

## 이차전지 핵심 기술/시장 전망과 배터리산업 공정별 AI·데이터분석 활용 사례와 전략

### I. 이차전지 및 핵심소재 기술개발 동향과 시장 전망

#### 1. 이차전지 기술개발 동향과 시장 전망

##### 1-1. 이차전지 기술 개요

- 1) 이차전지 개요
  - (1) 정의 및 종류
  - (2) 구조 및 소재
  - (3) 응용 분야
- 2) 리튬이온전지 개요
  - (1) 특징 및 핵심 소재
    - ① 구성
    - ② 특징
    - ③ 4대 핵심소재
  - (2) 셀 형태별 리튬이온전지
    - ① 원통형
    - ② 각형
    - ③ 파우치형
  - (3) 4680 배터리
  - (4) 양극재 종류별 리튬이온전지
    - ① LCO(리튬산화코발트)
    - ② 삼원계
    - ③ LFP(인산철)
  - (5) 소형/중대형/EV 용 이차전지 특성
    - ① 소형 및 중대형 이차전지 특성
    - ② EV 용 이차전지 특성
    - ③ EV 용 배터리 종류별 특징
    - ④ EV 용 이차전지 타입별 원가비중
  - (6) 주요 용도별 차세대 전지 기술
    - ① 주요 용도별 차세대 전지 기술
    - ② 차세대 이차전지 기술별 특성과 비교

##### 1-2. 글로벌 이차전지 소재별 기술개발 동향과 이슈

- 1) 양극재
  - (1) 전구체
  - (2) 구조와 기술 동향
  - (3) 하이니켈 양극재
  - (4) 단결정 양극재
  - (5) 입자제어 CSG(Core-Shell Gradient)
  - (6) 고전압 미드니켈 양극재
  - (7) LFP 양극재
  - (8) 망간리치 양극재
- 2) 음극재
  - (1) 흑연 음극재

- (2) 실리콘 음극재
- (3) 리튬메탈 음극재
- 3) 분리막
  - (1) 구조와 기능
  - (2) 습식과 건식 분리막
  - (3) 세라믹 코팅 분리막
  - (4) 덴드라이트(dendrite)
    - ① 덴드라이트 현상
    - ② 덴드라이트 형성 원인
    - ③ 배터리 종류별 덴드라이트 현상
    - ④ 덴드라이트 현상과 위험성
    - ⑤ 덴드라이트 성장에 대한 해결 방법
- 4) 전해질
  - (1) 전해질의 역할 및 구성요소
  - (2) 전해질 유형
    - ① 액체 전해질
    - ② 젤 전해질
    - ③ 고체 전해질
  - (3) 전해질 첨가제의 구성과 특성
- 5) 도전재
- 6) 바인더
  - (1) 폴리비닐리덴 디플루오라이드(Polyvinylidene fluoride, PVdF)
  - (2) CMC/SBR 바인더
  - (3) PTFE(Polytetrafluoroethylene)
  - (4) PAA(Poly acrylic acid) 바인더
  - (5) PI(Polyimide) binder

1-3. 주요 이차전지별 연구개발 동향

- 1) 리튬이온 전지
- 2) 리튬 금속 전지
- 3) 리튬 전이금속 산화물 전지
- 4) 리튬-황 전지
- 5) 리튬공기 전지
- 6) 전고체 전지
  - (1) 황화물계 전고체전지
  - (2) 산화물계 전고체전지
- 7) 소듐 이온 배터리
- 8) 레독스 흐름 전지
- 9) 그 밖의 캐리어를 사용하는 전지

1-4. 리튬 이차전지 기술 이슈

- 1) 리튬이온 전지
  - (1) 양극 소재 개발
  - (2) Li metal 소재 안정화
- 2) 소듐 이온 전지
  - (1) 글로벌 기술 이슈
  - (2) 국내 기술 이슈
- 3) 리튬-황 전지
  - (1) 활물질 비율 향상
  - (2) 폴리설파이드 용출 억제
- 4) 리튬금속 전지
- 5) 레독스 흐름 전지
  - (1) 수계 전해액의 에너지 저장량과 가격
  - (2) 비수계 전해액의 위험성과 전류 밀도
- 6) 전고체 전지
  - (1) 고체 전해질 소재 발굴 및 합성
  - (2) 고체 전해질 / 전극 계면 안정화

