

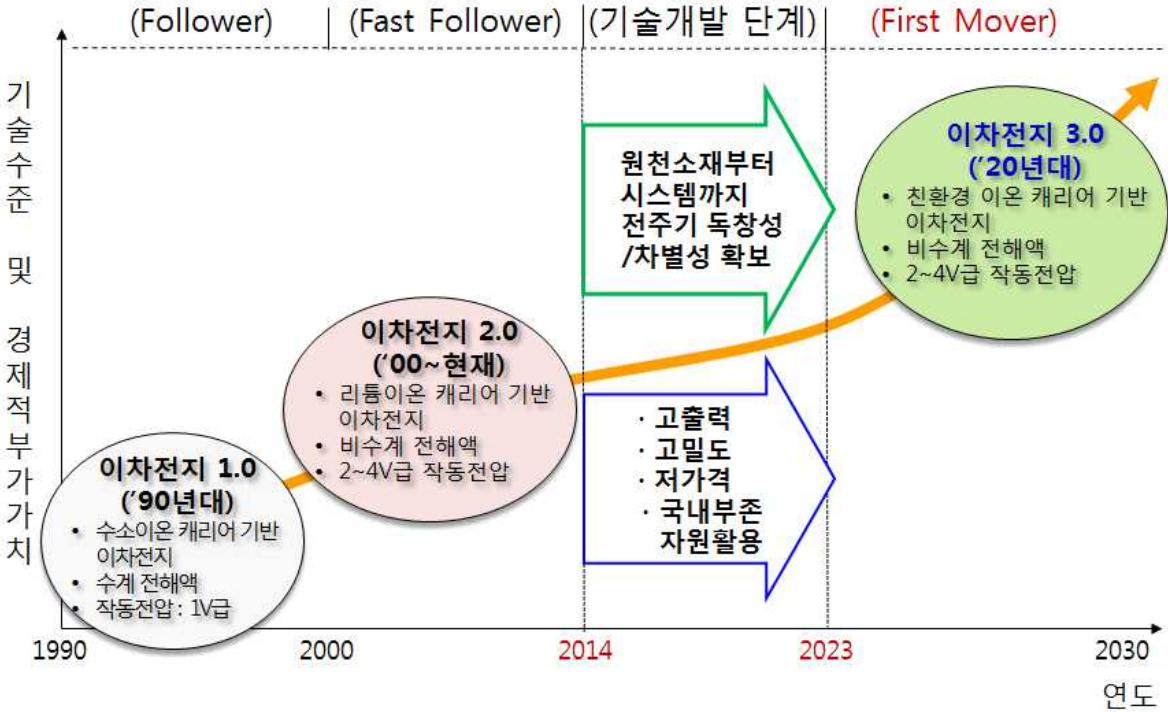
요 약 문

【사업의 개요】

Novel Ion Carrier 적용 혁신 전지 구현을 통한 신규 이차전지 분야의 글로벌 리더

□ 이차전지 3.0의 정의

저탄소 성장 경제에 부합하는 에너지 절감 및 친환경적인 성격의 고성능 에너지 저장 장치. 리튬이온을 제외한 친환경 Ion Carrier 기반의 이차전지를 통칭한 3세대 이차전지로, 신개념 Shuttle Chemistry 기반의 Post 리튬이온전지



<이차전지 패러다임의 변화>

□ 최종목표

신개념 Ion Carrier 적용 이차전지 원천기술 확보

- 신개념 Shuttle Chemistry 플랫폼에 기반한 7개 융복합 원천 기술군 개발
 - 핵심 원천 특허 기술군당 3건 이상, 총 21건 이상
 - 주변 특허 2,000건 이상

- 리튬이온전지의 한계 돌파
 - 기존 리튬이온전지 대비 가격 70% 이하
 - 기존 리튬이온전지 대비 우수한 전기화학적 특성 지표 확보
(고에너지밀도 or 고출력 외)

□ 단계별 사업목표

- 1단계 : Shuttle Chemistry Platform 구축
 - 2단계 : Ion Carrier 핵심소재 원천기술 개발
 - 3단계 : Novel Ion Carrier 적용 이차전지 구현
-
- 리튬이온전지를 대체하는 친환경 Ion Carrier 기반 에너지 저장 시스템에 대한 이슈를 선점하고 원천기술을 확보함으로써 미래의 신성장동력 산업 창출
 - 세계적 수준의 Ion Carrier 기반 기술의 개발로 신재생에너지 분야의 글로벌 리더로서 자리매김

목표

신개념 Ion carrier 적용 이차전지 원천기술 확보

- 신개념 Shuttle Chemistry 플랫폼 기반 7개 융복합 원천 기술군 개발
 - 핵심 원천 특허 기술군당 3건 이상, 총 21건 이상
 - 주변 특허 2,000건 이상
- 리튬이온전지의 한계 돌파
 - 기존 리튬이온전지 대비 가격 70% 이하
 - 기존 리튬이온전지 대비 우수한 전기화학적 특성 지표 확보 (고에너지밀도 or 고출력 외)



<이차전지 3.0의 목표 및 기대효과>

□ 기대효과

- Ion Carrier 기반 핵심 원천기술 7개 확보
- 이차전지 3.0의 기술개발 및 전지 구현을 통해 국제적 경쟁 환경이 심화되고 있는 이차전지 시장에 대한 우위성을 확보
- 리튬 이온전지를 대체하는 친환경 Ion Carrier 기반 에너지 저장 시스템 원천기술 선점을 통한 신성장동력 산업 창출
- 세계적인 수준의 Ion Carrier 기반 기술의 개발로 이차전지 분야의 글로벌 리더로서 자리매김
- 신개념 친환경, 저가 이차전지 시스템 개발을 통한 고부가가치 산업 전환 및 고용 창출

1. 추진배경

- 인류의 가장 큰 당면 문제 중 하나로 화석연료의 고갈 및 화석연료의 사용에 따른 환경오염, 기후변화 문제가 심각하게 대두
 - 우리나라는 에너지의 97%이상을 해외에 의존
 - 새로운 에너지원의 확보 및 에너지 효율 향상이 전 세계적인 화두로 등장
 - 원자력 발전과 같은 큰 위험요소를 갖는 에너지원에 대한 사용을 지양하고 있는 추세

- 이차전지는 휴대용 IT기기에서 친환경 자동차, 전력 저장까지 다양한 분야에 활용
 - 리튬이온전지 시장은 신규 시장인 전기 자동차 및 에너지 저장용 전지 시장의 확대에 의해 연평균 20% 이상의 고성장이 예측됨
 - 향후 리튬의 고갈우려와 원재료 가격 급등 등의 우려로 'Post 리튬이온전지'의 개발이 시급

- 세계 각국은 새로운 경제 성장 패러다임으로 친환경 에너지 산업, 특히 이차전지 분야에 집중
 - 선진국은 미래를 겨냥한 전략적 로드맵을 수립하고 중장기적인 지원이 이루어지고 있음
 - 일본은 NEDO를 중심으로 현재의 전지와 미래의 전지가 연계된 2050년까지의 장기로드맵 수립. 2009년 8월 All Japan Project를 수립 7년간 210억 엔을 지원하고 있음
 - 미국은 원천기술개발 모색, 전지제조기술력의 확보 위해 오바마 펀드를 조성, 이차전지분야에 15억불을 지원하고 있음
 - 국내의 경우 미래 전지산업을 선도할 차세대 이차전지, 즉 Post 리튬이온전지 기술에 대한 확보 및 대응 전략과 노력은 미흡한 실정인 바, 국제경쟁력 우위를 확보하기 위한 장기적.체계적인 지원 방안 마련이 시급함

2. 필요성

- 이차전지는 화석연료 의존도를 낮춰 에너지 자립도를 높이고 이산화탄소의 배출량을 획기적으로 저감할 수 있는 녹색 기술의 핵심
 - 이차전지 세계시장은 IT기기용인 소형에서 전기자동차 및 에너지 저장장치 등의 중·대형으로 중심축 변화 과도기
 - 신재생에너지 보급과 스마트그리드 등 미래 전력망 사업의 확대를 위해 이차전지 개발 필요성 대두

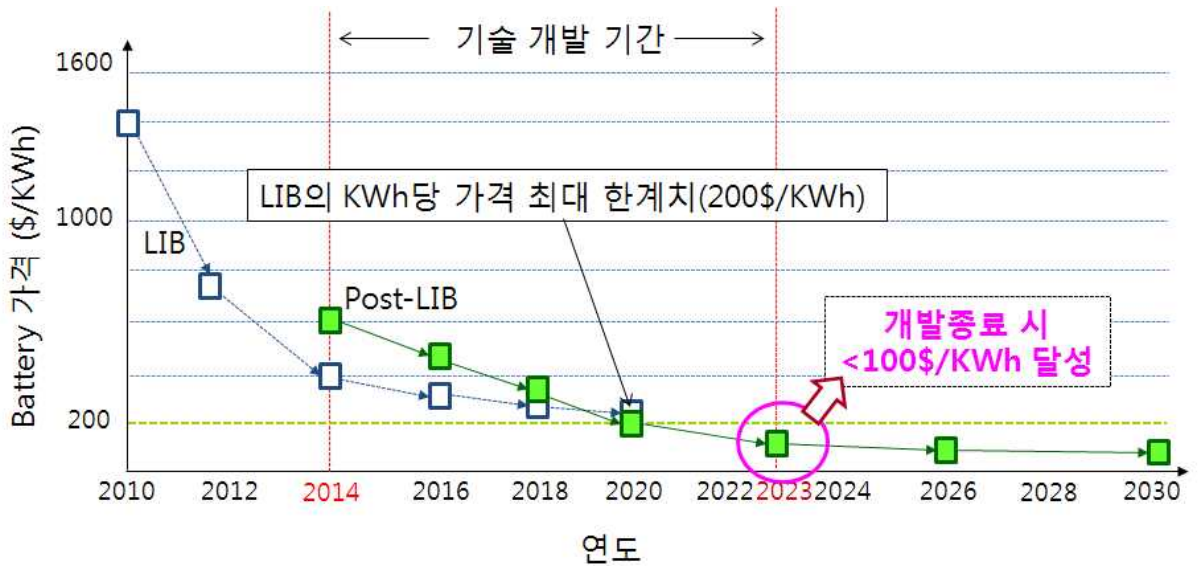
- 본격적인 전기자동차 시대를 실현하기 위해서는 현 리튬이온전지의 한계를 넘는 신개념 전지 필요
 - 내연기관 자동차에 근접하는 수준의 전기자동차를 구현하기에는 리튬이차전지시스템이 아닌 획기적인 고용량을 갖는 저장 시스템이 필요

- 에너지저장장치(Energy Storage System, Ess)는 전력망 또는 전기차 적용에서 저장장치 사용에 따른 초기 비용증가와 사용하면서 발생하는 편익(Pay-Back)에 따라 경제적 모델이 가능하므로, 기존 경쟁기술 대비 가격 경쟁력 확보가 시장 확대의 가장 중요한 인자임

- 폭발적으로 늘어날 것으로 예측되는 중대형 이차전지 시장을 대비하기 위해 향후 'Post 리튬이온전지'의 개발이 시급
 - 친환경 대체 전기자동차 및 대용량 신재생에너지저장 산업 등 리튬 자원 전방산업의 급속한 성장으로 인해 리튬의 수요가 향후 10년간 급격하게 증가할 것으로 전망
 - 리튬 부족 현상을 극복하기 위해 기존의 개념 및 기술과는 차별화된 신개념 Shuttle Chemistry기반의 신규 소재 개발에 대한 연구가 절실한 상황이며 신규 소재 개발을 통한 기존 중대형 이차전지의 가격상승 억제는 이차전지시장의 규모를 획기적으로 늘이는 효과가 기대됨

3. 사업의 추진 방향

- 기후변화대응관련 기존 리튬이차전지 수요에 대응이 가능한 새로운 패러다임의 독자적인 기초.원천기술 개발추진



<연도 별 기술개발에 따른 Kwh당 배터리 가격의 변동 예상>

- 기존 리튬이차전지의 한계 극복을 위한 돌파형 전략 추진
 - 아직 기술개발 초기단계인 친환경 Ion Carrier 기반 전지 분야의 중요 원천기술 및 특허기술의 확보
 - 요소 및 핵심 기술에 대하여 주요한 지적소유권을 획득할 수 있도록 정책적 지원
 - 현재 연구개발이 진행되고 있는 Post LIB의 경우 원천기술 확보와 조기 상용화를 위해 미래 기술로 선정하여 연구소와 대학 중심으로 한 연구개발이 필요

