

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )발간등록번호(○)  
농업분야창의도전형융복합모델연구개발사업 2023년도 최종보고서

발행등록번호

11-1543000-004522-01

## 태양광 전환 필름 기반 시설원예용 광편집 솔루션 개발

2024. 02. 08.

주관연구기관 / (주)셀파스페이스

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “태양광 전환 필름 기반 시설원예용 광편집 솔루션 개발”(개발기간 : 2023. 5. 1. ~ 2023. 10. 31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 2. 8.

주관연구기관명 : (주)셀파스페이스 윤 좌 문



주관연구책임자 : 윤 좌 문



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.



최종보고서							보안등급						
							일반[V], 보안[ ]						
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명	사업명		농업분야첨의도전형 농업분야복합모델					
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원				내역사업명 (해당 시 작성)		시장창출형					
공고번호		농축 2023-120호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-						
					연구개발과제번호		RS-2023-00260702						
기술 분류	국가과학기술 표준분류		LB0805	70%	EB0311	30%	-	%					
	농림식품과학기술분류		RC0102	70%	CA0104	30%	-	%					
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문											
		영문											
연구개발과제명		국문		태양광 전환 필름 기반 시설원예용 광편집 솔루션 개발									
		영문		Developing lighting solution for greenhouse based on sunlight conversion film									
주관연구개발기관		기관명		(주)셀파스페이스		사업자등록번호		337-88-00588					
		주소		(우34028) 대전 유성구 테크노8로 48		법인등록번호		160111-0438188					
연구책임자		성명		윤좌문		직위		대표이사					
		연락처		직장전화		-		휴대전화		-			
				전자우편		-		국가연구자번호		-			
연구개발기간		전체		2023. 05. 01 - 2023. 10. 31(6개월)									
		단계 (해당 시 작성)		1단계		2023. 05. 01 - 2023. 10. 31(6개월)							
				n단계		-							
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계			연구개발비 외 지원금		
		현금		현금		현금		현금		현금			
총계		50,000		1,250		11,250		51,250		62,500			
1단계		1년차		50,000		1,250		11,250		62,500			
		n년차											
n단계		1년차											
		n년차											
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편			
										비고			
										역할			
										기관유형			
연구개발담당자 실무담당자		성명		강사근		직위		팀장					
		연락처		직장전화		-		휴대전화				-	
				전자우편		-		국가연구자번호				-	

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024년 2월 8일

연구책임자: 윤 좌 문

주관연구개발기관의 장: 윤 좌 문



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	농업분야첨가도전협 농복합모달개발사업	총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	-				
내역사업명 (해당 시 작성)	시장창출형	연구개발과제번호	RS-2023-00260702				
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0805	70%	EB0311	30%	-	%
	농림식품 과학기술분류	RC0102	70%	CA0104	30%	-	%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	-						
연구개발과제명	태양광 전환 필름 기반 시설원예용 광편집 솔루션 개발						
전체 연구개발기간	2023. 05. 01 - 2023. 10. 31(0년 6개월)						
총 연구개발비	총 62,500천원 (정부지원연구개발비: 50,000천원, 기관부담연구개발비 : 12,500천원)						
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[ ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 작성)		착수시점 기준( ) 종료시점 목표( )		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)	-						
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)	-						
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Light recipe studio 운영을 통한 최적 환경 제어 요소 도출</li> <li>- 기존 축적된 데이터베이스를 기반 품종, 목적 특성을 반영 단계별 후보 레시피 도출</li> <li>- 외부와 독립된 환경인 랩 성장상 및 실증사이트에서 후보 레시피 검증</li> <li>- 레시피 검증실험 반복을 통해 작물의 세부적인 생육 단계별로 광 환경 차이에 따른 생육 촉진 효과 도출, 광 환경 레시피 데이터 확보</li> <li>○ 형광소재 필름화 연구 및 시설원예용 대면적 필름화 설계</li> <li>- 파장별 필요한 형광소재 광특성 라이브러리 제작 및 필름 제작 방법 설계</li> <li>○ 모니터링 장치와 연계한 복합환경제어 시스템 알고리즘 설계</li> <li>○ 친환경 양자점 후보군 설정</li> <li>- 기초 합성 및 발광특성 분석을 통한 우수한 양자점 조성 선정</li> <li>○ 협업 체계 구성 및 기술로드맵 설정</li> <li>- 연구개발 고도화 및 사업화 연계를 위한 컨소시엄 구성</li> <li>- 연구개발 기술의 고도화 및 응용, 사업화를 위한 로드맵 설정</li> </ul>					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Light recipe studio 운영을 통한 최적 환경 제어 요소 도출</li> <li>- 타겟 작물인 딸기의 광 레시피 연구 진행</li> <li>- 광 레시피 데이터 마이닝 스튜디오 운영을 통한 연구개발 소요 시간 감축</li> <li>- 재배된 딸기의 성분 추출 및 분석을 통한 광 레시피의 지속적인 보정 진행</li> <li>- 데이터 베이스 축적 및 성장 단계별 광 레시피 도출 완료</li> <li>- 경쟁사 제품의 시설원예 현장 실증 테스트 진행을 통한 비교 데이터 도출 분석 진행</li> <li>○ 형광소재 필름화 연구 및 시설원예용 대면적 필름화 설계</li> <li>- 필름 제조 공정 조건 및 필름 구성 소재 간 비율 최적화 연구 진행</li> <li>- 코팅 용액의 균질화를 위한 Paste mixer를 적용한 공정 개발</li> </ul>					

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 경화시간 최적화 연구 및 광원 형태/광량/조사시간 최적화 검토</li> <li>- UV 경화 전 열풍 건조 처리를 통한 경화 공정 개선 연구</li> <li>- 분산성 및 균일성을 개선하기 위해 소립자 형광체 적용 연구, Coating 용액제조에 필요한 저점도 레진 적용 연구</li> <li>- Coating 층의 보호를 위한 합지공정 연구(이형지, PE, OCA 광학필름 등)</li> </ul> <p>○ 모니터링 장치와 연계한 복합환경제어 시스템 알고리즘 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생육단계별 식물 내에서 일어나는 주요 생리적 변화의 메커니즘을 정 스트레스 발생을 막을 제어목표를 설정하고, 상황별 제어로직을 설계</li> <li>- 식물은 각 단계별로 필요로 하는 환경이 다름. 정식 후에는 식물의 활착이 가장 중요한 시기이므로 그에 맞추어 환경을 설정하고, 영양생장기에는 식물의 영양 기관(잎, 뿌리 등)이 크게 성장하는데 적합한 환경을 설정하고 제어하는 것이 중요함.</li> <li>- 생식생장기에는 꽃이 피고 열매를 맺어 식물의 결실을 얻는데, 딸기의 경우 이 시기의 적절한 환경 조절을 통해 당도, 수량 등 수확물의 상품성을 높일 수 있음.</li> <li>- 상기와 같이 딸기의 생육 특성을 고려하여 아래와 같이 생육단계별 제어목표에 따른 제어로직을 설계함</li> <li>- 생육단계별 광 레시피에 따른 최적 생육에 대한 메커니즘을 정립하였으며, 생육단계별 제어 목표를 설정하고, 상황별 피드백 제어가 가능한 알고리즘을 설계함.</li> </ul> <p>○ 친환경 양자점 후보군 설정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신규 양자점의 주요 개발 목표는 저독성, 높은 양자 수율 및 장기적인 열 및 수분 안정성과 같은 필수 특성을 갖춘 카드뮴(Cd)-프리 양자점임. 또한 성공적인 사업화를 고려하여 해당 친환경 양자점의 경제적 실현 가능성을 주요 개발 타겟으로 설정함. 이러한 맥락에서 특정한 양자점 소재 후보군을 선정하여 검토하였음.</li> <li>- CuInS<sub>2</sub>/ZnS 및 InP 기반 양자점은 엄격한 기준을 충족시켜 카드뮴(Cd)-프리 대안을 제공하며 최소한의 독성을 갖춘 소재임. 이들은 높은 양자 수율을 보증하여 효율적인 광 발산을 보여주며, 장기간에 걸쳐 탁월한 열 및 수분 안정성을 입증함. 이러한 특성은 광전자학부터 의료 이미징까지 다양한 응용 분야에 유망한 소재로 부상함. 게다가 이러한 양자점들의 비용 효율성은 다양한 산업 및 과학 분야의 양자점 연구 분야에서 선두주자로 자리매김하였음.</li> <li>- 페로브스카이트 양자점과 같은 대안도 후보군으로 고려하여 테스트를 진행함. 해당 소재는 높은 양자 수율을 자랑하며 높은 효율성을 보임. 그러나 안정성과 납의 사용으로 인한 환경 부적합 문제가 있음. 조사의 일환으로, 유망한 독성 금속을 대체하여 양자 수율을 비교하고 미래 잠재력을 탐구하기 위해 페로브스카이트 양자점을 후보군으로 선정하였음. 이 연구는 양자 수율, 안정성 및 환경 영향 사이의 절충안을 다루며, 보다 지속가능하고 효율적인 양자점 기술을 개척하는 길을 열어 갈 것을 목표로 함.</li> <li>- 현재 개발 목표는 친환경 양자점의 합성, 특히 온실 내 플라스틱 필름에 적용하여 딸기 농작물 생산에 활용하기 위함임. 다양한 양자점들의 철저한 선별을 통해 CuInS<sub>2</sub> /ZnS가 가장 유망한 결과를 보여준 주요 후보임을 확인하였음. CuInS<sub>2</sub> /ZnS는 높은 광발광 양자수율(PLQY) 96.8%, 적정 밴드폭(FWHM), 그리고 작물 생산에 적합한 파장에서 빛을 발하는 것을 보여주었으며, 동시에 높은 열안정성을 나타냄. 추가 연구 사항으로는 대량 생산을 위한 제조 공정의 개선과 이러한 양자점을 플라스틱 필름에 포함시켰을 때의 효율성 평가를 진행할 예정이다. 동시에 InP/ZnSe/ZnSeS/ZnS QD의 잠재성 및 타당성 평가가 진행 중이며 CsPbI<sub>3</sub> 페로브스카이트 물질의 가능성을</li> </ul>
--	--	--

		<p>추가 검토할 예정임.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 앞으로의 연구 방향은 해당 소재의 특성 개선 및 양산화와 함께 추가 소재 검토를 진행할 예정임. 효율성, 최소 독성, 광범위한 이용 가능성 및 경제성 등의 이유로 탄소 양자점의 적용 가능성을 추가 검토할 예정임. 기존 데이터와 진행 중인 연구에서 착안하여, 온실 기술의 혁신과 지속가능성을 위해 지속 후속 연구를 계획하고 있음.</li> </ul> <p>○ 협업 체계 구성 및 기술로드맵 설정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구개발 기술의 고도화 및 응용, 사업화를 위한 로드맵 설정을 위해 특허 및 시장, 기술 동향 분석을 실시함</li> <li>- 농업용 필름에 대한 전반적인 특허 분석 결과, 농업용 필름 분야에서 PE, PET, LDPE 등 다양한 소재가 사용되어 왔으며 이미 상당한 수준의 완성도와 적용성을 보여 주고 있지만 내구성, 광투과성, 내오염성 등의 요구 기술로 인해 최근에는 ETFE 또는 PO 소재가 각광 받고 있음</li> <li>- ETFE 필름은 개발된 역사가 오래되었지만 농업용으로 적용 가능한 응용 기술의 개발 역사는 상대적으로 짧은 편이고 관련 제품도 비교적 최근인 10년 이내에 출 시되어 가장 트렌디한 기술로 볼 수 있는 바, 국내에서는 아직 독자적인 개발 주체가 부재하므로 기술적인 진입 장벽은 타 소재에 비해 상대적으로 높은 편임</li> <li>- PO 필름은 농업용 응용 기술이 이미 1990년도부터 개발되어 관련 제품도 다수 출 시된 상황이므로 트렌디함과 더불어 상대적으로 안정화된 기술로 볼 수 있는 바, 국내에서는 롯데케미칼과 엘지화학이 관련 기술을 보유하고 있고 최근 태광뉴텍, 일신하이폴리, 삼동산업 등의 국내 중소기업에서도 농업용 PO 필름 개발에 성공한 사례로 볼 때 기술적인 진입 장벽은 ETFE에 비해 상대적으로 낮은 편이지만 시장 진입 장벽은 높음 편임</li> <li>- 광변환을 이용한 최적 생육 기술이 최근 급부상하는 가운데 기존에 출 시된 농업용 ETFE 필름 및 PO 필름은 공통적으로 광변환 기능이 부재하므로 ETFE 필름 및 PO 필름에 해당 기술을 접목하여 기술적 차별성을 도모할 필요가 있으며, 자체 개발을 모색하는 방안과 본 특허분석을 통해 확인된 개별 분야의 플레이어를 협력사로 활용하여 광변환을 위해 추가되는 기술요소를 기존 제품에 접목하는 방안을 함께 고려해볼 필요가 있음</li> <li>- 친환경 양자점 소재를 기반으로 태양광광 전환 기능을 가진 시설원예용 ETFE/PO 필름 개발 및 실증/사업화를 목표로 기술개발 로드맵 구축 완료</li> <li>- 협업체계의 경우, 기술 개발 로드맵에 따라 선행연구 단계에서는 광전환 필름의 원료 광학 소재인 양자점 소재의 특성 개선 및 양산을 위한 대용량 합성 공정 개발이 핵심적으로 이루어져야 하므로, 화학 소재 연구개발에 특징점이 있는 연구 기관과의 협업이 필요함</li> <li>- 선행연구 과정 중 소재를 기반으로 필름화 공정 개발 및 시제품 제작을 자체적으로 진행할 예정이며, 향후 필름 양산을 위한 생산업체 파트너십 필요</li> <li>- 심화연구 단계에서는, 온실용 특수 기능성 필름 및 원천 소재의 양산 공정 구축을 위한 대용량 합성 반응기, 필름 압출 장비 등 기계 설비 전문가 협업 필요</li> <li>- 생산 제품의 실제 농업 환경 적용 실증을 위한 스마트 시설원예, 재래식 비닐 하우스, 노지 농업(차광막) 등 다양한 형태의 농가 섭외를 통한 복합적인 실증 데이터 및 사용자 피드백 확보</li> <li>- 국내 뿐만 아니라 성공적이 해외 사업화 진출을 위해서, 해외 스마트팜 관련 업체 및 기관의 협업 후보군 도출도 진행함.</li> </ul>
--	--	---

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Village Farms : 북미 최대규모의 시설원에 기업으로, 시설원 예용 필름 관련 협업 제안을 이미 받은 바 있으며, 실증으로 증명된 제품의 경우 구매 의향 있음</li> <li>- Nestle : 세계 최대의 식음료 기업으로, 싱가포르의 R&amp;D 부서와 시설원예용 광전환 필름과 관련하여 협업 논의를 진행하였으며, 스위스 본부 검토 진행 중</li> <li>- 싱가포르 내 대학(Temasek Polytechnic, Republic Polytechnic) : 작물 재배에 적용되는 광편집 기술(광원장치, 광전환 시설원예용 필름 등)과 관련하여 R&amp;D 협업 프로젝트 진행 의사가 있음</li> </ul>				
	1단계 (해당 시 작성)	<table border="1"> <tr> <td>목표</td> <td></td> </tr> <tr> <td>내용</td> <td></td> </tr> </table>	목표		내용	
목표						
내용						
	n단계 (해당 시 작성)	<table border="1"> <tr> <td>목표</td> <td></td> </tr> <tr> <td>내용</td> <td></td> </tr> </table>	목표		내용	
목표						
내용						

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Light recipe studio 운영을 통한 최적 환경 제어 요소 도출</li> <li>- 기존 축적된 데이터베이스를 기반 품종, 목적 특성을 반영 단계별 후보 레시피 도출 ·대상 작물(딸기)의 통제 환경 내 재배 테스트를 통한 적정 광 환경 레시피 도출 ·작물의 품종 및 생장 단계별 특성 분석을 통한 작물 생육 모델 구축 기초자료 확보</li> <li>- 외부와 독립된 환경인 랩 생장상 및 실증사이트에서 후보 레시피 검증 ·자체 보유한 Light recipe studio(독립 환경의 식물생장상)에서 생육 테스트 진행 ·상주에 위치한 경상북도 스마트팜 혁신밸리 내 시설원에 온실 환경에서 대상 작물(딸기) 재 배 테스트 진행 중</li> <li>- 레시피 검증실험 반복을 통해 작물의 세부적인 생육 단계별로 광 환경 차이에 따른 생육 촉진 효과 도출, 광 환경 레시피 데이터 확보</li> <li>○ 형광소재 필름화 연구 및 시설원예용 대면적 필름화 설계</li> <li>- 파장별 필요한 형광소재 광특성 라이브러리 제작 및 필름 제작 방법 설계 ·필름 소재별 특성 분석 및 온실용 필름의 설계 개선 진행</li> <li>○ 친환경 양자점 후보군 설정</li> <li>- 기초 합성 및 발광특성 분석을 통한 우수한 양자점 조성 선정 ·양자점 후보군 설정 및 합성 테스트 진행을 통한 적합 소재 선정 ·양자점 소재에 대한 광범위한 사전 조사를 통한 응용 가능성 및 시장성 연구</li> <li>○ 협업 체계 구성 및 기술로드맵 설정</li> <li>- 연구개발 고도화 및 사업화 연계를 위한 컨소시엄 구성 ·온실용 필름 원료소재 고도화 연구를 위한 협업체계 구성 완료(한국화학연구원)</li> <li>- 연구개발 기술의 고도화 및 응용, 사업화를 위한 로드맵 설정 ·온실용 필름 기술의 국내외 연구 동향 조사 ·온실용 필름 기술의 특허 분석을 통한 지역별 기술개발 현황 및 경쟁사 분석 ·온실용 필름 국내외 시장 현황 및 신기술 동향 조사</li> </ul>
--------	---

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 학술적 성과 활용계획</li> <li>- 연구개발을 통한 성과의 지적재산권 확보로 자체 사업화 진행 및 특허/노하우 기술 이전을 통한 관련 산업의 활성화 유도</li> <li>○ 실증 데이터 관리</li> <li>- 실증 시설의 지속 운영 및 빅데이터 확보를 통한 농업 기술의 동반 성장 도모</li> <li>○ 사업화 기반 활용</li> <li>- 농업용 특수 기능성 필름의 기술개발 로드맵 및 사업화 방향성 수립을 통한 사업화 비전을 구축, 연구개발 및 사업화 진행을 통해 관련 스마트팜 산업 활성화 기대</li> </ul>
---------------------	--

국문핵심어 (5개 이내)	시설원예	태양광 전환	농업용 필름	양자점	스마트팜
영문핵심어 (5개 이내)	Greenhouse	Sunlight Conversion	Agricultural Film	Quantum Dot	Smart Farming

## 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1) 개발기술 개요 및 필요성

### (1) 기술 개발 필요성

- 농업 분야 온실가스 배출 저감 필요성
  - 농업은 전세계 온실가스 배출량의 11%를 차지하고 있음
  - 또한 넓은 면적의 경작지를 사용하는 재래식 농업은 토양에 의한 이산화탄소 흡수를 방해하며, 숲을 개간할 경우 나무에 의한 온실가스 저감을 방해함
  - 상기와 같은 이유로 농업 분야에서의 에너지 절감, 온실가스 배출 저감 뿐만 아니라, 넓은 면적의 대지를 활용하지 않고 높은 단위면적 당 작물 생산량을 가지는 스마트팜의 개발이 필수적임
- 포스트 COVID-19 시대의 신산업
  - 안정적인 식량공급을 위한 탈글로벌화, 분산된 푸드 체인 구현관심 증대
  - 기후에 관계없는 수요지역 기반 작물생산으로 공급자립 및 지속가능한 식량생산을 위한 스마트팜 기술 고도화 수요 증대
- ('그린 뉴딜'사업 연계를 통한 농업장비 국산화로 세계시장 선도) 첨단 스마트 농업의 부품/장비 국산화 및 스마트팜 확대
  - 높은 외산 의존도를 가지고 있는<sup>1)</sup> 첨단 농업장비는 빅데이터 활용의 플랫폼으로 첨단 재배기술 개발의 기반이 되므로, 장비 국산화 및 스마트팜 확대를 통한 세계시장 선도 필요

### 전기요금 개편 추진계획

2021년	-연료비 연동제 도입 -산업용 고압·일반용 대상 시간대별 요금제 확대
2022년	-용도별 요금체계 개선 및 전압별 요금제 단계적 확대 검토
2023년	-산업용·일반용 대상 시간대별 요금제 개선 -전압별 요금체계로 단계적 전환
2024년	-교육용·농사용 대상 시간대별 요금제 확대
2025년	-공급원가에 기반한 전압별 요금제 시행

자료:한우경의원실·한전

[그림 1] 한국전력 전기요금 개편 계획

- (농업에너지 절감) 농업용 전기요금 인상에 대비한 에너지 절감 방안 필요
  - 농업용 전기의 낮은 가격으로 국내 농가의 에너지 사용 비중은 석유에서 전기로 빠르게 전환되는 추세<sup>2)</sup>이나, 최근 체험·관광 농업의 경우 일반 전기요금을 사용해야 한다는 대법원 판결<sup>3)</sup>이 나오면서 농업용 전기의 요금 인상이 시작됐다는 전망으로, 농업의 에너지 절감 방안이 필요한 상황임
  - 국내 시설원에 농가의 에너지 절감 기술 보급 면적은 53,610ha 중 4,350ha 수준으로<sup>4)</sup>, 효율적인 농업 에너지 사용을 위해 농가에 쉽게 적용 가능하면서 에너지 절감 및 농산물 생산량 증가가 가능한 솔루션이 필요함

- 투자 대비 효율성이 높은 농가의 냉난방비 부담 해소

방안 필요

- 국내 시설원에 농가의 경영비 중 난방비의 비율은 30~40%를 차지<sup>5)</sup>하며, 이는 선진국의 난방비 비율(10% 내외)에 비해 크게 높은 수치임

1) 과학기술 일자리 진흥원, "스마트팜 기술 및 시장동향 보고서", S&T Market Report Vol.69, 2019

2) 에너지경제연구원/한국에너지공단, 2018

3) 조선일보, "농업용 전기요금 인상 시작됐다...대법원 "체험·관광 농업은 일반 전기요금 내야"

4) 농업분야 에너지 사용현황, 농촌진흥청

5) '19년 농업에너지 이용 효율화 시범사업 추진 계획, 농림축산식품부 원예경영과

(단위: 천원/10a)

구분		경영비 (A)	난방비 (B)	B/A (%)
과수	시설감귤	16,640	10,619	64.6
	시설포도	5,025	1,887	37.6
채소	축성오이	15,224	5,043	33.1
	각색단고추	24,434	8,323	32.7
	축성토마토	15,684	4,444	28.3
화훼	국화	10,017	2,551	25.5
	장비	20,971	8,823	42.1

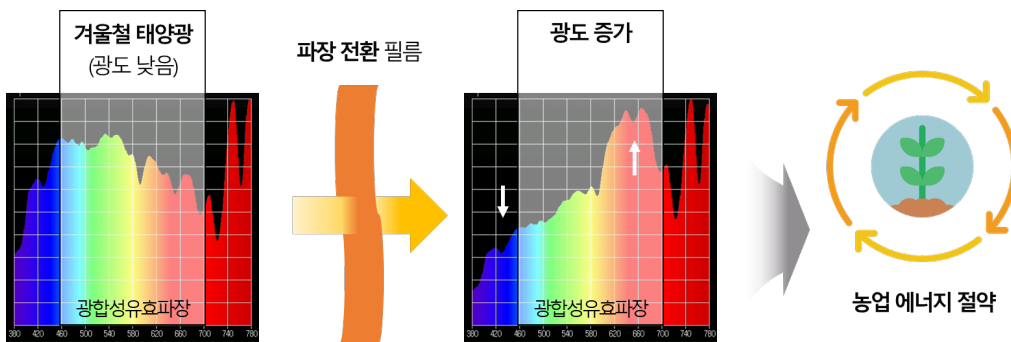
자료: 농촌홍청(2014)

[그림 2] 시설원에 경영비 중 난방비 비율

- 또한 기후변화로 인해 국내 평균 기온이 지속적으로 상승하고 있으며, 이에 따라 시설원에 농가의 난방비 부담 또한 증가하고 있음
- 그러나 고비용의 에너지 절감 시설의 경우, 국비 보조가 80%임에도 불구하고 투자 대비 효율성이 크게 떨어져 농가의 수요가 적은 상황<sup>6)</sup>
- 농업 에너지 저감 뿐만 아니라, 생산성 향상을 통해 투자수익률(ROI)이 높은 해결책이 필요함

○ 농업 에너지의 추가 투입 없는 농업 생산성 향상 솔루션 필요

- 작물의 생육정보와 환경정보에 대한 데이터를 기반으로 최적 생육환경을 조성하기 위한 온실의 복합환경을 자동으로 제어/관리하는 시스템 적용
- 광편집 필름(나노소재 태양광 파장 전환 필름)으로 태양광을 식물 재배에 최적화된 파장으로 전환하여 광합성 효율을 높이고, 농업 생산량 증대 가능
  - 자외선, 근자외선 등 식물 생장에 악영향을 주거나 영향이 적은 파장을 흡수하고 생육 단계에 따라 필요한 파장으로 전환 가능한 소재 활용
  - 시설원예에서 효과적으로 전환된 광자를 전달하기 위해 필름의 형태로 제품화하여 적용
  - 온실 내 스크린과 같은 형태로 설치하여 온실 온도 유지와 동시에 농업 생산성 증대



[그림 3] 파장 전환 필름 활용에 따른 일조량 부족 문제 해결

- 인공지능 복합환경제어 시스템에 의한 능동형 광편집 필름 및 스크린 적용, 자동화 설비와 IoT 기반 정보통신기술을 활용하여 시간과 공간의 제약 없이 생육환경 최적화 제공

(2) 개발 대상기술 개요

○ 인공지능, 센서 등 ICT 기술과 연계한 인공지능 복합환경제어 시스템

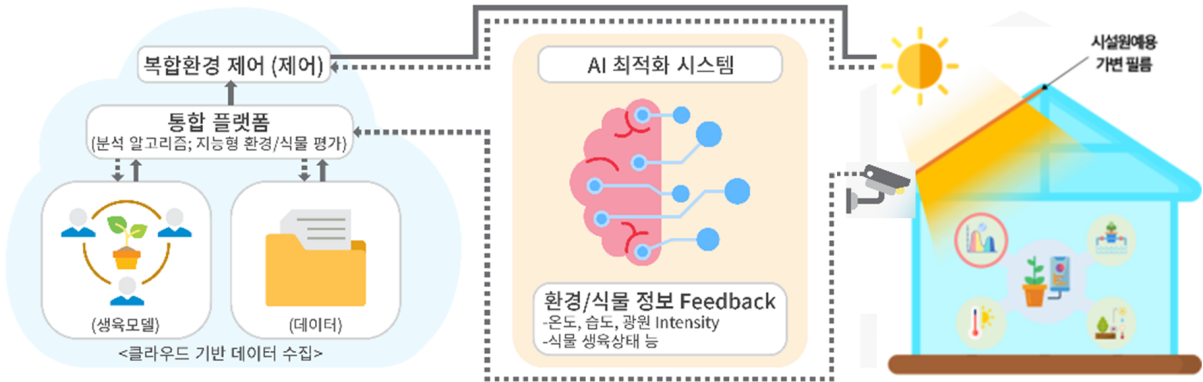
- 작물의 생육 모델, 날씨 및 병충해 예측 모델 등 AI 기술을 활용한 최적 환경 제어 의사

6) 한국농어민신문, “효율성 없는 ‘시설원예 에너지효율화사업’”



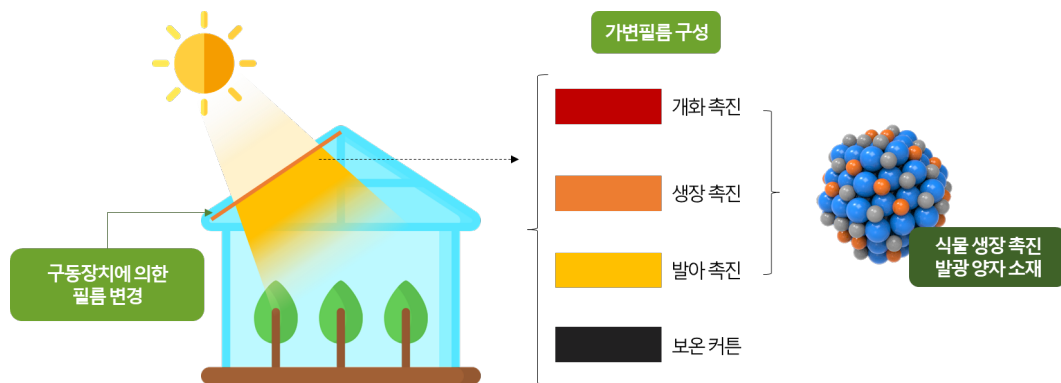
결정 시스템을 활용하여 온실 내부 환경을 원격 관리

- 광 환경을 측정하는 분광계, 작물 성장 현황을 분석하는 이미지 기반 모니터링 시스템, 작물 온도를 측정하는 엽온계 등의 센서를 설치하여 작물 성장에 맞춰 환경 최적 제어
- 태양광 전환 뿐만 아니라 차광, 보온 등이 가능한 능동형 스크린 시스템으로 내부 광 환경을 최적화 제어하여 온실의 운영 에너지 절감
- 온실의 냉난방 운영시간을 최적화하여 온실 운영 소비에너지 10% 절감



[그림 4] 광편집 필름 기반 인공지능 복합환경제어 스마트팜 시스템

- 시설원예용 광학 필름 소재 활용에 의한 에너지 소비/농업 생산력 최적화
  - 나노소재를 이용한 광학 필름 소재의 시설원에 환경 적용으로 추가 에너지 소비 없이 태양광의 파장을 전환해 식물성장 촉진 및 광합성률을 높여 수확량을 증대시킬 수 있음
  - 개발한 광학 필름 소재를 LED 광원장치에 활용하여 시설원에 환경 내 광량 및 광질의 향상으로 인한 작물의 생산량/상품성 증대에 응용 가능함
- 재배 품종 및 생육 단계에 따른 광원 맞춤형 생육 솔루션 제공
  - 작물의 종류, 품종, 성장 단계에 따라 최적의 환경 제어
    - 태양광의 스펙트럼을 작물 재배에 최적화된 파장으로 전환 공급 가능
    - 온습도, 양액 등의 제어 요소와 같이 성장단계별 특정 파장 공급 가능
  - 식물 재배 레시피 구축을 통한 피드백 제어
    - 다양한 작물에 대한 최적의 생육 레시피 DB 확보
    - 생육 레시피 DB 기반 AI를 통한 피드백 제어 시스템 구현



[그림 5] 시설원예용 광편집 솔루션

- 광학 필름 소재 활용 광원 맞춤형 생육 솔루션 제공에 따른 효과
  - 추가적인 농업 에너지 공급 없이 최적 환경 구현 가능
    - 가변 파장 필름 소재 적용 온실 운영비의 30%에 달하는 광원 장치의 소비 에너지 절감

7) Richard T. Watson, Marie-Claude Boudreau & Marc W. van Iersel, "Simulation of greenhouse energy use: an application of energy informatics", Energy Informatics volume 1, Article number: 1 (2018)

- 맞춤형 생육 환경 제공으로 작물의 품질/생산량 향상
- 자동 피드백 제어에 따른 농가의 편의성 제공

## 2) 개발기술의 독창성 및 차별성

- 인공지능 복합환경제어 시스템에 의한 최적환경 제공 및 에너지 절감
  - 생육환경에 최적화한 지능형 복합제어 알고리즘 적용
  - 광 환경을 측정하는 분광계, 작물 성장 현황을 분석하는 이미지 기반 모니터링 시스템, 작물 온도를 측정하는 엽온계 등의 IoT 센서를 통한 작물 맞춤형 최적 환경 제어
  - 작물 맞춤형 태양광의 최적 전환 활용, 차광, 보온 등 능동형 스크린 시스템 적용으로 내부 광 환경 최적화를 통한 온실의 운영 에너지 절감
  - 클라우드 기반 빅데이터화 및 편의성을 고려한 UX/UI App. 구현
- 기존 기술의 한계점 보완 및 에너지 절감
  - 생육 DB 기반 성장 단계 맞춤형 광전환 기술로 생육환경 최적화 제공
    - 온실용 내/외피용 필름, 멀칭필름 등에 광전환 소재를 활용한 사례는 있으나, 고정된 스펙트럼만 방출 가능
    - 생육 단계별 맞춤형 스펙트럼 공급을 통한 생산량 증대, 저에너지 LED 활용 기존 광원 대비 에너지 절감 효과
- (High Efficiency) 고효율 파장 전환 소재 활용 식물 생육 맞춤형 스펙트럼 구현
  - 발광 및 흡수 영역이 상관관계를 갖고 겹쳐지는 기존의 구형 양자점 형광체와 달리, 양자점의 형상 제어를 통해서 선택적으로 발광과 흡수 영역을 제어하여 식물 성장에 더욱 유리한 소재 구현
- (Low Energy) 저에너지 LED 보조 광원 응용
  - 광 부족으로 인한 생산량 및 상품성 저하 문제를 해결하기 위한 저에너지 LED 보조 광원 활용
  - 식물용 최적 필름 소재를 활용하여 작물의 생육모델에 적합한 최적 파장의 가변 제공 가능
- (Flexibility) 품종 변경, 생육 환경 변환에 따른 유연한 대처
  - 작물의 품종, 성장 단계에 따라 맞춤형 가변필름 공급으로 여름철에는 오이 재배, 겨울철에는 딸기 재배 등 생육 환경에 따라 광원 공급 최적화 가능
- (Convenience) 자동환경 제어를 통한 편의성 제공
  - 생육모델(작물의 품종, 생육단계에 따른 맞춤형 생육 솔루션) 기반 작물 상태/환경 분석에 따라 자동 환경 피드백 제어 및 UX/UI 기반 APP 서비스를 통한 편의성 증대

## 3) 선행연구 결과 및 애로사항

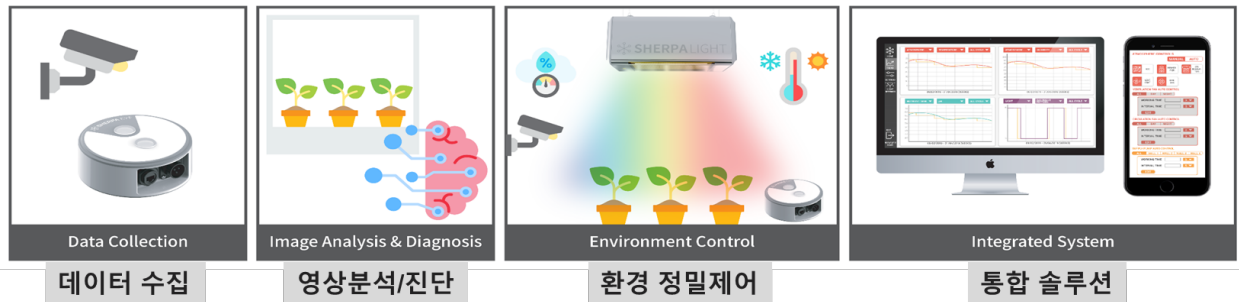
### □ 광원 레시피 개발 인프라 구축 및 DB 확보

- 품종별, 생육단계별 식물에게 필요한 파장을 찾기 위해 아래와 같이 모종 재배부터 추출/분리 및 분석에 이르기 까지 광원레시피 DB 검증 및 확보를 위한 마이닝 인프라를 구축하였으며, 이를 이용하여 고부가가치 식물에 대한 광원 레시피 DB를 확보하고 있음
- 확보된 DB를 통해 환경 제어 요소, 특히 광 환경의 제어에 따른 일부 작물의 생육 촉진 효과, 성분 제어 효과를 확인하였으며, 작물의 종류 및 품종을 확대하여 데이터 추출 예정



[그림 6] 광원 레시피 DB 확보 및 검증 인프라 구축

□ 복합환경제어시스템 개발



[그림 7] 복합환경제어시스템 선행연구결과

○ 데이터 수집

- 광원 레시피 개발 인프라(완전 환경 통제가 가능한 식물성장상 30여대) 및 영상수집장치 활용 DB 확보
- 논산딸기연구소, 한국기계연구원 옥상온실 및 상주 스마트팜 혁신밸리 내 실증을 통한 DB 확보
- 생육 조건별 이미지 데이터 수집체계 구축을 통한 이미지 수집중

○ 영상분석/진단

- 용도별 이미지 수집 체계 구축 완료
- 이미지 분석을 위한 이미지 전처리 Tool 및 알고리즘 모델(양상블 모델) 개발 진행
- 이미지 기반 과실, 꽃, 칼슘 스트레스, 분류 재현을 평가 가능한 모델 개발

