,600원의 에너지 비용이 더 필요한 셈이 된다. 그러나 이러한 비용차이를 고려한 후에도 현재 화염확산 억제 알루미늄 설치를 계획하고 있는 농가가 본 연구에서 개발한 스크린을 사용할 경우 약 16,000 천원 이상의 비용을 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

또한 1,000 m² 규모의 하우스를 운영하는 농가가 일반 알루미늄 스크린 설치 계획을 화재예방을 위하여 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 대체할 경우, 총 720 천원의 추가비용이 필요한 반면, 화재보험(실질적으로 농협손해보험, 화재특약)에 가입할 경우,

연 3,000 천원, 알루미늄 스크린 내용연수 7년 동안 약 21,000 천원의 비용이 추가로 필요하다.

아울러 일반 알루미늄보다 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄의 보온효과가 우수하여 전기를 사용하여 난방을 하였을 경우, 매년 약 27,312 원, 7년 동안 약 191,184 원의 에너지 절감효과를 가져올 수 있다. 이러한 결과를 고려할 때, 일반 알루미늄 스크린 설치를 계획하고 있는 농가가 하우스 화재예방을 위한 계획을 고려하고 있다면 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 사용할 경우, 수입산을 사용하거나 화재보험을 가입하는 것으로 매우 큰 경제적 효과를 가질 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 경제성은 크게 거시적 측면과 미시적 측면에서 분석하였다. 거시적 측면의 경제성분석 결과, 수입대체 효과(외화절약 효과)는 2015년 현재 수입하고 있는 총 물량 50 m²를 100%, 80%, 60% 대체가 가능하다고 가정할 경우, 각각 2,250,000 천원, 1,800,000 천원, 1,350,000 천원의 효과가 있는 것으로 분석되었다.

이러한 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 대체효과는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 사용을 계획하고 있는 농가의 이익으로 귀속되는 효과를 갖는다. 즉, 현재 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치를 하고 있는 농가 중 본 연구에서 개발한 제품으로 100%, 80%, 60%로 각각 대체할 경우, 농가 전체에 귀속되는 이익은 750,000 천원, 60,000 천원, 45,000 천원으로 각각 산출된다.

아울러 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 가격은 수입산보다 1,500 원(수입산의 67% 수준) 저렴하다. 이처럼 가격이 낮아지는 효과로 인하여 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린에 대한 농가 수요가 추가로 발생할 경우를 고려한다면 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 인한 수입대체 효과와 농가귀속이익 효과는 더욱 확대될 것이다.

또한 본 연구의 큰 의의는 거시적인 측면에서 사회적 비용을 감소시킬 수 있다는 점이다. 현재 우리나라 국민안전처 국가화재정보센터에 따르면, 우리나라의 농예용 온실 화재로 인한 재산피해액은 2015년 약 1,480,000 천원이며, 부상을 입는 인원도 4명으로 나타나고 있다. 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린이 현재 시설원예 농가에 어느 정도로 보급되느냐에 따라 국가차원의 비닐하우스 화재예방에 따른 사회적 비용 감소의 규모가 달라지겠지만 2015년 기준 피해액인 1,480,000 천원의 80%만 감소시킬 수 있어도 약 1,184,000 원 정도의 재산피해와 인명피해라는 사회적 비용이 연간 감소될 수 있을 것이다.

미시적 측면에서는 개별 농가가 본 연구에서 개발된 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 이용함으로써 얻을 수 있는 경제성을 분석하였으며, 이를 위해 1,000 m² 규모의 하우스 시설을 가지고 고추를 재배하며, 일반 알루미늄 스크린 이용을 계획하고 있는 농가를 가정하였다. 그리고 이 농가가 일반 알루미늄 스크린 대신 본 연구에서 개발한 화염확산 알루미늄 스크린을 사용할 경우 발생하는 경제적 분석을 하였다. 그 결과, 농가가 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린으로 대체하는데 드는 추가비용은 720 천원임에 비해, 하우스 화재위험에 대비하기

위해 지불하는 보험료는 연 약 3,000 천원, 알루미늄 내용연수 7년에 해당되는 기간 동안의 총 보험료는 약 21,000 천원으로 분석되어, 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 경제성이 매우 큰 것으로 나타났다.

