

리튬황 전지의 기술 및 시장 동향분석

이정구*

*한국과학기술정보연구원 데이터분석본부
e-mail: jglee@kisti.re.kr

Analysis of Technology and Market Trends for Lithium-Sulfur Batteries

Jeong-Gu Lee*

*Dept. of Data Analysis, KISTI

요약

최근 세계적으로 기후변화와 탄소중립 이슈가 부각되면서 전기차 보급이 급격히 늘어나고 있다. 전기차와 ESS 시스템의 보급이 확대되면서 이차전지의 중요성이 나날이 커지고 있는 상황이다. 특히 최근에는 전고체 전지, 리튬황 전지, 리튬공기 전지, 나트륨 전지 등 차세대 전지에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 이 중에서 리튬황 전지는 리튬 이온 전지의 대안으로 주목받고 있으며, 황(Sulfur)을 양극으로 금속 리튬을 음극으로 사용해 기존 리튬이온 전지에 비해 더 높은 에너지 밀도를 갖는다는 장점이 있다. 또한 리튬황 전지의 경우 경량화된 전기차, 드론, 도심항공교통(UAM), 항공 및 우주 산업, 에너지 저장장치(ESS) 등에 폭넓게 사용될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 차세대 전지로 부각되고 있는 리튬황 전지의 기술 및 시장에 대한 동향분석을 수행하였다.

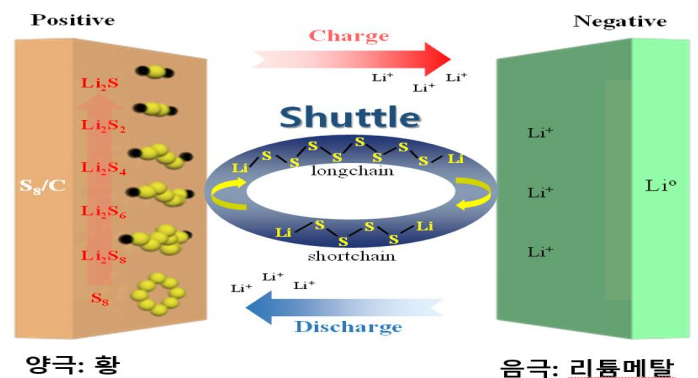
1. 서론

세계적으로 기후변화와 탄소중립 이슈가 부각되면서 전기차 보급이 급격히 증가하고 있다. 무엇보다 전기차, ESS 보급이 확대되면서 이차전지의 중요성이 나날이 커지고 있다. 현재까지 전기차에 리튬이온 전지가 주로 사용되고 있으나 최근에는 전고체 전지, 리튬황 전지, 리튬공기 전지, 나트륨 전지, 아연이온 전지 등 차세대 전지에 대한 연구와 기술개발이 활발하게 이루어지고 있다. 차세대 전지 중에서 리튬황 전지는 리튬이온 전지의 대안으로 주목받고 있다. 리튬황 전지는 기존 리튬이온 전지에 비해 더 높은 에너지 밀도를 갖는다는 장점이 있어 경량화된 전기차, 드론, 도심항공교통(UAM), 항공 및 우주산업, 에너지저장장치 등에 폭넓게 사용될 수 있다. 정부는 2030년까지 세계 1위 목표로 K-배터리 전략을 수립하고, 리튬황 전지 산업을 포함한 배터리 분야에 40조6천억원을 투자할 계획이다. 미국 에너지부(Department of Energy)도 리튬황 전지의 개발을 위해 2024년 400만 달러의 보조금을 지원하였으며, 2030년까지 상용화 계획을 가지고 있다.