○ 환경 정밀제어

- 자동정밀제어 알고리즘 개발
- 생육 환경(온도, 습도, CO<sub>2</sub>, 광원장치 스펙트럼, 광원장치 광도) 별 제어 로직 설계

○ 통합 솔루션

- 영상분석 기반 스마트팜 정밀제어 솔루션 및 App. 서비스 개발
  - 보조광원장치 제어
  - 실시간 모니터링(온/습도, CO<sub>2</sub>, 광원장치 스펙트럼/광도 등) 진단/피드백 제어

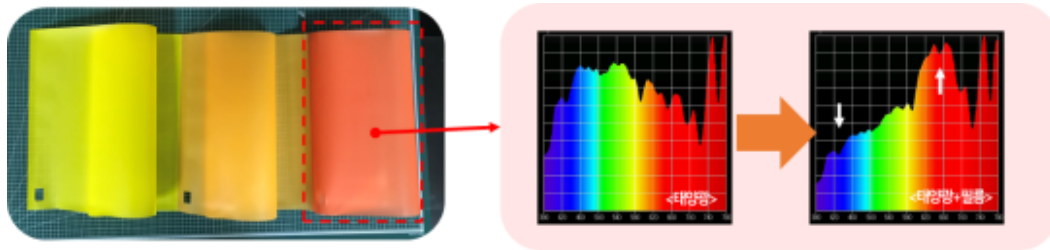
○ 식물공장(컨테이너팜, 인도어팜)용 복합환경제어시스템 적용된 제품 개발



[그림 8] 복합환경제어시스템 적용 시스템

□ 가변 필름 시작품 개발

- 가변 파장 필름 제조 및 태양광 전환 효과 확인
  - 나노소재 활용, 자외선 영역 흡수 후 장파장 방출



[그림 9] 나노소재 파장 변환 필름 시작품 및 태양광 변환 효과

- 필름 형태의 부품 제조 시 필요한 코팅 기술
  - 농업 환경에 장시간 적용 가능한 내구성 보완 기술 개발 필요
  - 장시간 자외선 노출, 농업에 사용되는 화학물질에 대한 내성, 고온 고습 환경에 대한 내구성 강화 연구

□ 파장 전환 필름 기초 소재 개발

- 추가 파장 변환 소재 발굴 및 특성 변환
  - 파장 변환 소재의 경우 디스플레이 산업의 수요가 많기 때문에 주로 LED 기반 530, 630nm 방출 파장을 갖는 경우가 많음
  - 식물 생장에 필요한 다양한 파장(500~750nm)을 방출하는 태양광 기반 형광소재의 안정적인 생산 필요
  - 다양한 스펙트럼 구현을 위해 방출 스펙트럼의 피크 파장, 반치폭 조정 등 연구 필요

4) 개념연구과제 목표 및 내용

- Light recipe studio 운영을 통한 최적 환경 제어 요소 도출
  - 기존 축적된 데이터베이스를 기반 품종, 목적 특성을 반영 단계별 후보 레시피 도출
  - 외부와 독립된 환경인 랩 성장상 및 실증사이트에서 후보 레시피 검증
  - 레시피 검증실험 반복을 통해 작물의 세부적인 생육 단계별로 광 환경 차이에 따른 생육 촉진 효과 도출, 광 환경 레시피 데이터 확보
- 형광소재 필름화 연구 및 시설원예용 대면적 필름화 설계
  - 파장별 필요한 형광소재 광특성 라이브러리 제작 및 필름 제작 방법 설계
- 모니터링 장치와 연계한 복합환경제어 시스템 알고리즘 설계

- 친환경 양자점 후보군 설정
  - 기초 합성 및 발광특성 분석을 통한 우수한 양자점 조성 선정
- 협업 체계 구성 및 기술로드맵 설정
  - 연구개발 고도화 및 사업화 연계를 위한 컨소시엄 구성
  - 연구개발 기술의 고도화 및 응용, 사업화를 위한 로드맵 설정

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 1) 작물의 생육단계별 광원 레시피 개발

#### 가) 데이터 마이닝 랩 운영

##### (1) 타겟 작물(딸기) 광 레시피 연구

- 딸기의 성장 단계에 따라 최적의 광 환경을 제공하기 위해 독립적으로 재배 환경을 조정하여 제공할 수 있는 식물성장상(Growth Chamber)을 구현하여 데이터 마이닝 인프라 구축

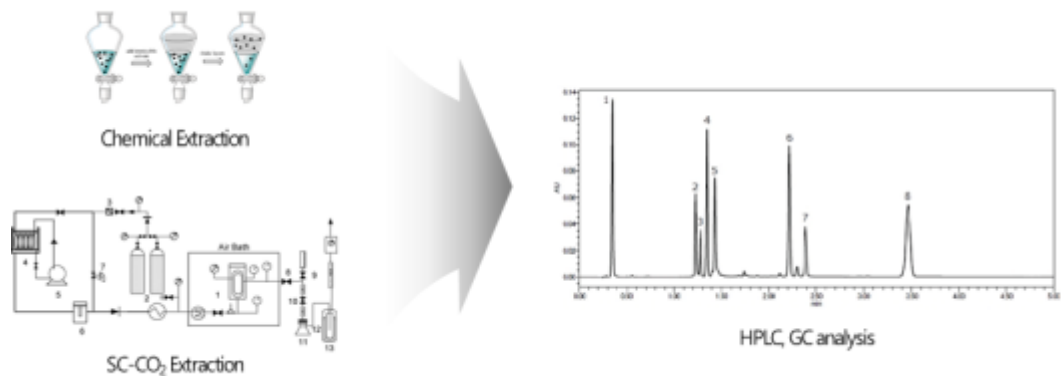


[그림 10] 광 레시피 데이터 마이닝 스튜디오

- 작물을 재배하여 수확하기까지 오랜 시간이 소모되기 때문에, 동일한 환경의 식물 성장상을 여러 개 제작하여 운영함으로써 연구개발 소요시간 감축

##### (2) 딸기 성분 추출/분석

- 수확한 작물의 정량적 분석을 위해 작물의 유효 타겟 성분을 추출하고 함량을 분석하여 광 레시피를 지속적으로 보정



[그림 11] 추출 및 분석

- 수확한 작물의 정량적 분석을 위해 작물의 유효 타겟 성분을 추출하고 함량 분석

## 나) 데이터베이스 축적

### (1) 작물별 광 레시피

- 딸기 뿐만 아니라 고추콜라, 병풀 등의 천연물 원료 소재와 딸기, 토마토 등의 과채류 작물에 대해서도 데이터 축적 목표
- 동일 재배 환경에서 광전환 필름만 교체하여, 다른 작물에 대한 최적의 광학적 환경 구현

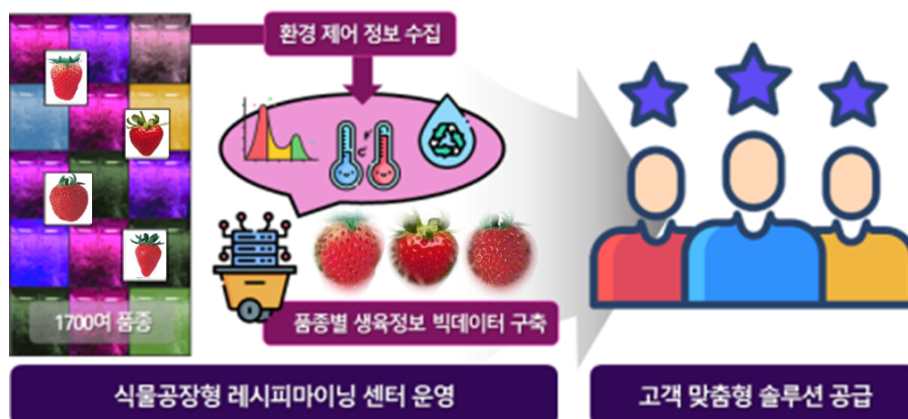
### (2) 품종별/성장단계별 광 레시피

- 같은 작물 내에서도 주요 품종에 따라 생육 결과가 다르며, 성장 단계의 구분에 따라서도 달라짐
- 데이터 수집 체계에 따라 환경 데이터 및 광원 데이터를 수집하고 딸기 성분 분석 결과를 기반으로 최적 환경 데이터 구축
- 누적 품종수 40종, 누적 Cycle 132회 가량으로 생육 DB 구축 진행 중

Stage	Temperature (°C, day/night)	Humidity (%, day/night)	PPFD ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )	Photoperiod (hours, on/off)	CO <sub>2</sub> (ppm)	EC/pH (mS/cm)
Propagation / Transplant	25/15	60-70/50-75	200 (1 <sup>st</sup> week) 300 (2 <sup>nd</sup> week)	14/10	600	0.8-1.0/5.5-6.5
Vegetation	25/10	55-70/40-75	(400-1 <sup>st</sup> week) 600	14/10	800	0.8-1.2/5.5-6.5
Flowering/ Fruit	23/10	50-65/35-70	600	10/14	800	1.0-1.4/5.5-6.5
Harvesting	22/10	50-60/35-60	600	10/14	800	1.0-1.6/5.5-6.5

[그림 12] 성장단계별 광 레시피

- 최종적으로, 축적한 광 레시피 및 데이터 마이닝 스튜디오의 고도화를 통해서, 고객의 요구사항에 맞춤형으로 대응 가능한 시스템 구축



[그림 13] 레시피 마이닝 센터 운영의 최종 목표

## 다) 경쟁사 제품 실증테스트 진행

- 경쟁사 제품(UbiGro, LLEAF)의 광학 특성 비교 시험 및 실제 딸기 작물의 재배 시 영향을 데이터로 검증하기 위해 실증 테스트 진행
- 상주에 위치한 경상북도 스마트팜 혁신밸리의 실증 온실 환경을 활용하여 경쟁사



필름 제품을 설치하고 재배 실증 시험 진행 중(2023.10.~)

: 광량측정계(Apogee Instruments)를 사용하여 측정한 위치별 DLI를 바탕으로 무처리구 2개 구역, UbiGro 필름 처리구 2개 구역, LLEAF 필름 처리구 2개 구역으로 설정하여 288주의 딸기(설향)를 대상으로 실증테스트 진행

: 실증사이트의 온도, 습도, 광량 등 10개 항목의 환경 데이터(Hoogendoorn 환경 제어시스템, 자동 수집)와 초장, 엽장, 엽수 등 5개 항목의 생육 데이터(주 1회 직접 수집)를 수집하여 처리구와 무처리구를 비교

: 12월 이후 과장, 당도, 중량 등 4개 항목의 과실 수량 데이터(직접 수집)를 비교하여 처리구와 무처리구 수확과의 품질 비교를 진행할 계획

: 현재 (2023년 11월 말 기준) 무처리구와 처리구(UbiGro, LLEAF)의 생육데이터 비교 결과 처리구의 딸기 생육 상태가 무처리구에 비해 향상되는 경향을 확인

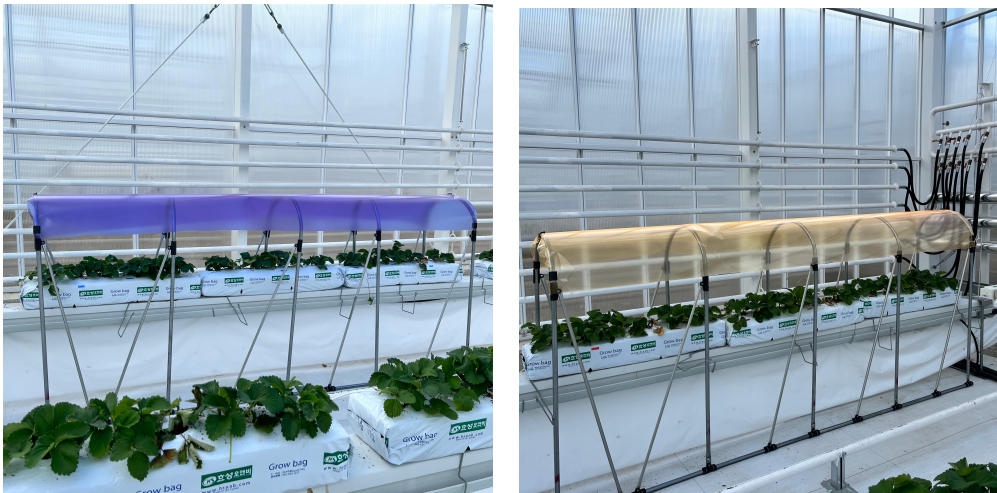


그림 14 재배 실증 시험을 위한 필름 설치 현황



그림 15 재배 실증 시험 진행 현황

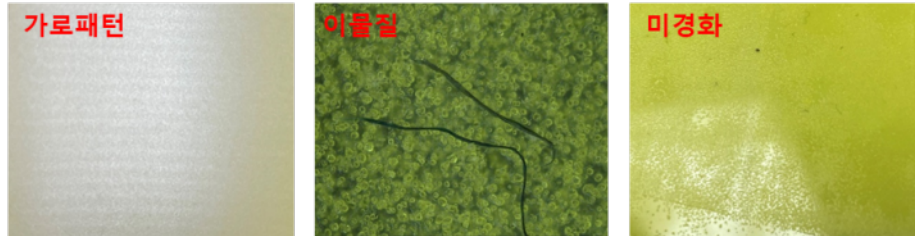


## 2) 형광소재의 필름화 연구 및 시설원예용 대면적 필름화 설계

### 가) 기존 필름 개선점 도출

#### (1) 기존 개발 필름 분석

- 측정 장비를 활용한 기존 필름의 문제점 분석 결과 ① 가로줄 무늬의 패턴 발생 ② 필름 두께의 균일성 부족 ③ 미경화로 인한 표면 끈적임 및 이물질 부착 등을 확인함



[그림 16] 기존 필름의 문제점

측정횟수	1	2	3	4	5	평균	표준편차
두께(um)	103	105	107	120	101	107.2	7.5

[표] 필름의 두께 측정 결과

#### (2) 개선 필요 사항

##### ① 예상원인

- 기존 필름의 가로패턴 무늬 및 두께 불균형은 형광체 입자가 필름 코팅층에 비해 크고 코팅용액의 분산성이 떨어지고, 레진의 높은 점도, 불균일한 mixing 및 기포 발생에 의한 것으로 보임
- 미경화 부분 발생은 경화용 UV의 광량 및 조사 시간 부족, 산소결합으로 인한 경화 반응 방해가 원인인 것으로 파악됨

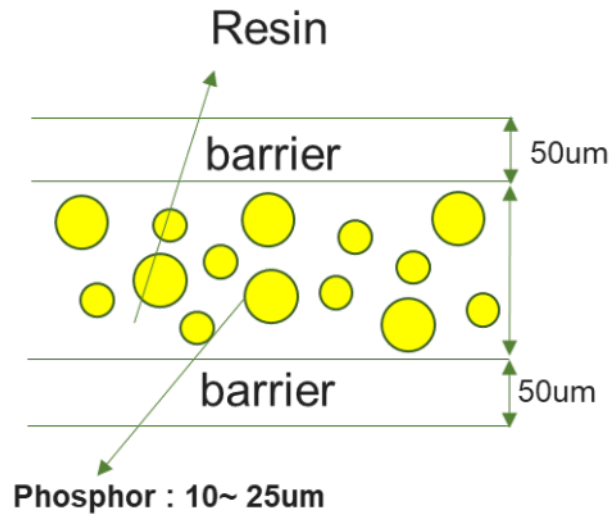
##### ② 해결 방안

- 필름 제조 공정 조건 및 필름 구성 소재 간 비율 최적화 연구
- 코팅 용액의 균질화를 위한 Paste mixer를 적용 공정개발
- 경화시간 최적화 연구 및 광원 형태/광량/조사시간 최적화 검토
- UV 경화 전 열풍 건조 처리를 통한 경화 공정 개선 연구
- 분산성 및 균일성을 개선하기 위해 소립자 형광체 적용 연구, Coating 용액제조에 필요한 저점도 레진 적용 연구
- Coating 층의 보호를 위한 합지공정 연구(이형지, PE, OCA 광학필름 등)

### 나) 필름 설계 및 제조 공정 개선

#### (1) 소재 및 구조 설계

- 기존의 형광 소재의 경우 23um, 15um 등 크기로 크기가 커 수 마이크로 또는 수백 나노 크기의 형광체를 합성하여 분산성 개선 및 필름 성능 개선 DOE 설계
- 필름의 구조는 PET 원단 위에 Phosphor와 Resin이 섞인 Coating층을 올리고 추가로 PE, OCA 혹은 이형지 층 올려 이물질 및 미경화 부분 개선 DOE 설계



[그림 17] 광학필름 구조

(2) 제조 공정 설계

- R2R 장비 양산 시험에 앞서 Lab scale에서의 연구개발을 할 수 있게 Adjustable Applicator Bar로 Baker와 doctor blade 테스트하고 선정하여 내부 실험실용 장비 설계 및 구축
- 장비의 Coating 속도에 따른 필름 외관 상태, 두께 변화 및 균일성 경향성 연구
- Bar 높이 조절에 따른 Coating 두께 변화, 필름 외관 상태 경향성 연구
- Coating 용액 Mixing 조건 변경실험으로 mechanical stirrer 및 Paste Mixer 적용 최적화 DOE 설계
- 경화 공정 개선을 위해 UV 경화시간에 따른 경화 정도 경향성 연구
- R2R 장비에서의 미경화 부분 개선을 위한 열풍 건조 적용 실험 및 Coating 속도 조절 통한 UV 경화시간 증가 실험

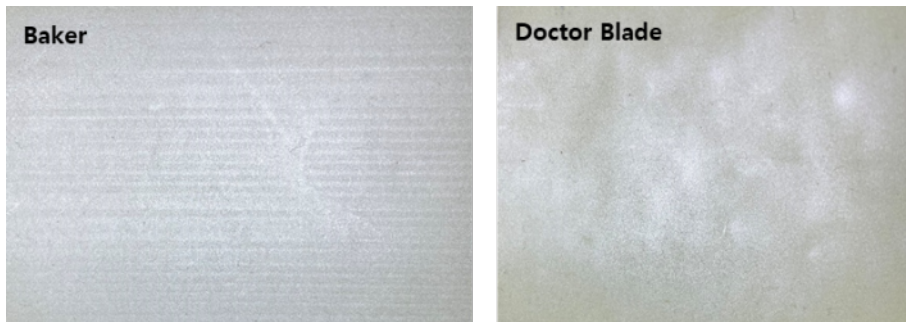
(3) 조건 시험 결과

① 내부 연구시설에서 진행한 용액 공정의 개선 시험 결과

- 내부 연구개발용 장비 Adjustable Applicator Bar로 Baker와 doctor blade 테스트 진행하였으며 doctor blade의 경우 coating액 닿는 부분이 평면이며 코팅 시 불균일하게 파도처럼 패턴이 형성되며, Baker의 경우 coating 액 닿는 부분이 실제 R2R 장비와 같은 원기둥 형태이며 코팅 결과 실제 제품과 유사한 가로패턴 무늬를 보여 내부 연구개발용 Bar로 적합함

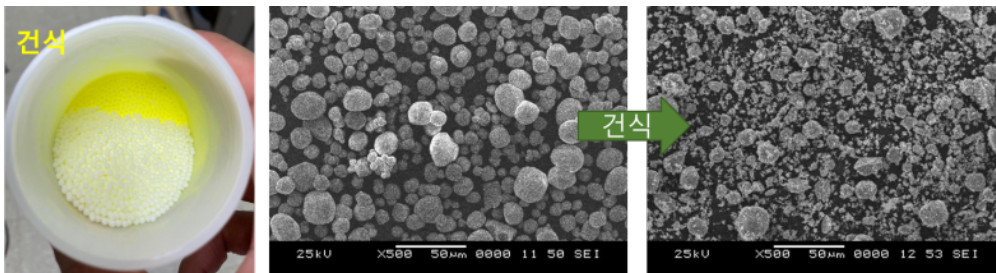


[그림 18] Baker와 Doctor Blade bar 사진

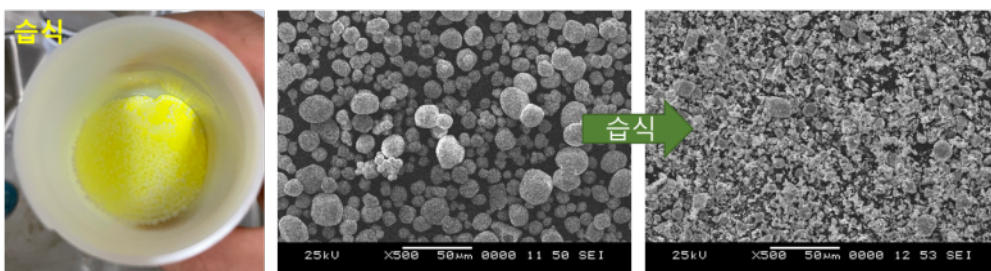


[그림 19] Baker과 Doctor Blade 활용 코팅필름 표면

- 형광체 입도 제어를 위해 Zirconia Ball을 이용하여 형광체 분쇄 조건(Zirconia Ball 양, 건식 및 습식 분쇄) 실험을 통해 수백 나노미터 형광체 제조 기술 확보


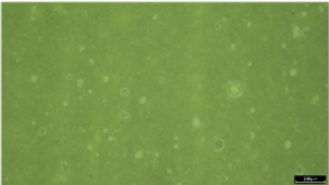


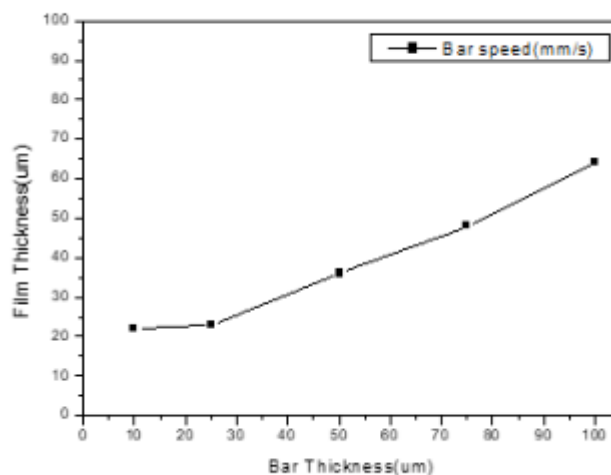
[그림 20] 건식분쇄를 통한 수백나노미터 형광체크기의 SEM 이미지



[그림 21] 습식분쇄를 통한 수백나노미터 형광체크기의 SEM 이미지

- Bar 두께 설정을 10, 25, 50, 75, 100um으로 변화 실험을 진행했으며 50um 이상 기준 설정 두께에 따라 코팅층 두께가 비례함을 확인, 25um 이하에서는 두께 변화가 없고 가로패턴 무늬가 나타남
- 기존이 Micro Size 형광체에서 Nano Size 형광체를 적용함으로써 필름 두께를 줄여 내구성이 향상되고 필름 내 소재 밀도가 올라가 사용량이 현격히 줄어듦. 또한 필름 표면 이물질, Tacky 및 외관 상태가 개선되는 것을 확인하였으며, 결과적으로 나노 형광체 필름 품질 향상 및 제조 기술 확보함.

<b>Lot</b>	SSFA-T210820-1B-a1	SSFB-T210903-1B-a1
<b>특징</b>	Micro size 함량 25%	Nano size 함량 10%
<b>사진</b>		
<b>현상</b>	밀도 낮음	밀도 높음, 표면 개선
<b>비고</b>	ref	



[그림 23] Bar 두께 설정에 따른 Coating 층 두께 변화

[그림 23] Micro & Nano 형광체 필름 Optical microscope 이미지

- ② 대전 테크노파크 코팅 시스템 코팅/경화 공정의 개선 시험 결과
  - 다음과 같은 조건으로 코팅/경화 공정 시험을 진행함

NO	날짜 - 년 월 일	Lot No.	재료 공칭 Factor	coating 공칭			경화 공칭				제단	원치
				Comma head(D/T/P)	UV system(D/T/P)	Dry Oven(D/T/P)						
1	21   7   29	-	재용스펙	~1,200mm, 5~50g/m2(@wet)			14kW x 3 lamp				4 zone	
		SSFA-M210729-1	사용량(g)									
			코팅 두께 설정(um)	70								
			원단 너비(mm)	300								
			원단 두께(um)	50								
			코팅 폭(mm)	260								
			coating 속도(M/min)	5								
			광량(%)				100%	100%	100%			
		온도(°C)										

NO	날짜 - 년 월 일	Lot No.	Factor	Comma head(D/T/P)			UV system(D/T/P)				Dry Oven(D/T/P)			
				Comma head(D/T/P)	UV system(D/T/P)	Dry Oven(D/T/P)								
2	21   7   29	-	재용스펙	~1,200mm, 5~50g/m2(@wet)			14kW x 3 lamp				4 zone			
		SSFA-M210729-2	사용량(g)											
			코팅 두께 설정(um)	70										
			원단 너비(mm)	300										
			원단 두께(um)	50										
			코팅 폭(mm)	260										
			coating 속도(M/min)	3										
			광량(%)				100%	100%	100%					
		온도(°C)												

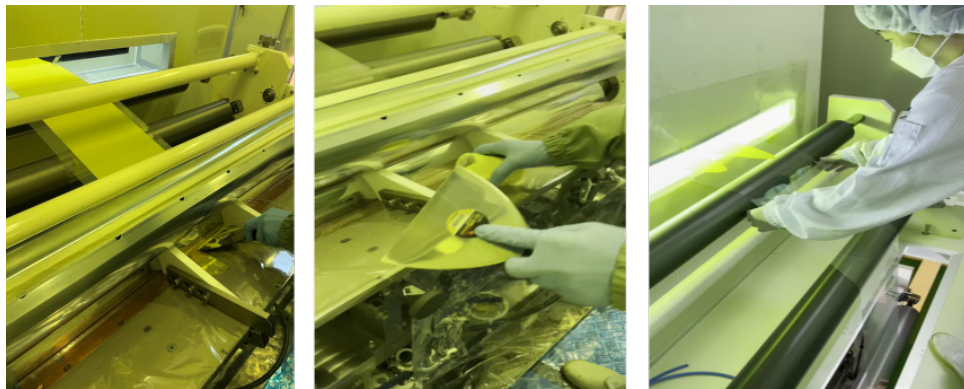
[그림 24] 파일럿 스케일 코팅 공정 시험 조건

NO	날짜 - 년 월 일	Lot No.	Factor	Comma head(D/T/P)			UV system(D/T/P)				Dry Oven(D/T/P)			
				Comma head(D/T/P)	UV system(D/T/P)	Dry Oven(D/T/P)								
3	21   7   29	-	재용스펙	~1,200mm, 5~50g/m2(@wet)			14kW x 3 lamp				4 zone			
		SSFA-M210729-3	사용량(g)											
			코팅 두께 설정(um)	70										
			원단 너비(mm)	300										
			원단 두께(um)	50										
			코팅 폭(mm)	260										
			coating 속도(M/min)	5										
			광량(%)				100%	100%	100%					
		온도(°C)												

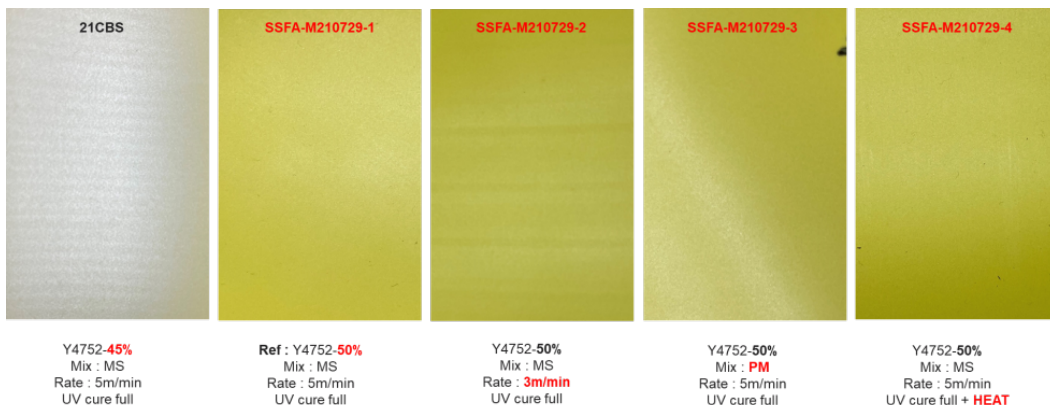
NO	날짜 - 년 월 일	Lot No.	Factor	Comma head(D/T/P)			UV system(D/T/P)				Dry Oven(D/T/P)				
				Comma head(D/T/P)	UV system(D/T/P)	Dry Oven(D/T/P)									
4	21   7   29	-	재용스펙	~1,200mm, 5~50g/m2(@wet)			14kW x 3 lamp				4 zone				
		SSFA-M210729-4	사용량(g)												
			코팅 두께 설정(um)	70											
			원단 너비(mm)	300											
			원단 두께(um)	50											
			코팅 폭(mm)	260											
			coating 속도(M/min)	5											
			광량(%)								80	120	120	120	
		온도(°C)													

[그림 25] 파일럿 스케일 코팅 공정 시험 조건



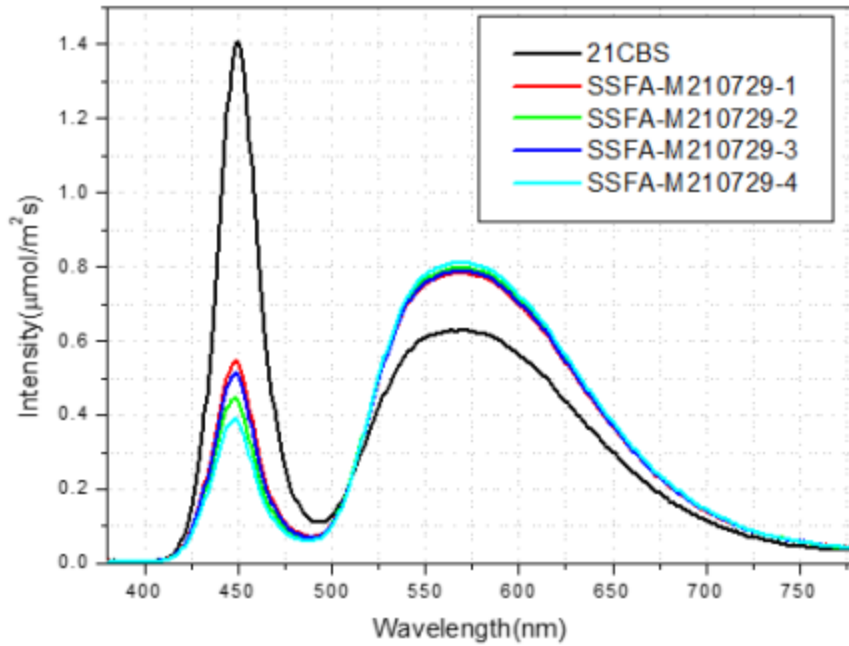
[그림 26] 파일럿 스케일 코팅 시험 공정 사진

- 육안 및 내부 평가 장비 활용 분석 결과, 2>4>3=1 순으로 코팅 품질이 높았음.



[그림 27] 파일럿 스케일 코팅 시험 조건에 따른 필름 외관





[그림 28] 파일럿 스케일 코팅 시험 조건에 따른 스펙트럼 변화

Film Lot	PFD	PPFD	Abs	IQE	um	Wt%	remark
Blue	146.7	146.5	-	-	-	-	
21CBS	130.3	125.3	0.703	0.883	90	45	
SSFA-M210729-1	124.9	118.8	0.875	0.862	82	50	Ref
SSFA-M210729-2	123.8	117.7	0.895	0.857	53	50	3m/min
SSFA-M210729-3	124.6	118.4	0.882	0.861	84	50	PM
SSFA-M210729-4	123.5	117.4	0.907	0.857	78	50	HEAT

[그림 29] 파일럿 스케일 코팅 시험 조건에 따른 광특성 변화

### 3) 복합환경제어 시스템 알고리즘 설계

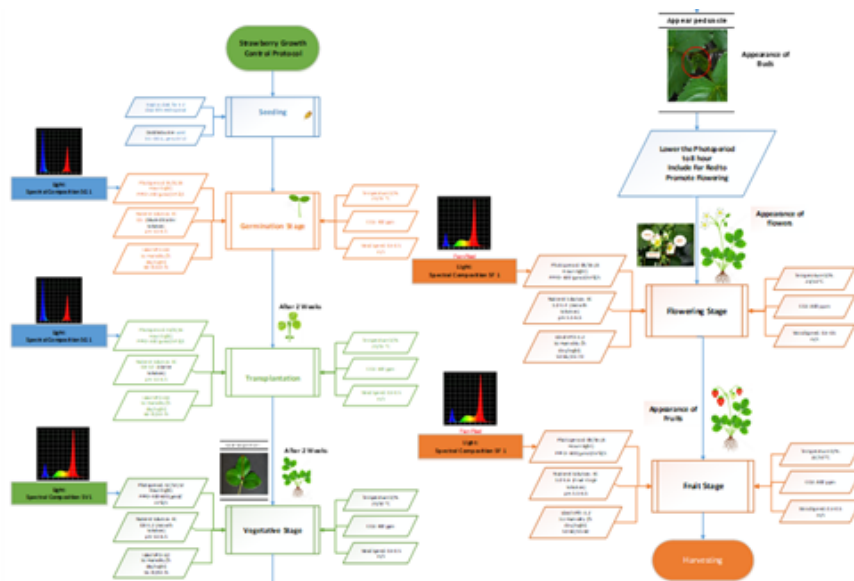
#### 가) 제어목표 설정

- 식물은 종별 생육 단계별로 요구하는 환경이 달라짐
- 식물에 최적화 된 생육을 위해 최적 생육 조건을 탐색하고 그에 따라 제어될 수 있도록 정밀환경제어 로직을 설계함
- 최적 생육환경 탐색을 위해 실험실에 구축된 식물생장상(Growth Chamber)를 활용하여 환경 조건별 Test 진행함

- 원적외선으로 딸기의 개화시기를 당길 수 있다는 기존 연구를 바탕으로 고정광원 및 가변광원 실험함
- 환경의 제어가 가능한 실험실 내 식물성장상(Growth Chamber)의 Test 결과에 따라 작물의 최적 생육 조건을 수립함
- 식물은 종별, 생육단계별 생육환경에 따라 생육이 달라짐. 생육 환경을 제어할 수 있는 식물성장상을 활용하여 Lab 환경에서 성장환경조건별 생육 Test를 통해 최적 제어 조건을 도출하였으며, 이를 바탕으로 생육단계별 최적 환경제어 목표를 설정하였음.

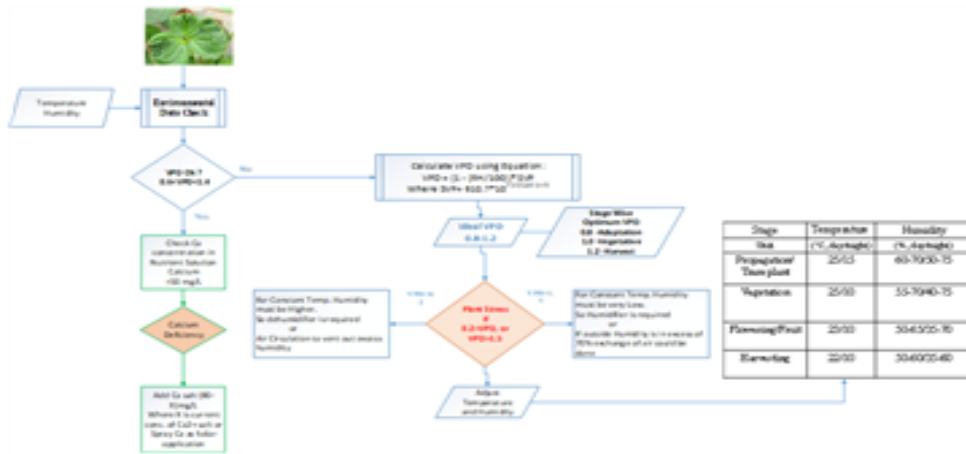
## 나) 제어로직 및 알고리즘 설계

- 생육단계별 식물 내에서 일어나는 주요 생리적 변화의 메커니즘을 정립하였으며, 스트레스 발생을 막을 제어목표를 설정하고, 상황별 제어로직을 설계하였음
- 식물은 각 단계별로 필요로 하는 환경이 다름. 정식 후에는 식물의 활착이 가장 중요한 시기이므로 그에 맞추어 환경을 설정하고, 영양생장기에는 식물의 영양 기관(잎, 뿌리 등)이 크게 성장하는데 적합한 환경을 설정하고 제어하는 것이 중요함.
- 생식생장기에는 꽃이 피고 열매를 맺어 식물의 결실을 얻는데, 딸기의 경우 이 시기의 적절한 환경 조절을 통해 당도, 수량 등 수확물의 상품성을 높일 수 있음.
- 상기와 같이 딸기의 생육 특성을 고려하여 아래와 같이 생육단계별 제어목표에 따른 제어로직을 설계함



[그림 30] 생육단계별 제어목표에 따른 로직 설계

- 생육단계별 광 레시피에 따른 최적 생육에 대한 메커니즘을 정립하였으며, 생육단계별 제어 목표를 설정하고, 상황별 피드백 제어가 가능한 알고리즘을 설계함.
- 광편집 솔루션과의 연계를 위해 현재 광 환경을 분석하는 광학 센서와 연계하여 광 환경에 따른 복합환경의 능동적 피드백 제어가 가능하도록 알고리즘 설계



[그림 31] 제어목표에 따른 피드백 제어 알고리즘 설계

#### 4) 친환경 양자점 후보군 설정

##### 가) 양자점 소재 후보 조사

##### (1) 양자점의 특성

- 양자점(Quantum Dots)은 작은 크기 때문에 독특한 광학적 및 전자적 특성을 나타내는 나노 규모의 반도체 입자임. TV 디스플레이, 혈관 조영제 등으로 활용되는 양자점을 개발한 최초 연구는 관련 3명의 과학자에게 2023년 화학 노벨상이 수여됨. 물질의 광학적 및 전자적 특성은 전자 공학, 소재 공학 및 광학을 포함한 다양한 분야의 다양한 응용처에서 중요한 역할을 수행하고 있음. 카드뮴(Cd) 및 납(Pb) 양자점은 높은 효율성과 잠재력을 갖고 있으나, 카드뮴과 납은 모두 매우 유독한 중금속으로, 양자점에서 방출될 때 건강 및 환경 위험을 야기하는 문제가 있음.