아울러, 본 연구에서 개발한 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 에너지 절약으로 인한 경제적 효과는 일반 알루미늄 스크린보다 매우 높지만, 수입산 화염확산 억제 알루미늄 스크린보다 약간 미흡하다. 따라서 본 연구에서 개발한 제품으로 수입대체 효과를 높이기 위해서는 보온효과를 수입산 수준으로 향상시킬 수 있도록 지속적인 개발노력이 필요할 것으로 사료된다.

이상의 경제성 분석 결과는 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린이 화재를 100% 방지할 수 있다는 의미가 아니라 화염확산을 억제하는 효과만을 갖고 있다는 특성을 고려한 경우에도 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 경제적 효과는 매우 크다고 할 수 있다.

제 5 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 연구개발목표의 달성도

목 표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
화염확산 억제 알루미늄 스크린 소재개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 화염확산 억제 알루미늄 시제품 제작 ○ 화염확산 억제 PET 시제품 제작 ○ 화염확산 억제 소재 시제품의 성능 평가 <ul style="list-style-type: none"> ● 내후성, 화염억제성 	100
화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템 시제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템 시작기 개발 <ul style="list-style-type: none"> ● 생산시스템 시작기 설계 및 제작 ● 생산시스템 시작기 시운전 ● 생산시스템의 직조 최적조건설정 	100
화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 화염확산 억제 알루미늄 스크린 시제품 제작 	100
화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연 및 물리적 특성 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 화염억제 특성 시험 분석 ○ 화염확산 억제 알루미늄 스크린 시제품의 물리적 특성 평가 	100
화염확산 억제 알루미늄 스크린의 온실 난방 특성 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 화염확산 억제 알루미늄 스크린 온실과 일반 보온재 설치 온실내의 난방 및 열 특성 비교 분석 <ul style="list-style-type: none"> ● 주·야간 온풍난방기 및 태양으로부터 온실내부로 공급된 전열량 분석 ● 주·야간 온실내의 온도분포 해석 ● 외기온 및 온실 내부 설정온도 기준 보온효과 분석 ● 주·야간 하우스 외부로 손실되는 열량분석(하우스 외피, 지면, 환풍 등) ● 온풍난방기로 공급된 에너지분석 	100
화염확산 억제 알루미늄 스크린 경제성 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 화염확산 억제 알루미늄 스크린 설치 온실 vs. 일반 보온재 설치 온실과의 비교 분석 <ul style="list-style-type: none"> ● 화재예방 효과 분석 ● 에너지 절감 분석 ● 설치비용 절감 분석 	100

2. 관련 분야 기여도

가. 사회적 기여

화염확산 억제 알루미늄 스크린을 개발함으로써 시설 원예자재의 수출 증대효과가 클 것으로 기대되며, 현재 세계시장이 700억원 수준이나 향후 중앙아시아, 아프리카 및 중국 등의 신흥시장이 지속적으로 성장이 이루어질 경우 약 1,000억원 이상의 해외시장 형성이 가능하며, 국내에서도 기능성 알루미늄 스크린의 시장형성이 가속화될 것으로 예측 된다. 또한 개발된 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 국내외 시장에 공급할 경우 탁월한 화염확산 억제 성능과 고유의 차광보온자재에 대한 품질 우수성으로 인하여 국내외 시설원예농가로부터 각광을 받을 것으로 판단되며 이에 따른 시장점유율의 확대가 가능할 것으로 전망된다.

화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발을 통하여 해외 방염 차광보온재에 대한 수입대체효과가 높아 외화절약에 기여할 수 있으며, 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 난연 처리 기술을 타 분야에 응용 또는 활용함으로써 우수한 난연 제품 개발 및 수출을 통한 국내 산업의 발전을 기대할 수 있다.

또한 생산시스템을 개발함으로써 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 시설농가에 원활하게 공급할 수 있게 됨에 따라 자연스럽게 기능성 농자재의 국내외 시장이 형성되거나 확대가 가능할 것이며, 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 생산시스템을 개발하여 제품에 대한 생산비용을 절감함으로써 수출시 가격경쟁력 향상에 기여할 수 있다.

본 연구에서 개발된 생산시스템을 통해 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 보급함으로써 기존 차광 보온재 시장규모를 확대함과 동시에 기능성으로 인한 부가가치 증진 효과가 크고 화재 발생시 화염확산을 억제함으로써 농가의 피해를 경감하여 공익적인 효과 또한 증대될 수 있을 것으로 기대된다.