4. 사업 목적

- 국제적 경쟁 환경이 심화되고 있는 이차전지 시장에 대한 우위성을 확보하기 위해 이차전지 3.0의 기술개발 및 전지 구현
- 기존의 리튬이차전지를 대체하는 친환경 Carrier 기반 에너지 저장 시스템에 대한 기술을 선점하고 특허 및 원천기술을 확보함으로써 미래 신성장동력 산업 창출
- 인류가 당면하고 있는 가장 큰 문제인 환경문제에 대해 온실가스 감축을 위한 환경친화적 신기술인 이차전지에 대한 기술개발 실현



<전지를 이용한 에너지 저장 시스템의 활용 분야>

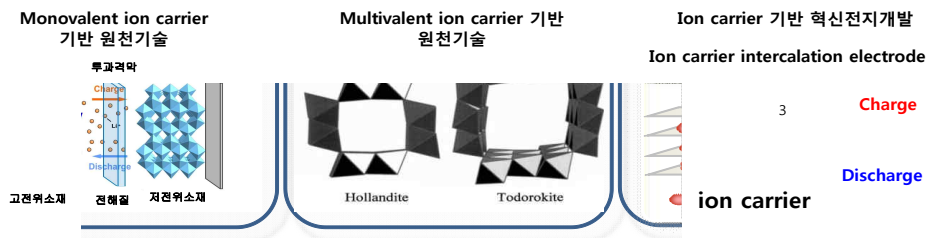
5. 비전과 목표, 추진전략

가. 비전과 목표

- Novel Ion Carrier 적용 혁신 전지 구현
 - 중대형 전력저장용 소재 및 저장 시스템 분야뿐만 아니라 전기자동차, 풍력, 태양광 등의 신재생 에너지 관련 분야에도 응용 가능
- 신규 이차전지 분야의 글로벌 리더
 - 리튬이온전지를 대체하는 친환경 Ion Carrier 기반 에너지 저장 시스템에 대한 이슈를 선점하고 원천기술을 확보함으로써 미래의 신성장동력 산업 창출
 - 세계적인 수준의 Ion Carrier 기반 기술의 개발로 신재생에너지 분야의 글로벌 리더로서 자리매김

신규 이차전지 분야 First-Mover

Novel ion carrier 적용 이차전지 원천기술 확보
- Ion carrier 기반 핵심 원천기술 개발 7개



<이차전지 3.0의 비전 및 목표>

나. 추진전략

[전략 1] 국내외 관련 전문기관과의 협력을 통한 국제 공동 사업 추진

- 현재 친환경 Ion Carrier 기반 전지에 대한 연구를 선도하고 있는 미국, 영국, 일본 및 국내의 전문가들을 적극 활용하여 단기간 내에 이들 분야에서 세계적 수준에 도달함

[전략 2] 국내 우수한 LIB의 핵심 및 요소기술의 노하우를 바탕으로 Ion Carrier 기반 전지 원천기술 확보

- 이미 개발된 LIB 전지 기술의 노하우를 각각 이온 시스템을 고려하여 적용. 창조적 신기술 개발
- 현재 Ion Carrier 기반 전지는 세계적으로 아직 연구개발 초기 단계이므로 독창적인 원천기술 개발로 연구능력을 확보하고 지적재산권 등을 확보

[전략 3] 창조적인 원천기술 확보를 통한 인재의 유동화 촉진 및 육성

- 이노베이션의 실현에 공헌하는 ‘기술 매니지먼트 인재’의 육성을 추진
- 국내 심포지엄 개최 등을 통하여 국내외 전문가를 초청하고 이들 분야의 인력을 양성함
- 국내 고급 연구 인력 수요를 확보하고 국제적 교류를 통해 핵심소재 분야에 대한 국제적 경쟁력 확보

[전략 4] Ion Carrier 기반 전지 원천기술 확보를 통한 국가 경쟁력 강화

- Ion Carrier 기반전지의 원천기술 확보를 통한 글로벌 리더 선점
- 연구개발 수행주체 간의 연계 및 협력을 위한 유기적인 네트워크 형성으로 국가 연구개발 역량 결집
- 거대한 시장이 예상되는 에너지 저장 장치 및 전기차 분야를 국가기간산업으로 육성하기 위한 종합적이고 체계적인 정책 발굴과 추진이 요구됨

[전략 5] 에너지·환경·재료 등 관련 기술 분야의 융합과 개방적인 협력을 위한 전략적인 네트워크 형성

- 관련 기술/분야 간의 화학적 융합을 통한 창조적 융합기술력 확보를 위한 실질적인 협력관계 형성
- 연구개발 수행주체 간의 연계 및 협력을 위한 유기적인 네트워크 형성으로 국가 연구개발 역량 결집

[전략 6] 산·학·연간의 긴밀한 네트워크 형성을 통하여 조기 상용화를 위한 개발 기술의 피드백

- 대학 및 출연연에서 이루어지는 연구가 산업적인 활용도가 높아질 수 있도록 기업체와의 긴밀한 협조
- 산·학·연간 네트워크가 이루어질 수 있도록 개발기술의 기술이전 전담부서 설치

6. 사업개념 및 사업내용

가. 사업의 개념

□ 사업의 기본방향

- 기존의 프로톤(이차전지 1.0) 혹은 리튬이온(이차전지 2.0)을 벗어나 새로운 친환경 이온 Shuttle Chemistry에 기반한 이차전지 3.0을 개발하는 사업
- 이차전지 3.0에 필요한 요소 및 핵심기술을 확립하여 이들 기술 간의 연계 및 융합으로 신개념 Shuttle Chemistry 플랫폼 기반 융복합 원천기술을 개발하는 사업

□ 융복합 핵심 원천기술 발굴 및 개발을 위한 전략적 체계



<본 사업을 통한 기술개발을 위한 전략적 체계>

나. 사업 달성 목표

□ 최종목표

신개념 Ion Carrier 적용 이차전지 원천기술 확보

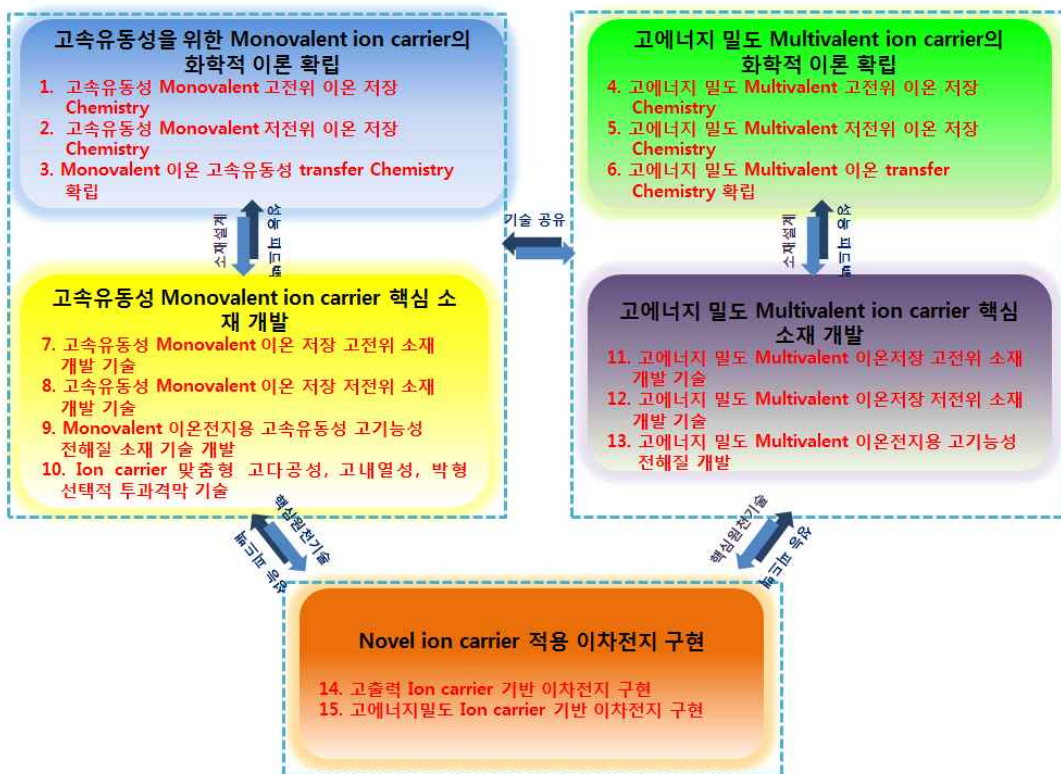
- 신개념 Shuttle Chemistry 플랫폼에 기반한 7개 융복합 원천 기술군 개발
 - 핵심 원천 특허 기술군당 3건 이상, 총 21건 이상
 - 주변 특허 2,000건 이상
- 리튬이온전지의 한계 돌파
 - 기존 리튬이온전지 대비 가격 70% 이하
 - 기존 리튬이온전지 대비 우수한 전기화학적 특성 지표 확보
(고에너지밀도 or 고출력 외)

□ 이차전지 3.0 융복합 원천기술이란?

- 신개념 Shuttle Chemistry 핵심 요소기술들의 입체적이고 실질적인 조합으로 성능을 획기적으로 개선하는 융합 신기술
- 최신 전지개발기술을 활용하여 이차전지의 패러다임을 바꿀 수 있는 혁신적이고 파급효과가 매우 큰 융합기술

□ 이차전지 3.0 융복합 원천기술 개발 추진 전략

- 도출된 15개 요소 및 핵심기술의 연계와 융합을 통한 독창적인 융복합 원천기술 개발
- 15개 요소 및 핵심기술간의 기술 연계에 근거하여 융복합 원천기술 개발을 체계적으로 추진

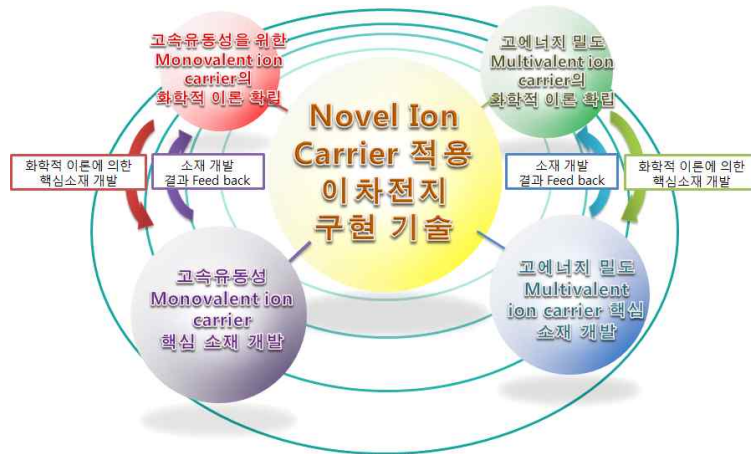


<요소 및 핵심기술의 연계도>

다. 사업의 내용

□ 5대 사업 및 15개 요소 및 핵심기술

- 고속유동성을 위한 Monovalent Ion Carrier의 화학적 이론 확립
 - 고속유동성 Monovalent 고전위 이온 저장 Chemistry, 고속유동성 Monovalent 저전위 이온 저장 Chemistry, Monovalent 이온 고속유동성 Transfer Chemistry 확립 등
- 고에너지 밀도 Multivalent Ion Carrier의 화학적 이론 확립
 - 고에너지 밀도 Multivalent 고전위 이온 저장 Chemistry, 고에너지 밀도 Multivalent 저전위 이온 저장 Chemistry, 고에너지 밀도 Multivalent 이온 Transfer Chemistry 확립 등
- 고속유동성 Monovalent Ion Carrier 핵심 소재 개발
 - 고속유동성 Monovalent 이온 저장 고전위 소재 기술 개발, 고속유동성 Monovalent 이온 저장 저전위 소재 기술 개발, Monovalent 이온전지용 고속유동성 고기능성 전해질 소재 기술 개발, Ion Carrier 맞춤형 고다공성, 고내열성, 박형 선택적 투과격막 기술
- 고에너지 밀도 Multivalent Ion Carrier 핵심 소재 개발
 - 고에너지 밀도 Multivalent 이온저장 고전위 소재기술 개발, 고에너지 밀도 Multivalent 이온저장 저전위 소재기술 개발, 고에너지 밀도 Multivalent 이온전지용 고기능성 전해질 소재 기술 개발 등
- Novel Ion Carrier 적용 이차전지 구현
 - 고출력 Ion Carrier 기반 이차전지 구현, 고에너지밀도 Ion Carrier 기반 이차전지 구현



<5대 사업 연계성>

□ 5대 사업별 15개 요소 및 핵심기술에 대한 단계별 추진 내용

- 10년간의 사업기간을 3단계(3+4+3)로 구분하여 전략적으로 추진할 예정임
 - 1단계(요소 및 핵심기술확보), 2단계(핵심기술개발), 3단계(활용기술 확립)로 각 단계별 달성 목표를 제시
- 사업별 특성을 고려하여 12개 요소 및 핵심 기술에 대해서 단계별로 체계적으로 추진
- 세부기술간의 연계와 융합을 고려한 기술간 통합시스템 구축을 통해 전략적으로 세부기술개발을 사업별로 추진할 계획임