- (3) 황화물계 전고체 배터리
  - ① 아지로다이트계(Argyrodite)
  - ② LiSICON 계
- (4) 전고체 배터리의 기술 과제
  - ① 액계 전지의 과제
  - ② 전고체 전지의 기술적 이점
  - ③ 개발 경쟁의 경위
  - ④ 주요 설계 요소
  - ⑤ 고체 전해질에 요구되는 성능
  - ⑥ 전해질의 과제에 대한 대응책
  - ⑦ 양극 재료에 대한 과제
  - ⑧ 계면의 과제에 대한 대응책
  - ⑨ 제조 과제

#### 1-5. 전고체 전지 기술 개발 현황과 전망

- 1) 기술 개요
  - (1) 개념, 구성, 원리
  - (2) 에너지 밀도
  - (3) 안전성과 경제성
- 2) 기술적 과제
  - (1) 고체 전해질의 계면저항 문제 해결
  - (2) 계면저항 극복 위한 공정개발의 한계
  - (3) 충전과 방전시 팽창문제와 전극계면 박리현상
  - (4) 리튬 음극 사용 시 발생하는 덴드라이트 생성 문제
  - (5) 아지로다이트 vs LiSICON, 무음극 vs 흑연, 리튬
  - (6) 고체전지에 사용 가능한 고체전해질의 높은 단가 문제
- 3) 시장 전망
- 4) 주요국별 지원 정책
  - (1) 해외
  - (2) 한국
- 5) 해외 주요 기업별 개발동향과 전략
  - (1) 중국
    - ① IM 모터스(IM Motors)
    - ② WeLion(Beijing WeLion New Energy Technology)
  - (2) 일본
    - ① 혼다(HONDA)
    - ② 토요타(TOYOTA)
    - ③ 닛산(NISSAN)
  - (3) 미국
    - ① 팩토리얼 에너지(Factroial Energy)
    - ② 퀀텀스케이프(QuantumScape)
    - ③ 솔리드파워(SolidPower)
    - ④ SES AI(SolidEnergy Systems AI)
  - (4) 독일
    - ① BMW
    - ② 메르세데스 벤츠(Mercedes-Benz)
    - ③ 폭스바겐 그룹(Volkswagen Group)
  - (5) 프랑스
    - ① 이텐(ITEN)
    - ② 블루솔루션스(Blue Solutions)
  - (6) 기타
    - ① 스텔란티스(STELLANTIS)
    - ② 프로로지움 테크놀로지(ProLogium Technology)

## 2. 이차전지 및 핵심소재 국내외 시장 동향과 전망

### 2-1. 글로벌 이차전지 시장 동향과 전망

- 1) 이차전지 원가 구성
  - 2) 이차전지 용도별 시장 전망
  - 3) 이차전지 종류별 시장 전망
    - (1) 이차전지
    - (2) 납축전지
    - (3) 리튬이온 / 나트륨이온 배터리
    - (4) LFP 배터리
    - (5) 배터리 팩팩터 점유율
  - 4) 이차전지 국가 및 지역별 시장 전망
  - 5) 글로벌 배터리 산업 공급망 현황
  - 6) 글로벌 배터리 제조사별 점유율 및 장착량
    - (1) 韓·中·日 제조업체별 시장 점유율
    - (2) 제조사별 배터리 탑재량
  - 7) 국내외 이차전지 수출입 동향
    - (1) 글로벌 이차전지 수출입 동향
    - (2) 국내 이차전지 수출 실적 및 전망
  - 8) 유럽 배터리 시장
    - (1) 유럽 배터리 업황
    - (2) 유럽 배터리 시장의 기업별 점유율
    - (3) 중국 배터리 셀 업체의 유럽 공장 가동 현황
  - 9) 리튬이온전지 가격 동향
- 2-2. 이차전지 제조 밸류체인
- 1) 이차전지 제조과정
    - (1) 전극공정
    - (2) 조립공정
    - (3) 활성화공정
    - (4) 건식 공정
    - (5) 제조 장비 및 시스템 시장
    - (6) 배터리 셀 생산 공정별 제조 비용 및 소비 전력 비중
      - ① 공정별 배터리 제조비 비중
      - ② 건식 공정 도입 및 제조비 절감
      - ③ 배터리 제조 공정 전력 비중
  - 2) 이차전지산업 밸류체인
  - 3) 글로벌 지역별 배터리 생산능력
- 2-3. 이차전지 소재별 시장점유율과 서플라이체인
- 1) 핵심광물 분야
    - (1) 주요 광물별 생산량과 매장량
      - ① 리튬
      - ② 니켈
      - ③ 코발트
      - ④ 흑연
      - ⑤ 망간
    - (2) 한국의 배터리 핵심광물에 대한 對중국 수입 의존도
  - 2) 이차전지 소재 분야 및 주요 공급망
  - 3) 전구체 분야
  - 4) 양극재 분야
  - 5) 음극재 분야
  - 6) 분리막 분야
  - 7) 전해액 분야
  - 8) 도전재 분야
  - 9) 바인더 분야
- 2-4. 국내외 기업 최근 동향과 대응 전략
- 1) 배터리 제조 기업별 글로벌 시장변화에 대한 대응
    - (1) 중국
      - ① CATL