나. 우수한 경제성

본 연구개발 화염확산 알루미늄 스크린의 경제성분석 결과, 수입대체효과(외화절약효과)는 2015년 현재 수입하고 있는 총 물량 500,000m²를 100%, 80%, 60% 대체가 가능할 경우, 각각 22억5천만원, 18억원, 13억5천만원의 효과가 있는 것으로 분석되었다. 이러한 수입제품 대체효과는 화염확산 억제 알루미늄 스크린 사용을 계획하고 있는 농가의 이익으로 귀속되는 효과를 갖는다. 즉, 현재 수입제품을 이용하고 있는 농가가 앞으로 본 연구에서 개발한 제품으로 100%, 80%, 60%로 대체할 경우, 농가 전체에게 귀속되는 이익은 7억5천만원, 6억원, 4억5천만원으로 각각 산출된다. 아울러 본 연구개발 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 가격은 수입제품보다 1,500원(수입제품의 67% 수준) 저렴하다. 이로 인하여 발생하는 농가의 본 연구개발 스크린에 대한 추가 수요에 따른 경제성도 고려한다면 이러한 경제성은 더욱 확대될 것이다.

다. 뛰어난 방염 저지 효과

본 연구에서 개발된 알루미늄 방염 보온재는 탁월한 방염효과를 나타내어 독일 방염 검사소

에 의뢰한 방염 성능 시험에서도 유럽 방염 기준을 통과하였다. 그리고 기존 외국 방염 원단과 비교한 시험에서도 잔염시간은 0초 이었고, 탄화거리 또한 본 연구에서 개발된 방염 보온재 평균이 경사 15.34mm, 위사 150.1mm로서 외국 방염원단의 평균인 경사 164.4mm 위사 157.7mm 보다 짧아 방염성이 우수한 것으로 나타났다. 탄화거리가 짧은 것은 본 연구에서 개발된 방염 보온재의 뛰어난 방염 저지효과를 나타내는 것으로 향후 세계적인 추세인 농업자재의 난연화 연구를 주도할 수 있을 뿐만 아니라 시설농가에 공급할 경우 시설하우스 화재로 인한 재산피해를 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

제 6 장 연구성과 및 성과 활용 계획

1. 연구개발결과의 활용방안

(1) 학계

- 연구결과를 국내외 학회지에 발표
- 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 강의 및 강연
- 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 응용연구
- 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산 시스템 응용 연구
- 알루미늄 스크린의 화염억제기술의 응용연구

(2) 산업체

- 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 상품화 및 보급
- 화염확산 억제 알루미늄 스크린의 온실 화염억제 관련 응용기술 확보
- 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템의 응용 및 효율화 연구
- 화염확산 억제 알루미늄 스크린 활용 기술을 여타 관련 분야로의 확대
- 수입 대체효과 증대 및 해외 시장 수출 가능

(3) 기타

- 특허 : 특허출원 4건

2. 기대성과

(1) 기술적 측면

- 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 개발함으로써 하우스 화재발생으로 인한 재산 및 인명피해의 최소화
- 화염확산 억제 알루미늄 스크린에 대한 제조 기술을 선점함으로써 해외 수출 시장 확대 및 경쟁업체에 비하여 기술의 우위성 확보
- 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산 시스템을 개발로 제품 생산 비용의 절감과 생산성 향상 및 생산 효율성의 증대
- 화염확산 억제 알루미늄 스크린 생산시스템의 개발로 안정적인 제품공급가능

(2) 경제 · 산업적 측면

- 국내시장 활성화
 - 국내시장 규모
 - 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 이용한 시스템 단가 : (720천원/ 0.1 ha)
 - 개발 완료 후 국내시장 규모 : 5,000ha × 7,200천원/ha = 360억원
 - 개발 기술 사업화 추진으로 향후 매출 증대
- 화재 발생 시 화염억제효과의 극대화
 - 화염확산 억제 알루미늄 스크린 보급으로 인하여 화염억제 가능한 농자재

개발 계기 마련

- 온실에 화염확산 억제 알루미늄 스크린을 설치함으로써 화재발생시 화염 확산 및 전이에 의한 화재의 대형화를 억제함으로써 피해를 최소화할 수 있음
- 화염확산 억제 알루미늄 스크린 개발로 기존의 수입산 방염 보온재에 대한 수입대체효과 기대