구분	1단계			2단계				3단계		
	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23
고속유동성 Monovalent ion carrier의 화학적 이론 확립	기술개념 검증 고전위/저전위이온저장 Transfer Chemistry			실험실 규모 구현 및 기술개념 확립 고전위/저전위이온저장 Transfer Chemistry				이차전지 구현 전기화학시스템 설계/개선		
고에너지 밀도 Multivalent ion carrier의 화학적 이론 확립	기술개념 검증 고전위/저전위이온저장 Transfer Chemistry			실험실 규모 구현 및 기술개념 확립 고전위/저전위이온저장 Transfer Chemistry						
고속유동성 Monovalent ion carrier 핵심 소재 개발	화학적 이론에 의한 핵심소재 개발			실험실 규모 구현 고전위/저전위 소재 기술개발 전해질 소재 기술개발				파일럿 규모 구현 고전위/저전위 소재 기술개발 전해질 소재 기술개발		
고에너지 밀도 Multivalent ion carrier 핵심 소재 개발				실험실 규모 구현 고전위/저전위 소재 기술개발 전해질 소재 기술개발				파일럿 규모 구현 고전위/저전위 소재 기술개발 전해질 소재 기술개발		
Novel ion carrier 적용 이차전지 구현				양산 확장 가능 합성 기법 구축				고출력 ion carrier 기반 이차전지 구현 고에너지밀도 ion carrier 기반 이차전지 구현		
예산(억원)	390			1,200				525		

<5대 사업별 핵심기술에 대한 단계별 추진 내용>



<핵심기술로부터 융복합 원천기술 도출>

라. 이차전지 3.0 7대 융복합 원천기술

① 고속유동성 Monovalent 이온 전지용 고전위 소재 원천기술

- 비리튬계 신규 Monovalent 이온의 가역적 저장가능 신규 전기화학 시스템 기술
- 신규 Monovalent 이온 고전위 소재 라이브러리 구축
- 새로운 조성/결정구조의 고전위 원천 소재 특허 확보
- 고출력 비리튬계 Monovalent 이온 양극소재 기술
- 비리튬계 신규 Monovalent 이온의 가역적 저장가능 새로운 조성/결정구조의 고전위 원천 소재 원천 특허 확보 및 최적화 기술

② 고속유동성 Monovalent 이온 저전위 소재 원천기술

- 저전압 Monovalent 이온 저장 소재 조성 및 구조 설계
- 저전압 Monovalent 이온 저장 소재 열화 반응 기구 규명
- Monovalent 이온 저장 가능한 저전압 소재 전극화 기술 개발

③ 고속유동성 Monovalent 이온 전지용 고기능성 전해질 원천기술

- Monovalent 이온 전해질 소재 및 계면 특성 연구
- 신규 Monovalent 이온 전해질 소재 라이브러리 구축
- 전극/전해질 계면 적합성 조절을 통한 Monovalent 이온 전지 성능 및 안전성 확보 기술 개발
- 고안전성 비액상 Monovalent 이온 전해질 연구
- 전산모사 기반 전해질 소재 설계, 용매화 에너지계산 및 반응경로 탐색 기술
- 전산모사 기반 용매화에너지계산 및 반응경로 예측 기술
- 전극/전해질 계면 고도분석기법 및 적합성 조절 기술
- Monovalent 이온 전지 성능 및 안전성 확보 기술 개발

④ Monovalent 이온 선택적 투과격막 원천기술

- Monovalent 이온전지의 신뢰성 확보를 위한 투과격막의 열화 반응 기구 연구
- Monovalent 이온전지의 성능 및 안전성을 극대화한 이온 선택적 투과격막 소재 확보
- 투과격막의 구조별(Mono-Layer, Multi-Layer), 조성별 (유기계, 유무기 복합계) 설계
- 유기고분자 및 무기물 입자 합성기술에 대한 원천기술 확보
- 내부단락에 안전한 유기계 고분자 지지체 및 무기물 입자의 미세 기공 구조 설계 및 합성 기술
- 투과격막의 고강도 박형화 기술

⑤ 고에너지 밀도 Multivalent 이온 전지용 고전위 소재 원천기술

- Multivalent 이온 (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} 등)을 이용한 새로운 Chemistry 발굴 및 고전위 소재 개발 합성 기술
- 구조적·전기화학적 분석을 통한 표면 반응과 Intercalation 메커니즘 확립 및 전기화학적 성능 향상 기술
- Multivalent 이온 전지의 고전위 산화물 극판 설계 및 공정 최적화 기술
- 고용량 Multivalent 이온 전지 설계 기술
- 결정화학 (Chemical Crystallography)과 전산모사를 통한 고용량, 고전위 신물질 발굴 기술
- 신물질 합성 기술 및 Rietveld Refinement를 통한 정밀 구조 분석

⑥ 고에너지 밀도 Multivalent 이온 전지용 저전위 소재 원천기술

- 저전압 Multivalent 이온 저장 소재 조성 및 구조 설계
- 저전압 Multivalent 이온 저장 소재 열화 반응 기구 규명
- Multivalent 이온 저장 가능한 저전압 소재 전극화 기술 개발
- Multivalent 이온 저장이 가능한 소계/산화물계/금속계 소재 조성 및 미세 구조 설계
- 전해질/소재 계면 반응 기구 분석 기법 개발 및 규명

- 전해질/소재 계면 반응 제어 기술 개발

⑦ **Multivalent 이온 전지용 고기능성 전해질 원천기술**

- Multivalent 이온 전해질 소재 특성 연구
- Multivalent 이온 이동 특성 결정인자 규명
- 계면 Multivalent 이온 이동 특성 개선방안 도출
- 신규 Multivalent 이온 전해질 소재군 도출
- 전산모사 기반 전해질 소재 설계, 용매화 에너지계산, 및 반응경로 탐색 기술
- 전산모사 기반 용매화 에너지계산 및 반응경로 예측 기술
- 전극/전해질 계면 고도분석기법 및 이온 이동 분석 기술
- 전해질 조성과 계면 이온 이동 특성 연관성 정립 기술
- 신규 전해질 소재 합성 및 양산기술

7. 사업운영 방안

가. 사업단 구조

□ 사업단의 법적실체

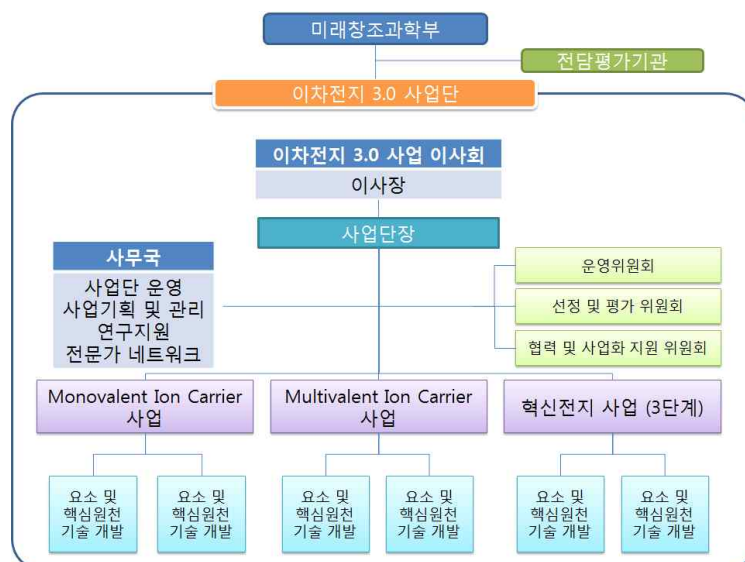
- 공익법인의 설립운영에 관한 법률 규정에 따라 미래창조과학부장관이 부과하는 설립허가에 의해 재단법인형태로 구성

□ 목적 및 기능

- 이차전지 3.0 원천기술 개발을 위한 5개 사업을 추진, 각 사업에 적합한 요소 및 핵심기술개발을 위한 연구과제를 발굴하고 선정평가를 통한 효율적인 사업 추진
- 원천기술개발의 활성화를 위한 효율적인 시스템 구축
- 관련 부처 및 외부 기관(대학, 연구기관, 기업)과의 협력을 추진하고, 개발된 이차전지 3.0 원천기술의 활용과 응용 범위 확대하고 활성화를 위한 지원

□ 사업단 조직

- 사업단은 독립법인 형태로서 이사회, 사업단장, 3개 위원회, 사무국, 3개 사업부로 구성



<사업단 조직>

나. 사업단 운영

□ 사업단 운영의 원칙

- 3개 세부사업부는 각각 사업특성에 맞는 차별화된 운영과 동시에 3개 세부사업간의 연구방법과 결과를 서로 활용할 수 있도록 연계 운영

□ 사업단장의 자격

- 사업단장의 자격
 - 이차전지 분야의 전문가로 거시적인 안목과 일관된 리더십으로 다학제간 융합의 내용과 특성을 이해하고 다양한 기술개발에 관한 관리 능력보유

□ 선임 절차 및 방법

- 사업단장은 공개경쟁 모집을 통해 선정
- 미래창조과학부 주관으로 Search Committee를 구성하여 사업단장 선정 추진

8. 사업 추진 체계 및 추진 계획

가. 사업 추진 체계

□ 사업추진 주체

- 사업추진의 주체는 주무부처인 미래창조과학부이며, 지속적인 사업추진을 위해서 안정적인 예산확보와 지원
- 사업단장은 사업단 종합추진계획을 이사회에 보고하여 검토 및 조정을 하고 미래창조과학부와 협의를 통해 사업 수행 추진
- 타 부처 및 관련 산업으로의 활용을 위한 협력 및 연계체제 추진

나. 사업 추진 계획

□ 연구과제 발굴

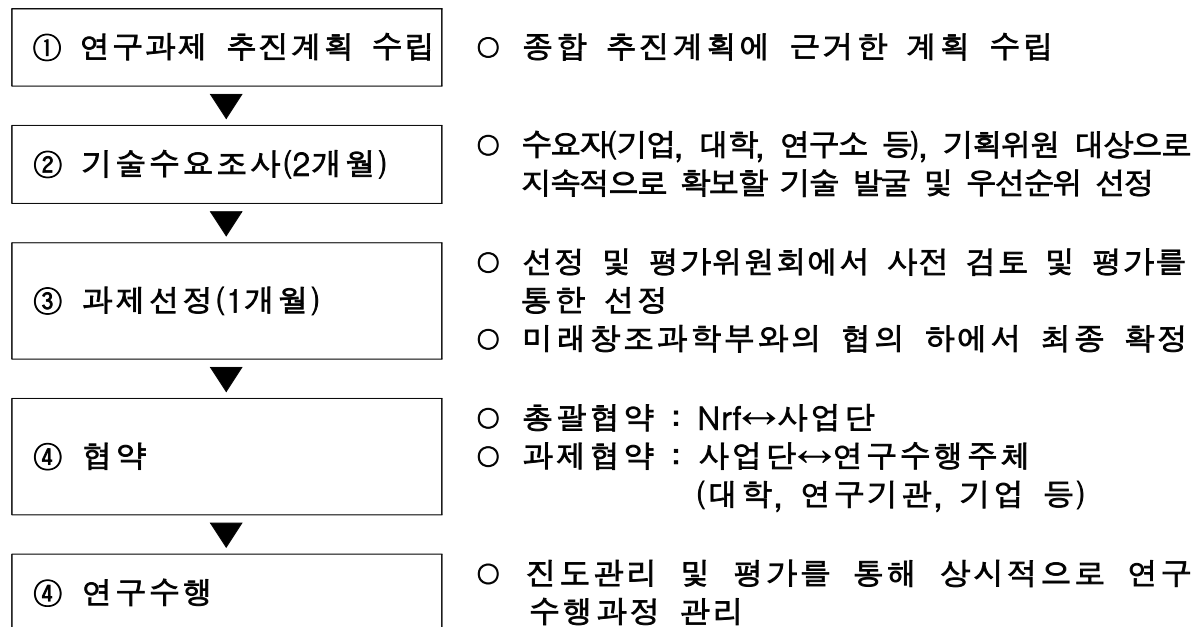
- 선정 및 평가위원회를 중심으로 사업단 종합사업추진계획에 근거하여 각

세부사업부에서 추진해야할 연구 Item을 발굴

- 관련 전문가를 대상으로 기술수요조사 실시하고, 선정 및 평가위원회와 협력/사업화 지원 위원회 협의를 통해 발굴
- 발굴된 연구item의 최종 선정은 사업의 목표와 부합하고, 미래창조과학부의 연구개발 방향을 고려하여 사업단장과 미래창조과학부와의 협의 하에 최종 결정
- 사업단장은 국내외 환경변화와 기술트렌드를 반영하여 국내 연구역량 구축을 위해 주기적으로 새로운 연구 Item 발굴 추진