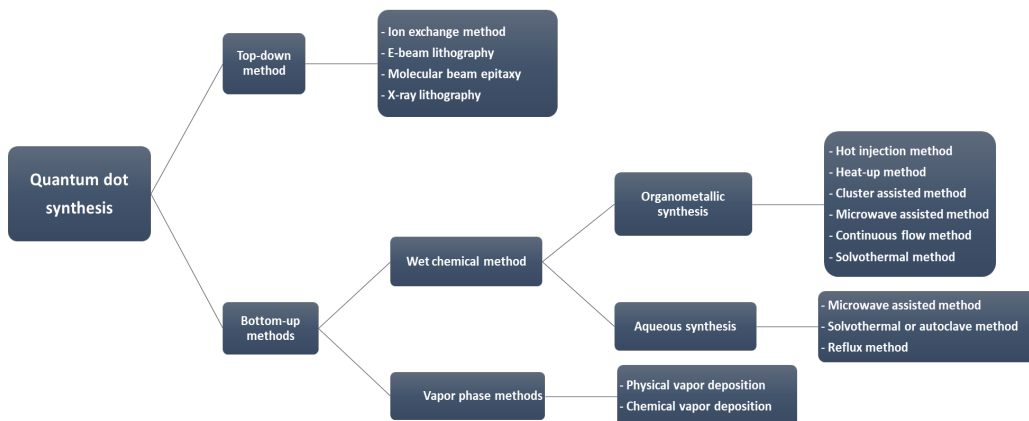
다양한 색상의 발광이 가능한 양자점 소재

- 친환경 양자점은 기존의 유독한 양자점의 단점을 해결하기 위한 대안으로, 환경 친화적인 나노 소재들은 비슷한 광학적 특성과 기능을 제공하면서 인간 건강과 환



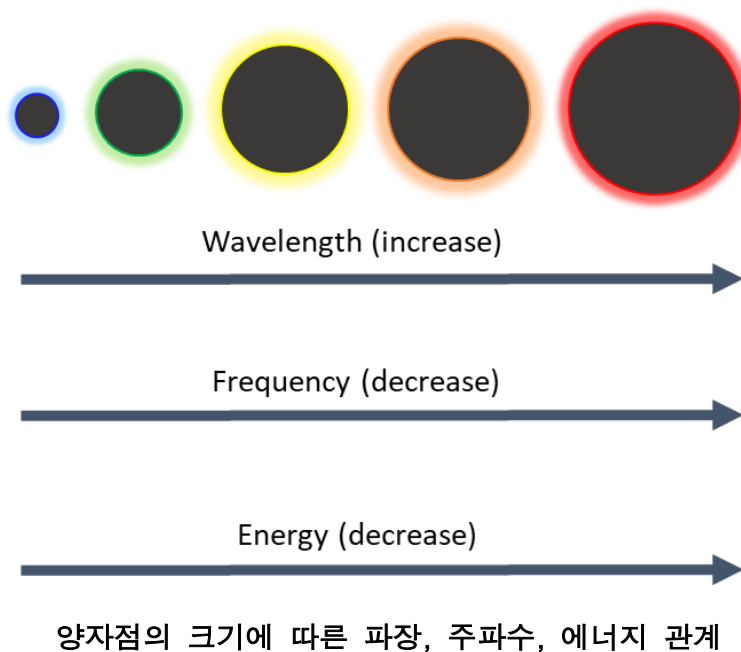
경에 미치는 영향을 크게 줄이기 위해 설계됨. 유해하지 않은 물질을 사용하고 보다 친환경적인 생산 공정을 도입함으로써, 유해한 대안들에 비해 실현 가능하고 더 안전한 옵션을 제공함.

- ① 독성 저감: 환경 친화적인 양자점은 독성이 적도록 설계되어 제조 공정 및 최종 사용 분야에서 안전함.
  - ② 환경 영향 감소: 친환경 양자점의 소재 조성과 생산 공정은 환경 파괴를 줄여 중금속 오염의 위험을 최소화함.
  - ③ 인간 건강에 더 안전함: 이러한 양자점은 연구원, 작업자 및 소비자에게 더 안전하여 건강 위험을 저감시킴.
  - ④ 지속 가능한 자원 사용: 많은 친환경 양자점은 보다 풍부하고 지속 가능한 원소를 사용하여 희귀하고 유해한 물질에 대한 의존도를 낮춤.
  - ⑤ 광범위한 응용 가능성: 독성이 낮아 의료, 에너지 및 전자 기술 등 더 많은 분야에 응용될 수 있음.
  - ⑥ 규제 준수: 친환경 양자점은 최근 전 세계적인 흐름인 엄격한 환경 규제 및 지침에 적합함.
  - ⑦ 향상된 생체 적합성: 일부 친환경 양자점은 생체 적합성을 갖추어 생물 응용과 의료 분야에서 사용할 수 있으며, 생물체에 해를 주지 않음.
  - ⑧ 소비자 신뢰 증대: 친환경 양자점을 활용한 제품은 환경에 민감한 소비자들에게 매력적으로 다가갈 시장성을 높일 수 있음.
  - ⑨ 장기적인 지속 가능성: 양자점의 환경 영향을 줄이는 것으로, 이러한 물질은 기술과 산업의 장기적인 지속 가능성에 기여함.
  - ⑩ 폐기물 처리 우려의 최소화: 친환경 양자점의 독성 저감으로 안전한 처분 및 폐기물 관리 우려를 완화하여 책임 있는 사용이 가능함.
- (양자점 합성) 양자점 합성에는 합성에 사용된 용액에 따라 분류되는 여러 가지 방법이 있음. 여러 유기 및 수용액 기반 전략들이 양자점을 획득하기 위해 개발되었으며, 합성 방법에는 열용해법, 열주입법, 가열 또는 비주입법, 열분해법, 수열법 및 마이크로파 지원 수용액법 등이 있음. 합성을 위해 고려해야 할 사항은 소재, 전구체, 용매, 반응 조건, 리간드, 코어-셸 구조, 표면처리 등 여러 요소가 존재함.



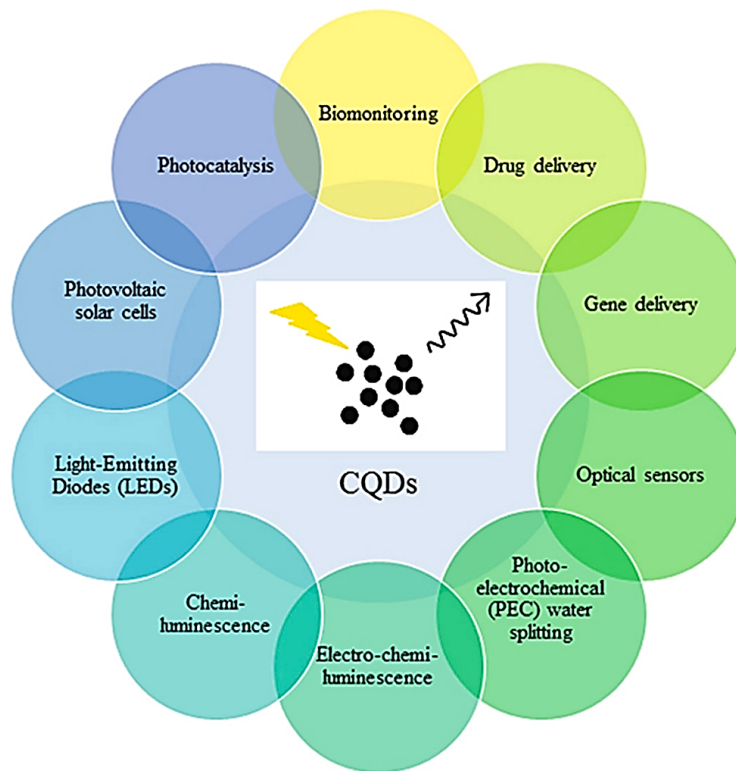
### 양자점의 합성 방법

- (양자점 특성) 양자점이 방출하는 빛의 파장은 그들의 에너지 수준에 반비례함. 에너지가 감소하면 방출되는 빛이 파장이 길어지고, 주파수는 낮아지며, 반대로 양자점의 에너지가 증가하면 방출되는 빛의 파장은 짧아지고 더 높은 주파수를 가지게 됨. 이 관계는 양자점의 중요한 특성이며, 이것은 양자점의 크기와 구성을 변경함으로써 섬세하게 조정이 가능함. 반도체의 '밴드 갭'은 안정 상태에 있는 전자를 자유 상태로 전이하는 데 필요한 최소 에너지를 나타냄. 자유 상태에서 안정 상태로 전이되는 전자들은 밴드 갭과 같은 에너지를 갖는 광자를 방출함. 즉, 밴드 갭이 큰 양자점은 일반적으로 파장이 짧은 빛을 방출하여, 일반적으로 청색 또는 보라색 스펙트럼을 보이며, 비교적 작은 밴드 갭 양자점은 빨간색이나 적외선 범위에서 긴 파장 빛을 방출함. 양자점의 밴드 갭을 제어하는 것은 양자점의 다양한 응용 분야인 표시장치, 센서 및 생체 이미징에 양자점을 활용하기 위해 필수적임.



## (2) 양자점 소재 주요 응용 사례

- 양자점은 다양한 용도로 활용되며, 초고화질 디스플레이, 생체 의료 이미징, 태양 전지, 양자 컴퓨팅, LED 기술, 보안 기능 및 나노기술 주도의 혁신 등 많은 응용 분야에서 사용됨. 또한 양자점은 오염물질 탐지 및 더 효율적이고 정확한 감지 및 모니터링 시스템을 용이하게 하는 환경 응용을 위한 연구가 진행 중임.



양자점의 주요 응용 사례

### (3) 신규 양자점 소재의 개발 목표

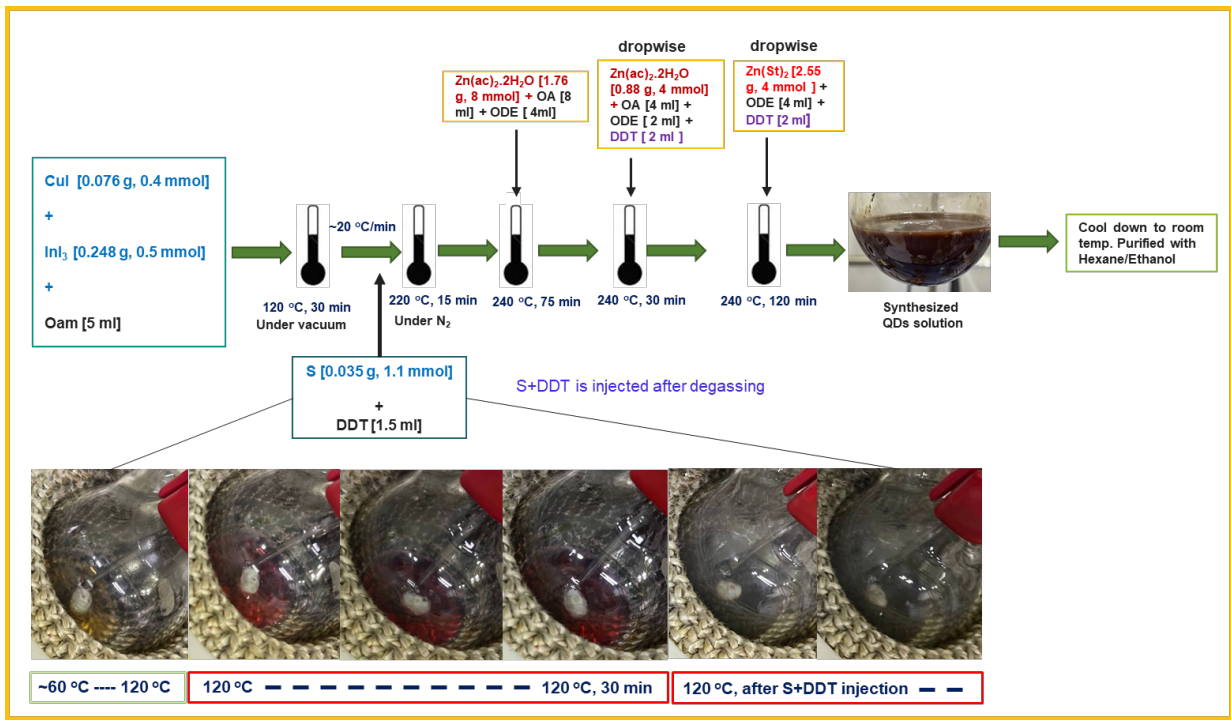
- 신규 양자점의 주요 개발 목표는 저독성, 높은 양자 수율 및 장기적인 열 및 수분 안정성과 같은 필수 특성을 갖춘 카드뮴(Cd)-프리 양자점임. 또한 성공적인 사업화를 고려하여 해당 친환경 양자점의 경제적 실현 가능성을 주요 개발 타겟으로 설정함. 이러한 맥락에서 특정한 양자점 소재 후보군을 선정하여 검토하였음.
- CuInS<sub>2</sub>/ZnS 및 InP 기반 양자점은 엄격한 기준을 충족시켜 카드뮴(Cd)-프리 대안을 제공하며 최소한의 독성을 갖춘 소재임. 이들은 높은 양자 수율을 보증하여 효율적인 광 발산을 보여주며, 장기간에 걸쳐 탁월한 열 및 수분 안정성을 입증함. 이러한 특성은 광전자학부터 의료 이미징까지 다양한 응용 분야에 유망한 소재로 부상함. 게다가 이러한 양자점들의 비용 효율성은 다양한 산업 및 과학 분야의 양자점 연구 분야에서 선두주자로 자리매김하였음.
- 페로브스카이트 양자점과 같은 대안도 후보군으로 고려하여 테스트를 진행함. 해당 소재는 높은 양자 수율을 자랑하며 높은 효율성을 보임. 그러나 안정성과 납의 사용으로 인한 환경 부적합 문제가 있음. 조사의 일환으로, 유망한 독성 금속을 대체하여 양자 수율을 비교하고 미래 잠재력을 탐구하기 위해 페로브스카이트 양자점을 후보군으로 선정하였음. 이 연구는 양자 수율, 안정성 및 환경 영향 사이의 절충안을 다루며, 보다 지속가능하고 효율적인 양자점 기술을 개척하는 길을 열어갈 것을 목표로 함.

표준 조건	필수 사양
비용	낮음
독성	무독성
안정성 운용	열적 안정성
	습기 안정성
확장성	높음
효율성	높음
생산성	높음

## 나) 양자점 합성 테스트 및 결과

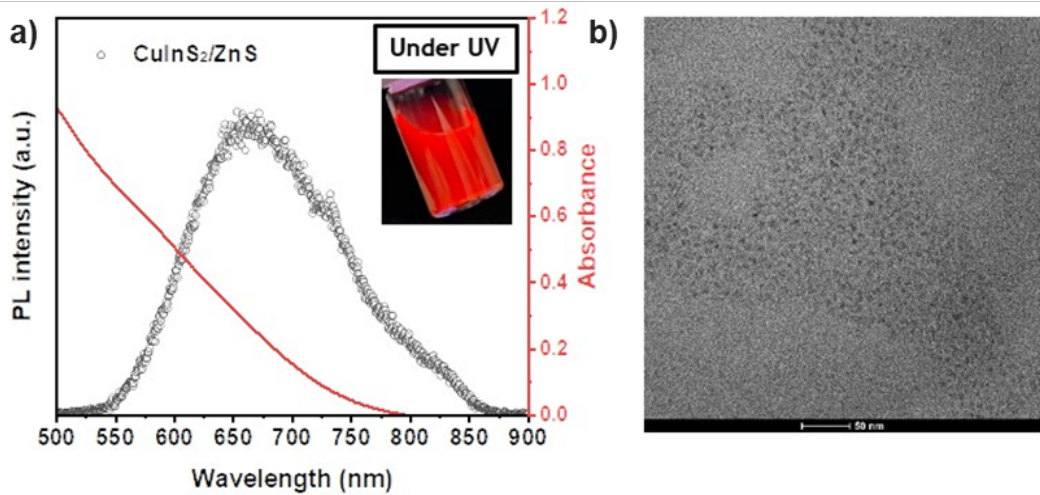
### (1) $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$

- 원료소재 :  $\text{CuI}$  (99.99%),  $\text{InI}_3$  (99.99%), 원소 황 (99.99%), 올렐아민 (OLA) (70%), 1-도데칸티올 (DDT) ( $\geq 98\%$ ),  $\text{Zn}$  아세테이트 다하이드레이트 (Reagent grade), 올레인산 (90%), 1-옥타데센 (90%),  $\text{Zn}$  스테아레이트 (10%–12%  $\text{Zn}$  기준), 헥산 (95%), 에탄올 (99.5%).
- 합성절차  
 주조용액 1은  $\text{Zn}(\text{ac})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (1.76 g, 8 mmol), OA (8 ml), ODE (4ml)를 사용하여 준비됨. 주조용액 2는  $\text{Zn}(\text{ac})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  90.88 g, 4 mmol), OA (4 ml), ODE (2 ml), DDT (2 ml)를 사용하여 준비됨. 주조용액 3은  $\text{Zn}(\text{St})_2$  (2.55 g, 4 mmol), ODE (4 ml), DDT (2 ml)를 사용하여 준비됨. 모든 주조용액은 글러브 박스 내에서 비활성 기체 분위기 하에서 준비하였음.  
 합성 과정은 기존 알려진 방법에서 약간 수정됨(Chem. Commun., 2020, 56, 8285–8288). 먼저 ( $\text{CuI}$  (0.076 g, 0.4 mmol),  $\text{InI}_3$  (0.248 g, 0.5 mmol), 및 Oam (5 ml)이 3구 플라스크에서 합쳐지고 합성 혼합물은 진공 상태에서  $120^\circ\text{C}$ 에서 30분간 침전됨. 이후, 원소 황(0.035 g, 1.1 mmol)과 DDT (1.5 ml)가 첨가되고 온도가 진공 상태에서  $20^\circ\text{C}/\text{분}$ 의 속도로  $220^\circ\text{C}$ 로 서서히 올려지고, 질소 가스 ( $\text{N}_2$ ) 환경에서 유지되었음. 혼합물은 이 온도에서 15분간 유지되었고, 그 다음 온도가 동일한 가열 속도로  $240^\circ\text{C}$ 로 증가됨. 원하는 온도에 도달하면 미리 준비된 주조용액 1이 주입되어 75분간 반응할 수 있도록 하였음. 그 다음 주조용액 2가 점적으로 첨가되고 동일한 온도에서 30분간 유지되었음. 마지막으로, 주조용액 3이 점적으로 추가되고 반응이 120분간 유지되었음. 그 후, 용액을 실온까지 냉각함. 합성된  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$  양자점은 헥산과 에탄올의 혼합용액을 사용하여 반복적으로 원심분리(9000 rpm, 10 분)를 거친 후 헥산에서 재분산되었음.



**CuInS<sub>2</sub>/ZnS 합성 다이어그램 및 합성 과정 중의 색 변화**

- 결과 : 합성된 CuInS<sub>2</sub>/ZnS 양자점은 놀라운 광학적 성질을 보여줌. 이 양자점은 665 nm에서 피크 방출을 나타내었으며, 생동감 넘치는 붉은 빛을 방출함. 반치폭이 151 nm인 방출 프로파일은 좁고 잘 정의된 스펙트럼 피크를 보여주어 정확한 색상을 요하는 응용에 이상적임. 이 양자점은 광량 양자 효율 (PLQY)이 97%로 높은 밝기와 에너지를 가시광으로 효율적으로 전환하는 탁월성을 보여줌. 또한 5nm 미만의 작은 크기는 이 양자점의 다양한 나노 기술 응용에 유리할 수 있음을 보여줌. 특히 다른 QD에 비해 크기가 작은 이 CuInS<sub>2</sub>/ZnS 양자점은 더 조밀하고 효율적인 광학 장치를 위한 잠재성이 있음을 알 수 있음. 방출 파장, 좁은 스펙트럼 폭, 높은 PLQY, 그리고 작은 크기의 결합된 특성은 이 양자점을 다양한 광학 및 전자 재료로의 응용 가능성을 보여줌. 또한, 방출에 대한 정밀한 통제는 딸기 작물 성장을 위해 특히 장파장대 광을 향상하는 온실용 플라스틱 필름의 원천 소재로 포함되기에 적합함.



a) PL 및 UV-visible 스펙트럼    b) TEM 이미지

## (2) InP/ZnSe/ZnSeS/ZnS

- 원료소재 : 아연 염화물  $ZnCl_2$  (99.99 %), 아연 스테아레이트 ( $Zn(St)_2$  기술 등급 (10-12 %)), 올렐아민 (Oam), (기술 등급, 70 %), 트리옥틸포스핀 (TOP, 97 %), 1-옥타데칸 (ODE, 90 %), 및 트리스(디메틸아미노)포스핀 (DMA)3P (97 %) 입니다. 인듐 염화물  $InCl_3$  (99.99 %), 셀레늄 분말 (99.99%, 100 메쉬), 황 분말 (99.998 %), 및 1-도데칸티올 (DDT) ( $\geq 98$  %), 아연 아세테이트 다이하이드레이트 (99.99 %), 오레인산, 기술 등급 (90 %)

### ○ 합성절차

Zn 전구체의 합성: 2 mmol 아연 스테아레이트가 20 ml ODE가 든 3포트 플라스크에 첨가됨. 용액은 80°C에서 30분간 진공처리되어 수분과 산소가 제거됨. 그 후 용액이 색이 없고 맑아질 때까지 온도가 150°C로 상승함. 그 용액은 100°C에서 따뜻하게 유지됨. (0.1 m)

S 전구체의 합성: 0.5 mmol Se 분말이 0.5 ml TOP가 든 플라스크에 첨가되었고 질소 분위기 하에서 용액이 색이 없고 맑아질 때까지 저어짐. (1 M)

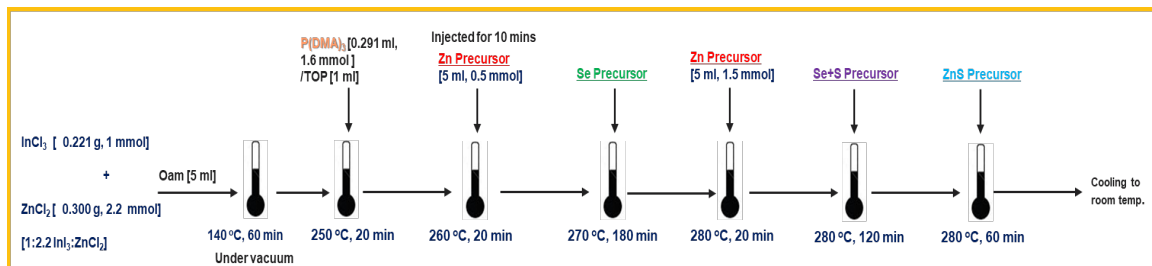
Se+S 전구체의 합성: 1 mmol (Se + S) 분말이 1 ml TOP가 든 플라스크에 첨가되었고 질소 분위기 하에서 용액이 색이 없고 맑아질 때까지 저어짐. (1 m)

ZnS 전구체의 합성: 2 mmol 아연 스테아레이트가 12 ml ODE와 6.6 mmol (1.5 ml) DDT가 든 3포트 플라스크에 첨가됨. 혼합물은 100°C에서 30분간 진공처리되어 수분과 산소가 제거됨. 그 후 용액이 색이 없고 맑아질 때까지 온도가 150°C로 올려짐. 용액은 100°C에서 대기중에 유지됨.

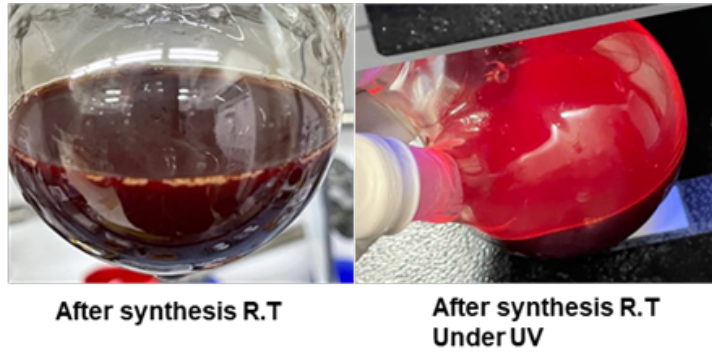
InP 양자점의 합성: 2.2 mmol  $ZnCl_2$ , 1 mmol  $InCl_3$  및 5 ml OLA가 3포트 플라스크에 첨가됨. 혼합물은 140°C에서 60분간 진공처리됨. 그 후 온도가 250°C로 올려지고 1.6 mmol 인 원천이 용액에 빠르게 주입됨. 혼합물은 250°C에서 20분간 반응됨.

InP/ZnSe 양자점의 합성: 얻어진 InP QD 용액이 260°C까지 가열됨. 그 후 0.5 mmol Zn 전구체가 10분 동안 천천히 주입됨. 20분 후, 0.5 mmol Se 전구체가 천천히 주입됨. 반응은 270°C에서 180분 동안 진행됨.

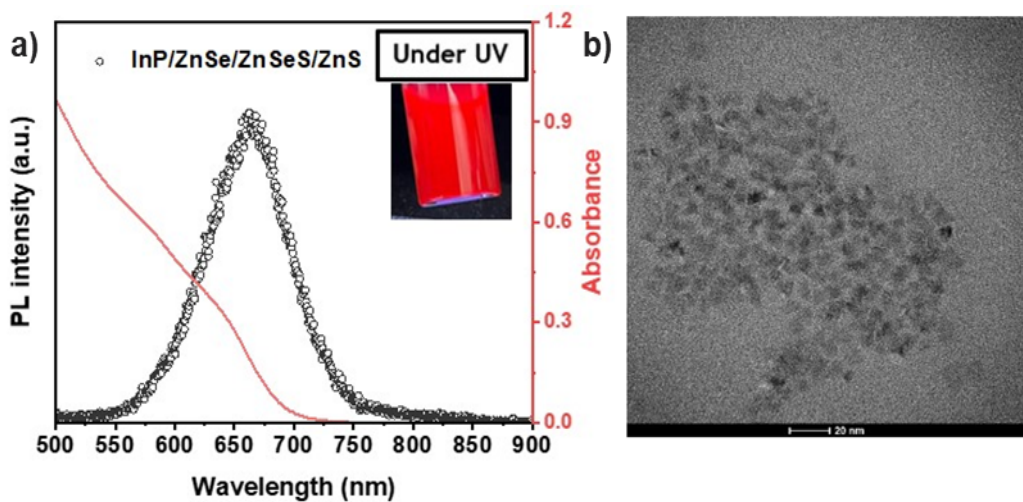
InP/ZnSe/ZnSeS 양자점의 합성: 얻어진 InP/ZnSe QD 용액이 280°C까지 가열되고 1.5 mmol의 Zn 전구체가 천천히 주입됨. 20분 후 1mmol Se+S 전구체가 천천히 주입됨. 반응은 280°C에서 120분 동안 진행됨.





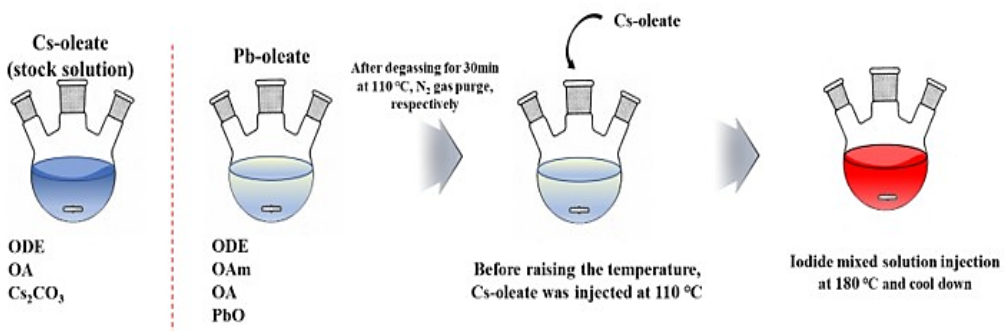


- 결과 : 합성된 InP/ZnSe/ZnSeS/ZnS 양자점은 최대 발광 파장 662nm, 반치폭이 80nm이며, 발광 양자 수율(PLQY)은 29%, 크기는 10nm 미만으로 합성됨.



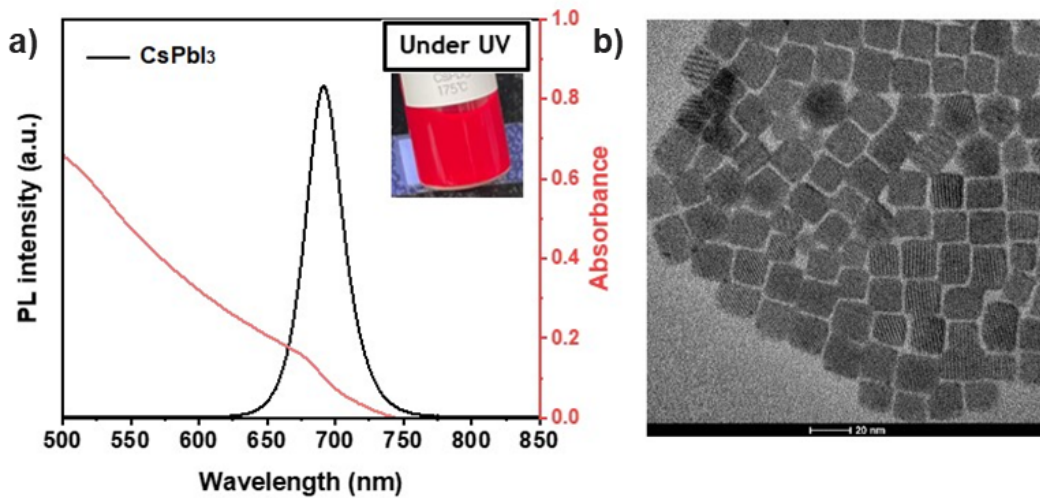
### (3) Perovskite (CsPbI3)

- 원료소재 : 시저륨 탄산염 ( $\text{Cs}_2\text{CO}_3$ ) (99.99%), 올레산 (OA) (90%), 올렐아민 (70%), 1-옥타데센 (90%),  $\text{PbI}_2$  (99%)
- 합성절차 : 할라이드 페로브스카이트 양자점은 열주입법을 통해 합성됨. Pb-올레아트 용액을 포함하는 플라스크를 180°C까지 가열한 후 Cs-올레아트 및 아이오드 용액을 첨가하여 CsPbI3 페로브스카이트 양자점을 합성함. 실온으로 냉각한 후, 양자점은 원심분리로 획득하였음.



- 결과 : 합성된 페로브스카이트 양자 점들은 692 nm의 최대 방출 파장을 나타내었

으며 대역폭은 32 nm이었으며 발광 양자 수율 (PLQY)은 60.3%임. 이들은 15-20 nm 크기의 입방체 모양을 보여줌.



## 다) 결론

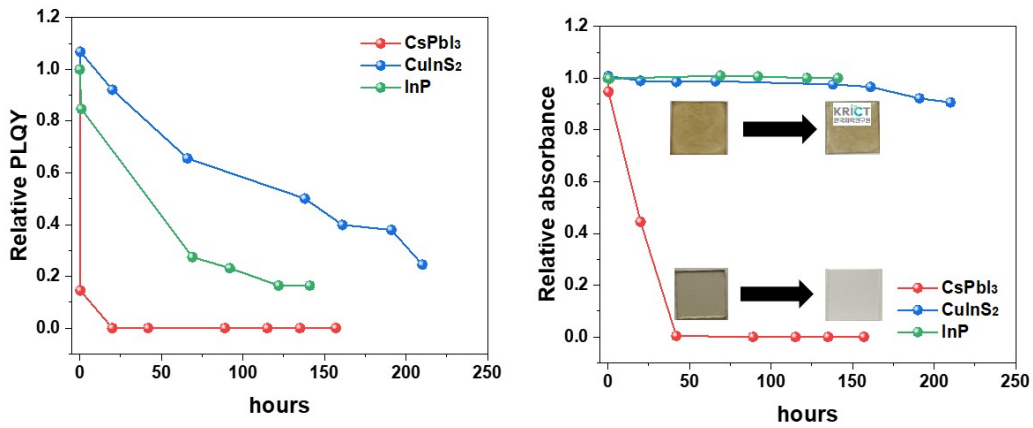
### (1) 성능 평가 결과

- 합성 테스트 결과, 세 양자점 모두 적정 범위의 방출 파장을 나타내었으나, 양자효율 및 반치폭의 면에서 큰 차이를 보였음.

샘플	PLQY (%)	FWHM (nm)	Peak WL (nm)
CuInS <sub>2</sub> /ZnS	96.8	151	665
InP/ZnSe/ZnSeS/ZnS	29	80	663
CsPbI <sub>3</sub>	60.3	32.39	691.89

- 열 안정성 평가 진행 : 합성한 CsPbI<sub>3</sub>, InP, CuInS<sub>2</sub> 양자점 용액을 유리기판 위에 스펀코팅(2,000 rpm, 60 sec)하여 양자점 박막을 형성함. 형성된 양자점 박막을 85°C로 가열된 핫플레이트 위에 올려두고, 시간대 별로 PLQY 변화 측정을 통해 열안정성을 평가함. 150 시간의 열안정성 테스트 결과, 각 소재별로 처음 PLQY의 0 %(CsPbI<sub>3</sub>), 16.5 %(InP), 40 %(CuInS<sub>2</sub>)를 유지하였음을 확인. 시간에 따른 흡수율 변화를 살펴보았을 때 InP와 CuInS<sub>2</sub>의 경우 흡수율에 큰 변화가 없는 반면, CsPbI<sub>3</sub>의 경우 48 시간 이후 흡수율이 0으로 떨어짐과 함께 박막의 색이 투명하게 변하는 것을 확인할 수 있었음. 이는 CsPbI<sub>3</sub> 페로브스카이트 소재가 열에 의해 쉽게 분해되어 나타나는 결과로 생각됨.





CsPbI<sub>3</sub>, InP, 그리고 CuInS<sub>2</sub> 양자점의 열 안정성 평가 결과 (85°C)

(2) 후보군 비교 검토 결과

- 3개 후보군 양자점의 테스트 결과를 비교한 결과, CuInS<sub>2</sub>/ZnS 코어-셸 양자점이 약 97% 근처의 높은 효율과 높은 광루미네센스 양자 수율(PLQY)을 나타내어 가장 효율성이 높은 양자점으로 파악됨. 또한 적정 수준의 반치폭(FWHM)을 제공하며 피크 파장대 적합한 범위임. 고온 상태에서도 탁월한 안정성을 나타냄. 저렴한 비용, 낮은 독성, 조절 가능한 파장 및 놀라운 효율성을 고려할 때, 해당 양자점 소재가 농업용 시설원예용 필름에 적용하기에 이상적이라고 판단됨. 해당 양자점을 활용하여 딸기와 같은 작물 재배용 온실 필름에 응용될 경우, 잠재적으로 생장과 수확을 향상시킬 것으로 기대됨. 이들의 접목은 빛 조건을 최적화함으로써 광합성을 촉진하고 작물 품질을 향상시킬 수 있음. 이러한 양자점들을 온실 필름에 접목함으로써, 특정 식물 성장 단계에 유용한 광 환경의 개선 및 맞춤형 스펙트럼 특성을 기대할 수 있음.