- ② BYD
- ③ CALB
- ④ EVE Energy

(2) 일본

- ① 파나소닉 에너지
- ② 무라타제작소

(3) 미국

- ① 테슬라
- ② 퀀텀스케이프
- ③ 솔리드파워

(4) 유럽

- ① ACC(Automotive Cells Company)
- ② 프레이어배터리
- ③ 노스볼트
- ④ 브리티시볼트

2) 한국 배터리 3社의 미국 내 생산 및 조달 현황

- (1) 배터리 제조
- (2) 양극재 조달

2-5. 사용후 배터리 순환이용 기술 동향과 시장 전망

1) 사용후 배터리 순환이용 기술 개요

- (1) 순환이용의 중요성
- (2) 배터리의 수명
- (3) 배터리의 처리 방법
  - ① 사용후 배터리 재사용(Re-Use)
  - ② 사용후 배터리 재활용(Re-Cycling)
- (4) 순환 사이클 구축
- (5) 중요한 광물의 회수
- (6) 활성화를 위한 대응 동향
- (7) 환경적 관점의 재활용

2) 국내외 사용후 배터리 시장 동향과 전망

- (1) 글로벌 시장규모 전망
  - ① 시장 전망
  - ② 소재별 시장 전망
  - ③ 공급원별 시장 전망
  - ④ 지역별 시장규모 전망
  - ⑤ 비용 절감 효과
  - ⑥ 재활용의 잠재 가치

(2) 국내 시장규모 전망

- ① 시장 전망
- ② 소재별 시장 전망
- ③ 공급원별 시장 전망

3) 사용후 배터리 순환이용 기술과 밸류체인

- (1) 배터리 성능 평가와 재활용 공정 기술
  - ① 배터리 잔존성능 평가와 분류 및 처리 방법
  - ② 사용 후 배터리 재활용(Recycle) 기술과 주요 공정
- (2) 자원 순환경제와 사용후 배터리 재활용
  - ① 배터리 순환경제(Circular Economy) 개념
  - ② 사용후 전기차 배터리 활용 유형
  - ③ 사용후 전기차 배터리 재활용산업 밸류체인

4) 국내외 배터리 재사용/재활용 관련 개발 동향

- (1) 해외 업체
- (2) 국내 업체

5) 해외 사용후 배터리 순환이용 관련 정책 추진 동향

- (1) EU
  - ① 순환 경제를 위한 배터리 규제 개정안

- ② 지속 가능 배터리법
- (2) 미국
  - ① 미국 에너지부(DOE)의 재활용 시책
  - ② 초당적 기반 시설법(Bipartisan Infrastructure Law, BIL)
- (3) 일본
- (4) 중국
- 6) 국내 사용후 배터리 순환이용 관련 정책 추진 동향
  - (1) 주요 정책 추진 경과
  - (2) 국내 사용후 배터리 관련 법안
    - ① 배터리 재활용, 재사용 법안
    - ② 2030 이차전지 산업 발전 전략과 폐배터리 산업
  - (3) 사용후 배터리 산업 기술개발 및 규제 샌드박스 실증 사업
  - (4) 배터리 순환이용 활성화 방안
    - ① 순환이용 시장 조성
    - ② 재활용 가능자원 수급 안정화
    - ③ 기술혁신 및 경쟁력 강화
    - ④ 전주기 관리기반 구축