□ 연구과제 선정 및 선정절차

- 종합추진계획과 기술수요조사에 근거하여 추진할 연구과제 Pool을 구성하고 선정 및 평가위원회에서 선정
- 연구과제 추진기획 시기는 연구 수행시점으로부터 6개월 전부터 기획을 추진(3개월 소요)



다. 연구개발 추진체계

□ 기본방향

- 요소 및 핵심기술개발을 추진하고, 개발된 요소 및 핵심기술이 융복합

원천기술개발을 위해 효율적 연계체계 구축

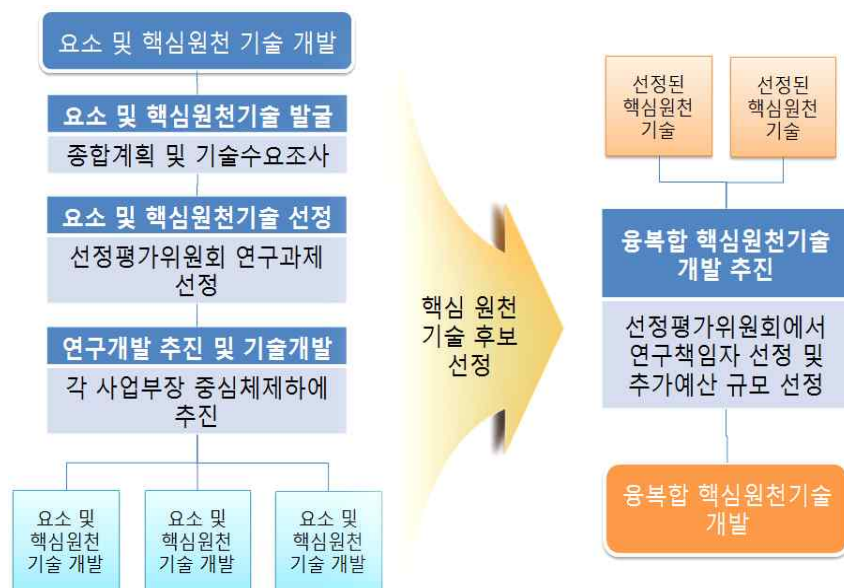
- 총괄 책임자는 융복합 원천기술개발의 집중화를 위해 요소 및 핵심기술개발 연구책임자 중에서 선정하고 관련 예산을 추가 지원

□ 요소 및 핵심기술 개발 추진 체계

- 선정평가위원회에서 종합계획과 기술수요조사에 근거하여 사업부별 차별화된 요소 및 핵심기술 연구개발 과제 선정
- 개발된 요소 및 핵심기술에 대해서 평가하고, 융복합 원천기술개발에 연계가능한 주요 요소 및 핵심기술 발굴

□ 융복합 원천기술개발 추진체계

- 발굴된 요소 및 핵심기술은 융복합 원천기술개발 위한 기술연계와 Transfer에 대해 선정평가위원회에서 결정
- 해당 요소 및 핵심기술개발 연구책임자중에서 선별하여 집중적으로 융복합 원천기술개발 수행
- 융복합 원천기술개발을 위한 지원예산을 종합계획에 근거하고 선정평가위원회에서 예산 지원규모 결정



<융복합 원천기술 추진체계>

9. 평가단계

□ 선정평가

- 산.학.연에서 진행하고 있는 과제 중 글로벌 경쟁력을 가진 목표 및 내용 구성이 되어 있는 과제 우선 발굴
- 기존 사업 중 우수과제에는 가산점을 부여하여 우선 발굴
- 글로벌 Market Needs 조사를 통해 시의성에 부합하는 과제 발굴
- 국제협력, 공동연구를 통해 국내 연구역량의 업그레이드 가능한 과제 발굴
- 예산의 효율적 배분위한 기획.평가 관리비 예산 배정을 확대하여 기획단계 부터 최우선 과제 선별

□ R&D프로젝트 진도관리

- 사업단은 개별 R&D프로젝트에 대한 진도관리를 실시하는데, 연구책임자가 제시한 마일스톤에 입각한 마일스톤 목표달성도에 대한 평가를 실시
 - 연구책임자가 제시한 마일스톤 목표의 달성여부에 대한 확인 및 평가를 실시하고 프로젝트의 Go/Stop을 결정
- 마일스톤 평가 (연차실적보고서 평가단계에 해당)에서 평가를 통하여 연구내용 및 연구비를 조정

□ 단계평가

- 선정 및 평가위원회의 주관 하에 단계평가를 실시하고 필요시에는 별도의 TFT 구성이 가능함
 - 성과가 부진한 프로젝트에 대해서는 과감히 중단을 결정할 수 있도록 중간평가에서 세부 프로젝트별 성과를 조사.분석하고 평가
- 사업단 단계 평가는 3+4+3 원칙에 입각하여 추진
 - 당초 연구목표 달성을 위한 연구프로젝트들이 유기적으로 연계되어 추진되고 있고, 계획적인 연구프로젝트가 추진되고 있는지에 대한 평가를 실시
 - 1단계 평가 : 사업단 목표 달성을 위한 프로젝트 포트폴리오의 구성이 적절한지에 대하여 중점적으로 평가

- 2단계 평가 : 사업단을 대표할 수 있는 실질적인 R&D성과들이 나타나고 있는 지에 대한 평가를 통하여 R&D 예산의 가감을 결정
- 3단계 평가 : 최종적인 연구 성과의 극대화를 위하여 추진하는 단계평가로 단계평가 결과를 토대로 사업화 성과가 극대화될 수 있도록 R&D예산을 조정
- 선정평가위원회는 단계평가를 실시하고, 단계평가 결과를 사업단에 피드백하여 사업단 운영(예산배분 등)에 반영할 수 있도록 함

10. 연구결과의 연계 및 활용방안

가. 연구결과의 연계방안

□ 연구결과의 연계 원칙

- 본 사업은 융복합 원천기술을 개발하는 것이 최종 목표이기 때문에 3개 사업부에서 수행한 요소 및 핵심기술이 상호 연계 및 활용이 필수적임
- 따라서 본 사업에 참여한 연구책임자는 개발한 요소 및 핵심기술에 대해서 합리적인 규정 하에 상호연계 가능하도록 사업단 내부적으로 Open 해야 함

□ 연구결과의 연계 방안

- 연구과제 공고시 연구과제 수행자는 수행한 연구결과에 대해서 사업단내에서 상호연계가 필수사항이라는 것 명시
- 연구과제 협약시 선행연구결과를 이전 받아 후속연구를 효율적으로 수행할 수 있도록 원만한 데이터 교류에 대한 규정 마련
- 개발된 융복합 원천기술의 활용 및 사업화를 확대하기 위한 연구책임자-기업간의 연계 활성화 방안 마련(3단계)

나. 연구결과의 보안 및 활용방안

□ 개발된 기술의 보안 체계 마련

- 개발된 요소 및 핵심기술, 이를 통해 개발된 융복합 원천기술에 대한 보안은 미래창조과학부와 관련 국가기관에 의해 국가차원에서 보안

추진

□ 융복합 원천기술의 활용방안

- 협력 및 사업화 위원회는 개발된 융복합 원천기술과 수요자가 필요한 요소 및 핵심기술에 대해서 관련 부처별 사업 또는 사업화를 위해 기술 선정
- 관련 부처별 사업으로 활용 : 부처별 협의를 통해 각 부처에서 추진하는 연구개발사업단과 연계하여 개발된 요소 및 핵심기술의 활용 추진
- 산업체의 사업화사업으로 활용 : 융복합 원천기술 또는 기업의 요구에 적합한 요소 및 핵심기술에 대해서 협력 및 사업화위원회에서 선별과정과 지원체계를 마련하여 효과적인 활용 추진

11. 사업단 평가

가. 평가 방안

- 사업단의 추진 사업은 정부 R&D예산 지원으로 이루어지므로 R&D사업 평가체계 하에서 평가를 받아야함
- 현재 R&D사업 평가는 3+4+3년 주기의 자체/상위평가, 사업의 이슈를 중심으로 수행되는 심층평가, 공공기관 차원의 기관평가¹⁾ 형태로 추진
- 경영성과 및 사업단의 R&D성과에 대한 동시에 평가가 이루어지는 기관평가 형태로 받는 것이 적절

나. 미래창조과학부와 사업단과의 관계

- 주요 결정사항은 법인의 주무관청의 합의를 통해 의결
- 예산, 조직, 인사 등 주요 의결사항은 정관에 명시하고 의결된 이후에는 사업단자의 재량에 따라 사업단 운영

1) 경영성과는 매년, 사업평가는 3년 주기로 평가를 받음

- 주요 의결사항 이외의 사항은 사업단장 재량으로 운영
- 이사장/사업단장의 임면 과정에서 사업단 평가 결과를 반영하여 미흡할 경우 임면 고려(예 : 2년 연속 평가등급이 C일 경우 면직)
- 사업단에 관련되는 사안 중 주요사항에 대해서는 미래창조과학부에서 검토 협의하고 나머지 사항은 검토 없이 동의하는 형식으로 처리하여 사업단장이 결정
 - 미래창조과학부, 이사회, 사업단장 간의 중요 사안별 처리 절차 및 기준을 정관 등에 규정

12. 투자계획

□ 10년간(2012~21) 정부지원으로 총 2,115 억원 투자

○ 총사업비 : 2,115 억원/10년(3+4+3)

○ 1단계('12~'14) 660억원 소요

※ 예산 비중 : Shuttle Chemistry 플랫폼 구축 31.2%, 핵심소재 원천 기술 54.6%, Novel Ion Carrier 적용 이차전지 구현 8.5%, 사업단운영 5.7%

※ 예산설정 근거 :

- 일본 NEDO : Rising(Research And Development Initiative For Scientific Innovation Of New Generation Batteries) Project에서 예산의 근거를 잡음. (2009년~ 2015년)
- Rising Project : 혁신형 이차전지(Post-LIB) 실현 목표, 7년 동안 총 210억엔(연 30억엔 규모)의 사업비를 투입하고 있음
- 본 사업은 일본의 Rising Project와 사업성격 및 구성이 매우 유사함. 따라서, 일본의 Rising Project 사업비를 예산의 근거로 설정함
- Rising Project 총 사업비 중 대학과 연구기관의 비중을 전체 2/3로 감안하여, 본 사업의 규모를 계산하면 연 20억엔(200억) 규모임. 이를

근거로 연도별 소요예산을 설정함

- 또한 각 세부 기술별 연 소요예산은, 기존의 미래창조과학부 및 산업통상자원부에서 진행하고 있는 4대소재(양극, 음극, 전해질, 분리막) 개발 사업의 사업비 규모가 대개 10-20억 전후임. 이를 감안하여 세부 기술별 연 소요예산을 설정함

< 단계별 소요예산 >

(단위 : 억원)

구분	1단계			2단계				3단계			계
	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	
Shuttle Chemistry 플랫폼 구축	120	120	120	90	90	60	60	0	0	0	660
핵심소재 원천 기술	0	0	0	210	210	210	210	105	105	105	1,155
Novel Ion Carrier 적용 이차전지 구현	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	180
사업단운영	10	10	10	15	15	15	15	10	10	10	120
합계	130	130	130	315	315	285	285	175	175	175	2,115

< 세부기술별 연평균 소요예산 >

중점기술/세부기술	연평균사업비 (억 원)
1. 고속유동성 Monovalent Ion Carrier 연구	33
- 고속유동성 Monovalent 고전위 이온 저장 Chemistry 연구	11
- 고속유동성 Monovalent 저전위 이온 저장 Chemistry	11
- Monovalent 이온 고속유동성 Transfer Chemistry 확립	11
2. 고에너지 밀도 Multivalent Ion Carrier 연구	33
- 고에너지 밀도 Multivalent 고전위 이온 저장 Chemistry	11
- 고에너지 밀도 Multivalent 저전위 이온 저장 Chemistry	11
- 고에너지 밀도 Multivalent 이온 Transfer Chemistry 확립	11
3. 고속 유동성 Monovalent Ion Carrier 핵심 소재 원천기술	66
- 고속유동성 Monovalent 이온 저장 고전위 소재 기술 개발	16.5
- 고속유동성 Monovalent 이온 저장 저전위 소재 기술 개발	16.5
- Monovalent 이온전지용 고속유동성 고기능성 전해질 소재 기술 개발	16.5
- Ion Carrier 맞춤형 고다공성, 고내열성, 박형 선택적 투과격막 기술	16.5
4. 고에너지 밀도 Multivalent Ion Carrier 핵심 소재 원천기술	49.5
- 고에너지 밀도 Multivalent 이온저장 고전위 소재 기술 개발	16.5
- 고에너지 밀도 Multivalent 이온저장 저전위 소재기술 개발	16.5
- 고에너지 밀도 Multivalent 이온전지용 고기능성 전해질 소재 기술 개발	16.5
5. Novel Ion Carrier 적용 이차전지 구현	18
- 고효율 Ion Carrier 기반 이차전지 구현	9
- 고에너지밀도 Ion Carrier 기반 이차전지 구현	9
6. 사업단운영	12
총 계	211.5