표준 조건	요구 사항	테스트 결과		
		CuInS <sub>2</sub> /ZnS	InP/ZnSe/ZnSeS/ZnS	Perovskite CsPbI <sub>3</sub>
파장	660 - 730 nm	665	663	691.89
PLQY	80-85%	96.8	29	60.3
FWHM	좁은	151	80	32.39
열 안정성	높은	높은	높은	낮은
비용	낮은	낮은	높은	낮은
독성	무해하거나 덜 유독성	낮은	낮은	높은
작동	쉬운	적당한	어려운	쉬운
확장 가능성	Easily scalable	적당한	어려운	적당한
효율성	높은	높은	낮은	적당한

### (3) 결론

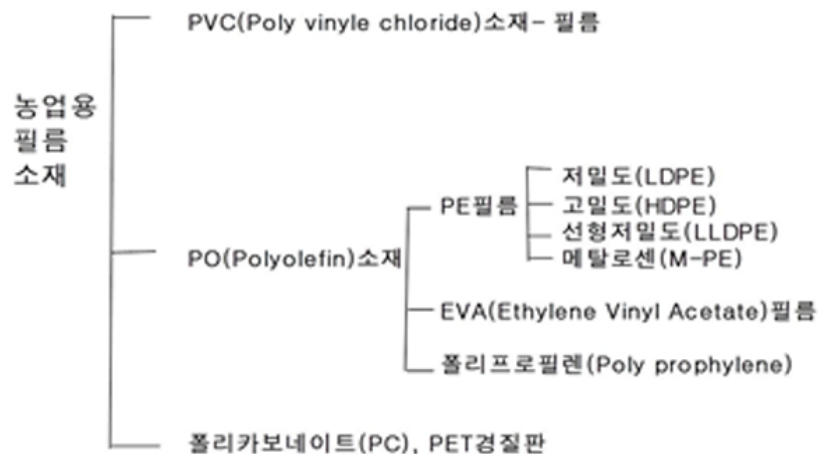
- 현재 개발 목표는 친환경 양자점의 합성, 특히 온실 내 플라스틱 필름에 적용하여 딸기 농작물 생산에 활용하기 위함임. 다양한 양자점들의 철저한 선별을 통해  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ 가 가장 유망한 결과를 보여준 주요 후보임을 확인하였음.  $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ 는 높은 광발광 양자수율(PLQY) 96.8%, 적정 밴드폭(FWHM), 그리고 작물 생산에 적합한 파장에서 빛을 발하는 것을 보여주었으며, 동시에 높은 열안정성을 나타냄. 추가 연구 사항으로는 대량 생산을 위한 제조 공정의 개선과 이러한 양자점을 플라스틱 필름에 포함시켰을 때의 효율성 평가를 진행할 예정임. 동시에  $\text{InP}/\text{ZnSe}/\text{ZnSeS}/\text{ZnS}$  QD의 잠재성 및 타당성 평가가 진행 중이며  $\text{CsPbI}_3$  페로브스카이트 물질의 가능성을 추가 검토할 예정임.
- 앞으로의 연구 방향은 해당 소재의 특성 개선 및 양산화와 함께 추가 소재 검토를 진행할 예정임. 효율성, 최소 독성, 광범위한 이용 가능성 및 경제성 등의 이유로 탄소 양자점의 적용 가능성을 추가 검토할 예정임. 기존 데이터와 진행 중인 연구에서 착안하여, 온실 기술의 혁신과 지속가능성을 위해 지속 후속 연구를 계획하고 있음.

## 5) 협업 체계 구성 및 기술로드맵 설정

### 가) 농업용 필름 기술 및 특허 조사

#### (1) 농업용 필름의 종류

- 농업용 필름은 원단 플라스틱 소재, 목적 및 기능에 따라 다양한 제품이 존재하며, 시설원예, 노지 농업 등 다양한 농업 환경에서 활용되고 있음. 현 과제에서 목표하고 있는 농업용 필름 제품은 가장 큰 시장을 형성하고 있는 시설원예 외피용 필름이며, 해당 제품에 태양광 전환 및 보온, 단열, 산광 등 다양한 효과를 부여한 기능성 제품 개발을 목표로 하고 있음.



[그림 32] 농업용 필름 소재별 분류

- ① (PE필름) 농촌지역에서 가장 흔히 볼 수 있는 즉, 대부분의 비닐은 폴리에틸렌임. 삼중장수비닐이라고 부르는 것도 PE 필름임. 두께는 0.05~1.5까지 다양한 제품들이 여러 제조회사를 통해 출시되어 있음. 두께가 두껍다고 해서 제품의 수명이 더 길어지는 것은 아님. 물론 두꺼울수록 인장강도는 높아지지만 같은 조건으로 이뤄지는 부식은 동일함. 두께에 따라서 질긴 정도 즉 인장강도만 차이날 뿐 세월에 의한 부식수명은 동일함 단, 겹으로 덮을시 비닐층이 달라지기 때문에 좀 더 오래 사용 가능. PE필름은 비닐의 내외층이 있어 안쪽은 물방울 맺침을 줄여주기 위한 유적차단 코팅층으로 되어 있고 중간층은 보온층, 그리고 마지막 외피는 자외선 차단을 위한 UV코팅층으로 이루어짐. 하우스 비닐을 씌울때는 반드시 안팎을 구분해서 씌워줘야 함
- ② (PO필름) PE필름이 단기성 필름이라면 PO필름은 중장기성 필름임. 즉 PE 필름에 비해 수명이 길고 여러층으로 구성되어 있음. 유적차단층-EVA(에틸렌 비닐 아세트)-보온층-UV코팅층으로 되어 있어 보온력과 수명을 모두 늘렸음. PO필름이 예전에는 주로 일본 수입품이 주류를 이루었으나 지금은 국내 회사들도 출시하고 있고, 가격면에서도 일산에 비해 저렴하게 공급하고 있음. PO필름이라고 해서 다 똑같은 것이 아니라 다시 작물의 특성에 맞게 세분화 되어 있어서 수명은 2~7년 정도로 다름
- ③ (직조필름) 직조필름은 말 그대로 섬유조직처럼 필름이 직조방식으로 생산된 필름임. 직조필름은 인장강도가 매우 높아서 좀처럼 찢어지지 않음. 도구를 사용하기 전에는 사람의 힘에 의해서 찢어지지 않을 정도로 강함. 투명도는 떨어지지만 직조방식이라 입체적으로 되어 있어 산광효과를 볼 수가 있음. 즉 빛이 투과될때에 여러각으로 분산되어 투과량은 오히려 높음
- ④ (적색 멀칭필름) 적색 멀칭에서 반사된 과량의 어떤 생산증진 광파장이 딸기, 토마토, 포도, 석류 등을 비롯한 많은 작물을 개선한다는 사실이 밝혀짐. 근적외선 반사를 통한 광합성 향상, 생산성 증가로 국내에서도 기능성 적색 멀칭 필름이 출시되어 현장에서 농산물 품질을 높이는데 각광 받기 시작함. 적색 멀칭필름은 근적외선 유효파장을 반사시켜 피토크롬이라는 식물체내의 색소단백질을 자극해 광합성 작용을 활성화시킴. 특허를 받은 이 필름은 기존 흑, 녹색 멀칭필름의 적색유효파장 반사율보다 더 현저히 높여 광합성 작용을 증가시켜 10~20% 생산성 향상과 1brix 이상의 당도 증가 및 식감을 향상시켜 농가에 고수익을 안겨 줄 수 있음
- ⑤ (생분해성 멀칭필름) 국내 기업 '세진 바이오'에서 개발한 생분해성 멀칭 필름은 논지에서 작물 수확시 비닐을 걷어낼 필요가 없음. 기존 사용하고 있는 LDPE 배색 필름과 유사한 물성을 가지고 있음. 투명과 흑색의 접합면이 분리되지 않는 복합 구조의 필름임. 수확시기에 65%정도 생분해가 진행되어 필름 제거에 소요되는 인건비를 현저히 감소시킴. 또한 고구마 수확 시 수확 하루 전 고구마 넝쿨파쇄기계로 넝쿨을 파쇄한 후 고구마 수확기를 이용하면 원활한 수확이 가능함. 수확 후 토양 로타리 작업을 진행하면 생분해 작용이 촉진됨. 따라서 고구마 수확량이 많은 경기도, 전라도, 경상남도, 제주도에선 주로 사용할 것으로 보임
- ⑥ (광전환 필름) 국내기업인 '상진'회사는 자외선의 빛을 식물에 적합한 청색과 및 적색광으로 전환시켜 주는 광전환 필름임. 이 필름은 보온성이 뛰어나고 온실 내에 방출되는 적외선과 복사열을 잡아 두어 다른 필름에 비해서 온도 상승 효과가 좋음. 필름에 첨가된 특수 물질로 인해 산화 및 세포 성장을 억제하는 자외선 빛을

청색광으로 전환시켜 광합성을 활발하게 함. 색소에 의해 흡수되는 불필요한 녹색광을 광합성과 꽃의 개화 및 신장, 당도에 영향을 주는 적색광으로 전환시켜주는 기능이 있음. 신소재 기술을 적용하여 광 투과율이 높음. 적용 가능한 작물로는 패소류, 화훼류, 과채류 등이 있음

- ⑦ (ETFE필름) ETFE 필름은 유리보다 훨씬 가볍지만 빛과 자외선 투과율은 훨씬 높은 특성으로 인해 수년 전부터 온실 피복재로 각광 받고 있음. 실제로 빛 투과율에 있어서 폴리에틸렌, 폴리카보네이트, 아크릴 글레이징 등 일반적으로 사용되는 다른 커버링보다 우수하며 다른 재료들과 달리 ETFE 필름은 태양광의 전체 스펙트럼이 재배 지역까지 통과할 수 있도록 해줌. ETFE 필름은 반사율과 굴절율이 매우 낮아 필요한 경우 이용 가능한 빛과 자외선의 전체 스펙트럼을 효과적으로 사용할 수 있음. ETFE 필름은 다양한 색조와 유형으로 제공되므로 응용 분야에 맞는 특정 파장 범위에서 원하는 빛을 제공하는 필름을 얻을 수 있음. 이러한 이유로 ETFE 필름은 대마초, 화훼 식물과 같은 고부가가치 작물과 가지, 딸기, 흑미, 검은콩 등과 같은 안토시아닌이 필요한 작물을 재배하는 데 이상적인 부재임

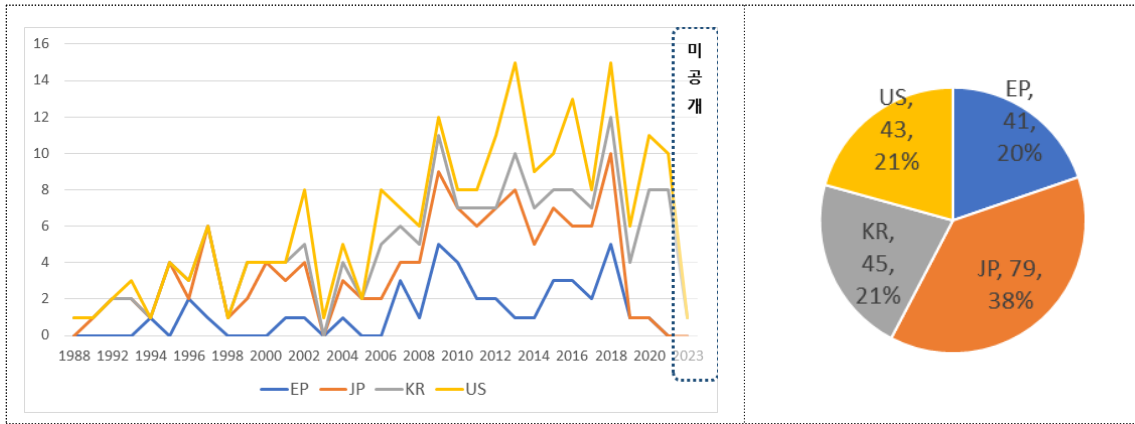
## (2) 농업용 필름 특허 분석

- (분석 배경) 광변환 그린하우스 필름은 플라스틱 필름에 형광 물질을 첨가하여 비활성 태양광 성분을 광합성에 적합한 광선으로 바꿀 수 있게 한 농업용 플라스틱 필름으로, 이 필름을 사용하면 작물의 생산성 향상, 경작 기간 단축, 그리고 에너지 절약을 도모할 수 있으므로 1990년대부터 그 개발에 관심을 갖기 시작하여 아직도 원가절감 및 내구성 개선을 위한 개발이 지속되고 있는 흥미로운 연구 분야의 하나임. 2006년 한미 FTA 체결 협상에 따라 미국 등 선진국에 비해 농업 생산성의 경쟁력을 시급히 개선해야 하는 상황이나, 국내의 경우 사계절이 뚜렷하여 겨울철 농작물, 원예 등의 생산은 비닐하우스 재배에 의존하고 있으나 에너지 비용의 증가로 인해 생산 단가에서 경쟁력을 갖추기 어려운 실정임. 현재 에너지 절약형 그린하우스용 필름은 거의 수입에 의존하는 상황이므로 국내 농업의 경쟁력을 확보하기 위해서는 광변환 소재의 국산화와 에너지 절감 차원 뿐 아니라 작물의 최적 성장 조건을 제공하는 그린하우스용 필름의 개발이 시급히 요구되고 있음
- (분석 목적) 본 보고서에서는 궁극적으로 에너지 절감과 작물의 최적 성장을 위한 그린하우스용 광변환 필름 기술의 개발을 전제로 특허동향분석을 실시함. 이를 위해 표제 기술의 전반적인 특허출원동향 및 국가별 기술경쟁력 등을 분석하고, 최근에 이슈되는 부상기술과 국산화 대상기술 등을 도출하여 전략적인 연구개발 계획 수립에 활용할 수 있도록 함으로써 중복연구를 방지하고 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보를 제공하고자 함.
- (분석 범위) 본 분석에서는 그린하우스에 이용되는 다양한 필름 소재 중 특히 최근에 각광을 받고 있는 "ETFE"와 "PO" 소재의 필름을 대상으로 분석을 실시하되 소재에 상관없이 농업용 "광변환" 필름을 보완적으로 분석함으로써 대상기업에게 보다 직접 연관성이 있는 특허정보를 제공하고자 하였고, 이를 위해 조사일 기준으로 전 기간에 걸쳐 출원공개 된 한국, 일본, 유럽 및 미국의 공개특허와 인터넷 등의 조사결과를 분석 대상으로 함.

### ① 국가별 Landscape

### ①-1. 농업용 ETFE 필름의 특허출원동향

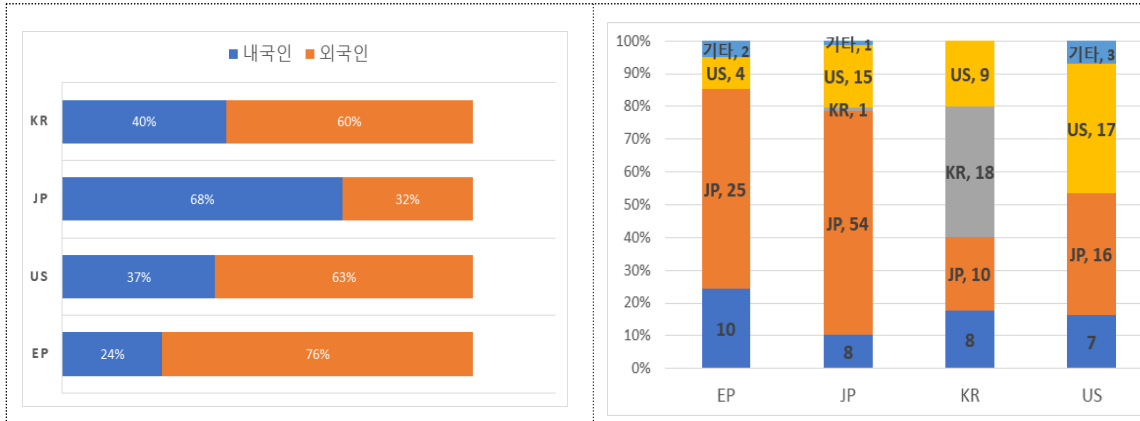
#### (가) 연도별/시장별 출원동향



ETFE 필름 분야의 연도별/시장별 출원동향

- 농업용 ETFE 필름 기술에 대한 미국특허청, 유럽특허청, 일본특허청, 한국특허청의 특허출원 건수를 조사하여 연도별 증감 추이 및 각국 특허청 별 출원 볼륨을 분석함. (여기서 각국 특허청이라 함은 각국의 해당 기술분야 시장으로 해석 가능)
- ETFE 필름은 40여 년 전에 미국의 Du Pont에 의해 항공우주산업을 위한 불활성 코팅 재료로 개발이 시작되었지만 농업으로 적용 분야를 넓혀 특허출원이 이루어진 것은 그로부터 약 15년 후인 1998년도부터로 볼 수 있음
- 농업용 ETFE 필름은 최근 10년간 평균으로 연간 약 50여 건이 특허출원되고 있는 바, 비농업용 ETFE 필름 기술에 비하면 연구 활동이 활발한 수준은 아니지만 매년 꾸준한 성장세를 보여 주고 있으므로 향후에도 R&D 투자는 지속적으로 증가할 것으로 예상됨
- 전체 출원동향에서 미국 특허청으로의 출원 활동이 가장 활발해 보이지만 실제로는 일본 기업이 미국 특허청에 다수 출원한 결과이며, 전 세계의 농업용 ETFE 필름은 일본 기업에 의해 약 50% 이상의 R&D가 이루어지고 있음 (총 208건 중 일본 국적 출원 105건)
- 한국 특허청에 2001년부터 특허출원이 이루어졌지만 출원 초기에는 외국 기업에 의해 주도된 것이며 국내 기업인 엘지화학, 롯데케미칼 등이 본격적으로 특허출원을 개시한 것은 불과 5년 전인 2018년이므로 국내 기업의 R&D 개시는 선진 기업들에 비해 20년 이상 늦었다고 볼 수 있음

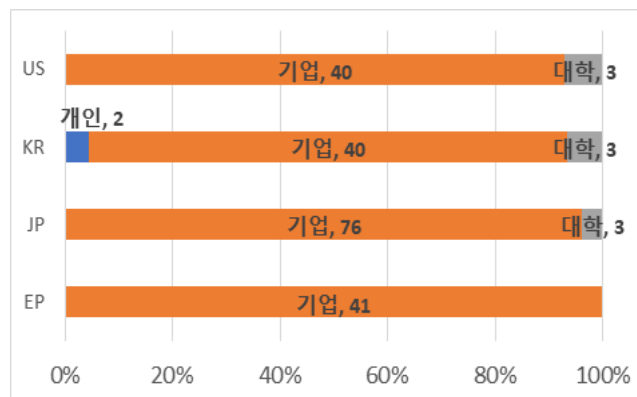
#### (나) 내/외국인 출원동향



ETFE 필름 분야의 내외국인 출원동향

- 농업용 ETFE 필름 기술에 대하여 각국 특허청에 특허출원한 출원인의 국적을 내국인과 외국인으로 구분함으로써 각 국가별로 외국인 출원의 불륨이 가지는 의미를 분석함
- 일본 시장은 자국 기업에 의해 약 70%의 특허출원이 집중되고 있지만 타 산업에 비교할 때 해외 기업들의 출원 비중이 상대적으로 높은 수준임을 감안하면 아직 일본 기업에 의해 시장 장악이 확실히 이루어지지 않아 아직 외국 기업에게도 기회가 있는 시장으로 볼 수 있음
- 미국 시장과 유럽 시장은 큰 시장 규모로 인해 자국 기업의 출원보다는 전 세계 외국 기업의 출원이 다수 이루어지고 있는 바, 타 산업과 마찬가지로 전형적인 양상을 보여주고 있으며, 다만 미국 및 유럽 시장에 출원한 외국인은 대다수가 일본 기업이라는 점이 주목할 만함
- 한국 시장은 아직 토종 기업의 특허출원 비중이 50%를 넘지 못하면서 절대 건수도 매우 적은 상태로서 시장 규모가 작음에도 불구하고 외국 기업의 출원 비중이 높다는 것은 한국 기업들의 R&D 활동이 아직 궤도에 오르지 못했음을 방증하는 것이므로 향후 적극적인 R&D 투자가 요구되는 상황임

(다) 국가별 출원인 유형

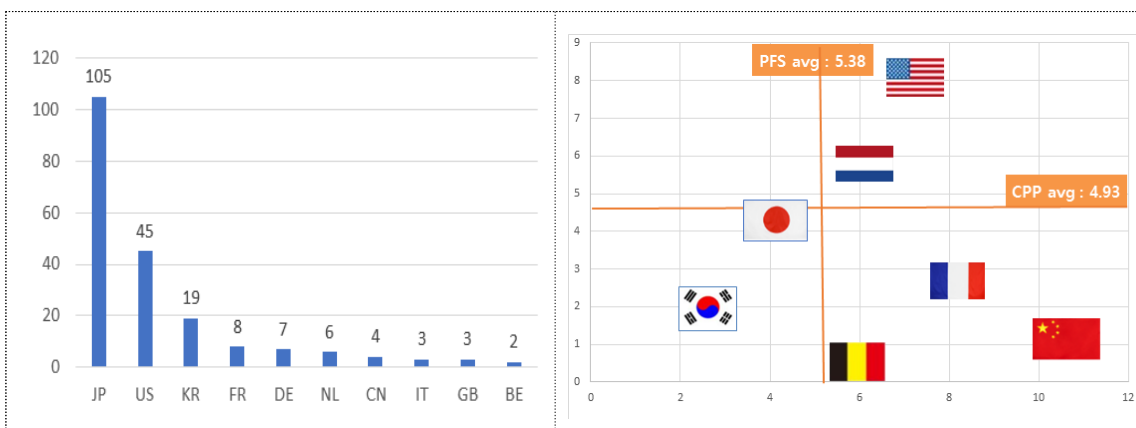


ETFE 필름 분야의 시장별 출원인 유형

- 농업용 ETFE 필름 기술에 대한 각국 특허청의 출원인 유형을 개인/기업/대학/연구소로 구분함으로써 국가별로 해당 기술이 대학 또는 연구소에 의한 기초기술 개발 단계에 있는지 또는 기업에 의한 시장 출시용 응용기술 개발 단계인지를 추론함
- 4개국 모두 기업에 의한 특허출원이 90% 이상을 차지하고 있는 바, 이는 i)ETFE 소재 자체의 발견과 기초적인 연구는 이미 완료된 상태에서 농업 시장에 커스터마 이징하기 위한 응용 기술 위주로 R&D가 진행되었음을 시사하고, ii) 농업용 ETFE 필름은 소재 개발 및 제작에 적지 않은 투자와 전문 인력이 요구되는 전형적인 기 업 주도의 R&D 영역임을 시사하고 있음
- 농업용 ETFE 필름 기술의 차별화를 위한 실험적 개발은 대학에 의해 수행되었을 가능성이 높은 바 국가별로 TOKYO UNIV OF AGRICULTURE & TECHNOLOGY(JP), NORTH CAROLINA STATE UNIV.(US), 서울대학교(KR) 등의 대학들이 확인됨

**(라) 출원인 국적 및 특허경쟁력**

- 전체 특허출원에 대한 출원인의 국적을 상세 조사하여 농업용 ETFE 필름 기술에 대한 국가별 R&D 활성 수준을 비교하는 한편, 특허의 인용수(내가 참고한 다른 선행기술 개수)와 피인용수(타인이 내 기술을 인용한 횟수)를 제공하는 미국등록특 허를 기준으로 주요 국가별 보유특허의 기술적/시장적 관점에서 특허경쟁력을 분석함



**ETFE 필름 분야의 출원인 국적 및 특허경쟁력**

- 전 세계의 농업용 ETFE 필름은 ASAHI KASEI, DAIKIN, AGC 등 일본 기업에 의 해 약 50% 이상의 R&D가 이루어지고 있으며(총 208건 중 일본 국적 출원 105 건), 그 뒤를 미국과 한국 기업이 뒤쫓고 있는 양상임
- 그림 2-4의 오른쪽 그래프에서 x축은 보유특허의 기술적 경쟁력을 가늠하기 위한 인용도지수(CPP)를 나타내고 y축은 보유특허의 시장적 경쟁력을 가늠하기 위한 시장확보지수(PFS)를 나타냄



- 인용도지수(CPP)가 높다는 것은 나보다 늦게 출원한 다른 특허에서 나를 참고문헌으로 인용한 횟수가 많다는 것을 의미하며 이는 결국 나의 특허가 원천기술에 가까운 것으로서 기술적 경쟁력은 상대적으로 높다고 일응 추론할 수 있음
- 시장확보지수(PFS)가 높다는 것은 하나의 기술에 대하여 많은 국가에 특허출원을 진행했음을 의미하며 특허는 보호받고자 하는 나라마다 출원해야 한다는 속지주의의 관점에서 볼 때 이는 결국 더 많은 시장에 진출하기 위해 필요한 중요 특허를 다수 보유하고 있음을 시사함
- 일본은 농업용 ETFE 필름 기술의 과점적인 R&D 주체임에도 불구하고 인용도지수는 4.4이고 시장확보지수 역시 4.1로서 평균 수준보다 다소 낮은 것으로 분석됨. 일본의 경우 지수 분석의 분모로 들어가는 미국등록건수 자체가 크기 때문에 실제로는 기술적, 시장적 경쟁력이 높은 특허를 보유하고 있음에도 불구하고 통계의 오류로 인해 블라이드된 부분이 있음을 감안해야 함
- 미국의 인용도지수는 8.4이고 시장확보지수는 7.2로서 기술적 경쟁력과 시장 경쟁력은 평균 수준보다 매우 높은 것으로 분석됨. Dupont이나 3M과 같은 글로벌 기업들은 특허 한 건을 내더라도 타사에 앞선 원천적 기술에 관한 특허를 내는 한편, 다국적 기업인만큼 주요 시장국에 다수의 패밀리 출원을 진행한 것으로 볼 수 있음
- 네덜란드의 인용도지수는 5.1이고 시장확보지수는 6.7로서 기술적 경쟁력과 시장 경쟁력은 평균 수준보다 미국 다음으로 높은 것으로 분석되는 바, 이는 SABIC Global Technologies(NL)의 특허출원에 의한 것임,
- 그 외에 독일, 프랑스, 중국은 상대적으로 높은 인용도지수를 가지지만 시장확보지수는 낮은 편에 속하므로 주로 고품질 특허를 자국 위주로만 출원한 것으로 일응 추론되며 국가별로 각각 BASF(DE), SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE(FR), NINGBO RADI-COOL ADVANCED ENERGY TECHNOLOGIES CO., LTD.(CN)에 의해 출원이 주도됨

□ 인용도<sup>8)</sup> 지수(CPP, Cites Per Patent)

○ 의미

미국등록특허를 대상으로 분석가능하며, 특정 등록특허가 다른 특허들에 의해 인용된 횟수를 나타냄. 특허권자의 입장에서 이 값이 클수록 질적 수준이 우수한 특허를 보유하고 있을 가능성이 높다는 것을 의미하며 많이 인용되는 특허를 가진 특허권자는 경쟁에서 유리한 위치를 차지할 수 있음

$$CPP = \frac{\text{등록특허의 피인용횟수}}{\text{등록특허 건수}}$$

○ 활용방법

CPP값이 클수록 질적 수준이 높은 핵심특허 또는 원천특허를 많이 보유하고 있을 가능성이 높다고 판단

□ 시장확보지수(PFS, Patent Family Size)

○ 의미

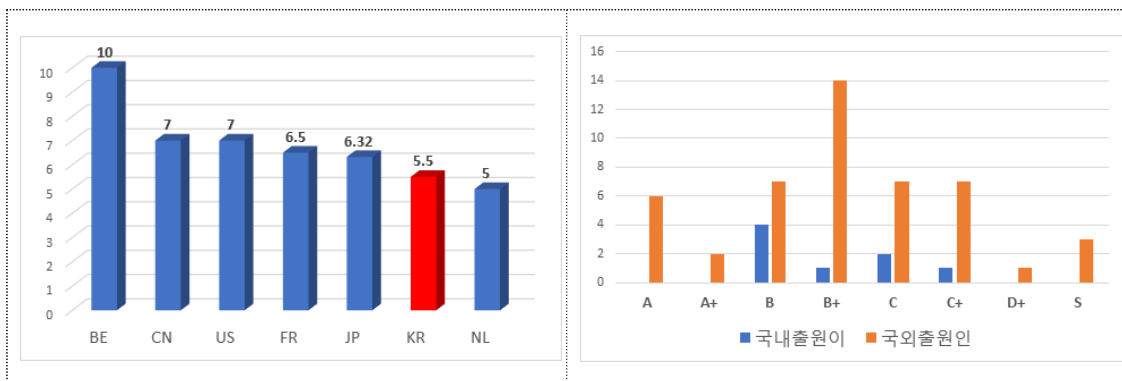
한 발명에 대해 각 국가마다 출원된 특허를 Family patent라 지칭함. 해당국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용

$$PFS = \frac{\text{해당출원인(소유권자) 평균 Patent Family수}}{\text{전체평균 Patent Family수}}$$

○ 활용방법

출원인국적별 패밀리수를 분석하는 것은 기술보유국 중 여러 시장에서 기술개발활동을 하는 국가가 어디인가를 나타냄으로, 해당 기술 분야에서 글로벌 시장을 타겟팅한 연구개발분야가 무엇인지를 파악 가능

(마) 국내 특허출원의 국가별 질적수준



내외국인 특허 질적수준 비교

8) 피인용수가 높다는 것은 많이 인용된다는 것을 의미하며 그 만큼 중요한 특허일 가능성이 높음. 일반적으로 피인용수는 논문 및 특허 등에서 질적인 가치를 나타내는 지표로 활용되고 있음.

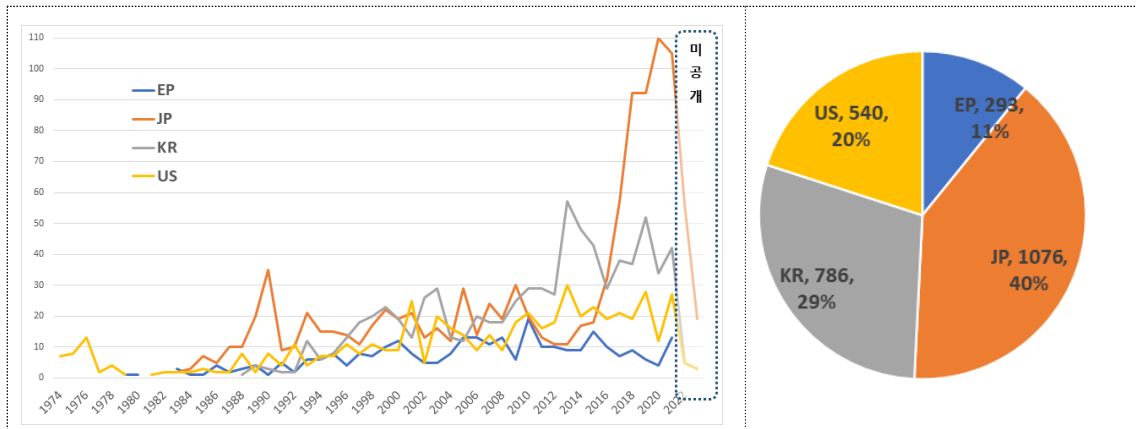
- 한국에 출원된 각 국가의 등록특허를 대상으로 권리성, 기술성, 활용성의 측면에서 특허의 등급을 평가<sup>9)</sup>함으로써 국적별, 내외국인별 보유특허의 질적수준을 비교해 봄
- 좌측 그래프에서 최고 등급의 평가점수를 10점 만점으로 하여 상대적인 질적수준을 비교할 때 국내 출원인의 특허 평가점수 평균은 5.5점으로서 선진 기업의 특허에 비해 매우 낮은 수준이고, 우측 그래프에서 국내 출원인의 보유특허들은 B~C 등급 수준에 그치는 반면 S, A등급의 특허는 모두 외국 기업들이 보유하고 있음을 알 수 있음
- 기술성은 차치하더라도 권리성과 활용성의 정량적 기준은 특허청구범위의 분량과 독립항의 개수가 주요 평가항목임을 고려할 때 국내 특허는 특허 등록을 우선시하여 특허의 질적 수준에 대한 고민과 노력이 상대적으로 부족했음을 방증하는 결과이므로 추후 개선 노력이 필요함

---

9) 한국발명진흥회의 스마트 특허평가 시스템을 이용함

## ①-2. 농업용 PO 필름의 특허출원동향

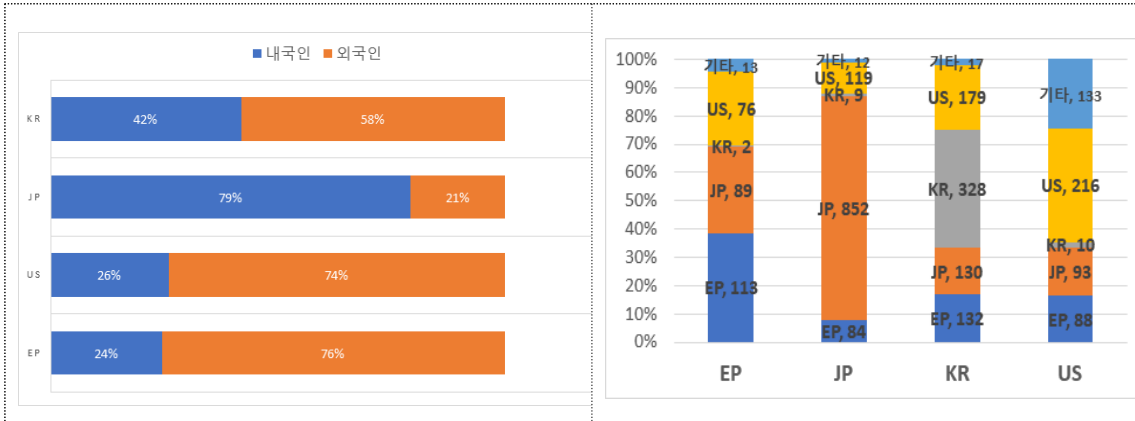
### (가) 연도별/시장별 출원동향



<그림 2-6> PO 필름 분야의 연도별/시장별 출원동향

- 농업용 PO 필름 기술에 대한 미국특허청, 유럽특허청, 일본특허청, 한국특허청의 특허출원 건수를 조사하여 연도별 중감 추이 및 각국 특허청 별 출원 볼륨을 분석함.
- 농업용 PO 필름은 1970년대에 미국 농림부를 비롯하여 ExxonMobil, Asahi Dow 등에 의해 개발이 시작된 이후 1990년도부터 일본의 주도로 개발이 본격화된 기술이며 R&D 활동은 비교적 완만한 성장세를 보이다가 최근인 10여년 전부터 R&D 활동이 급증하는 추세임
- 농업용 PO 필름은 최근 10년동안 연 평균 약 150~200여 건의 특허가 출원되고 있는 바, ETFE 필름에 비해 연구 활동이 매우 활발한 편이지만 이는 PO 필름의 정의가 여러 소재의 레진을 적층한 것으로 확장되는 경향이 있어 다양한 혼종 기술이 모두 조사된 결과에 따른 것으로 해석할 수 있음
- 1990년대 초의 출원 건수 급증은 SUMITOMO(JP)와 MITSUBISHI(JP)에 의한 것이고 2015년부터의 출원 건수 급증 현상은 Dow Global Technologies(US), MITSUI(JP), TORAY INDUSTRIES(JP)의 주도에 의한 것임
- 한국 특허청에는 2010년대부터 특허출원이 본격화되는 양상이며 한국 기업으로 롯데케미칼이 2008년도부터 R&D를 본격적으로 개시한 데 비해 엘지화학은 비슷한 시기에 개발은 시작하였지만 10여년 후인 2018년도부터 본격적인 R&D를 진행함
- 농업용 PO 필름 분야에서 일본, 미국 등 선진 기업이 개발을 시작한 지는 오랜 시간이 지났지만 기온 이상 현상에 따른 농업용 필름 기술의 관심과 수요가 최근 10여년 사이 폭발적으로 증가한 것에 따른 R&D 증가 현상이 특허출원 추이로 반영된 것으로 보이며, 특히 최근 10년 이내에 한국 특허청에 30%에 가까운 국내 및 해외기업의 출원이 집중된 것에 대한 추가적인 정성분석이 필요해 보임

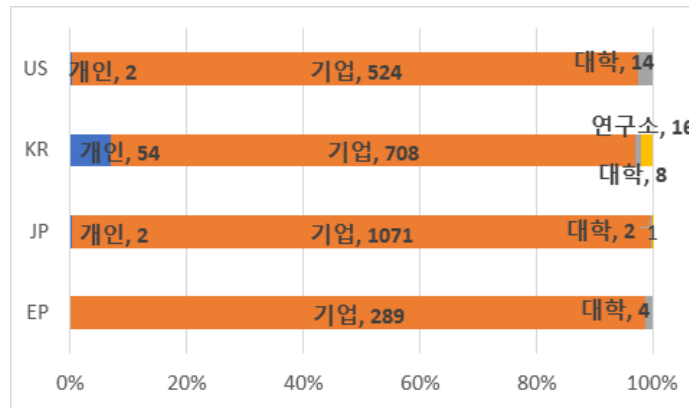
### (나) 내/외국인 출원동향



<그림 2-7> PO 필름 분야의 내외국인 출원동향

- 농업용 PO 필름 기술에 대하여 각국 특허청에 특허출원한 출원인의 국적을 내국인과 외국인으로 구분함으로써 각 국가별로 외국인 출원의 볼륨이 가지는 의미를 분석함
- 일본 시장은 자국 기업에 의해 거의 80%에 가까운 특허출원이 집중되고 있으며 ETFE 필름에 비해 해외 기업들의 출원 비중이 매우 낮은 수준인 바, 이는 nationalism이 작용하는 일본 시장의 폐쇄적인 특성을 반영하는 전형적인 양상이므로 ETFE에 비해 진입 가능한 일본 시장의 기회는 상대적으로 작은 편임
- 미국 시장과 유럽 시장은 큰 시장 규모로 인해 자국 기업의 출원보다는 전 세계 외국 기업의 출원이 다수 이루어지고 있는 바, 타 산업과 마찬가지로 전형적인 양상을 보여주고 있으며, 다만 ETFE에 비해서는 자국 기업의 점유율이 높은 편이고 외국 기업의 국적은 일본에 치우치지 않고 다양한 국적의 기업들이 함께 진출해 있는 것을 볼 때 시장이 형성된 역사가 길고 기술의 평준화가 상당 수 이루어진 분야로 추론해 볼 수 있음
- 한국 시장은 아직 토종 기업의 특허출원 비중이 50%를 넘지 못하지만 절대 건수로는 최근 5년간 20~25건으로서 미국과 유럽을 압도하는 것으로 볼 때 한국이라는 작은 시장 안에서 나름 경쟁력을 가지고 선전 중임을 보증하는 것이므로 대등한 기술력에서 차별적인 기술력으로 한 단계 올라 서기 위한 관점의 R&D 투자가 요구되는 상황임