### 3. 주요국별 이차전지 정책 추진 동향

#### 3-1. 미국

- 1) 인플레이션 감축법(IRA, Inflation Reduction Act)
  - (1) 법안 개요
  - (2) 법안의 목적
  - (3) 전기차 관련 법안 내용
  - (4) IRA 를 통한 미국의 배터리 산업통상정책
    - ① 친환경차 구매세액공제(Clean Vehicle Tax Credit)
    - ② 첨단제조 생산세액공제(Advanced Manufacturing Production Credit)
  - (5) FEOC(해외우려집단) 세부 규정 발표에 대한 대응
  - (6) 주요국에 미치는 영향
    - ① 중국
    - ② 일본
    - ③ 대만
    - ④ 캐나다
    - ⑤ 멕시코
    - ⑥ 유럽연합
- 2) 트럼프 2.0 시대 정책 변화
  - ① 對중국 관세 인상
  - ② IRA 정책 변화(중국 관련)
  - ③ 對中 견제 강화에 따른 한국 배터리 산업 영향 분석
  - (2) 트럼프 대통령의 행정명령과 관세 부과 실행
  - (3) 한국 배터리산업 영향
    - ① IRA 와 미국 시장의 중요성
    - ② 국내외 투자
    - ③ 공급망
    - ④ IRA 이후 한국 배터리산업의 전략적 대응 방향
- 3) 미국 배터리 소재 이니셔티브
- 4) 리쇼어링과 프렌드쇼어링(Re-shoring and Friend-shoring)
- 5) 환경보호청(EPA)
- 6) 차세대 이차전지 대응책

#### 3-2. 유럽연합(EU)

- 1) EU 배터리법
  - (1) 탄소발자국 요건
  - (2) 재활용 원료 사용 의무
  - (3) 라벨링 및 표시 의무
  - (4) 기타 주요 의무 및 요건

- (5) 생산자책임재활용 제도
- 2) 유럽 배터리 규제
  - (1) 유럽 배터리 규칙
  - (2) 유럽 배터리 규칙의 목적
  - (3) 유럽 배터리 규칙의 대상 제품
    - ① 대상이 되는 배터리
    - ② 관련 업계(EV, 자동차 산업 등)
  - (4) 유럽 배터리 규칙의 내용
    - ① 규칙 내용
    - ② 규제 시작 연도
    - ③ 유럽 배터리 규칙과 탄소 풋프린트의 관련성
- 3) 매칭(matching) 보조금
- 4) 배터리 여권 제도
- 5) 폐배터리 재활용
- 6) 차세대 이차전지 대응책
- 3-3. 중국
  - 1) 리튬이온배터리 산업망 · 공급망의 협력 및 안정 발전 업무에 관한 통지
  - 2) 2024년 중국 리튬전지 산업표준조건 갱신
    - (1) 리튬전지 산업 발전방향
    - (2) 리튬 배터리 제품 성능 사양
    - (3) 리튬전지 생산 및 공정 규범
    - (4) 리튬전지 회사의 안전, 품질 및 탄소 배출 관리 사양
  - 3) 중국 정부의 전기차 산업 지원과 주요국의 대응
    - (1) 중국 정부의 전기차 산업 지원 현황
    - (2) 주요국의 대응 조치
      - ① 미국
      - ② EU
      - ③ 캐나다
    - (3) 글로벌 대응 구도
  - 4) 폐배터리
  - 5) 차세대 이차전지 대응책
- 3-4. 일본
  - 1) 축전지 산업 전략
  - 2) 전고체 배터리 개발 지원
  - 3) GX(Green Transformation) 추진전략
  - 4) 배터리 여권 도입
  - 5) 차세대 이차전지 대응책
- 3-5. 한국
  - 1) 2030 이차전지 산업 발전 전략
    - (1) 민관 대규모 R&D 추진
    - (2) 공급망 강화 및 소부장 기업 · 인력 육성
    - (3) 수요시장 창출
  - 2) 이차전지 전주기 산업경쟁력 강화 방안
    - (1) 추진전략과 세부방안
    - (2) 경쟁력 강화 이유
    - (3) 이차전지 산업 생태계 조성
  - 3) 친환경차 보급정책 및 재정지출 규모
  - 4) 차세대 이차전지 대응책