2. 리튬황 전지의 동향분석

2.1 리튬황 전지의 기술동향

리튬황 전지는 양극재로 황(Sulfur)을 음극재로 리튬 금속을 사용하기 때문에 현재 가장 많이 사용되고 있는 리튬이온 전지 대비 3-5배 정도 높은 에너지 밀도와 낮은 제조원가라는 장점을 갖춘 차세대 전지이다. 1962년 Herbert와 Ullmann에 의해 양극 소재로 황을 사용하기 시작했다. 최근 세계적으로 리튬황 전지에 대한 연구 및 기술개발이 활발하게 진행되고 있으며, 2030년 상용화 목표를 가지고 있다.



[그림 1] 리튬황 전지 구조와 원리

리튬황 전지는 양극 활물질에 황(S), 또는 황 화합물을 이용하고, 음극에는 금속 리튬이나 그 합금을 이용한다. 황은 원자 1개로 리튬 원자 2개를 끌어당기거나, 전자 2개를 내보낼 수 있기 때문에 기존 리튬이온 전지보다도 에너지 밀도가 높은 것이 장점이다. 리튬황 전지의 상용화에 요구되는 에너지 밀도는 400-500 Wh/kg 수준이며, 활성 물질의 손실, 낮은 충전 효율 및 수명 저

하의 원인으로 제시되고 있는 폴리설퍼이드 이동을 방지하는 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 리튬황 전지 분야에서 우수 기술을 보유하거나 제품을 출시한 기업 중에서 주목할 곳은 미국의 라이텐(Lyten), 코나믹스(Conamix), 호주의 Li-S에너지(Li-S Energy), 일본의 지에스유아사(GS Yuasa), 한국의 LG에너지솔루션 등을 들 수 있다.

라이텐은 고성능의 전기자동차 리튬황 배터리를 개발 중으로 다국적 자동차사인 스텔란티스(Stellantis)와 파트너십을 통해 릿셀(LytCell) 리튬황 배터리의 상용화를 추진하고 있다. 라이텐의 기술은 3D 그래핀을 활용해 에너지 밀도와 성능을 높이는데 초점을 두고 있으며, 스텔란티스, 텍사스오스틱대학 등과 협력하여 고용량 및 장수명의 리튬황 전지를 개발하고 있다. 코나믹스는 리튬황 배터리를 개발하여 전기자동차 시장에 진입할 계획으로 낮은 비용과 높은 에너지 밀도를 가진 리튬황 배터리를 개발하여 2028년 상용화 제품을 출시할 계획이다. Li-S에너지는 브이톨에어로스페이스(V-TOL Aerospace)와 협력하여 고고도 장거리 비행이 가능한 드론용 리튬황 배터리를 개발하고 있는데, 높은 에너지 밀도와 장거리 비행시간이 가능하도록 연구개발을 진행하고 있다. 지에스유아사는 2021년 400 Wh/kg의 에너지 밀도를 갖는 리튬황 전지를 개발하였고, 신에너지산업기술종합개발기구(NEDO)가 추진하는 ‘실용화를 위한 차세대 항공 시스템 연구개발’ 프로젝트를 간사이대학과 함께 연구하여 리튬황 배터리 개발에 성공하였는데, 황을 지지하는 다공성 탄소 입자와 황의 용해를 억제하는 전해액을 적용한 바 있다. LG에너지솔루션은 리튬황 전지의 상용화 목표를 2027년으로 하여 미래의 항공 모빌리티 시장에 진출할 계획까지 세우고 연구개발을 진행하고 있다.

2.2 리튬황 전지의 시장동향

리튬황 전지의 세계 시장규모는 2023년 31.97백만 달러에서 2028년 209.159백만 달러로 연평균 45.6 %의 높은 성장세를 보일 것으로 전망된다. 또한 국내 시장규모는 2023년 1.6백만달러에서 2028년 10.96백만달러로 연평균 46.9%의 높은 성장세를 보일 것으로 예측된다.