(다) 국가별 출원인 유형

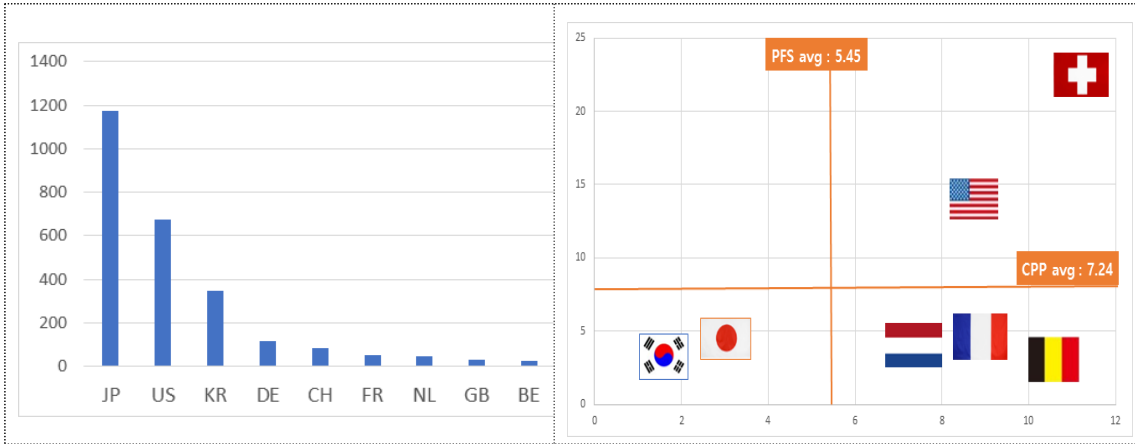


<그림 2-8> PO 필름 분야의 시장별 출원인 유형

- 농업용 PO 필름 기술에 대한 각국 특허청의 출원인 유형을 개인/기업/대학/연구소로 구분함으로써 국가별로 해당 기술이 대학 또는 연구소에 의한 기초기술 개발 단계에 있는지 또는 기업에 의한 시장 출시용 응용기술 개발 단계인지를 추론함
- 한국을 제외한 3개국 모두 기업에 의한 특허출원이 95% 이상을 차지하고 있는 바, 이는 i)PO 소재 자체의 발견과 기초적인 연구는 이미 완료된 상태에서 농업 시장에 커스터마이징하기 위한 응용 기술 위주로 R&D가 진행되었음을 시사하고, ii) 농업용 PO 필름은 소재 개발 및 제작에 적지 않은 투자와 전문 인력이 요구되는 전형적인 기업 주도의 R&D 영역임을 시사하고 있음
- 한국의 경우, 개인 출원 후 회사 명의로 변경한 출원이 상당 수이므로 결국 기업 출원으로 해석 가능하고, 타 국가에 비해 연구소의 출원 비율이 높은 바 화학연, 생기연, 건기연 등 PO 필름의 핵심기술을 국가 주도로 연구한 후 민간에 기술이전하는 모델이 정착된 모습을 보이고 있으며, 국내 대학 및 연구소의 연구성과를 기술이전 받아 대상기술의 개발 일정을 jump-up할 기회를 모색할 여지가 있음
- 농업용 PO 필름의 기술적 차별화를 위한 실험적 개발은 대학이나 연구소에 의해 수행되었을 가능성이 높은 바 미국, 유럽, 일본은 어느 하나를 특정하기 어려울 만큼 다양한 대학들이 연구에 참여해온 것으로 확인되며, 한국의 경우 서울대학교(KR), 한양대학교(KR)가 최근 5년 이내에 관련 기술을 연구한 이력이 있음

#### (라) 출원인 국적 및 특허경쟁력

- 전체 특허출원에 대한 출원인의 국적을 상세 조사하여 농업용 PO 필름 기술에 대한 국가별 R&D 활성 수준을 비교하는 한편, 특허의 인용수와 피인용수를 제공하는 미국등록특허를 기준으로 주요 국가별 보유특허의 기술적/시장적 관점에서 특허경쟁력을 분석함

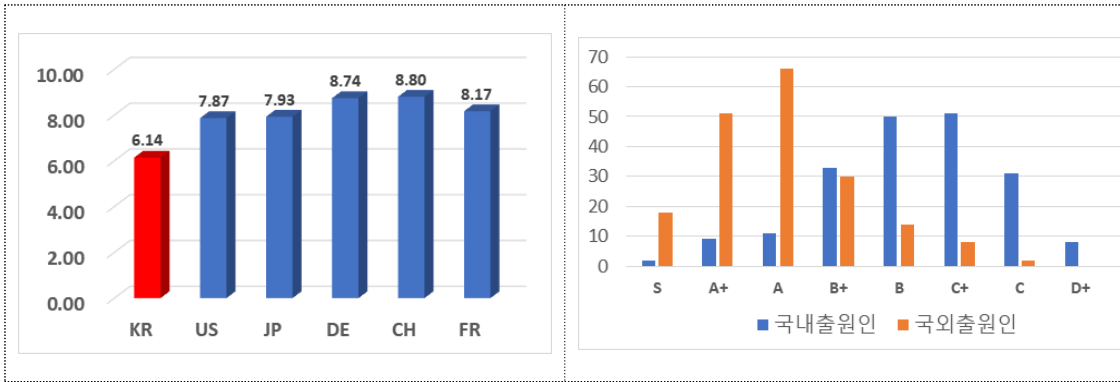


<그림 2-9> PO 필름 분야의 출원인 국적 및 특허경쟁력

- 전 세계의 농업용 PO 필름은 MITSUBISHI(JP), SUMITOMO(JP), MITSUI(JP), ADEKA(JP) 등 일본 기업에 의해 약 40%에 가까운 R&D가 이루어지고 있으며(총 2578건 중 일본 국적 출원 1176건), 그 뒤를 Dow Global Technologies(US)와 Exxon Mobile(US)을 비롯한 미국 25%(미국 국적 출원 670건)와 롯데케미칼, 엘지화학을 비롯한 한국 8%(한국 국적 출원 348건)로 뒤쫓고 있는 양상임
- 일본은 농업용 PO 필름의 과점적인 R&D 주체임에도 불구하고 인용도지수는 3.2이고 시장확보지수 역시 4.1로서 평균 수준보다 낮은 것으로 분석됨. 일본의 경우 지수 분석의 분모로 들어가는 미국등록건수 자체가 크기 때문에 실제로는 기술적, 시장적 경쟁력이 높은 특허를 보유하고 있음에도 불구하고 통계의 오류로 인해 블라인드된 부분이 있음을 감안해야 함
- 이에 비해 한국의 경우, 인용도지수와 시장확보지수는 각각 1.8 및 3.7로서 일본과 유사하게 평균보다 낮은 수준인 바, 이는 미국등록특허가 소수인 상황에서 산출한 값이므로 한국 기업의 보유특허의 기술적 경쟁력 및 시장 경쟁력은 실제로 낮은 것으로 볼 수 있음
- 스위스의 인용도지수와 시장확보지수는 각각 12.7 및 22.6이고, 미국의 인용도지수와 시장확보지수는 각각 8.3 및 13.8로서 보유특허의 기술적 경쟁력과 시장 경쟁력은 평균 수준보다 매우 높은 것으로 분석됨. 스위스의 Ciba Speciality Chemicals(CH)나 미국의 Dow Global 등과 같은 글로벌 기업들은 원천적 기술에 관한 특허를 내는 한편, 다국적 기업인만큼 주요 시장국에 다수의 패밀리 출원을 진행한 것으로 볼 수 있음
- 그 외에 독일, 프랑스, 네덜란드의 기술적 경쟁력은 스위스나 미국과 유사한 수준으로 높은 것으로 분석되는 데 비해, 시장 경쟁력은 평균보다 매우 낮은 수준이므로 유럽의 3개국은 주로 고품질 특허를 자국 위주로만 출원한 것으로 일응 추론됨

(마) 국내 특허출원의 내외국인 질적수준

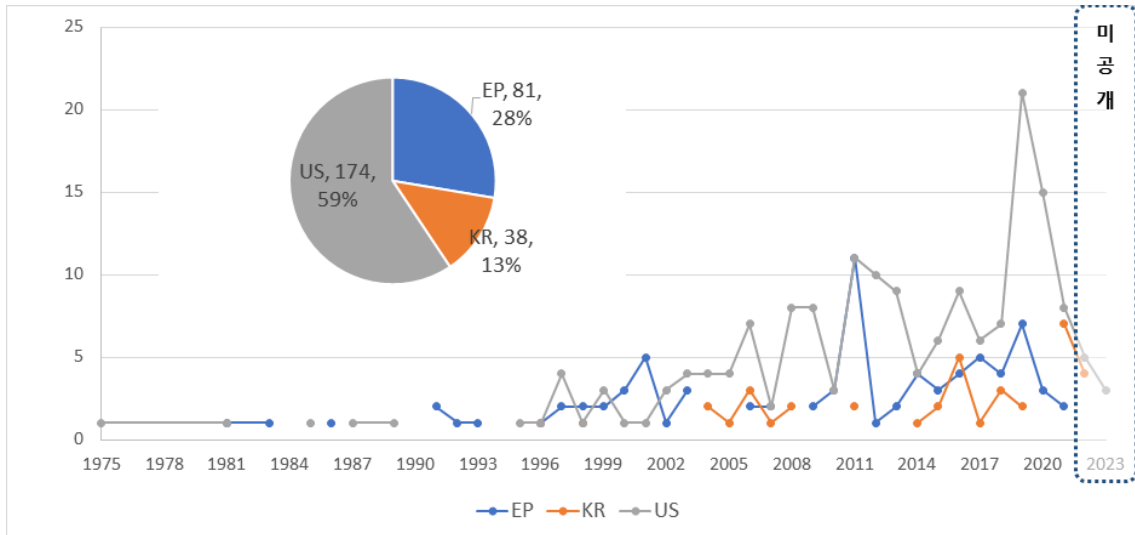




<그림 2-10> 내외국인 특허 질적수준 비교

- 좌측 그래프에서 최고 등급의 평가점수를 10점 만점으로 하여 상대적인 질적수준을 비교할 때 국내 출원인의 특허 평가점수 평균은 6.14점으로 평가 대상 국가 중 최하위를 기록하고 있고, 우측 그래프에서 국내 출원인의 보유특허들은 전반적으로 B~D 등급에 편중되어 있고 S, A 등급의 특허는 외국 기업들의 전유물이 되고 있음
- 기술성은 차치하더라도 권리성과 활용성의 정량적 기준은 특허청구범위의 분량과 독립항의 개수가 주요 평가항목임을 고려할 때 국내 특허는 특허 등록을 우선시하여 특허의 질적 수준에 대한 고민과 노력이 상대적으로 부족했음을 방증하는 결과이므로 추후 개선 노력이 필요함

①-3. 농업용 광변환 필름의 특허출원동향



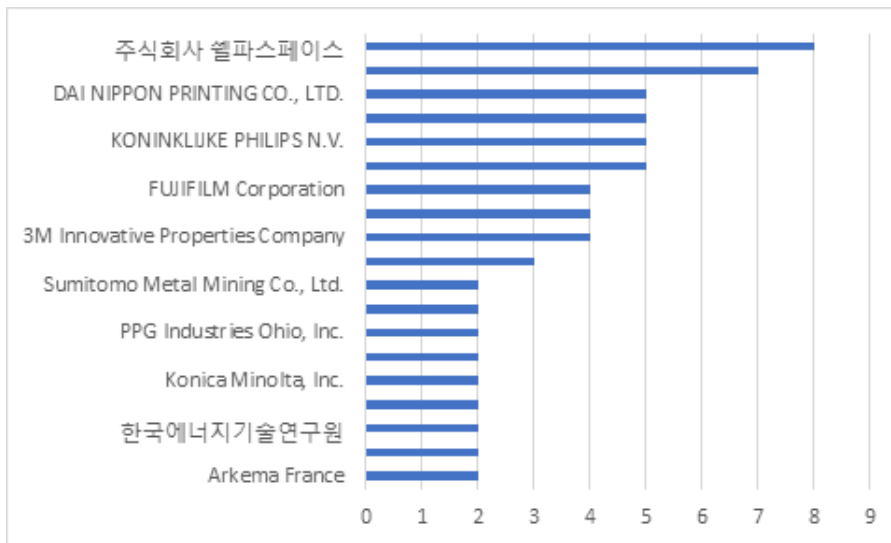
<그림 2-11> 광변환 필름 분야의 연도별/시장별 출원동향

- 농업용 ETFE 필름이나 농업용 PO 필름은 '광변환'을 키워드로 제한하지 않은 것으로서 농업용 필름 중 소재에 상관없이 '광변환'의 기능을 포함하는 기술이 언제부터 태동하였는지, 전반적인 출원 볼륨은 어떤 수준인지, 어느 국가의 누구에 의해 연구활동이 주도되고 있는지, 형광 소재와 혼합되는 레진 복합체는 주로 어떤 소재가 이용되었는지를 broad한 관점에서 분석하기 위해 별도의 조사를 실시함

- 농업용 광변환 필름은 일본의 Teijin Limited를 위시하여 1980년대부터 간헐적인 연구가 있었지만 본격적인 연구가 시작된 것은 1990년대 중후반부터이며, 최근 10년간 연 평균 약 10~20여 건의 특허출원에 불과하지만 최근 5년 이내 출원 건수가 급증하고 있음을 볼 때 연구 단계는 아직 초기이나 가장 최근에 각광받기 시작한 기술로서 향후 R&D 투자는 급증할 가능성이 있음

(가) 주요 출원인 Top 20

- 농업용 광변환 필름 분야의 특허출원 Top 20 플레이어를 분석하여 경쟁사 Landscape에서 집중 분석할 대상 경쟁사의 선정에 활용함



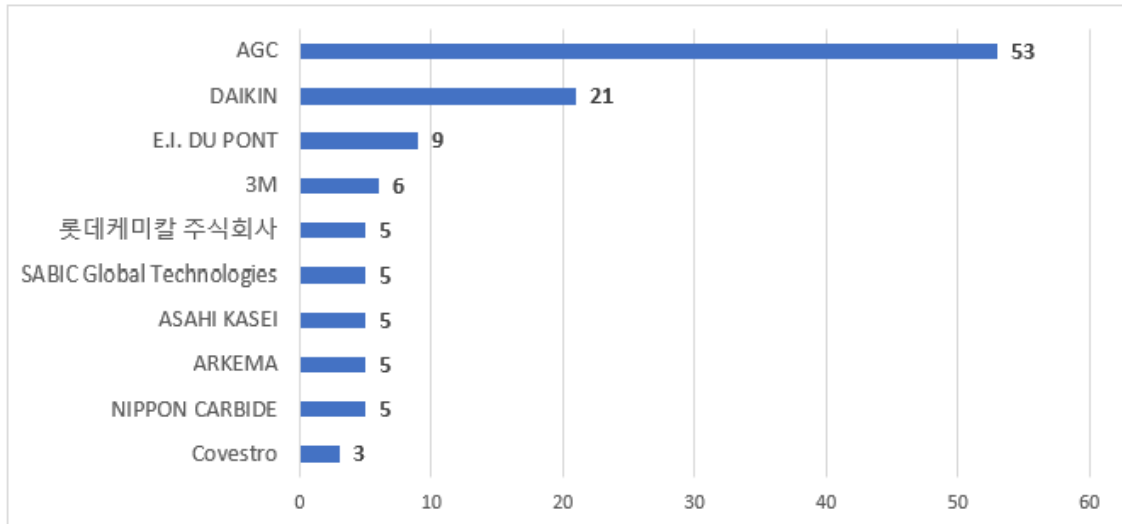
<그림 2-12> 농업용 광변환 필름 분야의 주요 출원인

- 농업용 광변환 필름 분야는 특허출원 건수 자체가 많지 않은 신생 기술분야로서 player들의 특허출원 건수도 적은 편이며, ETFE나 PO 필름 분야의 Top player인 AGC, 3M, SABIC도 순위에 올라와는 있지만 특허출원 건은 소수에 불과함
- 농업용 광변환 필름 분야는 LUMILEDS, PHILIPS와 같은 LED 조명 분야의 대기업, FUJIFILM, Konica Minolta와 같은 카메라 필름 분야의 대기업이 순위에 올라 있는 점이 눈여겨 볼만 함
- FUJIFILM과 Konica Minolta는 디지털 카메라로의 트렌드 전환에 따른 기존 아날로그 카메라용 필름의 활용분야 전환을 모색하기 위해 2010년대 초중반에 농업용 광변환 필름 관련 특허를 출원하였으나 후속 연구는 진행되지 못한 것으로 보이고, 농업 분야의 선도국인 유럽의 PHILIPS도 2010년대 중후반에 QD와 phosphor를 농업용 필름에 적용한 특허를 출원하였으나 이후 주춤한 상황이며, 2020년대에 들어서는 LUMILEDS가 phosphor를 농업용 필름에 적용한 특허를 다수 출원하여 릴레이를 이어가고 있음
- 2020년 이후의 농업용 광변환 필름 분야는 특히 셀파스페이스, 이노큐디, VALOYA 과 같은 스타트업들이 틈새 시장을 노리고 강세를 보이고 있으며 퀀텀닷을 활용한 농업용 차세대 광변환 필름 개발을 선도하고 있음

## ② 경쟁사 Landscape

### ②-1. 농업용 ETFE 필름 분야

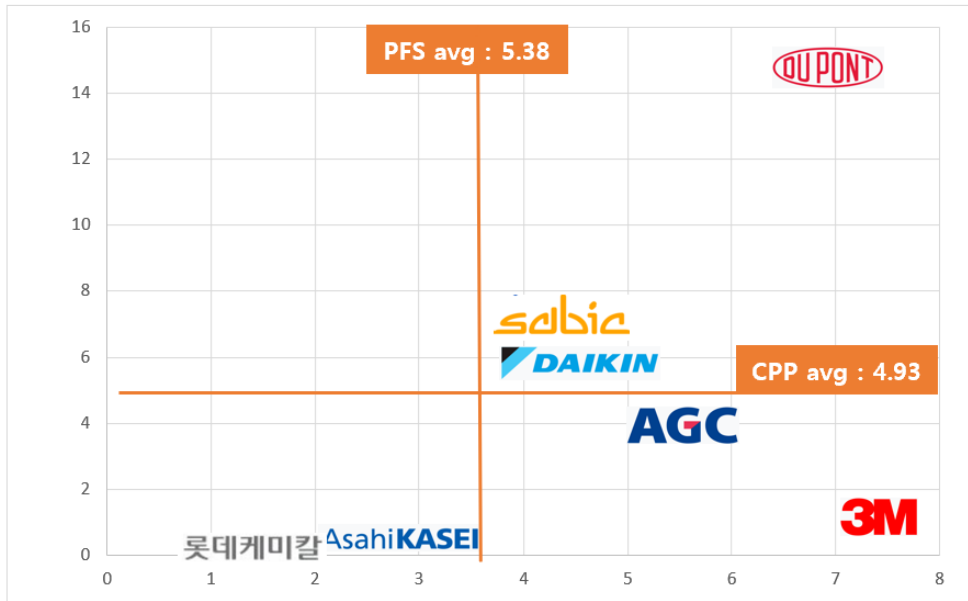
#### (가) 특허출원 상위 10위권 경쟁사



<그림 2-13> 농업용 ETFE 필름의 Top 10 Player

- 농업용 ETFE 필름 분야의 특허출원 Top 10 플레이어를 분석하여 주요 경쟁사 분석에서 집중 검토할 대상 경쟁사의 선정에 활용함
- 농업용 ETFE 필름 분야는 AGC(일본), DAIKIN(일본), Du Pont(미국), 3M(미국)의 순으로 많은 출원 건을 보유하고 있고, 롯데케미칼(한국), SABIC(사우디), ARKEMA(프랑스), ASAHI KASEI(일본), NIPPON CARBIDE(일본), Covestro(독일)가 5건으로 공동 순위를 기록함 (단, 본 특허분석은 패밀리 출원을 모두 배제하고 1개 기술당 1개 특허출원만을 계상하였으므로 실제 각 기업이 보유한 총 특허출원 건수는 더 클 수 있음을 고려해야 함)
- AGC는 농업용 ETFE 필름 분야에서 독보적으로 많은 특허출원을 진행하였으며 1993년에 최초 출원한 이래로 2000년대 들어서 매년 3~5건의 기술에 대해 특허출원을 꾸준히 추진하였고 특허출원의 대부분은 레진 조성물에 관한 것임
- DAIKIN은 1995년에 최초 출원한 이래로 2010년대 중반까지 특허출원을 진행하다가 최근에는 활동이 중단된 상태임

(나) 농업용 ETFE 필름 분야 Top Player의 특허경쟁력

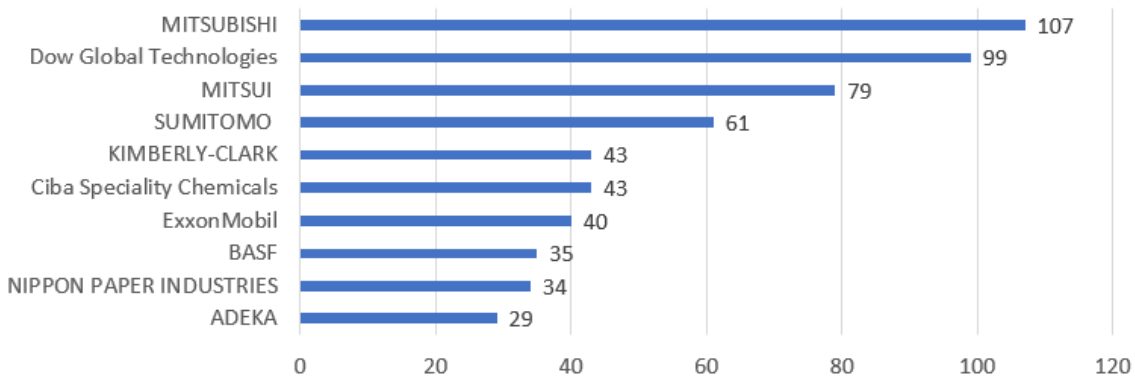


<그림 2-14> 농업용 ETFE 필름의 Top Player 특허경쟁력

- 농업용 ETFE 필름 분야에서 기술 경쟁력과 시장 경쟁력이 가장 우수한 특허를 보유한 기업은 Du Pont이며 인용도지수와 시장확보지수가 각각 6.9 및 14.8로 평균값보다 큰 차이를 보이며 독보적인 수준으로 평가됨
- 3M의 시장확보지수는 1.2로 평균보다 매우 낮지만 인용도지수는 6~7로서 평균값보다 매우 높은 수준이므로 특허출원은 주로 자국과 미국 출원으로 국한한 대신 하나하나가 원천성 기술에 관한 특허를 보유하고 있음을 시사함
- AGC는 인용도 지수가 5.7로서 평균보다 높고 시장확보지수가 3.9로서 평균적인 바 출원 건수가 많음에도 불구하고 상당한 기술 경쟁력과 시장 경쟁력을 고루 갖춘 특허를 보유중임
- DAIKIN, SABIC은 평균적인 수준의 기술 경쟁력과 시장 경쟁력을 가지는 특허를 보유중임
- 롯데케미칼은 인용도지수와 시장확보지수가 평균값에 미치지 못하는 상황인바 원천기술보다는 주로 응용기술을 개발해 왔고 주로 내수 시장을 타겟으로 특허출원을 진행한 것으로 짐작할 수 있음

## ②-2. 농업용 PO 필름 분야 특허출원 상위 10개 경쟁사

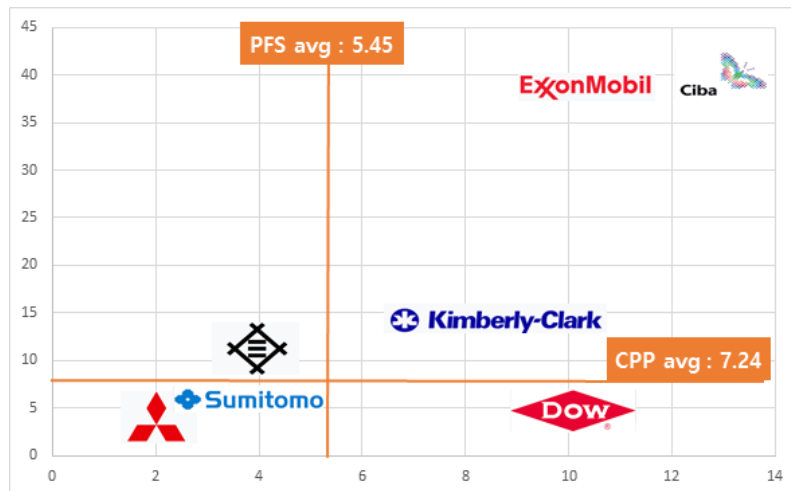
### (가) 특허출원 상위 10위권 경쟁사



<그림 2-15> PO 필름 분야의 주요 출원인

- 농업용 PO 필름 분야의 특허출원 Top 10 플레이어를 분석하여 주요 경쟁사 분석에서 집중 검토할 대상 경쟁사의 선정에 활용함
- 농업용 PO 필름 분야는 MITSUBISHI(일본), Dow Global(미국), MITSUI(일본), SUMITOMO(일본), Ciba Speciality Chemicals(스위스), Exxon Mobile(미국), BASF(독일), ADEKA(일본) 등의 순으로 특허출원이 진행되었음

(나) 농업용 PO 필름 분야 Top Player의 특허경쟁력



<그림 2-16> 농업용 ETFE 필름의 Top Player 특허경쟁력

- 농업용 PO 필름 분야에서 기술 경쟁력과 시장 경쟁력이 가장 우수한 특허를 보유한 기업은 Ciba와 Exxon Mobile이며 인용도지수는 각각 13.2, 11.7로서 평균값 7.24보다 높은 수치를 보여주고 있고 시장확보지수는 둘 다 38.4로서 평균값 5.45에 비해 매우 큰 차이를 보여 주었음. 즉, Ciba와 Exxon Mobile은 PO 필름 분야에서 원천성 특허를 다수 확보함은 물론 이를 기초로 전 세계를 대상으로 사업을 펼치고 있는 중으로 추론할 수 있음
- DOW global과 Kimberly-Clark은 상대적으로 기술 경쟁력이 높은 특허를 보유 중이지만 주요 4개국 외에 다른 국가들에 특허출원은 다소 소극적이며, MITSUBISHI, Sumitomo, Mitsui는 특허 건수는 적지 않으나 주로 응용 기술쪽에 집중하는 한편 일본 외에 타 국가로의 특허출원은 매우 소극적인 바 내수 위주의 사업을 펼쳐온 것으로 추론할 수 있음

②-3. 상위 출원인의 ETFE/PO 분야 출원 현황

<표 4> 농업용 필름 분야 상위 출원인 특허분포

출원인	ETFE 필름				PO 필름			
	한국	미국	유럽	일본	한국	미국	유럽	일본
MITSUBISHI				△	○	○	△	◎
Dow Global		○			◎	◎	○	◎
ASAHI KASEI		△	◎	◎	△	△		◎
MITSUI					○	○	○	◎
DAIKIN	△	△	△	◎			△	
SUMITOMO						△	△	◎
AGC	△	△	△	○				
E.I. DU PONT	△	△		△	△	△		△
3M		△	△	△	○	△		△
롯데케미칼	○				◎			
SABIC		△	△			△	△	
KIMBERLY-CLARK					◎	◎	△	
BASF					○	○	○	△
ExxonMobil						◎	○	△
Ciba					○	◎	○	△

(◎:매우 높음, ○: 높음, △: 보통)

- 농업용 필름 분야의 대부분의 기업들은 ETFE 필름과 PO 필름 중 어느 하나를 선택하여 R&D 역량을 집중하고 있으며, 한국을 옵션으로 하여 최소 3개국 이상에 특허출원을 진행함으로써 사실상 전 세계 시장을 대상으로 사업을 펼치고 있음
- 이에 비해 ASAHI KASEI, Du Pont, 3M과 같은 전통적인 화학/소재 분야의 강자들은 두 분야 모두에 걸쳐 글로벌 포트폴리오를 구축하고 있고, 사우디의 SABIC은 두 분야를 모두 연구하고 있으나 사업 영역은 미국, 유럽을 주 타겟으로 하고 있음



### (3) 경쟁사 분석

- ETFE 및 PO 필름 분야에서 상위 Top 10의 경쟁사 중 특허출원 뿐만 실제 제품을 출시하여 사업 중인 기업을 대상으로 핵심 보유기술과 최근 5년 내의 R&D 주제를 검토함으로써 향후 연구개발 방향성 설정 시 가능자로 활용할 수 있도록 함

#### 1. AGC Inc.

##### (1) 기업 개요

1907년에 설립되어 일본 도쿄에 본사를 두고 있는 Asahi Glass Co., Ltd.에서 2018년에 현재 사명으로 변경됨

##### (2) 관계사 현황

AGC Automotive, AGC Biologics, AGC Electronics, Asahi India Glass(known as AIS), Asahi Fiber, Ise Chemical Industries, Optrex Corp., AGC Glass Europe (known as Glaverbel), NordGlass Ltd.(Poland)

##### (3) 보유 제품

**F-CLEAN™ Product Range**

F-CLEAN™ Clear (UV Open)	Uses the full spectrum of solar light and provides the same light conditions as outside.
F-CLEAN™ Diffused	Diffuses light evenly, whilst maintaining high light transmission.
F-CLEAN™ GR Series (UV Cut)	Available in 3 grades with different rates of UV Cut.
F-CLEAN™ Grey	Cuts solar light up to 99%.
F-CLEAN™ Soft Shine	Blocks heat energy from sunlight transmitting 14% light.

##### (4) 핵심특허 리스트 - 핵심 보유기술

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
1	EP	Process for producing metal oxide particle coated with hydrophobized silicon oxide	AGC Inc.	2141205	S	자외선 차단
2	EP	Adhesive fluoro resin and laminate employing it	AGC Inc.	0957148	A+	접착력 강화
3	EP	Process for producing porous ethylene/tetrafluoroethylene copolymer and porous ethylene/tetrafluoroethylene copolymer	AGC Inc.	2338933	A+	다공성 강화
4	EP	Ethylene-tetrafluoroethylene copolymer molded product and method for producing the same	AGC Inc.	2096191	A	친수성 강화
5	EP	Method for producing ethylene-tetrafluoroethylene copolymer powder	AGC Inc.	2735582	A	파우더 제작
6	EP	Fluoro resin film	AGC Inc.	2289996	B+	자외선

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
						차단
7	EP	Fluororesin film and method for producing same	AGC Inc.	2460845	B+	자외선 차단
8	EP	Laminate obtained from a fluorinated resin composition	AGC Inc.	3127960	B+	열내구성 강화
9	EP	Laminate and production process thereof	AGC Inc.	3290204	B+	단층형 필름
10	EP	Fluororesin film of high mechanical strength	AGC Inc.	1213318	B	기계적 강도
11	US	Fluoropolymer and film made of it	AGC Inc.	7402640	B	기계적 강도
12	US	Laminated sheet	AGC Inc.	8173557	B	광투과성 개선
13	KR	분체 프라이머 조성물 및 그것을 사용한 적층체(powder primer composition and laminate using same)	AGC Inc.	2329381	B	접착성 강화
14	EP	Ethylene/tetrafluoroethylene copolymer, method for its production, powder coating material and molded article	AGC Inc.	3162815	B	접착성 강화

(5) 최근 연구기술 (최근 5년 내 특허출원)

No	국가	발명의 명칭	출원번호	출원일	연구기술
1	EP	Agricultural fluorine-resin film and greenhouse	2018-861978	2018.09.13	광투과량 조절
2	KR	필름(film)	2022-7045901	2021.06.14	유리같은 중후감 부여
3	KR	수지 조성물 및 적층체(resin composition and layered body)	2023-7011738	2021.08.13	표면개질
4	US	Method for surface modification of fluororesin	17-580824	2022.01.21	표면개질

○ 최근 5년 이내 진행된 특허출원들의 내용을 살펴본 결과, AGC는 농업용 ETFE 필름의 상업적 경쟁력을 높이기 위해 기능적인 측면에서 광투과량의 조절, 필름 표면의 내 블록킹 성질 개선에 관심을 두었고, 외관적인 측면에서 유리와 유사한 특징인 중후감을 부여하는 기술에 관심을 둔 것으로 파악됨

## 2. DAIKIN Industries

### (1) 기업 개요

1924년 오사카에서 Ōsaka Metalworking Industries LP로 설립되었다가 1963년에 Daikin Industries, Ltd로 사명을 변경한 일본의 다국적 대기업임

세계 최대의 에어컨 제조기업이며 그 외에 화학, 오일 유압, 의료 장비, 소프트웨어 등의 다양한 사업 분야를 영위하고 있음

### (2) 관계사 현황

Goodman Manufacturing, acson malaysia, j & e hall, daikin airconditioning india private limited, nippon muki co., ltd.

### (3) 보유 제품

<b>NEOFLON ETFE</b> [Copolymer of tetrafluoro-ethylene and ethylene] (ETFE)	$\begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{F} & \text{F} \\   &   &   &   \\ \cdots & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & \cdots \\   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{F} & \text{F} \end{array}$	Adheres to other materials, excellent in transparency and molding processability Melt processable fluoropolymer with a lower melting point than FEP
---	---	--

### (4) 핵심특허 리스트 - 핵심 보유기술

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
1	EP	Composition mainly composed of ptfe, mixed powder, molding material, filtering medium for filter, air filter unit, and porous membrane manufacturing method	DAIKIN	2840115	A+	내구성 강화
2	KR	수성 분산체의 제조 방법, 수성 분산체, 불소 수지 도료조성물, 및 도장 물품(method for producing aqueous dispersion, aqueous dispersion, fluororesin coating composition and coated article)	DAIKIN	0972721	B+	내구성 강화
3	US	Processing aid	DAIKIN	10308800	B+	가공 첨가제
4	KR	조성물 및 적층체(composition and multilayer body)	DAIKIN	2470928	B+	분산성 내산화성
5	US	Fluororesin film having excellent transparency	DAIKIN	9822225	B+	광투과성 내열성
6	US	Processing aid, and composition	DAIKIN	9624362	B+	가공 첨가제
7	US	Radiation crosslinked fluoropolymer compositions containing low level of extractable fluorides	DAIKIN	9728298	B+	전파차단
8	US	Ethylene/tetrafluoroethylene copolymer	DAIKIN	11548960	B+	용융성형성 개선
9	EP	Fluoroelastomere composition	DAIKIN	0105433	B	플루오르 탄성체
10	EP	Aqueous dispersion, composite powder and organosol of fluorine-containing polymer	DAIKIN	0373588	B	PTFE
11	JP	함량 불소 집합체 수성 조성물 및 피막 물품	DAIKIN	4534916	B	도장성 개선
12	JP	가교성 폴리테트라 플루오르에틸렌 조성물, 폴리테트라 플루오르에틸렌 가교체 분말, 폴리테트라 플루오르에틸렌 성형체, 수지 블랜드 조성물, 및 수지 블랜드 성형체	DAIKIN	5029359	B	PTFE

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
13	JP	불소 수지 조성물, 불소 수지 성형품 및 그 제조 방법	DAIKIN	5131202	B	비유전율 저감
14	JP	피복물품의 제조 방법, 및 , 피복물품	DAIKIN	5445587	B	내식성 내증기성
15	JP	플루오로폴리머, 성형체 및 적층체	DAIKIN	5293871	B	새로운 조성
16	JP	성형용 조성물의 제조 방법 및 성형품의 제조 방법	DAIKIN	6308059	B	고속압출
17	JP	성형체 및 그 제조 방법	DAIKIN	6536571	B	나노 프린팅

(5) 최근 연구기술 (최근 5년 내 특허출원)

No	국가	발명의 명칭	출원번호	출원일	연구기술
1	JP	피복 조성물 및 피복물품	2019-022694	2019.02.12	내식성 강화
2	EP	Primer for ethylene/tetrafluoroethylene copolymer coating materials	2020-812998	2020.04.21	접착성 강화
3	US	Method for producing fluoropolymer	18-340164	2023.06.23	내기후성 강화

○ 최근 5년 이내 진행된 특허출원들의 내용을 살펴본 결과, DAIKIN은 농업용 ETFE 필름의 상업적 경쟁력을 높이기 위해 기능적인 측면에서 외부 기후의 영향에 덜 민감하고 스크래칭이나 침식 등에 잘 견디도록 내구성을 높이는 기술에 관심을 두는 한편 제작 공정에서 불소층의 접착을 용이하게 하는 프라이머에 관심을 가진 것으로 확인됨

### 3. SABIC

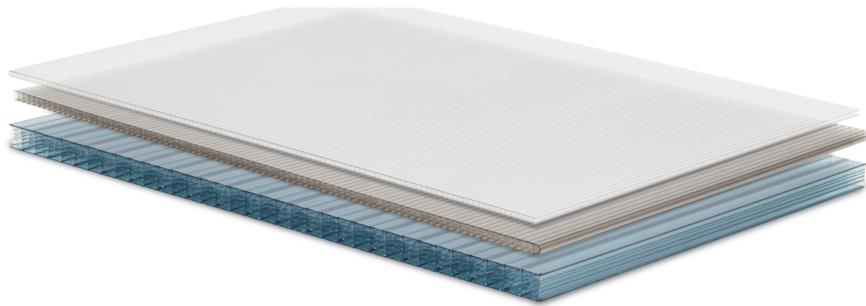
#### (1) 기업 개요

1976년 설립된 사우디의 화학 제조 회사이며 중동과 사우디아라비아에서 2번째로 큰 공개 회사이고 사우디 아람코가 모기업으로서 지분의 70%를 소유하고 있음. 석유화학제품, 화학제품, 산업폴리머, 비료, 금속 부문의 사업을 전개 중이고 질소 기반 무기 제품의 포괄적인 포트폴리오를 공급하여 중동, 극동, 아프리카 및 아메리카 지역에서 선도적인 위치를 차지하고 있음

#### (2) 계열사 현황

saudi arabian fertilizer company, Saudi Iron & Steel Company (Hadeed), SABIC Americas, Inc., sabic innovative plastics singapore pte. ltd., sabic innovative plastics b.v., Arabian Petrochemical Company, SABIC Deutschland GmbH & Co. KG, eastern petrochemical company ltd.