13. 타당성 분석

가. 기술개발계획의 우수성

1. 앞으로의 에너지 사업에서의 선도하는 사업

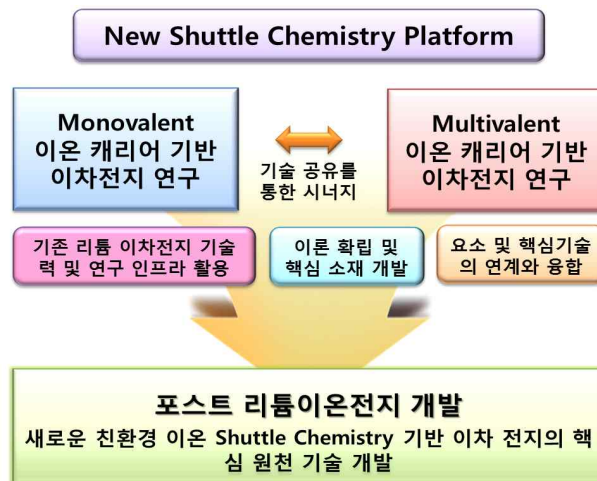
- 이차 전지 시장의 공급과 수요시장을 선도할 수 있는 새로운 전지개발의 선두주자형 원천기술 개발
- 고전위 소재 개발에 의한 다양한 전지분야 응용 가능
- 경제적/친환경적 고출력/고에너지 이차전지 시스템 개발에 의한 다양한 전지분야로의 응용이 가능

2. 세계적인 선두주자형 사업을 통한 국내 인력양성에 기여 및 국제적인 기술 경쟁력 확보

- 전력 저장 및 전기 자동차용 고전위 소재 관련 분야의 고급인력확보
- 원천특허 확보를 통한 고부가가치 제품의 생산 기술 확보 및 에너지 저장장치 개발로 인한 신재생 에너지 보급

3. 융합과 개방을 위한 전략적 네트워크를 적극 활용한 사업

- 핵심 요소 및 핵심 기술간의 기술 연계에 근거하여 융복합 원천기술 개발을 체계적으로 추진



<융복합 원천기술 개발 추진 체계>

나. 기술개발계획의 실현가능성

- 우리나라는 이차전지 분야에서 삼성 Sdi 및 Lg화학이 세계 시장을 선도하고 있을 정도로 기술력이 뛰어나기 때문에 Post LIB 기술에 대한 실현 가능성이 매우 높음



<Post 이차전지 개발 가능성>

- 핵심소재에 대한 메커니즘 규명/분석 기술 및 고기능성 전해질, 고투과성 선택적 이온 투과격막 등의 기술은 기존 이차전지 산업에 적용이 가능하므로 다양한 산업군에 긍정적 영향 미칠 수 있는 기술 개발 가능
- 현재 진행되고 있는 국내외 연구들에 결과와 연구의 목표 달성을 바탕으로 목표의 실현 가능성이 매우 높음
- 전도유망한 신재생 에너지 산업에 핵심적인 저장분야로 성장가능성이 높음
- 리튬이온전지 및 연료전지 분야 세계 최고 수준의 기술 역량을 가지고 있는 우리나라가 연구 개발을 진행할 경우, 열세기술을 조기에 극복하고 핵심 원천 기술을 확보할 수 있을 것으로 예상됨

다. 타 기술개발과의 차별성

- 기존사업에서는 대부분 리튬이온전지(LIB)를 대상으로 하였으며, 본 사업에서 제안하는 Na, Mg 이온전지는 지원이 없었기에 중복가능성은 없는 것으로 판단됨

- 특히 Multivalent Ion Carrier 기반 이온 이차전지에 대한 연구가 거의 없었기 때문에 이에 대한 지원 부족한 실정
- 가역적인 삽입/탈리 과정을 수행 하며 리튬대비 동등한 수준의 높은 가역용량과 수명을 가진 고전위 Monovalent Ion Carrier 기반 전지 소재 개발
- Multivalent Ion Carrier 기반 이차전지에 대한 핵심 소재 원천기술 개발 및 소재 반응 메커니즘 규명 등에 대한 연구는 미비한 상태이므로 본 사업에서 제안하는 Mg 이온 전지 상용화를 위한 메커니즘 규명 및 분석을 중심으로 소재 기술의 완성도를 높인다면 기존 타 이차전지 사업과 차별화를 이루어낼 수 있음
 - 전극 내에서, 전극과 전해질간의 계면에서의 상호 작동 등에서의 물리적, 화학적, 전기화학적 반응 메커니즘 규명 및 이를 위한 고도 분석 기술 확립
 - 반응 메커니즘 이해를 통한 고에너지 Multivalent Ion Carrier 기반 이차전지를 위한 고전압 양극 물질, 고전압까지 견디는 전해질 개발과 고도의 분석 기술을 통한 전지 특성 최적화
 - 리튬이온전지, 연료전지 등 다양한 영역의 기술을 융합하여 소재의 물성과 기능을 효과적으로 복합화함으로써 새로운 超물성을 창출하고 성능을 혁신하는 기술 개발

라. 정책성 분석

1) 사업추진의 시의성

- 리튬이차전지의 용량 한계를 넘는 새로운 고용량 에너지저장 시스템의 개발이 시급
 - 가솔린자동차를 대체하기 위한 친환경 전기차 사업은 현재 리튬이차전지개발을 중심으로 단거리용 전기자동차 개발이 주류
 - 장거리용 전기자동차를 구현하기에는 리튬이차전지시스템이 아닌 획기적인 고용량을 갖는 저장 시스템이 필요

- 리튬의 급속한 소비에 따른 리튬을 대체할 수 있는 신규 소재 및 저장 시스템 개발 시급
 - 리튬의 공급은 2008년 27,400톤에서 2020년 68,845톤으로 증가할 것으로 전망되나, 리튬이온전지를 장착한 친환경 자동차가 시장에 본격적으로 진입하기 시작하는 2012년부터는 리튬의 수요에 비해 공급량이 부족할 것으로 전망
 - 2020년 이후 승용 및 상업용 차량을 전량 Ev가 대체할 경우 필요로 하는 리튬의 양은 38만톤 내외가 될 것으로 전망
(※ 미국 Meridian International Research)
 - 바닷물로부터의 리튬 회수에 대해서도 많은 연구가 진행중이나 리튬의 해수 중 농도는 평균 0.17Mg/L로 매우 낮아서 상업적으로 채산성이 낮은 것으로 알려져 있음
 - 3면이 바다로 둘러싸인 우리나라의 경우, Na 관련 에너지 저장 분야 원천기술개발 시 자원 수급이 매우 유리함

- Na, Mg 등 리튬 대체 소재에 대한 연구는 전세계적으로 기초 연구 단계이지만, 완성도 높은 리튬이차전지의 셀 및 시스템 기자재를 이용하므로, 연구개발 속도가 매우 빠른 것으로 사료되어 신속한 연구개발 지원이 시급함

- 국내의 경우 과거 Post 리튬이온전지에 관한 연구가 일부 진행되었고 리튬이차전지 연구를 통해 Shuttle Chemistry 연구에 대한 기반이 확보되어 있어 전지 제조기술과 Market Share가 가능한 기술임

- Institute Of Information Technology 2008년 자료 분석에 따르면 한국 전지산업의 부품소재 기술은 일본의 50%, 원천기술은 30% 정도도 열악하나, 전지 제조기술은 일본 대비 95%에 육박하므로 Post 리튬이온전지에 관한 원천기술 확보시 산업으로의 전환이 매우 빠르게 진행될 것으로 예상됨. 따라서 국고지원을 통한 원천기술 확보가 매우 시급함

2) 정부지원의 필요성

- 한국 전지산업의 제조기술은 일본 대비 95%에 육박하나 부품소재 기술은 일본의 50%, 원천기술은 30% 정도로 열악함
(※Institute Of Information Technology 2008년 자료 분석)
- 미국은 전지 제조기술과 부품소재 기술에서 일본에 뒤지나 원천기술에서는 일본의 80% 수준에 육박

- 한국은 소형 이차전지에서는 세계적인 수준이나 XEV용 전지 및 핵심 소재/부품 경쟁력 취약함
- 재료업체의 저변이 약하고 국산화율 저조 (15% 수준)
 - 일본은 이차전지 분야의 기술 경쟁력(특허 등) 우위 유지
 - 한국은 일본대비 양적인 면에서 50% 수준임, 특히 고용량화 양/음극 부문에서 열세
 - 중국은 리튬 자원보유 등 원가 경쟁력 우위 및 이차전지 첨단기술 격차 축소에 주력. 정부차원의 전지기업 경쟁력 강화 지원 (Ex. 자국 내 생산 IT 제품에 자국산 이차전지 탑재권고 정책시행) 및 이차전지 개발과제 운영 (과학기술부 863계획에 자동차용 이차전지 포함한 이차전지분야 첨단기술 경쟁력 강화 주력)
- 소형 리튬 이차전지에 대한 국가별 상대적인 기술수준의 비교는 가능하나 전기자동차 또는 전력저장용 중대형 리튬 이차전지에 대한 비교는 없음
- 중대형 전지의 국가별 기술 수준도 소형 전지와 유사할 것으로 판단
- EV 등 고에너지 밀도 Needs에 대응하기 위한 차세대전지 분야의 기술개발 역량 미흡

- Post 리튬이온전지 기술은 기술주기상 도입기로 산업체에서 진입하기에는 성숙이 되어있지 않아 정부 주도의 지원이 필요

3) 상위계획과의 부합성 및 기존사업과의 연계성

□ 상위계획과의 부합성

년월	출처	중장기 계획 내용
2009.05	녹색성장 위원회	27대 녹색기술 중 고효율 이차전지 선정
2009.10	제33차 비상경제 대책회의	전기차 개발 위해 R&D 예산의 효율적 배분을 통한 지원 발표
2010.02	녹색성장 위원회	녹색기술의 조기 성장동력화 및 중기 온실가스 감축목표에 기여할 수 있도록 10대 핵심 녹색기술 성장동력화 추진에 포함됨
2010.07	이차전지 경쟁력 강화 방안 VIP보고	“이차전지 경쟁력 강화방안” 중 “Battery 2020 : 미래선도 차세대 이차전지 개발” 내용 포함됨
2010.12	(구)지식경제부	“녹색산업 선도형 이차전지 기술개발사업” 신규예산사업으로 확정 - 리튬이온 전지 핵심 부품·소재 국산화, 전기차와 전력저장용 이차전지제품 개발 및 중대형 전지 인증/평가 인프라구축 등
2011.07	교육과학기술부	“기후변화대응 기술개발 로드맵” 수립
2012.12	녹색성장 위원회	“8대 중점 녹색기술 2단계 로드맵” 수립 및 VIP 보고 예정

- 이차전지 육성을 위한 상위계획과 부합이 되며 미래창조과학부에서는 그간의 산업통상자원부의 리튬이차전지 상용화를 위한 기술개발과는 차별화되는 기초·원천 기술에 대한 투자가 필요
- 비리튬계 이차전지 소재 관련 기초·원천 기술 투자 절실

□ 기존 관련 사업과의 연계성

사업명(지원부처)	과제명
기후변화 대응사업 (미래창조과학부)	중대형 이차전지 신소재 기초·원천기술 개발 사업 (2010~)
	신개념 리튬-공기 이차전지용 핵심요소 기술 개발 사업 (2011~)
	아연금속-공기 이차전지 개발 사업(2012~)

- 기 추진중인 기후변화대응 사업은 리튬이온 이차전지 및 금속-공기전지 관련 내용으로 연구 내용에서 차별성이 있으며, 또한 리튬이온이차전지 및 금속-공기전지 관련 기술을 기반 기술로 활용하여 Post 리튬이온전지 사업의 정부 R&D 투자의 효율 극대화 가능
- 금속-공기 전지의 기반연구를 통해 리튬이차전지의 차세대 성격의 전지들 가능성 및 방향 탐색

4) 기존사업과의 차별성

- 기존사업은 대부분 산업통상자원부의 지원으로 리튬 이차전지의 상용화 기술 개발에 집중되어 있음
- 포스트 리튬이온전지의 경우 주로 금속-공기 전지 기술 위주로 산업통상자원부와 미래창조과학부에서 일부 지원이 있음
- 본 사업은 리튬이온전지의 다음 세대를 준비하기 위한 Monovalent 및 Multivalent 이온을 이용한 이차전지의 기초/원천 기술 개발로 기존 사업과는 차별성을 가짐