## II. AI · 데이터분석 기반 배터리산업 공정별 연구개발 동향과 과제

### 1. AI와 배터리 연구

- 1-1. 배터리 기술의 중요성 및 현재 기술의 한계
- 1-2. 전통적 R&D 방식의 도전 과제와 데이터 기반 접근의 필요성
- 1-3. AI/ML 기술의 기본 개념 및 배터리 연구 적용 가능성

- 1) 데이터의 중요성과 모범적인 연구 관행
- 2) 지도 학습(Supervised Learning)
- 3) 비지도 학습(Unsupervised Learning)
- 4) 하이퍼파라미터(Hyperparameters)
- 5) 가장 널리 사용되는 머신러닝 방법
  - (1) 신경망(Neural Networks)
  - (2) 의사결정나무와 랜덤 포레스트
  - (3) 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine, SVM)
  - (4) k-최근접 이웃(k-Nearest Neighbors, kNN)
  - (5) 확률 기반 접근법(Probabilistic-Based Approaches)
  - (6) 생성 모델과 역설계(Generative Models and Inverse Design)
- 6) 프로그래밍 언어 및 플랫폼

## 2. 소재 설계 및 합성 분야 AI · 데이터분석 활용 동향

### 2-1. 소재 발견(Materials Discovery)

- 1) 전극 활물질(Active Electrode Materials)
  - (1) 합성 공정 최적화 및 핵심 인자 규명
  - (2) 전산 데이터를 활용한 핵심 물성 예측
  - (3) 소재 구조 분류 및 특성 기술자 식별
- 2) 고체 전해질(Solid Electrolytes)
  - (1) 이온 전도도 예측 및 고속 스크리닝
  - (2) 실험 및 이론 데이터의 융합과 다각적 접근
  - (3) 분류 및 비지도 학습
- 3) 액체 전해질(Liquid Electrolytes)
  - (1) 핵심 물성 직접 예측 및 시뮬레이션 가속화
  - (2) 실험 데이터 분석 및 실험 자동화

### 2-2. 소재의 다중 스케일 모델링 가속화

- 1) ML 역장의 개발과 적용 사례
- 2) ML 역장 개발의 효율성 향상
- 3) 기타 ML 기반 모델링 기법
- 4) 실험 계획, 소재 스크리닝 및 합성

### 2-3. 향후 대응 방안

- 1) 만능 소재 기술자(Descriptor)의 부재
- 2) 데이터 부족 문제
- 3) 미성숙한 표현과 불확실성
- 4) 표준화의 부재

## 3. 전극 및 셀 제조 공정분야 AI · 데이터분석 활용 동향

### 3-1. 전통적인 배터리 제조 공정

### 3-2. 제조 공정 최적화의 복잡성과 ML의 역할

### 3-3. 데이터 수집(Data Collection)

- 1) 실험계획법(DoE)의 활용
- 2) 산업 현장의 데이터 문제와 해결 방안

### 3-4. 현재의 적용 사례(Current Application)

- 1) 실험 데이터 기반 공정-물성 관계 규명
- 2) 산업 스케일 공정 최적화 및 품질 관리
- 3) 디지털 트윈 구축: 가상과 현실의 결합

### 3-5. 향후 대응 방안

## 4. 소재 및 전극 구조 분석 분야 AI · 데이터분석 활용 동향

### 4-1. 소재 특성 분석

- 1) 분광학 기법(X선 흡수 분광법, XAS)
- 2) 회절 패턴 분석
- 3) 실시간(in situ/operando) 실험의 AI 기반 데이터 분석
- 4) 주성분 분석(PCA) 및 다변수 곡선 분해능(MCR-ALS)