#### (3) 보유 제품



### LEXAN™ THERMOCLEAR™

#### GREENHOUSES

In commercial greenhouses throughout the world, LEXAN™ sheet provides rigid, lightweight glazing that resists UV degradation, hails and storms and offers long-term light transmission and good flame retardance. Specially designed grades have a unique coating on the inner surface. This coating prevents condensation build-up, which can cause crop spoilage, whilst maintaining excellent light transmission.

Part of our broad portfolio of engineering thermoplastic (ETP) solutions, LEXAN™ resin SABIC® PC, SABIC® PMMA and SABIC® POM can provide good light diffusion, thermal insulation and UV protection – key requirements from greenhouse manufacturers.

#### (4) 핵심특허 리스트 - 핵심 보유기술

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
1	US	Methods for producing and purifying 2-hydrocarbyl-3,3-bis(4-hydroxyaryl)phthalimide monomers and polycarbonates derived therefrom	SHPP GLOBAL TECHNOLOGIE S B.V.	7470796	B	유도체 순도개선
2	US	Composition, method of authenticating, methods of making authenticatable compositions, authenticatable articles made there from	SHPP GLOBAL TECHNOLOGIE S B.V.	8178702	B	복합체 인증

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
3	US	Indane bisphenols, polymers derived therefrom, and methods of use thereof	SHP GLOBAL TECHNOLOGIE S B.V.	9102597	B	중량체 제조

#### 4. 3M Innovative Properties Company

##### (1) 기업 개요

1998년 설립된 3M의 R&D 자회사이며 3M Intellectual Property라고도 불리기도 함 전자·정보기술 그룹, 그래픽 관계 용역 및 제품 그룹, 산업 및 소비재 그룹, 생명과학 그룹 등 4개의 그룹으로 나뉘어 있음

##### (2) 계열사 현황

Acelity Inc., Aearo Technologies LLC, Meguiar's Inc., Ceradyne, Venture Tape Corp., MModal LLC, HighJump Software, LLC. Scott technologies, Inc.,

##### (3) 보유 제품



영국의 Warwick University's Innovation Campus 내의 Natural Light Growing Centre에서 사용된 ETFE 필름은 RIPE와 3M에 의해 개발되었으며 '고급 플라즈마 식각 나노 표면 처리'를 통해 필름의 사용주기 내내 highly anti-drip properties을 제공함



(4) 핵심특허 리스트 - 핵심 보유기술

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
1	US	Fluoropolymer compositions with high content of inorganic material	3M Innovative	10947378	B+	전기활성 조성물
2	EP	Curable fluoroelastomer composition	3M Innovative	3807355	B+	다층 광학 필름
3	EP	Adhesive article, composite article, and methods of making the same	3M Innovative	1966341	B	접착제 제작공정
4	EP	Fluoropolymeric multilayer optical film and methods of making and using the same	3M Innovative	2382492	B	다층광학필름
5	US	Fluorinated oligomers having pendant bromine-containing moieties	3M Innovative	9353052	B	불소화 올리고머
6	EP	Blends of crosslinking agents for fluoroelastomers	3M Innovative	3755745	B	fluoroelastomers 혼합공정
7	EP	Process for producing fluoropolymers having a reduced amount of polar end groups	3M Innovative	1515999	B	fluoropolymers 제조공정
8	US	Partially fluorinated polysulfonic acids and their salts	3M Innovative	9580526	B	polysulfonic acid
9	US	Microemulsions and fluoropolymers made using microemulsions	3M Innovative	9212279	B	olymerization rates
10	US	Hydrophilic fluoroplastic substrates	3M Innovative	9926420	B	hydrophilic substrates
11	US	Fluorinated elastomers cured by actinic radiation and methods thereof	3M Innovative	11248117	B	화학 방사선 제조공정
12	US	Fluorinated oligomers having pendant functional groups	3M Innovative	10975025	B	fluorinated anionic compound
13	JP	청정한 플루오로폴리머를 제조하는 프로세스	3M Innovative	5265688	B	친환경 제조
14	JP	자외선 흡수기를 가지는 올리고머를 포함한 플루오로폴리머 조성물	3M Innovative	6632378	B	자외선 차단
15	JP	암모니아 및/또는 요소 접촉 전용의 플루오로 엘라스토머구성요소	3M Innovative	6542773	B	요소 또는 암모니아 접촉용

(5) 최근 연구기술 (최근 5년 내 특허출원)

No	국가	발명의 명칭	출원번호	출원일	연구기술
1	EP	Fluorinated elastomers cured by actinic radiation and methods thereof	2018-842495	2018.12.17	자외선 차단
2	EP	Curable fluoroelastomer composition	2019-710783	2019.02.13	경화성 조성물
3	US	Curable fluoroelastomer composition	17-267402	2019.08.12	경화성 조성물
4	US	Sprayable power of fluoropolymer particles	17-286536	2019.10.16	접착공정용 파우더
5	US	Process to reduce the concentration of fluoroorganic acidic compounds in aqueous dispersions	18-007062	2021.07.30	컴파운드 코팅공정

○ 최근 5년 이내 진행된 특허출원들의 내용을 살펴본 결과, 3M은 농업용 ETFE 필름의 상업적 경쟁력을 높이기 위해 기능적인 측면에서 자외선 차단 기능을 강화하는 기술과, 제조 공정 상

laser sintering과 같은 코팅 프로세스에 적합한 파우더 및 컴파운드에 관심을 가진 것으로 확인됨

## 5. Saint-Gobain Performance Plastics Corporation

### (1) 기업 개요

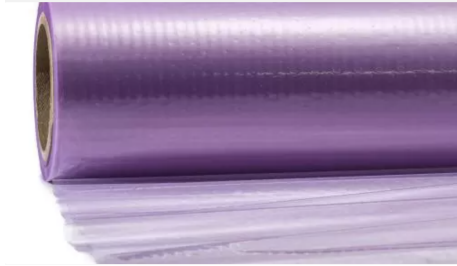
Saint-Gobain은 1665년 설립되어 파리에 본사를 둔 프랑스의 다국적 기업이며 Saint-Gobain Films & Fabrics 은 Saint-Gobain Composite Solutions

### (2) 보유 제품



#### ETFE E2 GENERAL PURPOSE

Fluoropolymer film made from ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) copolymer resin, with excellent non-stick/release properties, thermoformability, weatherability, and light transmittance.



#### ETFE RF RELEASE FILM

Pigmented fluoropolymer film manufactured from ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) copolymer resin that is an ideal release solution for composite molding resin systems at high temperatures.

### (4) 핵심특허 리스트 - 핵심 보유기술

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
1	US	Method of forming a laminate	Saint-Gobain	9981284	B	열 압연
2	US	Polymer compositions, materials, and methods of making	Saint-Gobain	11230648	B	critical crack thickness

### (5) 최근 연구기술 (최근 5년 내 특허출원)

No	국가	발명의 명칭	출원번호	출원일	연구기술
1	US	Composite body having high thermal conductivity and method of making the composite body	18-046883	2022.10.14	열전도율 향상
2	US	Multilayer laminate structure and method of forming the same	18-067379	2022.12.16	자외선 차단

○ 최근 5년 이내의 특허출원에서, Saint-Gobain은 농업에 특화된 것은 아니지만 디스플레이나 태양광 발전의 기판 등에 사용되는 ETFE 필름에 신속한 냉각을 위한 열전도성 강화, 기판이나 전자소자의 부식을 방지하기 위한 자외선 차단의 기능적인 측면에서 관심을 둔 것으로 확인되며, 이러한 기능들은 농업용 필름에도 유사하게 적용된다는 점에서 참고할 필요가 있음

## 6. DOW Global Technologies

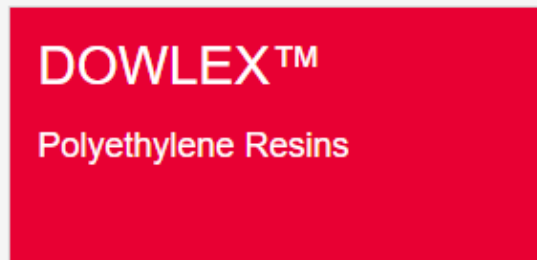
### (1) 기업 개요

DOW Global Technologies는 The Dow Chemical Company를 모회사로 하는 다국적 화학 기업임

### (2) 계열사 현황

The Dow Chemical Company, Rohm and Haas Company, Dow Corning Corporation, **AgroSciences**, filmtec corp, angus chemical company, americas styrenics llc, mycogen seeds, poly carb inc, rohm and haas mexico, s.a. de c.v., dow quimica mexicana s.a. de c.v.

### (3) 보유 제품



<https://www.dow.com/en-us/brand/agility.html>  
<https://www.dow.com/en-us/brand/dowlex.html>

PE serves a wide range of application needs, including:

Low density polyethylene (LDPE) with the flexibility and melt strength for containers, bottles, tubing, membranes, computer components and laboratory equipment.

Linear low density polyethylene (LLDPE) with the flexibility/stiffness balance and stress cracking resistance for a wide range of films and rigid packages.

High density polyethylene (HDPE) with a balance of stiffness, toughness, ESCR, heat resistance and organoleptic properties for bottles, caps and closures, fitments, crates, pails, lids and thin wall containers.

High molecular weight high density polyethylene (HMWHDPE) for pipe, large drums, industrial bulk containers and lumber.

Medium density polyethylene (MDPE) with a balance of stiffness, toughness, ESCR and sintering properties for rotomolded articles such as recreational playground equipment, kayaks and industrial bulk containers and tanks.

Tough ultra-density polyethylene for armor, climbing equipment and parachutes

### (4) 핵심특허 리스트 - 핵심 보유기술

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
1	US	Compositions of ethylene/ $\alpha$ -olefin multi-block interpolymers for elastic films and laminates	Dow Global Technologies LLC	7910658	S	신축성 강화
2	US	Articles comprising nonpolar polyolefin and polyurethane, and methods for their preparation and use	Dow Global Technologies LLC	8404780	S	페인팅 성능 강화
3	EP	Redispersible polymer powders stabilized	DOW	2341084	A+	제조공정

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
		with protective colloid compositions	Chemical Company			(저압분무)
4	EP	Stabilized redispersible polymer powder compositions	DOW Chemical Company	2341083	A+	제조공정 (저압분무)
5	KR	코팅 조성물(coating compositions)	Dow Global Technologies LLC	2129646	A+	내마모성 강화
6	US	Anti-blocking compositions comprising interpolymers of ethylene/ $\alpha$ -olefins	Dow Global Technologies LLC	7514517	A	표면개질
7	KR	에틸렌/알파-올레핀의 혼성중합체를 포함하는 블로킹방지조성물(anti-blocking compositions comprising interpolymers of ethylene/alpha-olefins)	Dow Global Technologies LLC	1399691	A	표면개질
8	KR	에틸렌/ $\alpha$ -올레핀 혼성중합체를 사용한 열가소성 물질의 충격 개질(impact modification of thermoplastics with ethylene/ $\alpha$ -olefin interpolymers)	Dow Global Technologies LLC	1892162	A	충격강도 개선
9	KR	폴리올레핀 접착제 조성물(polyolefin adhesive composition)	Dow Global Technologies LLC	2223511	A	접착제
10	EP	Binder composition and use thereof	Dow Global Technologies LLC	3743466	A	열·음향차단
11	EP	Compositions comprising hydrogenated block copolymers and end-use applications thereof	Dow Global Technologies LLC	1198516	B+	적절한 점도 및 용융 강도
12	US	Polymer compositions comprising a low-viscosity, homogeneously branched ethylene $\alpha$ -olefin extender	Dow Global Technologies LLC	8389634	B+	적절한 점도
13	KR	고분자량 폴리올레핀을 위한 중합 방법(polymerization processes for high molecular weight polyolefins)	Dow Global Technologies LLC	2038178	B+	낮은 점도
14	KR	올레핀 블록 코폴리머를 갖는 아크릴 조성물(acrylic composition with olefin block copolymer)	Dow Global Technologies LLC	2387086	B+	PO 조성물
15	US	Polyolefin composition	Dow Global Technologies LLC	11459411	B+	개선된 coagent
16	EP	Compositions comprising hydrogenated block copolymers and end-use applications thereof	Dow Global Technologies LLC	1189988	B	hydrogenated block copolymers

(5) 최근 연구기술 (최근 5년 내 특허출원)

No	국가	발명의 명칭	출원번호	출원일	연구기술
1	JP	폴리에스테르로의 반응성 접착성을 위한 촉매를 가진 수지	2020-564071	2019.05.22	접착성 강화 (PET)
2	JP	알칸 가용성비메타로센프레 촉매를 사용해 올레핀을 중합하는 방법	2021-521020	2019.10.11	제조 공정 (PE)
3	JP	텔레켈릭 폴리올레핀을 포함한 경화성 조성물	2021-538043	2019.12.27	제조 공정 (PO)
4	KR	불포화 폴리올레핀을 포함하는 경화성 조성물(curable compositions comprising unsaturated polyolefins)	2021-7023426	2019.12.27	제조 공정 (PO)
5	US	Methods of making films having target beta ratios and target permeabilities	17-432440	2020.03.17	산소투과도 개선

○ 최근 5년 이내 진행된 특허출원들의 내용을 살펴본 결과, Dow는 폴리올레핀(PO) 외에도 PET, PE 등 다양한 소재에 대하여 병렬적인 연구활동을 하고 있으며 폴리올레핀에 관하여는 제

조 공정을 개선하는 기술과, 식품 패키징용 필름에서 산소 투과성을 개선하는 기술에 관심을 가진 것으로 확인됨. 산소 투과성에 대하여 상세한 설명 중에 농업용 필름에도 유사한 니즈가 있음을 언급하고 있음

## 7. ADEKA

### (1) 기업 개요

1915년 도쿄전화공업소로 창업하여 화학, 식품 분야로 성장해 왔으며 화학 분야에서 무기, 유기, 유기의 각종 중간제품에서 플라스틱용 첨가제, 반도체, 디지털 가전용 고기능약제 등의 파인케미컬 제품을 개발 및 생산하고 있음

### (2) 계열사 현황

AMFINE CHEMICAL CORP., CROWN CO., LTD, SHOWA KOSAN CO., LTD. , ADEKA FINE CHEMICAL, NIHON NOHYAKU CO., LTD., KANTO SODIUM SILICATE GLASS CO., LTD., YONGO CORPORATION

### (3) 보유 제품



## ADK STAB LA-81 | ADEKA Polymer Additives Europe

ADK STAB LA-81 is a NO-alkyl light stabilizer especially designed to withstand demanding environmental conditions encountered in environments such as agriculture. It shows outstanding compatibility with polyolefins, in particular polyethylene resins, hence allowing for the high loadings which are required for multi-season greenhouse films having to withstand harsh acidic conditions without showing blooming or loss by migration or extraction.

### (4) 핵심특허 리스트 - 핵심 보유기술

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
1	KR	결정핵제 조성물 및 이것을 함유하여 이루어지는 결정성고분자 조성물(nucleating agent composition and crystalline polymer compositions containing the same)	ADEKA CORP.	1102108	A+	광투과성 개선
2	US	Process for producing crystal nucleator composition and crystalline polymer composition	ADEKA CORP.	7714046	A	광투과성 개선
3	KR	수지 첨가제 마스터 배치(resin additive master batch)	ADEKA CORP.	1431044	A	접착성 향상
4	KR	올레핀계 탄성 수지 조성물(olefin elastic resin composition)	ADEKA CORP.	1510168	A	내후성 개선

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
5	EP	Polyolefin resin composition	ADEKA CORP.	2392615	A	조성물 안정화
6	US	Granulated resin additive composition	ADEKA CORP.	9527981	A	강도 및 광투과성 개선
7	KR	수지 첨가제 마스터 배치(resin-additive masterbatch)	ADEKA CORP.	1842517	A	접착성 개선
8	EP	Method for stabilizing polymer for long term, method for producing nonwoven fabric, and method for producing elastomer composition	ADEKA CORP.	2642008	A	생산비용 절감
9	US	Resin additive master batch	ADEKA CORP.	9574068	A	접착제 저장성 개선
10	US	Antistatic agent, antistatic agent composition, antistatic resin composition, and molded article	ADEKA CORP.	9580545	A	정전기 방지
11	KR	수지 첨가제 조성물, 열가소성 수지 조성물, 및 그 성형체(resin additive composition, thermoplastic resin composition, and molded article thereof)	ADEKA CORP.	2326800	A	강성 개선
12	US	Flame retardant composition and flame-retardant synthetic resin composition	ADEKA CORP.	10513598	B+	난연성 개선
13	EP	Flame-retardant composition and flame-retardant synthetic resin composition	ADEKA CORP.	3255121	B+	난연성 개선
14	US	Resin additive composition and antistatic thermoplastic resin composition	ADEKA CORP.	10323166	B+	antistatic effect 개선
15	US	Nucleating agent masterbatch for polyolefin resin	ADEKA CORP.	8686074	B	PO레진에서 분산성 개선
16	US	Antistatic resin composition and polyolefin antistatic fiber for container and pipe for organic solvent	ADEKA CORP.	10308852	B	대전 방지
17	KR	입상 핵제, 수지 조성물, 성형품 및 그 제조 방법(particulate nucleating agent, resin composition, molded article and method for manufacturing same)	ADEKA CORP.	2031524	B	핵제 개선

(5) 최근 연구기술 (최근 5년 내 특허출원)

No	국가	발명의 명칭	출원번호	출원일	연구기술
1	EP	Composition, thermoplastic resin composition using same, and molded article thereof	2018-850371	2018.08.30	광투과성 개선
2	EP	Additive composition, flame-retardant synthetic resin composition containing same, and molded article thereof	2019-848556	2019.08.08	난연성 개선
3	KR	폴리올레핀계 수지용 핵제, 이것을 함유하는 폴리올레핀계 수지용 핵제 조성물, 폴리올레핀계 수지용 마스터 배치, 폴리올레핀계 수지 조성물, 그의 성형품, 그의 필름, 다공질 필름의 제조 방법 및 포장체	2020-7007611	2019.11.06	PO 조성물 (아스파라긴산)
4	US	Flame-retardant composition and flame-retardant synthetic resin composition	17-440642	2020.03.19	난연성 개선
5	EP	Additive composition	2020-848548	2020.07.02	난연성 개선
6	JP	대전 방지성 수지 조성물, 및 그 성형체	2020-153762	2020.09.14	대전 방지
7	JP	조성물, 이것을 함유하는 합성 수지 조성물, 및 그 성형체	2020-179998	2020.10.27	대전 방지
8	EP	Resin composition, molded article thereof, and method for producing said resin	2020-902370	2020.12.15	형상 안정성 (dimensional)



No	국가	발명의 명칭	출원번호	출원일	연구기술
		composition			stability)
9	JP	대전 방지성 수지 조성물, 및 그 성형체	2020-218199	2020.12.28	대전 방지
10	US	Flame retardant agent composition, flame-retardant resin composition, and molded body	17-793887	2021.01.20	난연성 개선
11	KR	핵제, 수지 조성물, 수지 조성물의 제조 방법 및 성형품(nucleating agent, resin composition, method for producing resin composition, and molded article)	2022-7034870	2021.03.25	강성 개선
12	JP	대전 방지제, 이것을 포함한 대전 방지제 조성물, 이들을 포함한 대전 방지성 수지 조성물, 및 그 성형체	2021-153428	2021.09.21	대전 방지
14	EP	Polyolefin-based resin composition, molded article using same, and method for producing polyolefin-based resin composition	2021-877741	2021.10.08	내후성 개선
15	JP	대전 방지제, 이것을 포함한 대전 방지제 조성물, 이들을 포함한 대전 방지성 수지 조성물, 및 그 성형체	2021-169036	2021.10.14	대전 방지
16	EP	Flame retardant agent composition, flame-retardant resin composition, and molded body	2021-906646	2021.12.15	난연성 개선
17	JP	난소성 수지 조성물 및 그 성형품	2022-133662	2022.08.24	난연성 개선

○ 최근 5년 이내 진행된 특허출원들의 내용을 살펴본 결과, ADEKA는 주로 폴리올레핀(PO) 계열의 수지에 대한 기능적 관점에서 광 투과성과 내후성(weather resistance)의 개선에 대한 관심도 있었지만 난연성 개선과 대전 방지(먼지 부착 방지, 절연)에 관한 다수의 특허출원을 진행한 것으로 보아 농업용 보다는 태양광 발전, 전자회로기판 분야에 더 관심을 두었던 것으로 확인됨

## 8. BASF

### (1) 기업 개요

1865년에 설립된 독일의 화학 관련 기업임. BASF는 전 세계적으로 석유, 천연가스, 화학제품, 비료, 플라스틱, 합성섬유, 염료와 안료, 칼륨 및 소금, 인쇄용품, 전자녹음기 부품, 화장품 주성분, 약품 및 기타 관련 설비와 제품 등 약 8000여개 이상의 제품을 생산하고 있음 2008년 스위스의 CIBA SPECIALTY를 합병하였고 CIBA는 회사명을 BASF Performance Products Ltd.로 변경함

### (2) 계열사 현황

BASF Coatings GmbH, Wintershall Holding GmbH, Chemetall GmbH, Nunhems B.V., BASF S.A., BASF Corporation, BASF Construction Chemicals España S.L., N.E. CHEMCAT Corporation, TrinamiX GmbH, Cognis, BASF Logistics GmbH, Sculpteo

### (3) 보유 제품



BASF's certified soil-biodegradable biopolymer **ecovio® M2351** was especially developed for mulch films used in agriculture and horticulture to increase the yield, speed up harvesting as well as to save water and herbicides. Its big advantage: It is certified soil-biodegradable according to EN17033. This means that mulch films made of the biopolymer ecovio® M2351 are completely and biologically degraded by microorganisms like bacteria and fungi that exist naturally in the soil.

(4) 핵심특허 리스트 - 핵심 보유기술

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
1	KR	폴리아미드에서의 색상 강화제로서의 폴리올레핀 공중합체(polyolefin copolymers as color enhancers in polyamides)	BASF	2305168	A+	변색 방지
2	EP	Sterically hindered amines	BASF	2545035	A+	광안정화제
4	EP	Nir-inert substrates comprising bis-oxodihydroindolylen-benzodifuranones	BASF	2173816	A+	근적외선 불활성
5	US	Stabilization of organic materials	CIBA SPECIALTY	8105504	A+	열변형, 광유도 방지
7	US	Near infrared absorbing phthalocyanines and their use	BASF	8221657	A	근적외선 불활성
8	US	Sterically hindered amines	BASF	9045430	A	안정제
10	US	Stabilizer composition for polymers	CIBA SPECIALTY	8173728	A	UV흡수 및 광안정제
11	US	Stabilized polyolefin compositions comprising benzofuranones and acid scavengers	BASF	10941285	B+	lower color of polyolefin
12	US	3-phenyl-benzofuran-2-one diphosphite derivatives as stabilizers	BASF	10072136	B+	안정제
13	US	3-phenyl-benzofuran-2-one derivatives containing phosphorus as stabilizers	BASF	9951207	B+	형광체 포함 안정제
14	US	Isindolo[2, 1-a]quinazoline derivatives for stabilization of organic materials	BASF	9321902	B+	안정제
15	US	5h-furan-2-one derivatives for stabilization of organic material	BASF	9458380	B+	안정제
16	US	Oxidation-sensitive, low-peroxide polymer comprising at least one inorganic phosphorus compound	BASF	9023931	B+	무기형광체 포함
17	US	Sterically hindered amine light stabilizers with a mixed functionalization	BASF	9550941	B+	광 안정제
18	US	Crystalline form of 2-(4,6-bis-biphenyl-4-yl)-1,3,5-triazin-2-yl)-5-(2-ethyl-(n)-hexyloxy)phenol	BASF	8105668	B+	특수 구조체
19	US	Process for the preparation of an antistatic composition	BASF	8128842	B+	도전 방지

(5) 최근 연구기술 (최근 5년 내 특허출원)

No	국가	발명의 명칭	출원번호	출원일	연구기술
1	EP	Stabilized polyolefin compositions comprising benzofuranones and organophosphorus stabilizers	2018-828913	2018.07.03	열안정성 및 변색 방지
2	EP	Stabilized polyolefin compositions comprising benzofuranones and acid scavengers	2018-827768	2018.07.03	열안정성 및 변색 방지
4	JP	내열성을 가진 열가소성 성형 조성물	2022-515025	2020.09.03	열변형 방지
5	US	Light stabilizer mixture	17-798465	2021.02.05	UV흡수제
6	US	Polyolefin compositions	17-802901	2021.02.24	냄새 감소
7	KR	첨가제 혼합물(additive mixtures)	2023-7022772	2021.12.08	UV흡수제

○ 최근 5년 이내 진행된 특허출원들의 내용을 살펴본 결과, BASF는 반드시 농업용에 한정되는 기술은 아니지만 열(태양열 포함)에 노출 시 시간에 따른 변형과 변색을 늦추는 기술과, 자외선(UV)에 노출됨에 따라 필름을 구성하는 중합체에 노화가 발생하는 문제를 해결하기 위해 제조 과정에서 특수한 광 안정제를 혼합하는 기술에 관심을 가진 것으로 확인됨

## 9. Mitsubishi Chemical Agri Dream Co., Ltd. (MCAD)

### (1) 기업 개요

1952년 Monsanto Kasei Industry로 창업하여 Mitsubishi Monsanto Kasei Vinyl Co., Mitsubishi Kasei Vinyl Co., Mitsubishi Kasei Vinyl Co. **MKV Platech**(2004년) 등으로 사명을 변경해 오다가 2017년 현재의 사명으로 최종 변경함

Mitsubishi 그룹을 모회사로 하는 계열사이며 일본 최초이자 1위의 농업용 필름 공급업체로서 2003년부터 Tsukuba plant에서 PO 필름의 생산을 개시함

### (2) 계열사 현황

Ralliart Inc, MMC Diamond Finance Co Ltd, pajero manufacturing, NMKV

### (3) 보유 제품



DIASTAR™



E-Star™

#### Transparency

superb light transmittance allows to grow high-quality crops, eggplants, requiring an abundance of UV light

#### Flexible yet Durable

flexible enough to cover any shape of greenhouse.

#### Multi-functional

anti-drip, anti-dust, diffusion, anti-chemical

(4) 핵심특허 리스트 - 핵심 보유기술

No	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	평가 등급	보유기술
1	KR	폴리아미드 수지계 복합재 및 그 제조 방법(polyamide resin-type composite material and method of producing same)	MCAD	1315921	S	열수축성 개선
2	JP	농업용 필름	MCAD	7170265	A	파장대역 선택투과
3	JP	농업용 폴리올레핀계 다층 필름	MCAD	7105552	A	투명성 유지
4	JP	농업용 하우스의 방조방법	MCAD	6868374	A	항균성
5	JP	농업용 폴리올레핀계 다층 필름	MCAD	6998649	B	온도별 투명성
6	JP	농업용 필름	MCAD	6769951	B	투명성 개선
7	JP	농업용 필름	MCAD	6322459	B	파장대역 선택투과
8	JP	농업용 필름	MCAD	5638901	B	산란도 강화
9	JP	농업용 폴리올레핀 계 필름 및 그것을 이용한 식물 재배 방법	MCAD	5638792	B	보광
10	JP	열수축 쇼쿠구멍 함유 필름, 및 상기 필름을 이용한 성형품, 열수축성 라벨 및 용기	MCAD	5033326	B	열수축성 개선

(5) 최근 연구기술 (최근 5년 내 특허출원)

No	국가	발명의 명칭	출원번호	출원일	연구기술
1	JP	신규 폴리올레핀계 집합체 및 이것을 포함한 수지 조성물	2022-188700	2022.11.25	PO 조성물

○ 최근 5년 이내 진행된 특허출원들의 내용을 살펴본 결과, MCAD는 에틸렌계 공중합체의 피페리딘 고리 부분을 변성하는 방법으로 각종 기능적 특성을 개선한 폴리올레핀(PO) 조성물을 연구한 것으로 확인됨

## 나) 농업용 필름 시장 동향 조사

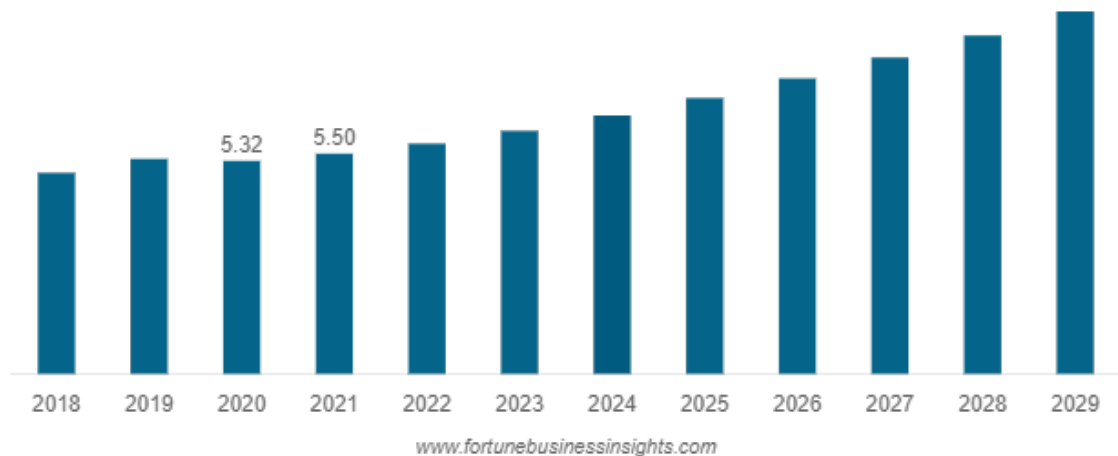
### (1) 국내 농업용 필름 관련 시장 조사

- 일반적으로 온실 피복재로는 유리·에틸렌초산비닐(EVA)·폴리에틸렌·폴리올레핀 등이 쓰이며 국내 피복재별 면적은 2020년 기준 폴리에틸렌 73%, 에틸렌초산비닐 8.5%, 폴리올레핀 8% 정도다. 그러나 폴리에틸렌 사용량은 점점 줄어드는 반면 폴리올레핀은 최근 10여년간 꾸준히 늘고 있음
- 이는 비싼 가격에도 폴리올레핀 필름의 광투과율이 높아 빛이 더 잘 들고 따뜻해 저온기에도 작물 수확이 빨라지고 수확량이 증가하기 때문임. 또 이슬이 필름에 맺히지 않고 잘 흘러내리는 데다 내구성이 높아 4년 이상 사용 가능하다는 것도 장점으로 꼽힘. 흔히 폴리올레핀 필름은 폴리올레핀계 물질을 원료로 3~5겹으로 제조함. 5겹 필름이 3겹보다 제조가 어려우나 내구성이나 보온 효과면에서 더 뛰어남
- 그러나 국내에 유통되는 폴리올레핀 필름의 50%가량은 국산보다 1.3~1.5배 비싼 일본산임. 특히 3·5겹 등 다층 폴리올레핀 필름은 우리나라 일부 업체에서 생산하고 있지만 생산설비와 주원료인 코팅액 전량을 일본에서 수입해 제조하는 상황이라 국내 폴리올레핀 필름 시장의 일본 의존도가 절대적으로 큼

### (2) 국외 농업용 필름 관련 시장 조사

- 광파장변환물질(광변환제)는 태양에너지를 효율적으로 활용하여 작물 수확량 증가의 잠재력이 있으며, 농자재 기업들의 주요 관심사로 부상하고 있음
- 태양광 파장 전환 농업용 필름은 활용도가 높아져, 연구와 개발이 활발히 이루어지고 있음
- 최근의 연구 중점은 태양광의 활용도를 높이는 고효율의 광변환 성능을 갖는 농업용 필름 개발에 있음
- 세계 농업용 필름 시장 규모는 2021년 102억 5천만 달러로 2029년 163억 7천만 달러로 성장하여 연평균 성장률 (CAGR) 6.3%를 나타낼 것으로 예상됨

## Asia Pacific Agricultural Films Market Size, 2018-2029 (USD Billion)



[그림 67] 세계 농업용 필름 시장 규모

- (환경 문제) 또한 환경 문제와 인체 건강을 위협하는 필름에 대한 해결책으로 생분해성 필름의 소비가 증가하고 있음. Europa에 따르면 농업 부문에서 플라스틱 폐기물의 약 80%가 플라스틱 덮개 필름에서 생성되고 있음. 이에 작물 성장 및 농업 환경을 개선하기 위해 인체에 무해하며 식용이 가능한 작물을 생산하기 위한 제품을 개발하려는 노력이 이루어져 왔음. 생분해성 농업 필름은 작물 품질을 향상시키고, 수확량을 늘리며, 물 사용량을 줄이고, 제초제 및 살충제 사용을 줄일 수 있어 시장 수요가 가속화 될것으로 예상됨
- (인구 증가로 인한 식품 수요 증가) 전 세계적으로 농업 생산량은 증가하였음. UN에 따르면 세계 인구는 향후 30년 동안 20억 명이 증가할 것으로 예상하였음. 개발도상국의 성장 및 소득증가로 인해 전 세계 식량 수요가 증가하였으며 농산물 생산을 위한 연간 토지 사용 면적은 토양 영양분 함량에 영양을 미침. 따라서 작물 수확량을 늘리기 위한 새로운 기술이 필요함
- (나노 온실의 증가) 온실 덮개로 사용되는 플라스틱 필름은 더 나은 기계적, 광학적 특성을 갖춘 새로운 소재로 진화하였음. 셀룰러 폴리카보네이트는 NANO라고 불리는 온실 코팅재임. 이는 온실의 식물에 유익한 빛 스펙트럼을 보장하는 빛 조절 특성을 지닌 흰색 폴리카보네이트이며 발수성이 있어 직사광선에 의한 식물 화상을 방지하고, 외부의 악조건으로부터 보호해 인건비와 에너지를 절감하며 농업용 필름 시장 성장을 촉진할 것으로 예상됨
- (기업간의 경쟁) 주요 시장 참여자들은 제품 라인을 늘리기 위해 R&D에 많은 돈을 지출하고 있으며, 이는 농업용 필름 시장이 더욱 성장하는 데 됨. 또한 시장에 참여한 기업들은 신제품 출시, 계약, 인수합병, 투자 증가, 다른 조직과의 협력 등 주요 시장 개발을 통해 전 세계적으로 영향력을 확대하기 위해 다양한 전력적 활동을 수행하고 있음. 이로 인하여 농업용 필름 산업의 경쟁업체는 경쟁이 점점 더 치열해지고 상승하는 시장 환경에서 기업을 확장하고 생존하기 위해 비용 효과적인 품목을 제공해야 함
- (멀칭 필름과 관련된 다양한 이점) 전 세계 농업용 멀칭필름 시장은 식량에 대한