< 기존 R&D 정부지원 사업과의 차이점 >

전지 시스템	지원 부처	전담 기관	사업명	과제명	특징	목표, 내용 및 차별성
슈퍼 커패시터	산업통상자원부	KETEP	에너지 자원 기술개발	고출력, 장수명 초고용량 커패시터 제작기술 개발	커패시터 개발	Kw급 고전압 초고용량 커패시터 및 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> 탄소소재 및 전극개발 160V-5F급 고전압 셀 제조 기술 개발 480V-65F급 고전압 모듈 및 Bank 제조기술 개발 신재생에너지 연계기술 개발
			에너지 자원 기술개발	하이브리드 슈퍼커패시터용 전극활물질 개발	비대칭 전극 기반 커패시터 소재 개발	하이브리드 슈퍼커패시터용 2.8V, 42F/Cc 급 소재 및 전극 개발 <ul style="list-style-type: none"> 전극활물질용 활성탄 및 전극 개발 전극활물질용 리튬계 전이금속산화물 및 전극 개발

전지 시스템	지원 부처	전담 기관	사업명	과제명	특징	목표, 내용 및 차별성
		KEIT	산업원천 기술개발	유비쿼터스 전원용 Pouch/Radial 형 리튬이온 커패시터	리튬이온 커패시터 개발	리튬이온커패시터 개발 <ul style="list-style-type: none"> Li Pre-Doping 기술개발 고용량/고출력 전극소재 개발
			우수제조 기술연구 센터 기술개발	태양광 미러 트래킹용 하이브리드 초고용량 커패시터	이차전지와 하이브리드 용 초고용량 커패시터 개발	2.3V 800F 하이브리드 초고용량 커패시터 및 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> 고온용 양극재 개발 상용 활성탄 개질 및 신규 개발 셀조립 공정 개발 8직렬 모듈 개발
레독스 흐름 전지	산업통상자원부	KETEP	에너지 자원 기술개발	고에너지 밀도 Redox Flow Battery 개발	레독스 흐름 전지 소재 및 시스템 개발	1Kw 유기계 Redox Flow Battery의 제조 및 성공적인 Operation <ul style="list-style-type: none"> Rfb용 Electrolytes, Membrane 및 Stack개발 Rfb용 금속계 전극 및 Bipolar Plate 개발
	미래창조과학부	NRF	기후변화 대응	중대형 이차전지 신소재 기초/원천기술 개발	중대형 리튬이온 전지의 소재 개발	리튬이차전지 신소재 및 레독스플로우 전지 신소재 기초·원천 기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> 신소재의 열역학적 설계 및 탐색 합성 기초·원천 기술 개발 이차전지 적용 기초/원천 기술 개발
나트륨-황 전지	산업통상자원부	KETEP	에너지 자원 기술개발	대용량 전력저장용 Na-Base 전지 시스템 개발	고온구동 (300℃)형 Nas 전지 시스템 개발	대용량 전력저장용 Na-Base 시스템 개발 및 실증 평가 <ul style="list-style-type: none"> 배터리 시스템 패키지 설계 기술 개발 모듈 온도 제어 기술 개발 시스템 설계 및 제작 배터리 보호장치 설계 및 제작 중대형 2차전지용 Bms 및 에너지 저장장치 기술개발 대용량 전력 저장장치 Pcs 개발
마그네슘 금속 전지	산업통상자원부	KETEP	에너지 미래기술	마그네슘 전지 기술개발	마그네슘 금속 전지 소재 및 핵심기술 개발	마그네슘 금속 전지기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> 고에너지 Mg Insertion 양극소재 개발 Mg 전지 성능구현을 위한 요소기술 개발 (전해질, 계면제어, 전지설계)
금속-공기 전지	산업통상자원부	KETEP	에너지 미래기술	메탈-공기 전지 기술개발	리튬-공기 전지 소재 및 셀 개발	리튬-공기전지기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> 공기극 요소기술 개발 고체전해질 요소기술 개발 셀 구조 설계기술 개발
	미래창	NRF	기후변화	신개념	리튬-공기	신개념 리튬/공기 이차전

전지 시스템	지원 부처	전담 기관	사업명	과제명	특징	목표, 내용 및 차별성
	과학기술부		대응	리튬/공기 이차전지용 핵심요소 기술개발	전지용 핵심소재 기술 개발	지용 핵심 요소기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> 리튬전극용 유무기 복합 보호막 및 전해질 소재 개발 박막 고체 전해질 개발 전극/전해질 계면 특성 분석 Bifunctional Catalyst 개발 나노구조 공기전극 개발
아연금속-공기 이차전지 개발				아연-공기 전지 소재 및 셀 개발	500Wh/Kg, 350 Mw/Cm²급 고출력/고에너지 밀도의 아연금속-공기 2차 전지 개발 <ul style="list-style-type: none"> 전극/전해질 요소기술 개발 아연금속-공기전지 설계 시스템 안정화 기술개발 	

14. 경제성 분석

□ 경제성 분석 방법론

- 일반적으로 사용되는 비용편익분석법에는 순현재가치법(NPV), 내부수익률법(IRR), BC 비율법(Benefit-Cost Ratio Method) 등이 있음
- 비용의 효율성에 주목하고 예비타당성조사 운용지침을 따른다는 측면에서 BC 비율법을 주 분석방법으로 채택
- 본 연구에서는 ‘이차전지 3.0: 신개념 Shuttle Chemistry 플랫폼 기반 Post LIB 원천기술개발’ 사업을 통해 개발될 기술로부터 발생할 것으로 예상되는 산출물에 대한 시장규모 예측을 통해 R&D 투자의 직접 편익을 추정하는 시장접근법을 활용하여 경제성 분석을 시도

□ 비용 산정

- 앞서 제시된 투자계획에 따라 사업의 총 예산 2,115억 원을 비용으로 산정
(단위: 억원)

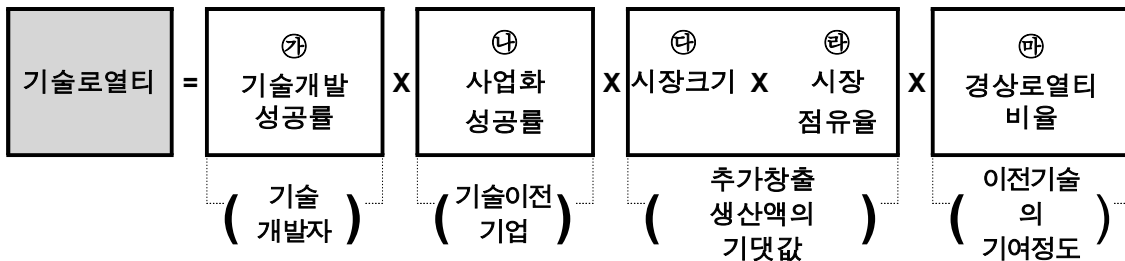
연 도	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	계
비 용	130	130	130	315	315	285	285	175	175	175	2,115
현재가치	117	111	105	241	228	196	186	108	102	97	1,491

□ 편익 추정

- ‘이차전지 3.0’ 사업의 편익은 차세대 이차전지의 구현에 필요한 기술 개발 후 기술이전으로 인하여 발생하는 로열티로 봄
- ‘이차전지 3.0’ 사업에서 제시된 15개 요소 및 핵심기술 개발과제의 성과로 7대 융복합 원천기술을 개발하고 이를 이차전지 및 관련 소재 기업에 기술 이전하여 로열티 수익을 창출
 ※ 기술의 개별적 이전 효과 보다는 성과물인 기술 전체가 경제 전반에 미치는 거시적인 효과를 분석을 목적으로 하므로 편익을 기술별로 산정하여 합하지 않고 전체 기술이 한번에 이전된다고 가정

□ 편익의 구성

- 기술로열티는 이전기술의 사업화로 인한 추가창출생산액의 기댓값 중 이전기술의 기여부분으로 시장크기, 시장점유율, 사업화성공률, 경상로열티 비율의 곱으로 산정



<기술로열티 산정 방법>

- (기술개발·사업화성공률) 융합기술의 사업화성공률은 2011년 에너지 분야의 정부지원 R&D 사업화율 24%를 적용

- (시장크기) ‘소형 이차전지’, ‘자동차용 이차전지’, ‘에너지 저장용 2차전지’의 세계시장을 대상시장으로 선정하고 전문시장조사기관 Hiedge의 이차전지 시장예측결과를 바탕으로 2035년까지 3가지 시장성장 시나리오를 구성

시나리오 1 (긍정적 시장)	2020년 시장성장률을 기준으로 매년 10% 씩 성장률이 둔화
시나리오 2 (중립적 시장)	2020년 시장 성장률을 기준으로 매년 20% 씩 성장률이 둔화되다가 연평균 1%의 성장률로 성장
시나리오 3 (부정적 시장)	2020년 시장성장률을 기준으로 매년 30% 씩 성장률이 둔화되다가 연평균 1%의 성장률로 성장

- (시장점유율) 리튬이온전지 세계 시장에서 국내기업의 2011년 현재 점유율(41%)이 유지된다고 가정하고 2035년까지 이중 1/2을 차세대 이차전지로 생산하는 것을 목표로 함

	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
세계시장 점유율	1%	4.2%	7.3%	10.5%	13.7%	16.8%	20%

- (경상로열티 비율) 7개의 융복합 기술로열비 비율의 합이 매출액의 1.5%로 가정
- (회임기간) 과제종료연도부터 최초편익이 발생하기까지의 회임기간은 과제가 끝나는 2024년부터 2028년까지 5년으로 함
- (편익발생기간) 이차전지 관련 분야의 IPC 서브클래스의 특허수명주기 분석 결과인 7년(2029년~2035년)으로 함

□ 편익의 산정

- 2029년부터 2035년까지 7년동안 매년 발생하는 기술로열티의 현가의 합으로 편익의 NPV값을 구함
 - 시장성장의 시나리오에 따라 기술로열티의 NPV값은 1,356억원~5,240억원 사이의 값을 나타냄
 - (시나리오 1) 5,240 억원
 - (시나리오 2) 2,012 억원 - 기준 시나리오
 - (시나리오 3) 1,356 억원

□ 비용 편익 분석의 결과

- ‘이차전지 3.0’ 사업의 BC Ratio는 약 1.33로 산정되었음
 - 중립적 시장성장 시나리오의 경우 BC Ratio가 1.33으로 ‘이차전지 3.0’사업은 경제성이 확보될 것으로 보임
 - 편익의 산정기간이 현실에서의 로열티 수입기간보다 짧은 기간으로 산정된 것을 감안하면 실제 편익과 BC Ratio는 커질 것으로 예상

<‘이차전지 3.0’ 사업의 B/C Ratio와 NPV 값>

	시장규모		
	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3
비용현가(억원)	1,491	1,491	1,491
편익현가(억원)	5,240	2,012	1,356
B/C Ratio	3.51	1.35	0.91
NPV(억원)	3,749	521	-136

15. 세부기술의 추진 계획

(1) 고속유동성 Monovalent Ion Carrier 연구

		RFP번호	1
연구 분야	고속유동성 Monovalent Ion Carrier 연구		
1. 연구목표			
◇ 최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현 리튬이온전지 고속 유동성 특성의 한계를 극복하는 새로운 비리튬계 Monovalent Ion의 가역적인 저장 가능한 차세대 Breakthrough 전기화학 반응 시스템 기술 개발 및 이를 위한 신규 소재 기초·원천 기술 확보 		
◇ 단계별 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1단계(3년) <ul style="list-style-type: none"> - Fast Kinetics가 가능한 차세대 이차 전지를 위한 전기화학 반응 플랫폼 기초·원천 기술 개발 및 이의 구현을 위한 비리튬계 Monovalent 이온 저장 소재 탐색, 설계 그리고 합성 기초·원천 기술 개발 ○ 2단계(4년) <ul style="list-style-type: none"> - 비리튬계 Monovalent 이온 저장 소재의 고도 분석기술을 활용한 속도 특성, 반응 메커니즘, 열화 메커니즘 이해 및 이를 통한 신규 소재의 합성 최적화 원천 기술 개발 		
2. 연구내용 및 범위	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고출력/고전위 비리튬계 Monovalent 이온 저장 가능한 가역적 전기화학 반응 시스템 설계 및 기초·원천 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 비리튬계의 다양한 Monovalent 이온 (Na⁺, K⁺ 등)의 전기화학적/가역적 탈삽입이 가능한 소재 구조 설계 및 이의 합성/구현 <ul style="list-style-type: none"> • 양자역학적 전산 모사 접근을 통한 Monovalent 이온 전도/고전위 신 구조 설계 • 고전위 Monovalent 이온 저장 가능한 산화물 및 인화물 기반 소재의 합성 원천기술 개발 • 고전위 소재의 구조 분석등을 이용한 이온 확산 통로 구조 정밀화 • 고전위 소재 전기화학 특성 평가 및 소재 구조 개선 방안 도출 • 고전위 소재의 열적 안정성 평가 및 전자 구조 분석과 상안정성 평가를 통한 소재 최적화 - 비리튬계 Monovalent 이온 저장 고전위 소재의 이온 저장 반응 및 열화 메커니즘 규명 <ul style="list-style-type: none"> • 가역적 이온 탈/삽입의 전기화학 반응 진행동안 일어나는 고전위 소재의 반응 메커니즘 및 열화 메커니즘 분석을 통한 소재 개선 방안 도출 • 전극/전해질 계면 반응 규명을 통한 고출력 특성 개선 기술 ○ Fast Kinetics가 가능한 저전위 Monovalent 이온 저장 소재 및 Shuttle Chemistry 구축 기초·원천 기술 개발 		

