양이온전도성 플루오린 레진 기반의 전기화학적 수소제조용 고에너지효율·고내구성 고분자전해질 다층 분리막 제조기술

과제명	양이온전도성 플루오린 레진 기반의 전기화학적 수소제조용 고에너지효율·고내구성 고분자전해질 다층 분리막 제조기술		
구분 (해당부분 V 체크) *중복 체크 가능	소재	부품	장비
	V	V	
기술분류	대 분 류	중 분 류	소 분 류
산업기술분류 (별표 1)	화학	고분자재료	에너지·환경산업용 소재기술
소부장산업분류코드 (별표 2)	20202	소재/부품/장비명	플루오린 레진
해외의존도 (전체)	64.4%	제 1 수입국 제1수입국 의존도	일본* 26.9%
HSK 코드(10자리)	3914001000	HSK 품목명	이온교환수지
개발 목적 (해당부분 V체크)	국산화	글로벌 경쟁력 확보	글로벌 선도
	V	V	V
개요	◦ **부생수소 및 그린수소 제조**용 염수전해(Saline Water Electrolysis)공정 적용을 위한, 저에너지소모형·고내구 고분자전해질 다층 분리막 제조 통합기술		
필요성	◦ 수소경제의 4대 핵심기술분야 중 하나인 수소제조기술은 부생수소, 개질수소, 그린수소, 수입수소 기술로 분류됨 ◦ **염수전해**는 대표적인 **부생수소** 생산기술 중 하나[산업적 명칭: 클로로-알칼리{Chloro-alkaline (CA) 공정}]이며, 재생에너지 연계시 **그린수소** 생산기술로 분류됨 ◦ 염수전해는 다양한 농도[3.5 wt.%(바닷물) - 25 wt.%(인공염수)]의 염화나트륨(NaCl)이 용해된 염수에 전기를 가해 **수소 외에 염소(Cl_2)와 가성소다(NaOH)를 동시에 생산**하는 기술로 선박평형수/정수(용도: 차염소산(NaOCl, 락스)), 해수담수화(농축수 처리) 및 클로-알칼리(용도: 주로 PVC 제조)산업 생태계에 폭넓게 활용되고 있음. ◦ 염수전해는 대표적인 에너지소모형 국가기간산업(예: 한화케미칼/LG화학/롯데정밀화학/백광산업의 주력산업군, 전 매출의 50% 이상 차지)으로, **에너지저감 이슈가 매우 심각**(예. 업계 2위 LG화학이 사용하는 전기료: 6,000억/년). ◦ 염수전해의 핵심부품은 염수전해 성능 및 에너지소모량, 내구성을 결정하는 **고분자전해질 다층 분리막**임 ◦ 염수전해용 고분자전해질 다층 분리막은 높은 작동온도(90 ℃)의 전기분해조건에서 강산(Cl_2 발생@anode)과 강염기(NaOH 및 H_2발생@cathode)에 모두 노출되며, 발생된 생성물들이 서로 혼입되는 것을 막으면서, 빠르게 Na^+이온만을 선택적으로 통과시켜야만 하기 때문에, 높은 내구성을 갖는 양이온전도성 플루오린 레진으로 이루어진 다층(내산성 황산기층/ 내염기성 탄산기층)구조로 제조됨 ◦ 상업적인 염수전해용 고분자전해질 다층 분리막은 **전량 일본 수입**(수입처: 아사히카세이, 아사히 글라스)에 의존하고 있으며, 내압성을 확보를 위해 두꺼운 두께의 독립층 제조 후 열간 압착시키는 제조방식으로 인해, 높은 저항 이슈와 공정적용시 층간 박리문제로 인한 에너지소모량 증가로, 제조사 권장사용수명 5년임에도 염수전해 업체에서 1년 내 교체됨(이유: 에너지비용>>>분리막 교체비용) ◦ 고에너지효율 및 고내구성이 확보된 다층 분리막 개발시, 부품계약방식을 채용하고 있는 국내 염수전해 업체들의 **기술경쟁력 강화**와 **대일의존도 탈피**가 가능하며, 수소생산단가 저감을 통해 수소경제, 그린뉴딜, 탄소중립정책에 부합하는 수소생산 핵심기술 확보가 가능함		
목표 – 개발목표	◦ 고에너지효율·고내구성 고분자전해질 다층 분리막 제조 통합기술 내재화 1) 양이온전도성 **플루오린 레진** 기반 이온교환수지 **분산**기술 (kg 스케일) 2) 플루오린 이온교환수지 분산액을 활용한 전구체 분리막 **제막**기술 (500 mm폭) 3) 제조된 고분자전해질 전구체 분리막 일부의 선택적 치환공정적용을 통한 비박리성 다층 분리막 제조기술		