수요가 증가하고 수확량과 품질이 더 높은 작물에 대한 수요가 증가함에 따라 호황을 누리고 있음. 플라스틱은 내구성, 경량성, 투과율, 자외선, 가시광선, 근적외선, 중적외선 반사율, 방적성, 김서림 방지성 등 우수한 특성을 갖고 있음. 이러한 특성은 농작물 밭에 필요한 영양과 분위기를 제공함으로써 수확 품질을 향상시키기 위해 플라스틱 농업용 필름을 사용하는 주된 이유임. 또한, 농업용 멀칭필름은 농업 자재를 제공함으로써 통제된 농업의 확장을 촉진함

## 다) 기술로드맵

### (1) 국내 온실용 필름 신기술 동향

#### (가) 삼마테크-광에너지 전환 필름

- (특징) 국내 기업인 삼마테크는 농업, 화장품 포장재, 바이오 등 여러 분야에서 제품을 만들고 있음. 농업 분야에서는 ‘광에너지 전환 필름’을 만듦. 이 제품은 온도상승, 병충해감소, 생육촉진, 품질향상, 내구성, 조기수확의 효과. 고효율 나노 희토류 광파장 전환 기술, 식물생육에 필요한 블루광선과 레드광선 파장으로 전환 시켜 식물의 생육에 도움을 줄 수 있음. 희토류를 이용한 광에너지 전환 물질을 하우스 필름 원료인 폴리에틸렌에 균일하게 혼합하여 만든 제품임
- (주요 장단점) 태양광중의 식물 생육에 불리한 자외선과 녹황광이 광에너지 전환 필름을 통과하면서 필름속의 희토류 광에너지 물질에 흡수됨. 이는 파장 변환을 일으켜 다시 식물에 투사하므로 하우스내의 광선 스펙트럼이 식물 생육에 유리한 블루광과 레드광이 풍부한 광선으로 전환하므로 광에너지 이용율이 현저히 높아짐. 그 결과로 식물의 성장이 빨라지고 열매가 많이 열리며 병충해가 적어지고 조기 수확이 보장되며 생산량과 품질이 현저히 제고됨

#### (나) 농촌진흥청-폴리올레핀(PO)

- (특징) 농촌진흥청은 지난 2019년부터 한국농업용PO필름연구조합, 필름업체, 한국생산기술연구원, 한국농수산대학교가 참여하는 공동연구팀을 준비하고, 충남 당진에 5개의 압출기로 5층 필름을 생산하는 연구용 생산 설비를 구축했음. 그리고 원료와 기능성 첨가제 비율시험, 부착력 증진을 위한 표면 처리, 물방울 흘러내림이 우수한 단계별 코팅액 적용등 여러 차례 시험을 통해 필름 생산 조건을 확립하고 폴리올레핀(PO) 시제춤을 개발하는데 성공했음. 시설원예의 재배 기술이 발전함에 따라 농업용 연질필름의 기능성 중 유직성(물방울 흐름성)이 가장 중요한 기능으로 인식되어 필름의 수명과 유직성의 기능을 오래 지속시키는 기술이 개발되는데 이는 첨가제를 레진과 함께 공압출 시키는 방법에서 액상 유적제를 필름 표면에 코팅(coating)하는 기법이 도입되어 농업용필름기술개발에 획기적 전환점을 맞이하게 됨



그림 68 폴리에틸렌(PE)을 사용한 비닐하우스

- 국내 최초 5층 농업용 필름 연구용 생산설비 (파일럿 시설)를 구축했는데, 이 설비는 국내 설비 업체와 협력하여 5개의 압출기(5-Layer extender), 침지코팅(Dip-coating) 방식의 코팅기, 구역 터널(Zone Tunnel) 방식의 설비를 갖추었으며, 접은 폭 750~1500mm, 두께 0.06~0.2mm의 필름을 생산할 수 있는 사양을 갖추었음. 구축 과정에서 원료수지흐름성 불안정, 버블 불균형, 결빙선 높이 조절등의 문제점 등을 개선하였고 온도와 속도 등의 가동조건을 확립함. 연구진은 국산 원료수지(m-LLDPE,EVA) 선발 및 배합비율 구명, 기능성 첨가제(내열성, 내오염성, 보온성) 평가 및 선발, 코팅액의 부착력 증진을 위한 표면처리기술(코로나 처리) 확립, 유무기 코어-셸 구조의 코팅액 소재개발 및 대용량 코팅액 합성 최적화 기술 등의 연구와 파일럿 설비를 이용한 31회의 생산 시험을 진행했음. 그 결과 물리적 특성 분석, 전자현미경 단면 촬영, 유직성 평가 등을 통해 일본산과 대등한 특성을 갖춘 시제품을 개발함



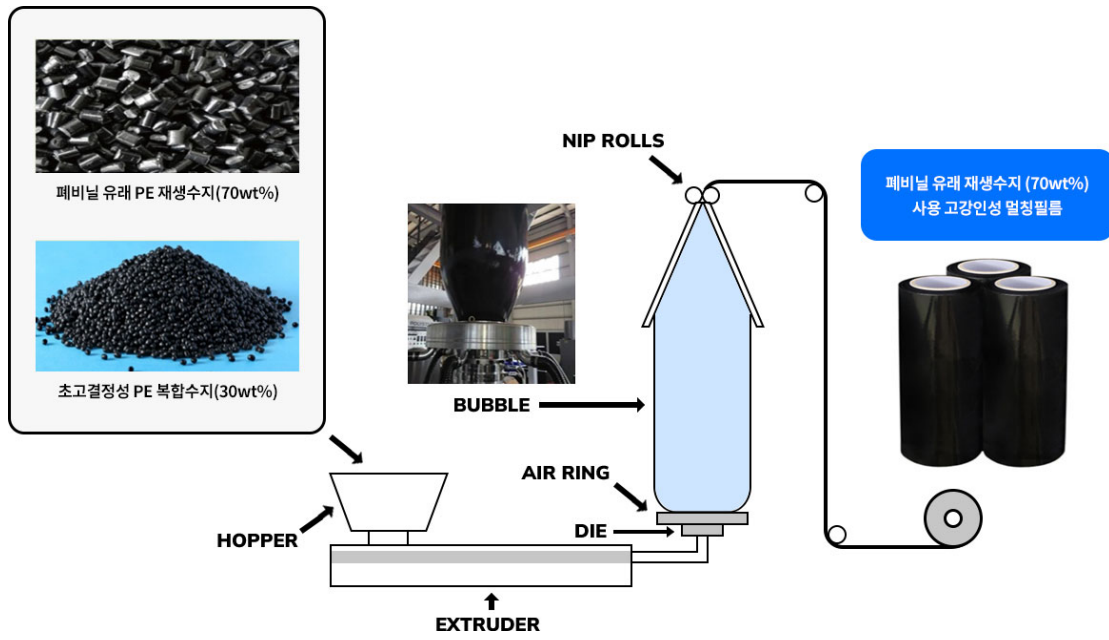
그림 69 5Layer (5층) 압출기를 갖춘 연구용 생산시설비

- (주요장단점) 폴리올레핀(PO)필름은 기존 폴리에틸렌(PE)필름(장수필름) 대비 3배 비싸지만, 빛이 잘 들고, 따뜻하며, 물방울이 잘 흘러내려 이슬 맺힘이 없어 뛰어난 내구성으로 오래 쓸 수 있다는 장점이 있음
- (시장 및 지재권) 현재 농업용 필름업계에서는 장기성 PO코팅 필름의 국내 유통량을 2020년 기준 국내산이 3285톤, 일본산이 3620톤, 중국산이 1150톤 정도로 파악됨. 약 60%가 수입산이고 이 중 일본산의 비중이 높음. 농업용 필름업계에서는 장기성 PO코팅 필름의 국내 유통량을 2020년 기준 국내산이 3285톤, 일본산이 3620톤, 중국산이 1150톤 정도로 파악하고 있다. 약 60%가 수입산이고 이 중 일본산의 비중이 높음. 하지만 새로이 구축한 5층 필름 연구개발용 생산설비는 적은 양의 원료수지, 각종 첨가제, 코팅액등의 재료로도 생산 가능하여 적은 비용으로 시험 가능해 많은 필름업체에서 활용할 수 있을 것으로 예상됨. 한국농업용PO필름연구조합에서는 2022년 연말에 연구에 참여한 업체의 특허기술과 노하우를 기술이전 받았고, 2023년 5월부터 농업인의 수요를 반영하여 사업화시켜 대략100~200ha 규모의 비닐온실을 피복할 수 있는 물량을 생산할 계획임. 이렇게 국산 제품이 상용화되면 일본산보다 30% 저렴한 가격으로 온실을 피복 할 수 있을 것으로 예상됨

(다) 애니캠-친환경 농업 멀칭 필름

- (특징) 친환경소재 전문기업 (주)애니캠이 검은색의 폐비닐 유래 재생 수지를 70% 사용한 탄소중립 대응 ‘친환경 농업용 멀칭(mulching; 피복) 필름’을 국내 최초로 개발, 출시함. 멀칭이란 작물이 자라는 땅을 덮어 잡초 방지, 토양침식 및 오염 방지 등 목적으로 실시하는 일이며, 통상 폴리에틸렌 필름이 사용됨. 애니캠의 친환경 농업용 멀칭 필름은 회수된 폐비닐로부터 얻어진 재생원료인 재생 폴리에틸렌 수지 70%에 ‘특수 초고강인성 폴리에틸렌 수지’를 30% 첨가 사용해

제조됨



- (주요 장단점) 신재 폴리에틸렌 수지만을 사용한 멀칭 필름과 동일 유사한 강도와 신도를 지니며, 폴리에틸렌 단일 소재로 재활용성도 우수함



그림 71 녹색인증을 받은 멀칭필름을 사용한 밭

- 2022년 기준 총 매출액은 13억 3,137만원으로 작년도 대비 78.5% 상승함

(라) 농업용 열차단 코팅 소재-연세대학교

- (특징) 선택적 파장만을 차단하는 투명 열차단 코팅 소재로 공액계고분자만으로도 우수한 열차단 효과구현이 가능함. 추가적인 염료, 금속산화물 및세라믹을 요구하지 않음 농업용필름에적용시가시광선영역에서는광투과효과가우수하고, 자외선 및 적외선 영역의 광차단 효과가 우수함. 공액계고분자를 포함하는 용액의 경화물로 형성되기 때문에, 스퍼터링공정과 같은 특별한 장비 없이도 단순한 습식코팅 공정을 통해 제조할 수 있음



- (주요 장단점) 추가 성분 첨가 없이도, 공액계고분자의 공정 최적화만으로 합성을 진행할 수 있고, 이로부터 용이하게 열 차단 효과를 확보 가능. 금속 성분 등이 포함되지 않으므로, 필름이 야외에서 장시간 노출시 금속 성분으로 인한 필름의 손상을 방지하여 내구성을 확보할 수 있음
- (시장분석 및 지재권) 열 차단 코팅 소재가 이용될 수 있는 농업 필름 시장 규모는 2020년에 108억3000만 달러로 2021년부터 2028년까지 CAGR6.77%로 성장하여 2028년에는 181억8000만 달러에 이를 것으로 예상됨

## (2) 국외 온실용 필름 신기술 동향

### (가) 일본- 유로퐁옴 기반 박막 코팅

- (특징) 식물은 광합성을 통해 가시광선을 에너지로 전환함. 햇빛에는 가시광선 외에 자외선(UV)도 포함되어 있음. 연구진은 자외선을 적색광으로 변환할 수 있는 유로퐁옴 착물을 기반으로 한 파장 변환 물질(WCM)을 개발했음. 연구진들이 개발한 박막 코팅은 시중에서 판매되는 플라스틱 시트에 적용될 수 있음. 이후 다음 WCM 코팅이 있는 시트와 없는 시트를 사용하여 식물 성장을 비교하여 필름을 테스트했음. 근대 식물 및 일본 낙엽송에 대한 시험이 수행되었음. 낮이 길고 일사량이 강한 여름에는 WCM 필름을 사용한 근대의 경우 큰 차이가 관찰되지 않음. 그러나 겨울철에 WCM 필름을 사용하여 재배한 근대 식물은 63일 후에 식물 높이가 1.2배 더 크고 바이오매스가 1.4배 더 큰 것으로 나타났음. 연구원들은 이러한 가속화된 성장이 WCM 필름이 제공하는 적색광 공급 증가에 따른 것이라고 생각함

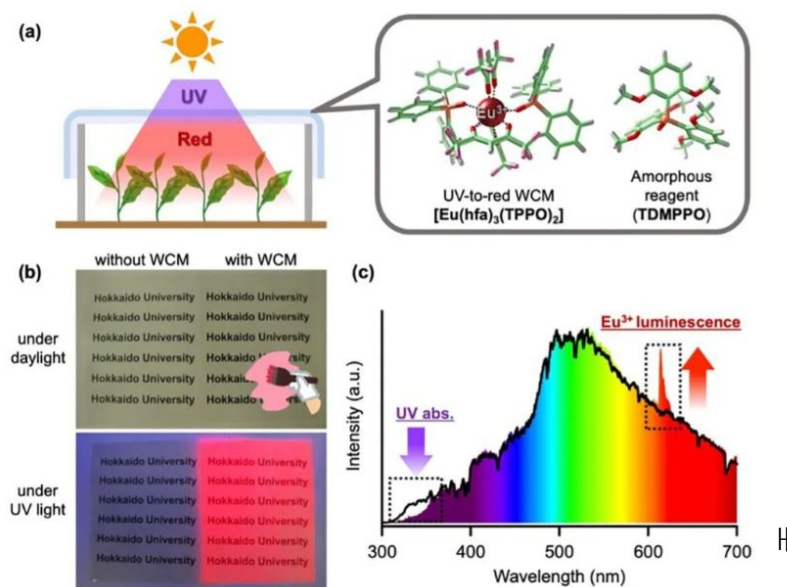


그림 72 WCM 필름 개략도 및 필름 구성 요소 분자 구조

- (주요 장단점) 태양의 자외선을 적색광으로 변환하는 유로퐁옴 기반 박막 코팅은 식물 성장을 가속화 할 수 있음. 이 기술은 추운 기후의 농부들이 작물을 더 빨리 재배하는 데 도움이 됨. 과학자들에 따르면 이 기술은 식물 생산 속도를 향

상시킬 수 있으며 전 세계 식량 공급 문제를 해결하는 데 도움이 될 가능성이 있음

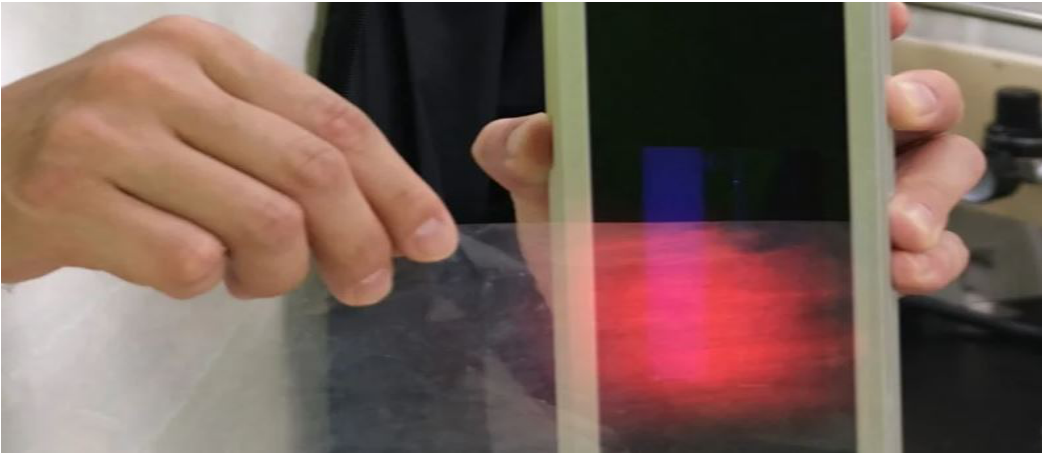


그림 73 유로퓨움 기반 박막 코팅

(나) ipi singapore- 녹색광 파장 선택형 유기 태양 전지(OSC)

- (특징) 온실에 적합한 태양전지 기술의 부재는 발전과 식량 공급 모두에 심각한 문제를 야기함. 이러한 상황에서 녹색광 파장 선택형 유기 태양 전지(OSC)가 개발되었으며, 이 태양 전지의 투과된 청색광과 적색광은 식물 성장을 촉진하는데 효과적으로 사용됨. 또한, 녹색광은 발전에 효과적으로 활용될 수 있으며, 온실의 전력원으로도 사용됨. 이 녹색광 파장 선택형 OSC는 경량, 유연성, 넓은 면적의 장점으로 인해 온실 지붕 전체에 설치할 수 있음. 이 녹색광 파장 선택형 OSC는 경량, 유연성, 넓은 면적의 장점으로 인해 온실 지붕 전체에 설치할 수 있음. 이 기술을 통해 발전과 농업 모두에 태양 에너지를 효율적으로 활용 가능함

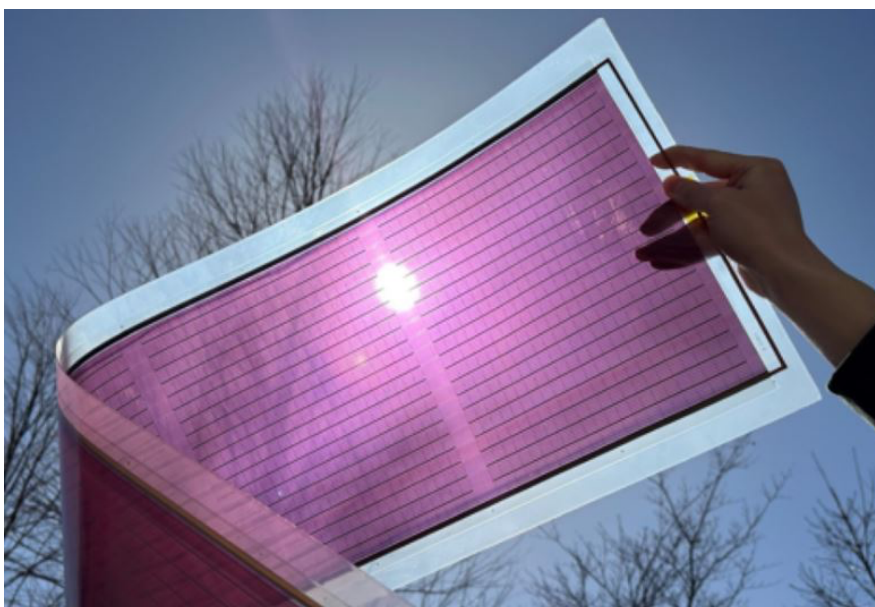


그림 74 온실용 녹색광 파장 선택형 유기 태양전지

- (주요 장단점) OSC의 활성층은 공여체와 수용체가 혼합된 벌크 이종접합 구조로 구성됨. 녹색광 파장 선택형 OSC에서는 도너와 수용체의 흡수 범위가 약 500-600nm의 녹색광 영역에 있도록 특별히 조정됨. 이 흡수 범위는 광합성에 관여하는 필수 식물 색소인 엽록소 a와 b의 흡수 범위와 상보적임. 이 기술은 기존 농업 시스템과 다르며 녹색광 파장 선택성을 사용하여 전력을 생산하면서 작물 수확량을 극대화함. 기존 실리콘 태양전지에 비해 투과율이 더 높고, 가벼워 비용 효율적인 모습을 보여주며 OSC는 온실 응용 분야에 이상적이며 빈번한 지붕 교체 필요성을 줄여줌. 단일 레이어 소재로서 유연하며 최대 50 미터 규모의 모듈을 제작 가능함



### (3) 특허 분석 및 방향성 설정

#### (가) 특허 기반 방향성 분석 개요

- 주요 경쟁사의 S등급 및 A등급의 핵심 등록특허는 그만큼 경쟁사가 중요하게 생각하여 특허 명세서 안에 다양한 실시 사례를 기재하고(활용성), 넓은 권리범위를 확보하기 위해 다양한 관점의 청구항들을 설계해 넣었으며(권리성), 후속 출원인들이 다수 인용한 원천성 기술(기술성)이라는 것을 의미하므로, 해당 기술분야에서 필수적으로 해결 및 개발해야 할 문턱기술일 가능성이 높다는 가정 하에 분석 대상으로 이용함
- 주요 경쟁사의 최근 5년 이내 특허출원은 가장 최근의 주요 트렌드 기술이 무엇인지에 대한 힌트가 될 수 있는 바 단순히 해당 기술의 국산화를 넘어서 경쟁사와 차별화된 기능을 추가하는 데 있어서 참고할 수 있다는 가정 하에 분석 대상으로 이용함
- 대학 및 연구소가 보유한 특허출원 및 등록특허는, 해당 기술의 모든 요소를 하나부터 열까지 자체 개발하는 것보다 대학이나 연구소에서 초도 개발된 기술이 있다면 이를 특허와 함께 기술이전 받는 한편 상업용 제품으로 customizing하는 부분은 상호 협동 연구로 완성하는 전략도 유효할 수 있다는 가정 하에 분석 대상으로 이용함
- 필름 소재를 제한하지 않은 "광 변환 필름" 관련 특허는, 대상기업이 관심을 가지는 ETFE 필름, PO 필름의 특허 검색 결과 "광 변환"을 위한 기술구성까지 포함하는 건 극소수에 불과하므로 필름의 소재에 상관없이 "광 변환 필름"에 관한 특허를 출원한 경쟁사들의 특허들을 분석함으로써 기존의 resin에 광 변환 물질을 혼합 또는 접착하는 데 어떠한 기술적 장애가 있었는지에 대한 참고 자료를 제공함

#### (나) R&D 방향성 분석

- 주요 경쟁사 핵심특허 리스트(S/A등급)

소재	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	문턱기술
ETFE	EP	Process for producing metal oxide particle coated with hydrophobized silicon oxide	AGC Inc.	2141205	자외선 차폐
	EP	Adhesive fluoro-resin and laminate employing it	AGC Inc.	0957148	접착력 강화
	EP	Ethylene-tetrafluoroethylene copolymer molded product and method for producing the same	AGC Inc.	2096191	친수성 강화
	EP	Method for producing ethylene-tetrafluoroethylene copolymer powder	AGC Inc.	2735582	파우더 수율
	EP	Composition mainly composed of ptfе, mixed powder, molding material, filtering medium for filter, air filter unit, and porous membrane manufacturing method	DAIKIN	2840115	내구성 강화
PO	US	Compositions of ethylene/ $\alpha$ -olefin multi-block interpolymеr for elastic films and laminates	Dow Global	7910658	신축성 강화
	US	Articles comprising nonpolar polyolefin and polyurethane, and methods for their preparation	Dow Global	8404780	페인팅 성능 강화

소재	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	문턱기술
		and use			
	EP	Redispersible polymer powders stabilized with protective colloid compositions	DOW Chemical	2341084	제조공정 (저압분무)
	EP	Stabilized redispersible polymer powder compositions	DOW Chemical	2341083	제조공정 (저압분무)
	KR	코팅 조성물(coating compositions)	Dow Global	2129646	내마모성 강화
	US	Anti-blocking compositions comprising interpolymers of ethylene/ $\alpha$ -olefins	Dow Global	7514517	표면개질
	KR	에틸렌/알파-올레핀의 혼성중합체를 포함하는 블로킹방지조성물(anti-blocking compositions comprising interpolymers of ethylene/alpha-olefins)	Dow Global	1399691	표면개질
	KR	에틸렌/ $\alpha$ -올레핀 혼성중합체를 사용한 열가소성 물질의 충격 개질(impact modification of thermoplastics with ethylene/ $\alpha$ -olefin interpolymers)	Dow Global	1892162	충격강도 개선
	KR	폴리올레핀 접착제 조성물(polyolefin adhesive composition)	Dow Global	2223511	접착제
	KR	결정핵제 조성물 및 이것을 함유하여 이루어지는 결정성고분자 조성물(nucleating agent composition and crystalline polymer compositions containing the same)	ADEKA CORP.	1102108	광투과성 개선
	US	Process for producing crystal nucleator composition and crystalline polymer composition	ADEKA CORP.	7714046	광투과성 개선
	KR	수지 첨가제 마스터 배치(resin additive master batch)	ADEKA CORP.	1431044	접착성 향상
	KR	올레핀계 탄성 수지 조성물(olefin elastic resin composition)	ADEKA CORP.	1510168	내후성 개선
	EP	Polyolefin resin composition	ADEKA CORP.	2392615	조성물 안정화
	US	Granulated resin additive composition	ADEKA CORP.	9527981	강도 및 광투과성 개선
	KR	수지 첨가제 마스터 배치(resin-additive masterbatch)	ADEKA CORP.	1842517	접착성 개선
	EP	Method for stabilizing polymer for long term, method for producing nonwoven fabric, and method for producing elastomer composition	ADEKA CORP.	2642008	생산비용 절감
	US	Resin additive master batch	ADEKA CORP.	9574068	접착제 저장성 개선
	US	Antistatic agent, antistatic agent composition, antistatic resin composition, and molded article	ADEKA CORP.	9580545	정전기 방지
	KR	폴리아미드에서의 색상 강화제로서의 폴리올레핀 공중합체(polyolefin copolymers as color enhancers in polyamides)	BASF	2305168	변색 방지
	EP	Sterically hindered amines	BASF	2545035	광안정화제
	EP	Nir-inert substrates comprising bis-oxodihydroindolylen-benzodifuranones	BASF	2173816	근적외선 불활성
	US	Stabilization of organic materials	CIBA SPECIALTY	8105504	열변형, 광유도 방지
	US	Near infrared absorbing phthalocyanines and their use	BASF	8221657	근적외선 불활성
	US	Sterically hindered amines	BASF	9045430	안정제

소재	국가	발명의 명칭	특허권자	특허번호	문턱기술
	US	Stabilizer composition for polymers	CIBA SPECIALTY	8173728	UV흡수 및 광안정제
	KR	폴리아미드 수지계 복합재 및 그 제조 방법(polyamide resin-type composite material and method of producing same)	MCAD	1315921	열수축성 개선
	JP	농업용 필름	MCAD	7170265	파장대역 선택투과
	JP	농업용 폴리올레핀계 다층 필름	MCAD	7105552	투명성 유지
	JP	농업용 하우스의 방조방법	MCAD	6868374	항균성

① 문턱기술 분석 결과

○ 농업용 ETFE 필름 분야의 문턱기술로 아래 4가지가 제시되었음

- (자외선 차단) ETFE 필름은 다음과 같은 이유로 자외선 차폐가 필요함 (i) 야외 스테프로 이용되는 플루오르 수지막을 접착제로 접착시킬 경우 접착제는 자외선에 의해 악화됨 (ii) 플루오르 수지막이 농업의 하우스 필름에 적용된 경우, 재배작물의 Brix 또는 작물 성장을 개량하기 위해 자외선의 양을 조절하는 것이 필요함 (iii) 농업의 하우스에서 병해충의 활동을 억제시키기 위해 자외선 차폐가 필요함
- (접착력 강화) ETFE 필름은 열가소성 수지 라미네이트로서 공동 압출 성형 또는 열 퓨전에 의해 다른 조성의 열가소성 합성수지층에 직접 접착되거나 다른 층들 사이에 두고 접착되는데, 서로 다른 특성을 가지는 레진 사이에서 접합 강도가 낮아질 수 있음
- (친수성 강화) ETFE 필름은 플루오르폴리머이므로 표면 에너지가 낮고 이로 인해 표면에서 물에 대한 접촉각이 적어도  $100^\circ$  이상 발생하므로 표면에 작은 물방울이 형성되는 경향이 있음 따라서 농업용으로 이용되는 ETFE 필름은 표면에 응축된 작은 물방울로 인해 투명도가 흐려지고 물발울에 각종 이물질이 달라붙는 문제가 발생함
- (파우더 수율 향상) ETFE 분말 제조 방법으로 (1) 유리 필터에 의해 슬러리를 여과하여 ETFE를 분리하고, 가열하여 휘발 성분을 기화 회수하여 ETFE 분말을 얻는 방법, (2) 슬러리를 물에 투입하고, 슬러리가 물에 분산된 상태에서 교반 가열하여 휘발 성분을 기화 회수한 후, ETFE와 물을 고액 분리하는 작업을 실시하고, 건조를 실시하여 ETFE 분말을 얻는 방법이 제안되었음. (1) 방법은 ETFE가 응집되어 큰 응집체를 형성하기 쉬워 분말의 핸들링 효율이 낮고 ETFE 제품의 수율이 낮은 경향이 있음 (2) 방법은 휘발성 성분의 회수 후에 ETFE와 물의 고액 분리를 위한 작업이 필요하고 폐수가 형성되며 휘발성 성분이 폐수에 용해되어 회수율이 낮아지는 경향이 있어 경제적으로 불리한 문제점이 있음

○ 농업용 PO 필름 분야의 다양한 문턱기술이 제시되었으며 대표적인 5가지를 소개함

- (광투과성 강화) 폴리올레핀(PO)계 고분자 등의 결정성 고분자는 큰 구결정(球晶)이 생성되기 때문에 기계적 강도 및 투명성이 저하되는 결점이 있음. 또한 강한 자외선으로 인해 열화되어 착색하거나 강도나 투명성이 저하되는 문제가 있음. 농업용 필름의 투명성 저하는 하우스 내로의 일사량이 저하되는 문제가 발생됨
- (내후성 개선) 합성수지는 옥외 등과 같이 태양광이나 자외선에 노출되는 상황에서 변색되거나 제품의 표면에 크랙이 발생하여 제품 수명이 짧아지므로 강한 내후성이 요구됨
- (안티 블로킹) 올레핀의 혼성 중합체 입자는 함께 응집되거나 접촉 입자 간에 블로킹을 나타내는 경향이 있음. 블로킹이 발생되면 응집체를 분쇄 또는 중합체 입자

를 재분리함으로써 사용가능한 미립자 물질을 제조해야 함. 이러한 추가 공정은 추가 공정 동안 중합체의 오염 또는 열화의 잠재적 위험성이 증가됨. 또한 과량의 무기 블로킹방지제를 첨가하게 되면 폴리올레핀 필름의 투명성 및 외형을 악화시키거나 내표면 스크래치성을 감소시킬 수 있는 문제가 발생됨

- (내마모성 강화) 너무 높은 마찰 계수를 갖는 코팅은 제품의 오염 및/또는 점착을 초래할 수 있으므로 윤활제와 같은 마모 저감 조성물을 포함시킴으로써 바람직한 마찰 계수를 갖도록 함 (즉, 마모율을 저감함)
- (항균성) 농업용 필름은 교체가 용이하지 않기 때문에 높은 내구성과 긴 사용 기간이 요구됨. 그러나 고온 다습한 계절에는 필름의 외면으로 곰팡이 또는 해초류와 같은 미생물이 번식하여 태양광 투과를 저해하고 이는 하우스 내에 광량 부족을 촉발하여 재배성에 악영향을 미침

○ 주요 경쟁사의 최근 트렌드 기술

○ 주요 경쟁사 최근 5년 이내 특허출원 리스트

소재	국가	발명의 명칭	출원인	출원번호	출원일	연구기술
ETFE	EP	Agricultural fluorine-resin film and greenhouse	AGC Inc.	2018-861978	2018.09.13	광투과량 조절
	KR	필름(film)	AGC Inc.	2022-7045901	2021.06.14	유리같은 중후감 부여
	KR	수지 조성물 및 적층체(resin composition and layered body)	AGC Inc.	2023-7011738	2021.08.13	밀착성 강화
	US	Method for surface modification of fluororesin	AGC Inc.	17-580824	2022.01.21	표면개질
	JP	피복 조성물 및 피복물품	DAIKIN	2019-022694	2019.02.12	내식성 강화
	EP	Primer for ethylene/tetrafluoroethylene copolymer coating materials	DAIKIN	2020-812998	2020.04.21	접착성 강화
	US	Method for producing fluoropolymer	DAIKIN	18-340164	2023.06.23	내기후성 강화
	EP	Fluorinated elastomers cured by actinic radiation and methods thereof	3M Innovative	2018-842495	2018.12.17	부분 재생
	EP	Curable fluoroelastomer composition	3M Innovative	2019-710783	2019.02.13	경화성 조성물
	US	Curable fluoroelastomer composition	3M Innovative	17-267402	2019.08.12	경화성 조성물
	US	Sprayable power of fluoropolymer particles	3M Innovative	17-286536	2019.10.16	접착공정용 파우더
	US	Process to reduce the concentration of fluoroorganic acidic compounds in aqueous dispersions	3M Innovative	18-007062	2021.07.30	컴파운드 코팅공정
US	Multilayer laminate structure and method of forming the same	Saint-Gobain	18-067379	2022.12.16	자외선 차단	
PO	JP	텔레켈릭 폴리올레핀을 포함한 경화성 조성물	Dow Global	2021-538043	2019.12.27	제조 공정 (PO)
	KR	불포화 폴리올레핀을 포함하는 경화성 조성물(curable compositions comprising unsaturated polyolefins)	Dow Global	2021-7023426	2019.12.27	제조 공정 (PO)
	US	Methods of making films having target beta ratios and target permeabilities	Dow Global	17-432440	2020.03.17	산소투과도 개선
	EP	Composition, thermoplastic resin composition using same, and molded article thereof	ADEKA	2018-850371	2018.08.30	광투과성 개선
	EP	Additive composition, flame-retardant synthetic resin composition containing same, and molded article thereof	ADEKA	2019-848556	2019.08.08	난연성 개선
	KR	폴리올레핀계 수지용 핵제, 이것을 함유하는 폴리올레핀계 수지용 핵제 조성물, 폴리올레핀계 수지용 마스터 배치, 폴리올레핀계 수지 조성물, 그의 성형품, 그의 필름, 다공질 필름의 제조 방법 및 포장체	ADEKA	2020-7007611	2019.11.06	PO 조성물 (아스파라긴 산)
	US	Flame-retardant composition and flame-retardant synthetic resin composition	ADEKA	17-440642	2020.03.19	난연성 개선
	EP	Additive composition	ADEKA	2020-848548	2020.07.02	난연성 개선
	JP	대전 방지성 수지 조성물, 및 그 성형체	ADEKA	2020-153762	2020.09.14	대전 방지
	JP	조성물, 이것을 함유하는 합성 수지 조성물, 및 그 성형체	ADEKA	2020-179998	2020.10.27	대전 방지
	EP	Resin composition, molded article thereof, and method for producing	ADEKA	2020-902370	2020.12.15	형상 안정성

소재	국가	발명의 명칭	출원인	출원번호	출원일	연구기술
		said resin composition				
	JP	대전 방지성 수지 조성물, 및 그 성형체	ADEKA	2020-218199	2020.12.28	대전 방지
	US	Flame retardant agent composition, flame-retardant resin composition, and molded body	ADEKA	17-793887	2021.01.20	난연성 개선
	KR	핵제, 수지 조성물, 수지 조성물의 제조 방법 및 성형품(nucleating agent, resin composition, method for producing resin composition, and molded article)	ADEKA	2022-7034870	2021.03.25	강성 개선
	JP	대전 방지제, 이것을 포함한 대전 방지제 조성물, 이들을 포함한 대전 방지성 수지 조성물, 및 그 성형체	ADEKA	2021-153428	2021.09.21	대전 방지
	EP	Polyolefin-based resin composition, molded article using same, and method for producing polyolefin-based resin composition	ADEKA	2021-877741	2021.10.08	내후성 개선
	JP	대전 방지제, 이것을 포함한 대전 방지제 조성물, 이들을 포함한 대전 방지성 수지 조성물, 및 그 성형체	ADEKA	2021-169036	2021.10.14	대전 방지
	EP	Flame retardant agent composition, flame-retardant resin composition, and molded body	ADEKA	2021-906646	2021.12.15	난연성 개선
	JP	난소성 수지 조성물 및 그 성형품	ADEKA	2022-133662	2022.08.24	난연성 개선
	EP	Stabilized polyolefin compositions comprising benzofuranones and organophosphorus stabilizers	BASF	2018-828913	2018.07.03	열안정성 및 변색 방지
	EP	Stabilized polyolefin compositions comprising benzofuranones and acid scavengers	BASF	2018-827768	2018.07.03	열안정성 및 변색 방지
	JP	내열성을 가진 열가소성 성형 조성물	BASF	2022-515025	2020.09.03	열변형 방지
	US	Light stabilizer mixture	BASF	17-798465	2021.02.05	UV흡수제
	US	Polyolefin compositions	BASF	17-802901	2021.02.24	냄새 감소
	KR	첨가제 혼합물(additive mixtures)	BASF	2023-7022772	2021.12.08	UV흡수제
	JP	신규 폴리올레핀계 집합체 및 이것을 포함한 수지 조성물	Mitsubishi	2022-188700	2022.11.25	PO 조성물