- 저전위 Monovalent 이온 저장가능한 신규 소재 조성 및 구조 설계
 - Monovalent 이온 저장이 가능한 탄소계/산화물계/금속계 소재 조성 및 구조 설계
 - Monovalent 이온 저장량 및 가역성을 획기적으로 개선할 수 있는 계면 및 미세 구조 최적화 기술
- 저전위 소재 저장 반응 및 열화 반응 기구 규명
 - 전해질/소재 계면 반응 기구 분석 기법 개발 및 규명을 통한 전해질/소재 계면 반응 제어 기술 개발
 - In Situ 및 Ex Situ 고도 분석법을 이용한 부피 팽창 및 열화 메커니즘 해석을 통한 개선 기술 도출
 - Monovalent 이온 저장 가능한 저전압 소재 전극화 기술 개발
- 고속 유동성 개선을 위한 비리튬계 Monvalent 이온 전해질 소재 및 계면 특성 기초·원천 기술 개발
 - 비리튬계 Monovalent 이온 전해질 소재 설계 및 계면 특성 연구기반 정립
 - 멀티스케일 전산모사 기반 Monovalent 이온 전해질 소재들의 Bulk 특성 예측
 - 전기화학적 특성 (산화/환원 전위) 및 물리화학적 특성 (이온 전도도 및 용매화 에너지) 평가 연구
 - 전해질 소재의 전기화학적 특성 제어를 통한 계면 부동태 특성 및 열안정성 개선 기술 개발
 - 고안전성 비액상 전해질 연구 탐색 및 합성
 - 안전성 제고를 위한 비액상성 전해질 소재의 설계 및 전기화학적/물리화학적 특성 연구
 - 고도 분석법을 이용한 반응 및 열화 메커니즘 분석 및 개선 방안 도출
 - 비액상 전해질 소재 원천 합성 기술 개발
 - Monovalent 이온 선택적 투과격막 소재 설계/합성 기초 기술 개발
 - 고분자 지지체 및 무기물 입자의 미세 기공 구조 설계 및 합성 최적화 기술 개발

3. 특기 사항

- 독립적인 개별 기술개발을 지양하고 각각의 기술들이 유기적으로 연결되어 효율적으로 최종목표가 달성될 수 있도록 총괄과제 형식으로 신청
 - 연구계획서는 RFP상의 '연구내용 및 범위'를 중심으로 하되, 세부과제 수는 총괄과제 책임자가 자율적으로 구성
- ※ 단계 평가를 통하여 연구지속 여부, 연구기간, 연구팀, 연구예산 등이 변경될 수 있음

'14년도 예산

60억원

총 연구기간

2단계/7년

(2) 고에너지밀도 Multivalent Ion Carrier 연구

RFP번호		2
연구 분야	고에너지 밀도 Multivalent Ion Carrier 연구	
1. 연구목표		
<p>◇ 최종 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 신개념 Multivalent Mg^{2+}, Ca^{2+} 또는 Al^{3+} 이온 전지용 신규 양극 고전위 산화물과 음극 저전위 원천 소재, Multivalent 이온의 전극 계면에서의 이동성을 획기적으로 개선하는 전해질 소재 개발을 통하여 신규 Chemistry를 확립하고 원천 기술 기반을 확립함 <p>◇ 단계별 연구개발 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 1단계(3년) <ul style="list-style-type: none"> - 전산모사 및 결정화학 등 이론화학을 활용한 Multivalent 고전위 신규 소재 (양극, 음극, 전해질) 발굴, 합성 및 전기화학적 실험을 통한 신규 Chemistry를 확립 - 전해질 소재 전기화학적 특성 연구와 이온 계면 이동 특성 평가법 정립 - Multivalent 이온 전지의 양/음극 극판 조성 및 구조 기초 설계 ○ 2단계(4년) <ul style="list-style-type: none"> - Multivalent 고전위 신규 Chemistry 소재 (양극, 음극, 전해질) 최적화 - 고도의 분석기술을 활용 Intercalation 반응 및 열화 메커니즘 이해 - 전산모사 및 전해질 소재의 특성 연구를 통하여 전해질 특성 최적화 - 전극 극판 조성 최적화 설계, Lab Scale 공정 설계 및 구현 		
2. 연구내용 및 범위		
<ul style="list-style-type: none"> ○ Multivalent Mg^{2+}, Ca^{2+} 또는 Al^{3+} 이온 전지용 양극 고전위 산화물 및 음극 (탄소계/산화물계/금속계) 저전위 신규 소재 발굴 <ul style="list-style-type: none"> - 결정화학적 이론을 바탕으로 지금까지 알려진 화합물의 데이터베이스로부터 고용량의 상기 Multivalent 이온 탈삽입이 가능한 결정구조 후보군을 발굴 - Inter-Atomic Distances와 Angles, Polyhedral Network, Symmetry, 전이금속 원자가 및 Charge Neutrality를 고려한 신규 화합물의 화학식, 결정구조, 충방전 용량 설계 - 양자역학적 이론을 바탕으로 한 전산모사에 의해 설계한 화합물의 안정성, 이온 삽입/탈리 시 Redox Potential, 격자 내 Ion Transport 시 Energy Barrier 및 Mobility 등을 계산하여 양극 (고전위) 및 음극 (저전위) 활물질로서 고용량 가능성이 높은 소재를 선별 - 선별된 화합물의 Precursor 중, 온도, 압력, 분위기, 시간 등 합성 조건 선정 - 합성된 화합물의 Rietveld Refinement를 통한 정밀 구조 분석 ○ Multivalent Mg^{2+}, Ca^{2+} 또는 Al^{3+} 이온 Intercalation Chemistry 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 활물질의 In-Situ Xrd 또는 Ex-Situ Xrd의 Rietveld Refinement를 통해 Intercalation (충방전) 시 일어나는 구조 변화 정밀 분석 		

- 충방전에 따른 전자구조의 변화, 상 안정성 분석 및 평가
- 열적 안정성 평가
- 반전지를 이용한 용량, 수명, 고온 및 저온 특성 등 기본 전기화학적 특성 평가
- 충방전시 활물질 표면에 일어나는 반응 분석
 - 충방전 (Intercalation)에 따라 표면에서 일어나는 현상을 SEM, TEM 등 전자현미경, Esca, TOF-SIMS 등을 이용 고도 정밀 분석
- 충.방전시 일어날 수 있는 활물질 소재의 열화 분석
 - 충방전 사이클에 따른 열화 메커니즘 확립
 - 전자구조/국부구조 해석 및 양자 계산을 통한 해석 및 예측
 - 전극과 전해질 계면 반응 규명
- 멀티스케일 전산모사 예측과 실험적 검증을 통한 Multivalent 이온 전해질 소재들의 Bulk 특성 Db 구축
 - 전해질의 전기화학적 (산화/환원 전위) 및 물리화학적 특성 (이온 전도도 및 용매화 에너지)
- 전극/전해질 계면 Multivalent 이온 전달 특성 결정인자를 규명하고 개선방안을 도출
 - 멀티스케일 전산모사 및 계면 고도분석법을 이용한 계면 특성 해석 및 분석
 - 기준 모델 Multivalent 이온 전지 시스템에서의 계면 이온 이동 특성 분석 및 결정인자 규명
 - 계면 Multivalent 이온 이동 특성 개선방안 도출
 - 계면 이온전도도 및 용매화 에너지 조절을 통한 계면 이온 이동 특성 개선방안 도출
- 전기화학적 평가 및 열적 평가를 통해 극판 조성 최적화 설계
 - 극판 조성 (바인더, 도전재, 첨가제 조성) 변수에 따른 성능 평가 실험을 통해 변수-성능 상관관계 기초 데이터 확보
 - 슬러리 분산, 코팅 공정 등 극판 제조 공정 기초 설계 및 최적화

3. 특기 사항

- 독립적인 개별 기술개발을 지양하고 각각의 기술들이 유기적으로 연결되어 효율적으로 최종목표가 달성될 수 있도록 총괄과제 형식으로 신청
 - 연구계획서는 RFP상의 '연구내용 및 범위'를 중심으로 하되, 세부과제 수는 총괄과제 책임자가 자율적으로 구성
- ※ 단계 평가를 통하여 연구지속 여부, 연구기간, 연구팀, 연구예산 등이 변경될 수 있음

'14년도 예산	60억원	총 연구기간	2단계/7년
----------	------	--------	--------

(3) 고속 유동성 Monovalent Ion Carrier 핵심 소재 원천기술 개발

		RFP번호	3
연구 분야	고속 유동성 Monovalent Ion Carrier 핵심 소재 원천기술 개발		
1. 연구목표			
<p>◇ 최종 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 리튬 이온 전지의 Fast Kinetic 특성의 한계를 극복하고 이차 전지의 출력 특성을 획기적으로 개선할 수 있는 새로운 Monovalent 이온 저장 소재 기초 원천 기술 확보 <p>◇ 단계별 연구개발 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 1단계(4년) <ul style="list-style-type: none"> - 비리튬계 Monovalent 이온 저장 소재 전기화학 특성 평가 및 시스템/소재 스크리닝 및 Fast Kinetics를 위한 이온 확산 통로 크기 및 다차원 이온 확산 통로 제어, 구조적/전기화학적 분석을 통한 이온 저장 메커니즘 확립 ○ 2단계(3년) <ul style="list-style-type: none"> - 비리튬계 Monovalent 이온 저장 소재 설계 후보군 확보 및 전기화학적 성능 최적화, 친환경 저가 Monovalent 이온 저장 소재 제조공정 기술 확보, 분자설계 기법 기반 신규 Monovalent 이온 전해질 소재 라이브러리 구축, 고출력화를 위한 Monovalent 이온 선택적 투과격막 소재 확보 			
2. 연구내용 및 범위(예시)			
<ul style="list-style-type: none"> ○ 고속유동성 Monovalent Ion Carrier 핵심 소재 설계 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 전산 모사 기반 신규 Monovalent 이온 저장 소재 결정 구조 및 조성 설계 <ul style="list-style-type: none"> • 비리튬계 Monovalent 이온 저장 고전위/저전위 소재 설계 • 멀티스케일 전산 모사 기반 전극/전해질 계면 적합성 예측 및 평가 기술 - 비리튬계 Monovalent Ion Carrier 핵심 소재 구현 및 합성 기술 <ul style="list-style-type: none"> • 비리튬계 Monovalent 이온의 가역적 저장 가능한 신규 소재 라이브러리 구축 • 비리튬계 신규 Monovalent 이온 저장 고전위 원천 소재 조성 및 구조 확보 • 비리튬계 신규 Monovalent 이온 저장 저전위 원천 소재 조성 및 구조 확보 • 신규 Monovalent 이온 전해질 소재 라이브러리 구축 • 전극/전해질 계면 적합성 조절을 통한 Monovalent 이온 전지 성능/안정성 확보 기술 개발 • 고안전성 비액상 Monovalent 이온 전해질 연구 • Monovalent 이온 전지 성능/안정성 극대화를 위한 이온 선택 투과 격막 소재 확보 • 고투과성, 고안전성 박형 투과격막 조성 및 관련 소재 원천 기술 확보 - 비리튬계 Monovalent Ion Carrier 핵심 소재 고출력화 및 신뢰성 확보 기술 <ul style="list-style-type: none"> • 비리튬계 Monovalent 이온 저장 소재 고출력 특성을 위한 형상/구조/조성 			