목표 – 기술성숙도 (TRL)	현재수준	목표수준	
	6	7	

기술개발내용 (Spec. 포함)	**○ 연차별 주요 개발 내용** ◦ (1차년) Bench스케일 양이온전도성 **플루오린 레진** 기반 염수전해용 고분자전해질 다층 분리막 **통합제조기술 내재화** - Bench스케일 내산성 황산기 기반 **플루오린 레진 이온교환수지 분산기술** 내재화 - 분산 **플루오린 이온교환수지** 분산액을 활용한 Bench스케일 **전구체 분리막 제막기술** 내재화 - 제조된 고분자전해질 전구체 분리막 일부의 선택적 치환공정적용을 통한 비박리성 다층 분리막 제조기술 내재화 ◦ (2차년) Pilot스케일 양이온전도성 **플루오린 레진** 기반 염수전해용 고분자전해질 다층 분리막 **통합제조기술 개발** - 플루오린 이온교환수지 **분산액** 물성 최적화 및 **kg급 스케일업** - 양이온전도성 플루오린 레진 기반 **전구체 분리막 500 mm폭 스케일업** - 전구체 분리막의 **선택적 치환공정 최적화**를 통한 비박리성, 저에너지소모형 다층 분리막 제조기술 내재화 **○ 주요 성능 목표** ◦ **에너지효율(%) : 20 % 이상** @ 90도(日 아사히 카세이: 106 MWh/ ton H_2), ◦ 단위셀 성능(활성면적: 100 cm^2): 3.00 V@0.6 Acm^2 이하 at 90도(日 아사히 카세이: 3.35 V@동일조건) ◦ 수소전류효율: 97% 이상@90도(日 세계최고수준: 93%) ◦ 샘플재연성: 단위셀 적용시 0.6 Acm^2 조건에서 전압변화변동폭 6% 이하 (시료 10개) ◦ 내구성: 가속조건인 on-off 10 cycle(1 cycle: 6시간) 가속실험시 초기성능대비 ±5% 이하 ◦ **두께 감소율(%) : 10% 이상 (세계 최고 수준 제품 대비)** ◦ **박리강도 유지율(%) : 초기 대비 95 % 이상(2,000 시간 염수조건에서 사용 후)** ◦ **수소생산효율(%) : 20 % 이상 (세계 최고 수준 제품 대비)**
최종 성과물	◦ 양이온전도성 **플루오린 레진** 기반 친환경 알콜성 **분산액** (응용분야: 고분자전해질(Polymer Electrolyte Membrane, PEM) 수전해 및 연료전지용 분리막 및 전극 바인더 제조, 산화-환원 흐름전지/삼투발전/역전기투석/수처리 등 분리막 및 코팅용액 제조) *분리막 용도: 고밀집 구조 유도용 소립자 분산액 *전극 바인더 용도: 고산소투과성 입자크기제어 분산액 ◦ 양이온전도성 내산성 황산기 기반 **플루오린 레진 전구체 분리막** (응용분야: PEM 수전해 및 연료전지/산화-환원 흐름전지/삼투발전/역전기투석/수처리) ◦ 양이온전도성 **플루오린 레진** 기반 고분자전해질 다층 분리막 (응용분야: 선박평형수 및 정수처리/ 해수담수화 배출수 처리/클로-알칼리 산업 등)
기대효과	◦ 기술적 기대효과 - 염수전해 핵심소재 기술확보를 통한 글로벌 선도제품 창출 및 제품의 기술완성도 제고 - 저에너지소모형·고내구성 분리막으로의 대체를 통한 산업적 요구충족 및 전기세 현실화에 따른 산업경쟁력 개선 - 입자크기제어된 플루오린 레진 분산기술의 spin-off: 전기화학성능 및 내구성 개선을 통한 수소전기차 고성능화 및 세계 기술주도력 유지, 발전용 PEM 연료전지/PEM 수전해 시장 선도 - 양이온전도성 황산기 기반 플루오린 레진 전구체 분리막 기술의 spin-off: 전기화학성능/내구성 개선, 수소차단성개선-두께 저감을 통한 PEM 수전해 시스템 안전성 개선 및 고집적화 ◦ 경제적 기대효과 - **일본*** 수입의존도가 높은 플루오린 레진 기반 염수전해용 고분자전해질 다층 분리막 핵심소재/ 부품 국산화 및 품질 향상을 통한 **수출규제 대응 및 무역 역조 개선** - 핵심소재/부품 기술확보를 통한 국가 과학기술 및 수소경제 핵심분야(부생수소 및 그린수소 제조)의 산업 경쟁력 강화에 기여