## ② 트렌드 기술 분석 결과

### ○ 농업용 ETFE 필름 분야의 다양한 트렌드 기술이 제시되었으며 대표적인 5가지를 소개함

- (광투과량 향상) 폴리올레핀계의 필름수지 필름은 성형 후 결정화율이 낮아 성형 사이클이 나쁘고, 결정화가 진행되면서 큰 결정이 생성되어 투명성을 저하시키는 단점이 있음. 투명성 저하는 하우스 내로의 광 투과량 부족을 발생시키고, 이로 인해 재배물의 성장이 억제 또는 작물에 병해가 발생될 수 있는 문제가 있음
- (밀착성 강화) 막 구조용 필름은 지붕, 벽 등의 막재로 사용되기 때문에 눈 하중에 의한 필름의 변형, 바람에 의한 진동, 빗방울에 의한 스탬핑 등, 항상 변형과 복귀를 반복하고 있음 그러한 필름에 인쇄하는 도료에는 필름이 변형되어도 박리되지

않는 높은 밀착성이 요구됨

- (접착성 강화) ETFE필름의 접착성은 입자의 크기 및 함량에 의해 결정됨. ETFE 입자의 평균 입자 크기는 5.0~50 $\mu\text{m}$ 이며, 평균 입자 크기가 너무 작으면 결과 프라이머 필름이 쉽게 갈라질 수 있고, 평균 입자 크기가 너무 크면 균일하게 분산되지 않아 ETFE 필름에 대한 프라이머 필름의 접착력이 저하될 수 있음. ETFE 입자 함량이 너무 작으면 결과 프라이머 필름과 ETFE 필름 사이의 접착력이 낮아져 층간 박리가 발생할 수 있고, ETFE 입자 함량이 너무 높으면 프라이머 필름과 코팅 대상 사이의 접착력이 저하될 수 있음
- (친환경 제조) 플루오르화 조성물을 생산한 후 시작 물질, 유화제, 및 반응성 부산물 등이 환경 문제를 일으키지 않도록 제품으로부터 제거해야 함 불화계 중합체 입자와 같은 폴리머 입자의 분산에서 플루오르화 유기적 산성 화합물을 제거함
- (부분 처리) 비결정 불소화 중합체의 일부를 UV와 같은 화학적 방사선을 이용하여 cure하는 방법



- 농업용 PO 필름 분야의 다양한 트렌드 기술이 제시되었으며 대표적인 5가지를 소개함
- (난연성 개선) 종래에 PO 필름의 난연화 방법으로는 (1)할로겐계 난연제, 또는 (2) 금속 수산화물 등을 단독 또는 조합하여 합성수지로 배합함. (1)할로겐계 난연제는 연소 시에 할로겐화 수소가스가 발생할 수 있고 발연량이 많아지는 문제가 발생함. (2)금속 수산화물은 다량의 첨가되면 배합한 합성수지의 비중이 증가되거나 기계적 특성이 저하되는 문제가 있음
- (열 안전성 및 변색 방지) 열가소성 폴리머의 일종인 폴리올레핀은 열, 빛 또는 촉매에 의해서 촉진되는 산화 열화 반응을 특별히 일으키기 쉬운 구조 요소를 가지고 있음. 열산화 열화는 기존의 열안정제를 첨가함으로써 늦추는 것이 가능하지만 장기적으로는 안정화를 유지하지 못해 기계적 특성이 저하될 수 있음
- (대전 방지) 열가소성 수지는 절연성이 높기 때문에 마찰 등에 따라 대전하기 쉬운 문제가 있으며, 대전 방지를 위해 합성수지로 대전 방지제를 수지 성형 체표면으로 도포하지만, 지속성이 떨어질 뿐 아니라 표면의 유기물에 의해 오염되는 문제가 있음
- (내마모성 강화) 폴리올레핀계 수지로 이루어지는 성형품에 대하여 우수한 강성을 부여하기 위해 폴리올레핀계 수지에 핵제를 첨가하는데 이때 첨가되는 핵제는 방향족 인산 에스테르 금속염을 사용함 핵제가 다량 함유되면 성형품의 표면에서 블룸(bloom) 현상이 발생하여 성형품으로부터 외부로 박리되는 문제가 발생됨
- (UV 내성 강화) UV 광에 대한 반복적인 노출로 인해 블루밍 현상이 발생함 블루밍의 발생은 투명성을 목적하는 물품에서 특히 바람직하지 않고, 블루밍 중합체로 제조된 물품이 접착제로 다른 물품에 견고하게 접합되는 능력을 감소시키기 때문에 바람직하지 않음 따라서 산화, 열 또는 광-유도에 의해 분해되기 쉬운 유기 물질을 안정화시키는 첨가제 혼합물이 필요함

○ 기술이전 가능한 대학 및 연구소 보유 기술

No	발명의 명칭	출원인	출원/등록 번호	법적상태
ETFE	접지력이 우수한 구조물 및 이의 제조 방법(structures having good slip resistance and preparation method thereof)	재단법인 멀티스케일 에너지시스템 연구단   서울대학교산학협력단	2327672	등록
PO	농업용 보온커버(insulating cover for agriculture)	한라대학교산학협력단   주식회사 일신산업	1589252	등록
	분말성형용 왁스계 열가소성 유기결합제 조성물 및 이를 이용한 피드스탁 조성물(wax-based organic binder composition for powder forming and feedstock using the same)	영남대학교 산학협력단	1673821	등록
	폴리올레핀계 플라스틱을 이용한 탄소 소재 제조 방법 및 이로부터 얻어진 탄소 소재(method for preparing carbon material using polyolefin based plastic and carbon material prepared therefrom)	한국과학기술연구원	2090018	등록
	이성분계를 활용한 나노클레이 분산 방법(method for dispersing nanoclay using a binary system)	한국생산기술연구원	2025136	등록
	환경 부하 저감용 발포시트 및 이의 제조방법(foam sheet for reducing environmental load and manufacturing method the same)	한국생산기술연구원	2075622	등록
	미끄러운 표면을 갖는 물품을 제조하기 위한 코팅용 조성물(coating composition for manufacturing article with slippery surfaces)	한양대학교 산학협력단	2241609	등록
	생분해 속도제어가 가능한 멀칭 필름용 수지 펠렛 제조방법 및 이를 이용한 생분해성 멀칭 필름(preparation method of resin pellet for mulching film of controlling biodegradation rate and biodegradable mulching film using the same)	주식회사 에이유   한국공학대학교산학협력단	2198513	등록

○ 광변환 필름의 조성물 및 제조 기술

No	국가 코드	발명의 명칭	진행 상태	출원인	출원번호	등록번호
1	KR	온도에 따라 색상을 변환시켜 가시광선 흡수율을 조절하는 기능성 차열 페인트 조성물 및 이를 포함하는 차열성 도막	등록	(주)두온에너지원	2022-0156244	2551193
2	KR	양자점 필름의 제조방법, 이로써 제조된 양자점 필름, 및 이를 포함하는 파장변환 시트 및 디스플레이	등록	(주)이노큐디	2018-0075242	1906445
3	KR	양자점 필름의 제조방법, 이로써 제조된 양자점 필름, 및 이를 포함하는 파장변환 시트 및 디스플레이	등록	(주)이노큐디	2018-0059197	1909541
4	KR	양자점 복합체를 포함하는 양자점 필름, 및 디스플레이용 파장변환 시트	등록	(주)이노큐디	2019-0102506	2102560
5	KR	비카드뮴계 양자점 복합체, 이를 포함하는 양자점 필름 및 파장 변환 시트	등록	(주)이노큐디	2022-0160337	2560474
6	KR	양자점 복합체를 포함하는 양자점 필름, 및 디스플레이용 파장변환 시트	등록	(주)이노큐디	2022-0130507	2550507
7	KR	양자점 분산액	등록	(주)이노큐디	2018-0094502	2190808
8	EP	Anti-reflective films with cross-linked silicone surfaces, methods of making and light absorbing devices using same	취하	3M Innovative Properties Company	2010-795588	-
9	US	Anti-reflective articles with nanosilica-based coatings and barrier layer	등록	3M Innovative Properties Company	13-825403	9285584
10	EP	Glass-like polymeric antireflective films coated with silica nanoparticles, methods of making and light absorbing devices using same	등록	3M Innovative Properties Company	2011-810930	2656119
11	US	Wavelength conversion film, agricultural film, structure and coating film forming composition	소멸	AGC Inc.	12-572333	8501313
12	US	Stabilized uv transparent acrylic composition	등록	Arkema France	11-205425	7407998
13	US	Stabilized uv transparent acrylic composition	포기	Arkema France	12-143087	-
14	EP	Wavelength conversion film	취하	Asahi Glass Company, Limited	2011-786727	-
15	US	Polymer composition for the production of films used in agriculture	소멸	ATRI Systems, Inc.	08-966164	5958294
16	EP	Novel polycyclic compound	심사 중	Eutec New Materials Technology (Suzhou) Co., Ltd	2019-896846	-
17	US	Light guiding film and plant growing method using the light guiding film	소멸	FUJIFILM Corporation	13-011947	8615925
18	US	Composite film and film mirror for solar light reflection	포기	FUJIFILM Corporation	15-052331	-
19	US	Photoactive material comprising nanoparticles of at least two photoactive constituents	포기	Geoffrey A. Ozin   Engelbert Redel	13-821911	-
20	EP	Titanium-containing materials	취하	Industrial Research Limited	2001-961449	-
21	US	Polysiloxane composition, molded body obtained from the same, and optodevice member	등록	Kaneka Corporation	12-305544	8299198
22	US	Light converting luminescent composite material	등록	KING ABDULLAH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	16-476922	11180693
23	US	Light conversion materials based on luminescent metal atomic nanoclusters	등록	Koninklijke Philips N.V.	14-649655	9784419

No	국가 코드	발명의 명칭	진행 상태	출원인	출원번호	등록번호
24	EP	Phosphor with hybrid coating and method of production	등록	Koninklijke Philips N.V.	2015-775102	3194528
25	US	Highly stable qds-composites for solid state lighting and the method of making them through initiator-free polymerization	등록	Koninklijke Philips N.V.	15-339528	9909738
26	US	Luminescent solal concentrator with phosphor-doped polymer resin	심사 중	KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	17-056412	-
27	US	Light-converting material and composition for producing the same	소멸	Ljubov Robertovna Bratkova	09-555104	6589450
28	US	Phosphor particle coating	심사 중	LUMILEDS LLC	16-915422	-
29	EP	Phosphor particle coating	공개	LUMILEDS LLC	2020-189538	-
30	US	Phosphor particle coating	심사 중	LUMILEDS LLC	17-925940	-
31	JP	차광 시트	등록	MITSUBISHI PLASTICS AGRI DREAM CO LTD	2016-124905	6703445
32	JP	농업용 필름	거절	MITSUBISHI PLASTICS AGRI DREAM CO LTD	2014-010547	-
33	JP	농업용 필름	등록	MITSUBISHI PLASTICS AGRI DREAM CO LTD	2014-132538	5756877
34	JP	농업용 필름	등록	MITSUBISHI PLASTICS AGRI DREAM CO LTD	2015-032159	6886232
35	US	Light control device for stimulating plant growth and method thereof	등록	Nano and Advanced Materials Institute Limited	16-255856	10667467
36	EP	Method of producing a hydrocarbon composition	등록	Neste Oil Oyj	2011-168096	2530136
37	EP	Wavelength conversion films with multiple photostable organic chromophores	등록	Nitto Denko Corporation	2014-720867	2978820
38	EP	Photoactive material comprising nanoparticles of at least two photoactive constituents	취하	Ozin, Geoffrey Alan   Redel, Engelbert	2011-822958	-
39	US	Doped polymer sheeting for covering hotbeds and greenhouses and method of fabrication of such	소멸	Ram Phosphorix LLC	09-178542	6153665
40	US	Material with photocatalytic properties	포기	SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE	12-676619	-
41	US	Methods and compositions for preparing consumables with optical shifting properties	소멸	Segan Industries Inc.	11-523723	7776371
42	EP	Resin composition, nonwoven fabric and film of biodegradable polyester, and preparation method thereof	심사 중	SKC Co., Ltd.	2021-174589	-
43	EP	Fluorescent composition having the ability to change wavelengths of light, shaped article of said composition as a light wavelength converting element, and device for converting optical energy to electrical energy using said element	등록	TEIJIN LIMITED	1981-104273	0041274
44	US	Fluorescent composition having the ability to change wavelengths of light, shaped article of said composition as a light wavelength converting element and	소멸	TEIJIN LIMITED	06-270022	4452720

No	국가 코드	발명의 명칭	진행 상태	출원인	출원번호	등록번호
		device for converting optical energy to electrical energy using said element				
45	US	Three-band phosphor for multi-layer agricultural plastic film	소멸	Wei-Hung Lo	12-241594	8057703
46	EP	Polymethine compounds, method of producing same, and use thereof	등록	Yamamoto Chemicals, Inc.	1999-309223	1006116
47	EP	Phthalocyanine compound, its intermediate, process for producing the compound, and use thereof	등록	Yamamoto Chemicals, Inc.   Mitsui Chemicals, Inc.	1998-310559	0928816
48	EP	Phosphor-nanoparticle combinations	등록	Yissum Research and Development Company	2011-706012	2528989
49	EP	Coating layers of a nanocomposite comprising a nano-cellulose material and nanoparticles	취하	Yissum Research and Development Company	2013-717568	-
50	KR	인공 광전환 필름 및 그 제조방법	취하	부산대학교 산학협력단	2016-0049619	-
51	KR	광전환제, 광전환 필름용 수지 조성물 및 이를 포함하는 광전환 필름	등록	서울대학교산학협력단	2019-0168569	2357568
52	KR	유기발광체를 함유하는 광전환 수지조성물 및 이를 이용한광전환 필름	소멸	에이티알시스템즈 인코포레이티드   류만근	2007-0052584	0863006
53	KR	수지 조성물, 막, 파장 변환 부재 및 막의 형성 방법	거절	제이에스알 가부시끼가이샤	2017-7033673	-
54	KR	광 변환 농업용 그린하우스 필름을 제조하기 위한 고분자 조성물과 이를 이용한 그린하우스 필름의 제조방법과 그 그린하우스 필름	소멸	주식회사 엔비오   한국에너지기술연구원	2008-0087545	0983602
55	KR	파장 변환 입자 복합체 및 이를 포함하는 광학 필름	등록	주식회사 엘지화학	2015-0185180	2034463
56	KR	파장 변환 입자 복합체 및 이를 포함하는 광학 필름	등록	주식회사 엘지화학	2015-0134894	1999979
57	US	Composition for optical film, and optical film comprising same	등록	주식회사 엘지화학	15-552757	10703870
58	KR	파장 변환 입자 복합체 및 이를 포함하는 광학 필름용 조성물	등록	주식회사 엘지화학	2016-0014228	2041810
59	KR	광학 필름용 조성물 및 이를 포함하는 광학 필름	등록	주식회사 엘지화학	2016-0014225	2006378
60	KR	적색 발광성 형광체, 이의 제조 방법과 온상 및 온실용다층 광-변환 농업용 필름	소멸	한국에너지기술연구원	2006-0128157	0887379
61	KR	광 변환 그린하우스 필름용 광 활성 무기첨가제 및 이를함유하는 그린하우스 필름	등록	한국에너지기술연구원	2006-0003263	0761942
62	KR	긴 잔광을 얻을 수 있는 광전환 필름	등록	한국에너지기술연구원   주식회사 엔비오	2005-0090206	0799224
63	KR	광전환필름용수지조성물	소멸	한화토탈에너지스 주식회사	1996-0024607	0404977
64	US	Extruded fluorescent films	심사 중	UbiQD, Inc.	2020-910575	-

#### (4) 기술 개발 로드맵

○ 주요 핵심기술의 특허 분석 결과 요약

○ 농업용 ETFE 필름

<p>전체특허동향</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ETFE 필름은 약 40년 전 개발이 시작되었지만 농업 분야의 특허출원은 15년 후인 1998년도부터 이루어짐</li> <li>▪ 농업용 ETFE 필름은 연간 약 50여 건의 특허출원이 이루어지고 있고 매년 성장세에 있으므로 향후 R&amp;D 투자는 지속적 증가가 예상됨</li> </ul>
<p>시장별 출원현황</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 일본 시장은 타 산업에 비해 외국인의 출원 비중이 상대적으로 높은 것으로 보아 외국 기업에게도 아직 기회가 남아 있는 시장임</li> <li>▪ 미국과 유럽 시장은 큰 시장 규모로 인해 자국 기업보다 전 세계 외국인의 출원이 다수이며 외국인의 대다수는 일본 기업임</li> <li>▪ 한국 시장은 토종 기업의 특허출원 비중이 50% 이하이고 절대 건수도 부족한 바 한국 기업들의 R&amp;D 활동이 궤도에 오르지 못했음을 방증하므로 향후 적극적인 R&amp;D 투자가 요구됨</li> </ul>
<p>국가별 출원인유형</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 4개국 모두 기업에 의한 특허출원이 95% 이상임</li> <li>▪ i)ETFE 소재 자체의 발견과 기초적인 연구는 이미 완료된 상태에서 농업 시장에 커스터마이징하기 위한 응용 기술 위주로 R&amp;D가 진행, ii) 농업용 ETFE 필름은 소재 개발 및 제작에 적지 않은 투자와 전문 인력이 요구되는 전형적인 기업 주도의 R&amp;D 영역임을 시사함</li> </ul>
<p>국가별 특허경쟁력</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농업용 ETFE 필름은 AGC, DAIKIN, ASAHI KASEI 등 일본 기업에 의해 약 50% 이상의 R&amp;D가 이루어지고 있으며 그 뒤를 미국과 한국 기업이 뒤쫓는 양상임</li> <li>▪ 미국이 보유한 특허는 기술적 경쟁력과 시장 경쟁력은 평균보다 매우 높은 수준이고, 사우디(네덜란드로 출원) 특허는 기술적 경쟁력과 시장 경쟁력 모두가 미국 다음으로 높으며, 독일 및 프랑스 특허는 기술적 경쟁력은 높지만 시장경쟁력은 평균 이하임(자국위주 출원)</li> </ul>
<p>주요 경쟁사</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농업용 ETFE 필름 분야는 AGC(일본), DAIKIN(일본), Du Pont(미국), 3M(미국)의 순으로 많은 출원 건을 보유하고 있고, 롯데케미칼(한국), SABIC(사우디), ARKEMA(프랑스), ASAHI KASEI(일본), NIPPON CARBIDE(일본), Covestro(독일)가 5건으로 공동 순위를 기록함</li> <li>▪ 농업용 ETFE 필름 분야에서 특허 기준의 기술 경쟁력 순위는 Du Pont, 3M &gt; ACG &gt; Sabc, DAIKIN 임</li> <li>▪ 농업용 ETFE 필름 분야에서 특허 기준의 시장 경쟁력 순위는 Du Pont &gt; ACG &gt; Sabc, DAIKIN &gt; 3M임</li> </ul>

○ 농업용 PO 필름

<p>전체특허동향</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농업용 PO 필름은 1990년도부터 일본의 주도로 개발이 본격화된 기술이며 R&amp;D 활동은 비교적 완만한 성장세를 보이다가 최근인 10여년 전부터 R&amp;D 활동이 급증하는 추세임</li> <li>▪ 한국은 2010년대부터 특허출원이 본격화되었고 롯데케미칼이 2008년도부터 R&amp;D를 본격 개시한 데 비해 엘지화학은 비슷한 시기에 개발은 시작하였지만 10여년 후인 2018년도부터 본격 R&amp;D를 진행함</li> </ul>
<p>시장별 출원현황</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 일본 시장은 자국 기업에 의해 약 80%의 특허출원이 집중되고 있으며 외국 기업이 접근하기 쉽지 않은 시장임</li> <li>▪ 미국과 유럽 시장은 큰 시장 규모로 인해 자국 기업보다 전 세계 외국인의 출원이 다수이며 일본 외에 다양한 국가가 진출하고 있음</li> <li>▪ 한국 시장은 토종 기업의 특허출원 비중이 40% 이하이나 절대 건수는 최근 5년간 20여건으로 미국 유럽을 압도함을 볼 때 이제는 차별적인 기술력 개발 관점의 R&amp;D 투자가 요구됨</li> </ul>
<p>국가별 출원인유형</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한국을 제외한 3국 모두 기업에 의한 특허출원이 95% 이상을 차지함</li> <li>▪ 한국은 화학연, 생기연, 건기연 등 PO 필름의 핵심기술을 국가 주도로 연구한 후 민간에 기술이전하는 모델이 정착된 모습이고, 국내 대학 및 연구소의 연구성과를 기술이전 받아 대상기술의 개발 일정을 jump-up 할 기회를 모색할 여지가 있음</li> </ul>
<p>국가별 특허경쟁력</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농업용 PO 필름은 ADEKA, Sumitomo, Mitsui, Mitsubish agri. 등 일본 기업에 의해 약 40%의 R&amp;D가 이루어지고 있고, 그 뒤를 Dow Global 등의 미국과 롯데케미칼, 엘지화학의 한국이 뒤쫓고 있음</li> <li>▪ 미국과 스위스가 보유한 특허는 기술적 경쟁력과 시장 경쟁력은 평균보다 매우 높은 수준이고, 독일 및 프랑스 특허는 기술적 경쟁력은 높지만 시장경쟁력은 평균 이하임(자국위주 출원)</li> <li>▪ 한국은 기술적 경쟁력과 시장 경쟁력 모두 평균 이하로 분석됨</li> </ul>
<p>주요 경쟁사</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농업용 PO 필름 분야의 강자는 Dow Global(미국), BASF(독일), ADEKA(일본), Mitsui(일본), Sumitomo(일본), Ciba Speciality(스위스), Mitsubishi agri.(일본) 의 순위임</li> <li>▪ 농업용 PO 필름 분야에서 특허 기준의 기술 경쟁력 순위는 Ciba (BASF) &gt; DOW global &gt; Mitsui, Sumitomo &gt; Mitsubish agri. 임</li> <li>▪ 농업용 PO 필름 분야에서 특허 기준의 시장 경쟁력 순위는 Ciba (BASF)가 독보적이고 DOW global, Mitsui, Sumitomo, Mitsubish agri. 등은 평균 수준이므로 자국 외에 1~2개국 해외출원에 그침</li> </ul>

## ○ 광변환 필름의 조성물 및 제조 기술

<p>전체특허동향</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농업용 광변환 필름은 일본의 Teijin Limited를 위시하여 1980년대부터 간헐적인 연구가 있었지만 본격적인 연구가 시작된 것은 1990년대 중후반부터임</li> <li>▪ 최근 10년간 연 평균 약 10~20여 건의 특허출원에 불과하지만 최근 5년 이내 출원 건수가 급증하고 있음을 볼 때 연구 단계는 아직 초기이나 가장 최근에 각광받기 시작한 기술로서 향후 R&amp;D 투자는 급증할 가능성이 있음</li> </ul>
<p>주요 경쟁사</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 농업용 광변환 필름 분야는 특허출원 건수 자체가 많지 않은 신생 기술 분야로서 player들의 특허출원 건수도 적은 편이며, ETFE나 PO 필름 분야의 Top player인 AGC, 3M, SABIC도 순위에 올라와는 있지만 특허출원 건은 소수에 불과함</li> <li>▪ FUJIFILM과 Konica Minolta는 디지털 카메라로의 트렌드 전환에 따른 기존 아날로그 카메라용 필름의 활용분야 전환을 모색하기 위해 2010년대 초중반에 농업용 광변환 필름 관련 특허를 출원하였으나 후속 연구는 진행되지 못한 것으로 보임</li> <li>▪ 농업 분야의 선도국인 유럽의 PHILIPS도 2010년대 중후반에 QD와 phosphor를 농업용 필름에 적용한 특허를 출원하였으나 이후 주춤한 상황이며, 2020년대에 들어서는 LUMILEDS가 phosphor를 농업용 필름에 적용한 특허를 다수 출원하여 릴레이를 이어가고 있음</li> <li>▪ 2020년 이후의 농업용 광변환 필름 분야는 특히 셸파스페이스, 이노큐디, VALOYA, UbiQD 과 같은 스타트업들이 틈새 시장을 노리고 강세를 보이고 있으며 쿼텀닷을 활용한 농업용 차세대 광변환 필름 개발을 선도하고 있음</li> </ul>

## ○ 농업용 ETFE 필름

- 주요 경쟁사가 보유한 S등급 및 A등급의 핵심 등록특허는 해당 기술분야에서 필수적으로 해결 및 개발해야 할 문턱기술일 가능성이 높다는 가정 하에 분석을 실시한 결과, 농업용 ETFE 필름 분야의 문턱기술로 1)자외선 차단, 2)접착력 강화, 3)친수성 강화, 4)파우더 수율 향상 기술이 제시되었음
- 주요 경쟁사의 최근 5년 이내 특허출원은 가장 최근의 hot한 트렌드 기술일 가능성이 높다는 가정 하에 분석을 실시한 결과, 농업용 ETFE 필름 분야의 트렌드 기술로 1)광투과량 향상, 2)레이어 간 밀착성 강화, 3)레진의 접착성 강화, 4)친환경 제조 공정, 5)중합체의 부분 처리 기술이 제시되었음
- 농업용 ETFE 필름 분야에서 향후 공동연구 또는 기술이전의 후보로서 관련 연구를 수행한 국내 대학은 서울대학교임

## ○ 농업용 PO 필름

- 주요 경쟁사가 보유한 S등급 및 A등급의 핵심 등록특허를 분석한 결과, 농업용



PO 필름 분야의 문턱기술로 1)광투과성 강화, 2)내후성 개선, 3)안티 블로킹, 4) 내마모성 강화, 5)항균성 부여 기술이 제시되었음

- 주요 경쟁사의 최근 5년 이내 특허출원을 분석한 결과, 농업용 PO 필름 분야의 트렌드 기술로 1)난연성 개선, 2)열 안정성 개선 및 변색 방지, 3)대전 방지, 4)내마모성 강화, 5)UV 내성 강화 기술이 제시되었음
- 농업용 ETFE 필름 분야에서 향후 공동연구 또는 기술이전의 후보로서 관련 연구를 수행한 국내 대학은 영남대학교, 한양대학교, 한국항공대학교이고, 연구소는 한국과학기술원, 한국생산기술연구원임

### ○ 광변환 필름

- ETFE나 PO를 명시적으로 이용한 광변환 필름은 극히 소수에 불과하므로 소재 (ETFE, PO)와 용도(농업용)를 불문하고 형광 물질을 이용한 필름의 조성물 또는 필름의 제조방법에 관한 특허출원을 조사한 결과, active 및 inactive 상태를 총합하여 64건이 도출됨
- 소재와 용도는 일부 상이하지만 플라스틱 중합체의 특성 상 참고 및 응용이 가능할 수 있으므로 향후 개발 착수 시 active한 특허는 회피설계를 통해 활용하는 한편, inactive(소멸, 거절, 취하)한 특허는 자유기술에 해당하므로 seed 기술로 즉시 활용 가능함
- 농업용 광변환 필름의 제조 기술을 제시한 글로벌 기업은 Mitsubishi agri., AGC, 3M, Saint-Gobain, FUJIFILM이고, 국내에서는 (주)두온에너지원이 차열 페인트 조성물을 제시함
- 조명용 광변환 필름의 제조 기술을 제시한 글로벌 기업은 Philips, LUMILED이고, 국내에서 (주)이노큐디는 디스플레이 용도이긴 하지만 양자점 필름의 제조 방법을 제시함
- 기타, 농업용 광변환 기술을 보유한 것으로 파악되는 UbiQD와 Lleaf의 특허를 출원인 검색을 통해 별도 검색한 결과, UbiQD는 12건, Lleaf는 3건의 특허출원(패밀리 제거)을 확인할 수 있었으며, UbiQD의 1건을 제외한 나머지 특허출원은 모두 필름이 아닌 파장변환물질 자체의 조성 또는 제작 방법에 관한 것으로 확인됨

○ 최종 결론

- 농업용 필름 분야에서 PE, PET, LDPE 등 다양한 소재가 사용되어 왔으며 이미 상당한 수준의 완성도와 적용성을 보여 주고 있지만 내구성, 광투과성, 내오염성 등의 요구 기술로 인해 최근에는 ETFE 또는 PO 소재가 각광 받고 있음
- ETFE 필름은 개발된 역사가 오래되었지만 농업용으로 적용 가능한 응용 기술의 개발 역사는 상대적으로 짧은 편이고 관련 제품도 비교적 최근인 10년 이내에 출시되어 가장 트렌디한 기술로 볼 수 있는 바, 국내에서는 아직 독자적인 개발 주체가 부재하므로 기술적인 진입 장벽은 타 소재에 비해 상대적으로 높은 편임
- PO 필름은 농업용 응용 기술이 이미 1990년도부터 개발되어 관련 제품도 다수 출시된 상황이므로 트렌디함과 더불어 상대적으로 안정화된 기술로 볼 수 있는 바, 국내에서는 롯데케미칼과 엘지화학이 관련 기술을 보유하고 있고 최근 태광뉴텍, 일신하이폴리, 삼동산업 등의 국내 중소기업에서도 농업용 PO 필름 개발에 성공한 사례로 볼 때 기술적인 진입 장벽은 ETFE에 비해 상대적으로 낮은 편이지만 시장 진입 장벽은 높음 편임
- 광변환을 이용한 최적 생육 기술이 최근 급부상하는 가운데 기존에 출시된 농업용 ETFE 필름 및 PO 필름은 공통적으로 광변환 기능이 부재하므로 ETFE 필름 및 PO 필름에 해당 기술을 접목하여 기술적 차별성을 도모할 필요가 있으며, 자체 개발을 모색하는 방안과 본 특허분석을 통해 확인된 개별 분야의 플레이어에 협력사로 활용하여 광변환을 위해 추가되는 기술요소를 기존 제품에 접목하는 방안을 함께 고려해볼 필요가 있음
- 친환경 양자점 소재를 기반으로 태양광 전환 기능을 가진 시설원예용 ETFE/PO 필름 개발 및 실증/사업화를 목표로 기술개발 로드맵 구축



시설원예용 광전환 필름 기술개발 로드맵

- 원천 소재 및 필름의 개발은 시설원예용 광전환 필름 뿐만 아니라 능동형 조명 장치, 태양광 발전 설비 등 다양한 분야에 응용이 가능함.

## 라) 협업 체계 구성

### (1) 선행연구 협업 체계

- 기술 개발 로드맵에 따라 선행연구 단계에서는 광전환 필름의 원료 광학 소재인 양자점 소재의 특성 개선 및 양산을 위한 대용량 합성 공정 개발이 핵심적으로 이루어져야 하므로, 화학 소재 연구개발에 특징점이 있는 연구 기관과의 협업이 필요함
- 선행연구 과정 중 소재를 기반으로 필름화 공정 개발 및 시제품 제작을 자체적으로 진행할 예정이며, 향후 필름 양산을 위한 생산업체 파트너십 필요

### (2) 심화연구 협업 체계

- 온실용 특수 기능성 필름 및 원천 소재의 양산 공정 구축을 위한 대용량 합성 반응기, 필름 압출 장비 등 기계 설비 전문가 협업 필요
- 생산 제품의 실제 농업 환경 적용 실증을 위한 스마트 시설원에, 재래식 비닐 하우스, 노지 농업(차광막) 등 다양한 형태의 농가 섭외를 통한 복합적인 실증 데이터 및 사용자 피드백 확보

### (3) 해외 파트너십 후보군

- 해외 스마트팜 관련 업체 인터뷰를 통한 협업 후보군 도출
- Village Farms : 북미 최대규모의 시설원에 기업으로, 시설원예용 필름 관련 협업 제안을 이미 받은 바 있으며, 실증으로 증명된 제품의 경우 구매 의향 있음
- Nestle : 세계 최대의 식음료 기업으로, 싱가포르의 R&D 부서와 시설원예용 광전환 필름과 관련하여 협업 논의를 진행하였으며, 스위스 본부 검토 진행 중
- 싱가포르 내 대학(Temasek Polytechnic, Republic Polytechnic) : 작물 재배에 적용되는 광편집 기술(광원장치, 광전환 시설원예용 필름 등)과 관련하여 R&D 협업 프로젝트 진행 의사가 있음

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

---

- Light recipe studio 운영을 통한 최적 환경 제어 요소 도출
  - 기존 축적된 데이터베이스를 기반 품종, 목적 특성을 반영 단계별 후보 레시피 도출
    - 대상 작물(딸기)의 통제 환경 내 재배 테스트를 통한 적정 광 환경 레시피 도출
    - 작물의 품종 및 생장 단계별 특성 분석을 통한 작물 생육 모델 구축 기초자료 확보
  - 외부와 독립된 환경인 랩 생장상 및 실증사이트에서 후보 레시피 검증
    - 자체 보유한 Light recipe studio(독립 환경의 식물생장상)에서 생육 테스트 진행
    - 상주에 위치한 경상북도 스마트팜 혁신밸리 내 시설원에 온실 환경에서 대상 작물(딸기) 재배 테스트 진행 중
  - 레시피 검증실험 반복을 통해 작물의 세부적인 생육 단계별로 광 환경 차이에 따른 생육 촉진 효과 도출, 광 환경 레시피 데이터 확보
  
- 형광소재 필름화 연구 및 시설원에용 대면적 필름화 설계
  - 파장별 필요한 형광소재 광특성 라이브러리 제작 및 필름 제작 방법 설계
    - 필름 소재별 특성 분석 및 온실용 필름의 설계 개선 진행
  
- 친환경 양자점 후보군 설정
  - 기초 합성 및 발광특성 분석을 통한 우수한 양자점 조성 선정
    - 양자점 후보군 설정 및 합성 테스트 진행을 통한 적합 소재 선정
    - 양자점 소재에 대한 광범위한 사전 조사를 통한 응용 가능성 및 시장성 연구
  
- 협업 체계 구성 및 기술로드맵 설정
  - 연구개발 고도화 및 사업화 연계를 위한 컨소시엄 구성
    - 온실용 필름 원료소재 고도화 연구를 위한 협업체계 구성 완료(한국화학연구원)
  - 연구개발 기술의 고도화 및 응용, 사업화를 위한 로드맵 설정
    - 온실용 필름 기술의 국내외 연구 동향 조사
    - 온실용 필름 기술의 특허 분석을 통한 지역별 기술개발 현황 및 경쟁사 분석
    - 온실용 필름 국내외 시장 현황 및 신기술 동향 조사

---

##### (2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

---

- 정량적 성과 없음.

---

##### (3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

---

##### (4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

---

해당 없음.

---

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ Light recipe studio 운영을 통한 최적 환경 제어 요소 도출	○ 대상 작물(딸기)의 생장단계별 최적 환경 데이터 구축 완료	○ 100%
○ 형광소재 필름화 연구 및 시설 원예용 대면적 필름화 설계	○ 기존 개발 필름의 개선점 도출 및 대면적 구조 설계 완료	○ 100%
○ 모니터링 장치와 연계한 복합 환경 제어 시스템 알고리즘 설계	○ 생육단계별 제어 목표 설정 및 피드백 제어 알고리즘 설계 완료	○ 100%
○ 친환경 양자점 후보군 설정	○ 후보 소재별 합성 테스트 진행 및 최종 친환경 양자점 소재 후보 선정	○ 100%
○ 협업 체계 구성 및 기술로드맵 설정	○ 온실용 필름 기술개발 동향 및 특허 기반 현황 조사 완료, 조사 데이터 기반 기술개발 로드맵 도출 및 협업체계 구성 완료	○ 100%

#### 4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

##### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

---

해당 없음.

---

##### 2) 자체 보완활동

---

해당 없음.

---

##### 3) 연구개발 과정의 성실성

---

해당 없음.

---

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

---

- 양자점 소재의 농업 적용을 위한 폭넓은 연구를 통해 농업뿐만 아니라 기초 소재가 활용될 수 있는 다양한 분야에 활용 가능성을 제시함.
  - 가변 파장 필름을 활용한 작물에 공급할 수 있는 광 스펙트럼의 세부 조정을 통해 온도, 습도, 양액 성분 등의 환경제어농업의 일반적인 환경 조정 범위를 넘어서 광 환경의 최적화를 위한 기초 연구를 수행함. 이에 따라 작물의 광합성 대사 흐름의 관점에서 생육을 분석할 수 있는 초석을 마련하였음.
  - 농업용 필름 기술 및 시장에 대한 다양한 관점에서의 자료 조사 및 분석을 진행함으로써 해당 시장의 미래 발전 가능성 및 후속 기술개발 방향성을 제시함.
- 

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

---

- 학술적 성과 활용계획
    - 연구개발을 통한 성과의 지적재산권 확보로 자체 사업화 진행 및 특허/노하우 기술 이전을 통한 관련 산업의 활성화 유도
  - 실증 데이터 관리
    - 실증 시설의 지속 운영 및 빅데이터 확보를 통한 농업 기술의 동반 성장 도모
  - 사업화 기반 활용
    - 농업용 특수 기능성 필름의 기술개발 로드맵 및 사업화 방향성 수립을 통한 사업화 비전을 구축, 연구개발 및 사업화 진행을 통해 관련 스마트팜 산업 활성화 기대
-

## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농업분야 창의도전형 융복합모델 연구개발사업 <태양광 전환 필름 기반 시설원예용 광편집 솔루션 개발> 연구개발과제의 최종보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 농업분야 창의도전형 융복합모델 연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.