[표 1] 리튬황 전지의 해외 및 국내 시장 전망

(단위: 백만 달러, %)

구분	2023	2024	2025	2026	2027	2028	CAGR(%) (2023~2028)
해외	31.97	44.18	62.95	91.89	137.01	209.15	45.6
국내	1.60	2.23	3.20	4.72	7.11	10.96	46.9

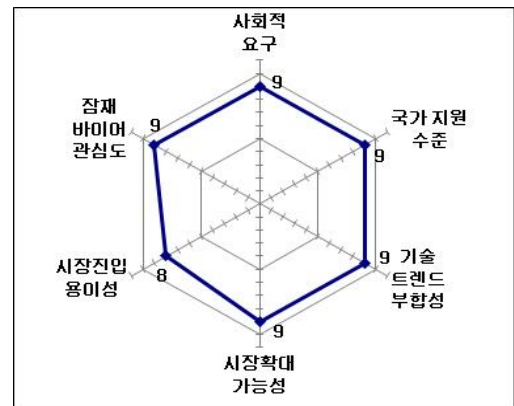
리튬황 전지 분야별 시장은 2028년 1억 4,923만 달러의 항공 우주 분야가 가장 큰 시장을 형성할 것으로 보이며, 자동차 및 운송

분야가 3,893만 달러로 그 뒤를 이을 것으로 전망된다. [그림 2]는 리튬황 전지의 신사업 기획 분석을 나타낸 것이다.

Policy - 차세대 전지 개발 및 보급지원	Market - 시장성장 동력의 확보 필요
- 차세대 전지 초격차 R&D 전략 수립(23) - 이차전지 산업 혁신전략 발표(22) 2030 이차전지 산업(K-Battery) 발전 전략 발표(21)	- 항공 및 전기차 분야의 수요 증가 2030년까지 리튬황전지 시장은 연평균 45.9%의 성장률을 보일 것으로 예상 - 기존 리튬이온전지 한계와 안전성 문제를 해결할 수 있는 배터리 개발 필요성 증대
Society - 친환경 소재 및 소비자 신뢰 확보	Technology - 리튬황 전지 상용화 기술
- 차세대 배터리에 대한 소비자의 신뢰 확보가 필요하며 리튬황전지의 안전성과 지속 가능성 제고 필요 - 배터리 제조, 사용, 폐기 과정에서 환경적 영향을 최소화하는 사회적 요구에 부응	- 리튬황전지의 다중 계면 구조의 불안정성 기술의 개발 (전극과 전해질 사이의 불안정한 계면 구조 개선) - 새로운 전극물질, 안정적인 전해질, 계면안정화 기술 - 소형 기기 및 특수 용도 배터리의 효율 향상을 위한 기술 개발

[그림 2] 리튬황 전지의 신사업 기획 분석

리튬황 전지 시장에서의 주요 영향력 강도를 사회적 요구, 국가 지원 수준, 기술트렌드 부합성, 시장진입 용이성, 잠재 바이어관심도)으로 구분하여 분석하였다. [그림 3]은 리튬황 전지 시장의 주요 요인 분석을 나타낸 것이다.



[그림 3] 리튬황 전지 시장의 주요 요인 분석

[표 2]는 리튬황 전지 시장의 주요 요인별 내용은 나타낸 것이다.

[표 2] 리튬황 전지 시장의 주요 요인별 내용

구분	주요 이슈	시장 동향	시장 기대	기술트렌드
사회적 요구	안전성이 확보된 배터리의 출현	- 라이텐은 2023년부터 파일럿 생산 라인에 가동하기 시작했고 고 원상차 제조업체에 리튬황 전지 샘플을 제공	에너지 밀도 : 400~500 Wh/kg 수준 cycle 횟수 200 회 이상	리튬황 전지의 상용화를 위해 폴리설퍼이드 이동을 방지하는 양극 구조 개선 전해질 개발, 새로운 첨가제 개발 등을 진행
	화재 및 열폭주 문제를 해결하는 차세대 전지 개발	- 리튬황 전지 상용화 시기로서 K-배터리 전략에서는 2025년을 제시	산업용 특화 배터리로서 건설 현장, 재난 현장, 농업용 드론 등에 사용	고내구성, 고에너지 밀도 등 특정 환경에서 사용될 수 있는 조건을 맞춰 설계해야 함
	제조 과정에서 발생할 수 있는 환경적 영향을 최소화	- 리튬황 전지의 세계 시장 규모는 2028년 2억15백만 달러에 이를 것으로 전망	리튬황 전지의 친환경적인 생산을 위한 기술 개발	재생 가능한 재료로서의 황 소재화 기술, 리튬황 전지 재활용 기술, 친환경 유기 전해질의 개발