최적화 및 구현 공정 기술 확보

- 고도 분석을 통한 비리튬계 Monovalent 이온 저장 소재 열화 반응 기구 규명
- 비리튬계 Monovalent 이온 저장 소재 전극화 기술 개발 및 고출력 특성 최적화를 위한 전극 미세구조 설계, 소재 분산 및 슬러리 공정 기술 개발
- 전극/전해질 계면 고도 분석 기법 개발 및 전해질 조성 최적화
- Monovalent 이온 전해질 소재 양산확장 가능 합성기법 구축
- Monovalent 이온 선택적 투과 격막의 열화 반응 연구 및 조성/구조 최적화
- Monovalent 이온 선택적 투과격막의 양산확장 가능 합성공정 구축
- 투과격막 표준화 특성 평가 기법 확립 및 품질 관리 기술 개발

3. 특기 사항

- 독립적인 개별 기술개발을 지양하고 각각의 기술들이 유기적으로 연결되어 효율적으로 최종목표가 달성될 수 있도록 총괄과제 형식으로 신청
 - 연구계획서는 RFP상의 ‘연구내용 및 범위’를 중심으로 하되, 세부과제 수는 총괄과제 책임자가 자율적으로 구성
- ※ 단계 평가를 통하여 연구지속 여부, 연구기간, 연구팀, 연구예산 등이 변경될 수 있음

‘17년도 예산	120억원	총 연구기간	2단계/7년
----------	-------	--------	--------

(4) 고에너지밀도 Multivalent Ion Carrier 핵심 소재 원천기술

RFP번호	4
-------	---

연구 분야	고에너지 밀도 Multivalent Ion Carrier 핵심 소재 원천기술
1. 연구목표	<p>◇ 최종 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Multivalent 이온 (Mg^{2+}, Ca^{2+}, Al^{3+} 등)을 이용한 최적의 고전위 및 저전위 소재의 최적 소재/전극화 원천기술을 확보하고, 전극/전해질 계면 이온 이동 특성 제어를 통한 Multivalent 이온 전지용 전해질 기반기술을 확립함 <p>◇ 단계별 연구개발 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 2단계(4년) <ul style="list-style-type: none"> - Multivalent 고전위 산화물 소재 합성 최적화 및 저전압 소재 (탄소계, 산화물계, 합금계) 기본 설계 기술확보 - 고전위/저전위 소재 및 Lab Scale 극판 조성 및 공정 설계 - 신규 Multivalent 이온 전해질 소재군 도출 ○ 3단계(3년) <ul style="list-style-type: none"> - Multivalent 고전위 산화물 소재 양산 기술 개발 및 저전위 소재 상세설계기술 확보 - 고전위/저전위 소재 Pilot Scale 극판 조성 및 공정 설계, 및 전해질 소재 Lab Scale 합성기법구축 - 전극/전해질 계면 이온 이동 특성 개선을 통한 Multivalent 이온 전지 성능 확보
2. 연구내용 및 범위(예시)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고에너지 밀도 Multivalent Ion Carrier 최적 핵심 소재 원천 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Multivalent (Mg^{2+}, Ca^{2+} 또는 Al^{3+} 등) 전지용 핵심 고전위 산화물 소재 개발 및 소재 합성 최적화 <ul style="list-style-type: none"> • Multivalent 이온 전지용 고전위 산화물 신규 소재 발굴 • Multivalent 이온 Intercalation Chemistry 확립 - Multivalent 이온 전지 고전위 산화물 소재의 이온 Intercalation 시 표면 반응 및 열화 메커니즘 규명 <ul style="list-style-type: none"> • 고전위 산화물의 표면 반응분석 및 열화 분석 - Multivalent 이온 전지의 고전위 산화물 전극 최적화 설계 <ul style="list-style-type: none"> • 전기화학적 평가 및 열적 평가를 통한 극판 조성 설계

- 고용량 Multivalent 이온 전지 구현
 - 개발된 Multivalent 이온 소재의 고용량 이차전지 최적 설계
- 저전압 Multivalent 이온 저장 소재 조성 및 구조 설계
 - 저전압 Multivalent 이온신규 소재 원천 기술 확보
- Multivalent 이온 저장 소재 합성 공정 설계 및 구현
 - 친환경, 저가 Monovalent 이온 저장 소재 합성 공정 개발
- Multivalent 이온 저장 소재 저장 반응 및 열화 반응 기구 규명
 - 저전압 Multivalent 이온 저장 소재 이온저장 및 열화 반응 기구 규명
 - Multivalent 이온 저장 가능한 저전압 소재 전극화 기술 개발
- 신규 Multivalent 이온 전해질 소재군 도출
 - 전산모사 기반 신규 Multivalent 이온 전해질 소재 (염, 용매, 및 첨가제) 후보군 도출, 및 Multivalent 이온 이온의 용매화 에너지 계산/조절 방안
 - 계면 고도분석법을 통한 신규 전해질 소재군에 대한 핵심 물성 평가, 및 계면 전하 이동 현상 분석
 - 신규 전해질 조성과 저전위 전극 성능 사이 유의성 규명
 - Fast Screening 기법을 통한 신규 Multivalent 이온 전해질 소재군 선정
- 전극/전해질 계면 이온 이동 특성 개선을 통한 Multivalent 이온 전지 성능 확보
 - 전산모사 기반 저전위 전극/전해질 계면 반응 경로 해석 및 계면 특성 예측
 - 고도분석기법을 이용한 계면 조성 특성 제어 분석 및 전지 성능 결정 인자 규명
 - Multivalent 이온 전지의 성능을 확보할 수 있는 최적 전해질 조성 도출
 - 신규 Multivalent 이온 전해질 소재에 대한 랩규모 합성기법 구축

3. 특기 사항

- 독립적인 개별 기술개발을 지양하고 각각의 기술들이 유기적으로 연결되어 효율적으로 최종목표가 달성될 수 있도록 총괄과제 형식으로 신청
- 연구계획서는 RFP상의 '연구내용 및 범위'를 중심으로 하되, 세부과제 수는 총괄과제 책임자가 자율적으로 구성
- ※ 단계 평가를 통하여 연구지속 여부, 연구기간, 연구팀, 연구예산 등이 변경될 수 있음

'17년도 예산

90억원

총 연구기간

2단계/7년

(5) 고에너지밀도 Multivalent Ion Carrier 핵심 소재 원천기술

		RFP번호	5
연구 분야	Novel Ion Carrier 적용 이차 전지 구현		
1. 연구목표			
<p>◇ 최종 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Monovalent Ion Carrier 기반 전지의 성능 구현 : Monovalent Na⁺, K²⁺ 등의 저장 가능한 고전위/저전위 소재를 활용한 고출력 이온 전지 Prototype 성능 검증 (에너지 : > 150Wh/Kg, 수명 :> 300 Cycles, 고율 방전 특성 : > 80%) ○ Multivalent Ion Carrier 기반 전지의 성능 구현 : Multivalent Mg²⁺, Ca²⁺ 또는 Al³⁺ 이온 저장 가능한 고전위/저전위 소재를 활용한 고에너지 밀도 이차 전지 Prototype 성능 검증 (에너지 밀도 : >250 Wh/Kg, 수명 : 300회) <p>◇ 단계별 연구개발 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 1단계(3년) <ul style="list-style-type: none"> - 2단계까지 개발되어진 핵심 원천 소재를 적용하여 고출력 고성능 Monovlanet 이온형 전지와 고에너지밀도 기반의 Multivalent 이온형 전지의 Prototype 전지 제조 및 성능 검증 - 2단계까지 개발되어진 소재의 전지 적용시 문제점 분석 및 데이터 베이스구축: 소재의 개선점 도출 및 소재 자체의 열화, 계면 반응, 고전압 소재와 저전압 소재의 Matching성에 대한 해석 및 분석을 통한 Novel Ion Carrier 적용 이차전지 기초·원천 기술 개발 			
2. 연구내용 및 범위(예시)			
<ul style="list-style-type: none"> ○ 고출력 Monovalent 이온 전지 Prototype개발 <ul style="list-style-type: none"> • 고출력 Monovalent 이온형prototype 전지 개발 및 성능 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 밀도 150Wh/Kg 이상, 고율방전 특성 80% 이상, 수명 300회 이상을 갖는 Prototype 전지 개발 - 고출력화를 위한 전극 조성 설계안 확보 - 2단계 개발 소재의 전극 조성 (바인더, 도전재, 활물질 비율) 및 전극 두께, 공극률에 따른 성능 평가 - 고전위 소재/ 저전위 소재 대향비에 따른 성능 평가 : 고전위 소재/저전위 소재의 단위면적당 용량에 따른 수명 및 에너지 밀도의 변화 고찰 • Monovalent 이온 전지의 열화 기구 규명 			

- 전지의 Depth Of Discharge에 따른 수명 특성 평가
- 전지의 온도별 수명 및 저장 특성 평가
- 열화 후 전지의 해체 분석 기술 개발
- 열화 후의 개발소재의 구조변화 및 표면 변화 분석
- 열화 후 전지의 전해액 분석 및 금속 용출 여부 고찰
- 열화 후 전지의 분리막과 소재 계면 반응성 분석을 통한 기공 막힘 현상 고찰
- Monovalent 이온 전지의 전기화학 모델링
 - Monovalent 이온 전지의 전지 내부저항 모델 수립 및 검증
 - 내부저항 모델을 이용한 전지 성능 최적화

○ 고에너지 밀도 Multivalent 이온 전지 Prototype 개발 및 성능검증

- Multivalent 전지용 2단계 개발소재를 이용한 전극 설계안수립 및 검증 평가
 - 2단계 개발 소재의 전극 조성 (바인더, 도전재, 활물질 비율) 및 전극 두께, 공극률에 따른 기본 성능 평가
 - 고전위 소재/ 저전위 소재 대향비에 따른 성능 평가 : 고전위 소재/저전위 소재의 단위면적당 용량에 따른 수명 및 에너지 밀도의 변화 고찰
 - 투과격막의 종류에 따른 전지 성능 평가 및 수명 평가 : 투과막의 공극률, 기공 크기, 굴곡도, 투과도에 따르는 전지의 성능 평가
 - 전해질 첨가제 종류에 따른 전지 성능 및 수명 평가 : 전해질 첨가제의 함량 및 물성에 따른 전지 성능 및 수명 평가
- Multivalent 이온 기반 전지의 구성 요소 최적화 기술 개발
 - Multivalent 이온의 충/방전 수명 향상을 위한 전지 설계 기술
 - 소재 특성 최적화를 위한 전류밀도 및 전극 밀도 설계 기술
 - 물리/화학/전기화학적 특성 분석, 전지 성능 시험 기술
 - 장수명화를 위한 집전체/단자 등의 내부식 특성 평가

3. 특기 사항

- 독립적인 개별 기술개발을 지양하고 각각의 기술들이 유기적으로 연결되어 효율적으로 최종목표가 달성될 수 있도록 총괄과제 형식으로 신청
- 연구계획서는 RFP상의 '연구내용 및 범위'를 중심으로 하되, 세부과제 수는 총괄과제 책임자가 자율적으로 구성
- ※ 단계 평가를 통하여 연구지속 여부, 연구기간, 연구팀, 연구예산 등이 변경될 수 있음

'21년도 예산	60억원	총 연구기간	1단계/3년
----------	------	--------	--------

16. 경제사회적 파급효과

<과학기술적 파급효과>



- 현재 모방전략(Catch-Up)에 머물러 있는 국내 이차전지 기술을 세계적 선도 수준으로 견인하기 위한 신개념의 비리튬 전지 기술 개발
- 신개념 친환경, 저가 이차 전지 시스템 개발로 이차전지 기술 글로벌 리더쉽 확보

<경제적 파급효과>



- 신개념 친환경, 저가 이차 전지 시스템 개발을 통한 중대형 전지 시장 선점
 - 중대형 전지 시장이 2018년에는 400억 달러 수준까지 성장할 것으로 예상되는 시장을 신개념 친환경, 저가 이차 전지 개발을 통해 선점 가능
- 신규시장 창출로 인한 국가 신성장동력 산업 창출과 고부가 가치 산업으로의 전환을 통한 산업구조 고도화 달성과 관련 산업 활성화 및 고용 창출

<사회적 파급효과>

- 과거부터 지금까지 가장 많이 사용되고 있는 화석연료는 가장 쉽고 간편하게 쓸 수 있는 에너지의 연료가 되고 있지만, 화석 연료를 연소 시 각종 공해물질이 발생하고 특히, 전기 발전이나 자동차로 인한 이산화탄소의 발생은 대기 오염 뿐 아니라 지구 온난화 현상을 초래함
- 기존의 화석연료 발전 방식에서 신재생에너지의 발전이 부각되는 시점에서 에너지 저장 및 활용기술에 있어 획기적인 변화를 야기할 것으로 예상되고 그로인해 그린에너지 보급에 기여
- 온실가스에 의한 기후변화에 대응하고 고갈되어가는 석유 에너지를 대체할 에너지원의 필요 등으로 이차전지 분야가 급부상하고 있기 때문에 신규 이온 Carrier 기반 이온 이차전지의 개발은 향후 기후변화 대응에 기여