#### 4-2. 전극 구조 특성 분석

- 1) 토모그래피 및 타이코그래피 재구성
- 2) 이미지 분할(Image Segmentation)
- 3) 열화 및 결함 검출(Degradation and Defect Detection)
- 4) 초분광 이미지 처리(Hyperspectral Image Processing)

#### 4-3. 향후 대응 방안

- 1) 데이터의 간극 해소
- 2) 자율 실험 플랫폼의 실현
- 3) 다중분석기법(Multi-modal) 데이터의 통합 분석
- 4) 설명가능 AI(XAI)와 물리 법칙의 통합

### 5. 배터리 셀 진단 및 예측 분야 AI · 데이터분석 활용 동향

#### 5-1. 성능 및 안전성 예측

#### 5-2. 열화 및 수명 예측

#### 5-3. 온라인 추정

#### 5-4. 모델의 신뢰성 및 고려사항

- 1) 설명가능한 AI(XAI)의 역할 증대와 BMS 적용 방안
- 2) AI 모델의 강건성, 일반화 성능 향상

#### 5-5. 향후 대응 방안

- 1) 핵심 특징(Feature) 최소화를 통한 효율성 증대
- 2) 물리 기반 모델과 데이터 기반 모델의 융합(하이브리드 접근법)
- 3) 데이터 효율성의 추구

### 6. 배터리 재활용 분야 AI · 데이터분석 활용 동향

#### 6-1. 주요 AI 기술

- 1) 지도학습
- 2) 비 지도학습
- 3) 강화 학습

#### 6-2. 재활용 공정 최적화

- 1) 지능형 자동 분류 시스템
- 2) AI 기반 시스템의 경제적 및 환경적 이점
- 3) 운송 및 재제조 공정의 최적화
- 4) 재활용 장비를 위한 AI 기반 예측
- 5) 도전 과제와 미래 전망

#### 6-3. 환경 영향 및 의사결정 지원

- 1) 원자재 채굴과의 비교
- 2) 수명주기 평가 및 자원 최적화
- 3) 의사결정 지원

#### 6-4. 향후 대응 방향

- 1) AI 기반 배터리 재활용의 기술적 도전 과제
  - (1) 복잡한 배터리 화학
  - (2) 데이터 품질 및 표준화
  - (3) 실시간 통합 및 운영
  - (4) 효율성과 안전/환경 책임의 균형
  - (5) 확장성 및 적응성
  - (6) 학제 간 협력
- 2) AI 구현의 윤리적 고려사항
  - (1) 데이터 프라이버시 및 보안
  - (2) 알고리즘 편향
  - (3) 투명성 및 책임

## Ⅲ. 배터리산업 공정별 AI 활용 연구개발 통계 분석

### 1. 배터리 소재 개발 분야

#### 1-1. 분석절차

- 1-2. 연도별 연구 동향
- 1-3. 유형별 연구의 수
- 1-4. 인용 상위 연구
- 1-5. 주제 분석
- 1-6. 주요 단어 및 네트워크 분석
- 1-7. 연구 주제별 평균 인용 수
- 1-8. 연도별 평균 인용 수
- 1-9. 주요 학술지
- 1-10. 주제별 전망
- 1-11. 오픈액세스 저널 비율
- 1-12. 펀딩연구의 비율
- 1-13. 주요 펀딩 기관

## 2. 배터리 제조 공정 분야

- 2-1. 분석절차
- 2-2. 연도별 연구 동향
- 2-3. 유형별 연구의 수
- 2-4. 인용 상위 연구
- 2-5. 주제 분석
- 2-6. 주요 단어 및 네트워크 분석
- 2-7. 연구 주제별 평균 인용 수
- 2-8. 연도별 평균 인용 수
- 2-9. 주요 학술지
- 2-10. 주제별 전망
- 2-11. 오픈액세스 저널 비율
- 2-12. 펀딩연구의 비율
- 2-13. 주요 펀딩 기관