3. 결론

차세대 전지로 부각되고 있는 리튬황 전지는 전기차, 드론, UAM, 항공 및 우주 산업, 에너지 저장장치 등에 폭넓게 사용될 수 있어 연구 및 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 리튬황 전지의 상용화 목표는 에너지 밀도 400–500 Wh/kg이며, 활성화 물질의 손실, 낮은 충전 효율 및 수명 저하의 원인으로 제시되고 있는 폴리설파이드 이동을 방지하는 연구개발이 진행되고 있다. 리튬황 전지의 사용 확대를 위해서는 높은 에너지 밀도, 낮은 가격 경쟁력도 중요하지만, 소비자가 안심하고 사용할 수 있는 안전성을 보장하는 것도 매우 중요하다. 리튬황 전지의 우수한 기술을 보유하거나 제품을 출시한 기업으로는 미국의 라이텐, 코나믹스, 호주의 Li-S 에너지, 일본의 지에스유아사, 한국의 LG에너지솔루션 등이 있다.

리튬황 전지의 세계 시장 규모는 2023년 3,179만 달러에서 연평균 45.6 %로 성장해 2028년 2억815백만 달러에 이를 것으로 전망된다. 국내 리튬황 전지의 시장 규모가 2023년 160만 달러에서 연평균 46.9 %로 성장해 2028년 1,096만 달러에 도달할 것으로 예상된다. 리튬황 전지의 시장에서 주요 영향력 강도를 사회적 요구, 국가 지원 수준, 기술트렌드 부합성, 시장 확대가능성, 시장진입 용이성, 잠재 바이어 관심도로 구분하여 분석하였을 때 리튬황 전지의 시장 진출 전략, 기술적 차별화 전략, 환경 이슈 대응 전략, R&D 전략을 통해 사업화를 추진할 필요가 있다. 우리 중소기업이 리튬황 전지 시장에 진입하기 위해서는 핵심 소재와 부품을 개발해 전지 산업의 후방 생태계의 위치를 선점하는 것이 필요하며, 생산공정기술 개발, 설비 개량 기술개발에 주력하여 기술력을 확보하는 것이 요구되고 있다.

감사의 글

이 논문은 2025년 한국과학기술정보연구원의 수요대응형 지역 R&D혁신 지원체계 구축(K25L4MIC2-05)과 Lock-in SDM을 활용한 고정밀/고속 이차전지 검사장비(S25SS011-251) 과제로 수행된 결과입니다.

참고문헌

- [1] 이정구, “리튬황 전지”, ASTI Market Insight, KISTI, 2024.
- [2] 김선교, “차세대 이차전지”, KISTEP, 2024.
- [3] 정부부처 관계합동, “2030 이차전지(K-Battery) 발전전략”, 2021.
- [4] MarketsandMarkets, “Lithium–Sulfur Battery Market–Global Forecast to 2028”, 2023.

- [5] Technavio, “Lithium–Sulfur Battery Market, 2023–2027”, 2023.
- [6] MarketsandMarkets, “Lithium–Sulfur Battery Market Size, Share, Industry Report, Revenue Trends and Growth Drivers”, 2023
- [7] CleanTechnica, “Conamix Working To Get Lithium Sulfur Batteries On The Market In the Next 5 Years”, 2023