제 7 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

해당사항 없음

제 8 장 연구시설·장비 현황

해당사항 없음

제 9 장 연구실 안전관리 이행실적제

해당사항 없음

제 10 장 참고문헌

1. 김황진, 이성은, 오규형(2008), "국내 방염 시공의 실태분석 연구", 춘계학술논문발표회 논문집, 120-123.
2. 롯데 알미늄 주식회사(2009), "난연 스크린", 대한민국 특허청, 공개특허 10-2009-0115558.
3. 변상근, 윤세훈, 김송호, 이의수(2007), "수산화알루미늄 인산염의 난연 특성", 동국대학교 산업기술연구원 산업기술논문집, 16(2), 11-18.
4. (주)부전 (2014), "난연성을 향상시킨 알루미늄 스크린", 대한민국 특허청, 등록특허 10-1350492.
5. 이덕희, 장유리, 이동엽(2014), "난연 스크린 재료에 대한 열 복사강도에 따른 열방출량(HRR) 특성 분석", 한국화재소방학회 춘계학술논문발표회 초록집, 249-250.
6. 최취경, 민세홍(2012), "일반재와 난연재 알루미늄복합패널의 수직화재 정상분석을 위한 실험대형시험(ISO 13785-2)에 관한 연구", 한국화재소방학회, 26(6), 92-98.
7. Chang, Y. S., K. Y. Oh, S. H. Kim, J. G. Jeun, K. C. Kang, and D. H. Chyong(1996), "Study on the Physical Property of Thermal Curtains for Greenhouse", Journal of Bio-Environment Control, 5(1), 34-42.
8. Cho, Y. B., H. K. Koh, M. K. Kim and Y. H. Kim(1989), "Analysis of Nocturnal Thermal Insulation Effect of Thermal Curtain in Plastic Greenhouse," Solar Energy, 9(1), 22-29
9. Chung, S. W., D. K. Kim, S. G. Lee, S. H. Nam and Y. B. Lee(2009), "Heat Insulation Characteristics of Multi Layer Materials for Greenhouse", Journal of Bio-Environment Control, 18(4), 341-347.
10. Kang, Y. K., H. K. Song(2000), "Greenhouse Heating Characteristics of Heat Pump-Latent Heat Storage System", Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery, 25(5), 379-384.

11. Kim, H. H., S. Y. Lee, H. Chun, Y. S. Kwon(1998), "Improvement of Heat Conservation in Single-span Type Vinyl-house", Proceedings of the Korean Society for Bio-Environment Control Conference, 7(1), 168-173.
12. Kim, M. K., S. G. Lee, W. M. Suh, S. W. Nam and L. S. Kim(1998), "The Actual State of Heat Conservation, Heating and Cooling in Greenhouses", Proceedings of the Korean Society for Bio-Environment Control Conference, 7(1), 45-53.
13. Kim, Y. B., J. C. Park, M. R. Huh, S. Y. Lee and S. W. Jeong(2007), "Effectiveness of the Aluminum Thermal Screens Depending on the Allocation Type", Journal of Bio-Environment Control, 16(4), 284-290.
14. Kim, Y. B., S. I. Lee and B. R. Jeong(2009), "Analysis of the Insulation Effectiveness of the Thermal Insulator by the Installation Methods", Journal of Bio-Environment Control, 18(4), 332-340.
15. Ko, K. D(2009), "Insulation effectiveness depending on the greenhouse insulation methods". RDA, <http://blog.naver.com/hyjjung?Redirect=Log&logNO=140066786847>(in korean)"
16. Lee, S. Y., H. J. Kim, H. Chun, S. H. Yum and H. J. Lee(2007), "Comparison of Heat Insulation Characteristics of Multi-layer Thermal Screen and Development of Curtain System", Journal of Bio-Environment Control, 16(2), 89-95.
17. Hong, C. J., C. W. Joo and J. B. Kim(2003), "Experiment and Simulation Analysis of Fluid in Multi-Laid Nonwovens", Journal of the Korean Fiber Society, 40(2), 128-134.
18. 국민안전처 국가화재정보센터(2015.12.29.). 화재통계현황. www.nfds.go.kr. 조달청고시 제 2008-7호.