## 3. 배터리 상태 진단 및 예측 분야

- 3-1. 분석절차
- 3-2. 연도별 연구 동향
- 3-3. 유형별 연구의 수
- 3-4. 인용 상위 연구
- 3-5. 주제 분석
- 3-6. 주요 단어 및 네트워크 분석
- 3-7. 연구 주제별 평균 인용 수
- 3-8. 연도별 평균 인용 수
- 3-9. 주요 학술지
- 3-10. 주제별 전망
- 3-11. 오픈액세스 저널 비율
- 3-12. 펀딩연구의 비율
- 3-13. 주요 펀딩 기관

## 4. 배터리 재활용 및 재사용 분야

- 4-1. 분석절차
- 4-2. 연도별 연구 동향
- 4-3. 유형별 연구의 수
- 4-4. 인용 상위 연구
- 4-5. 주제 분석
- 4-6. 주요 단어 및 네트워크 분석
- 4-7. 연구 주제별 평균 인용 수
- 4-8. 연도별 평균 인용 수
- 4-9. 주요 학술지
- 4-10. 주제별 전망
- 4-11. 오픈액세스 저널 비율

4-12. 펀딩연구의 비율

4-13. 주요 펀딩 기관

#### IV. 주요업체별 AI · 데이터분석 활용 동향과 대응 전략

##### 1. 배터리 소재 개발 분야

###### 1-1. 해외

- 1) 닝더스다이(CATL)
- 2) 팩토리얼 에너지(Factorial Energy)
- 3) 에이아이오닉스(Aionics)
- 4) 유미코어(BASF)
- 5) 바스프(BASF)
- 6) 이화학연구소 & 후지쯔
- 7) 파라시스 에너지(Farasis Energy)
- 8) 귀취안 하이테크(Gotion High-tech)

###### 1-2. 국내

- 1) LG 화학 & LG 에너지솔루션
- 2) 삼성 SDI
- 3) SK 온
- 4) 포스코퓨처엠
- 5) 솔루스첨단소재
- 6) 한국과학기술연구원(KIST)
- 7) 한국과학기술원(KAIST)
- 8) 경희대학교
- 9) 숭실대학교

##### 2. 배터리 제조 공정 분야

###### 2-1. 해외

- 1) 닝더스다이(CATL)
- 2) 마이크로 소프트(Microsoft)
- 3) SES AI(SES AI Corporation)
- 4) 케믹스(Chemix)
- 5) CALB
- 6) 에스볼트(SVOLT)
- 7) 이브 에너지(EVE Energy)
- 8) 간펑리튬(Ganfeng Lithium)
- 9) BMW

###### 2-2. 국내

- 1) LG 에너지솔루션
- 2) 삼성 SDI
- 3) SK 온
- 4) 포스코퓨처엠
- 5) 코스모신소재

##### 3. 배터리 상태 진단 및 예측 분야

###### 3-1. 해외

- 1) 누비(Nuvve)
- 2) 배트지니(BattGenie)
- 3) 구글 딥마인드(Google DeepMind)
- 4) 스탠포드 대학(Stanford University)
- 5) 오이타대학 & 히타치하이테크
- 6) 히타찌(HITACHI)
- 7) 시그에너지(Sigenergy)
- 8) 오포(OPPO, 广东欧珀移动通信有限公司)
- 9) LEGEND ENERGY(樂駕能源科技)

10) 이트론 테크놀로지(Eatron Technologies)

- (1) AI 기반 배터리 관리 시스템(BMS)
- (2) AI 진단기술로 EV 배터리 화재 사전 차단

11) 스토어닷(StoreDot)

3-2. 국내

- 1) 삼성전자
- 2) 태백 주식회사
- 3) 엠텍정보기술
- 4) 울산과학기술원(UNIST)

4. 배터리 재활용 및 재사용 분야

4-1. 배터리 재활용

- 1) 배터리 분류 및 선별 자동화
- 2) 배터리 해체 및 분해 로봇 자동화
- 3) 핵심 물질 회수 및 추출 공정 최적화

4-2. 배터리 재사용

- 1) 배터리 상태 진단 및 수명 예측
- 2) 2차 수명 배터리 시스템 통합 및 관리

4-3. 배터리 재활용 및 재사용 공급망 관리 AI

- 1) 공급망 가시성 및 추적성 강화
- 2) 물류 및 재고 최적화