

2019년 04월 22일

키움증권 리서치센터 | 산업분석

# 차세대 배터리 미래를 담은 기술

이차전지를 장악하면 미래 에너지 흐름을 좌우할 것이다. 리튬이온전지 시대가 도래하면서 한국이 배터리 시장의 중심에 섰다. 하지만 세상은 리튬이온전지보다 에너지밀도와 안전성이 높고, 빠른 충전과 장수명이 가능하며, 가격이 저렴한 전지를 원할 것이다. 5년쯤 후에는 'Post LiB' 시대가 열릴 것이다. 전고체전지가 미래 대세가 될 것이고, 리튬메탈전지, 리튬황전지도 상용화를 시도할 것이다. 기술 주도권 싸움이 치열하게 전개될 것이다. 미래를 저장할 배터리 기술을 살펴보자.

전기전자/가전 Analyst 김지산

02-3787-4862 jisan@kiwoom.com

화학/정유 Analyst 이동욱

02-3787-3688 treestump@kiwoom.com

철강금속/유틸리티 Analyst 이종형

02-3787-5023 leejh@kiwoom.com



## Contents



I. Conventional LiB	3
II. Advanced LiB	9
> 차세대 배터리 개발 방향	9
> 4대 소재 개발 방향	12
III. Post LiB	20
> 미래 대세가 될 전고체전지	20
> 고체 전해질 기술 동향과 과제	25
> 업체별 전고체전지 개발 동향	31
> 리튬황전지	34
> 리튬공기전지	37
> 미래 이차전지 경쟁 구도	40
기업분석	42
> 삼성SDI (006400)	43
> LG화학(051910)	45
> SK이노베이션(096770)	48
> 포스코케미칼 (003670)	51

## Compliance Notice

- 당사는 4월 19일 현재 상기 언급된 종목을 1% 이상 보유하고 있지 않습니다.
- 당사는 동 자료를 기관투자가 또는 제3자에게 사전 제공한 사실이 없습니다.
- 동 자료의 금융투자분석사는 자료작성일 현재 동 자료상에 언급된 기업들의 금융투자상품 및 권리를 보유하고 있지 않습니다.
- 동 자료에 게시된 내용들은 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭 없이 작성되었음을 확인합니다

## 차세대 배터리

차세대 전지 Roadmap으로서 1) 2025년까지 리튬이온 전지가 4대 소재 성능 개량과 함께 진화를 거듭하고, 2) 그 이후로 전고체전지가 차세대 주류적 면모를 갖춰가기 시작하며, 리튬메탈전지, 리튬황전지의 상용화가 시도될 것. 3) 꿈의 전지인 리튬공기전지가 가시적 미래의 마지막 단계일 것.

## &gt;&gt;&gt; Advanced LiB

리튬이온전지의 에너지밀도는 잠재적으로 350Wh/kg, 800Wh/L까지 진화 가능할 듯. 소형 원형전지의 에너지 밀도가 가장 높고, 중대형전지도 원형전지의 소재 기술 따라갈 것.

양극재는 니켈 함량 증대 기술에 초점. 삼원계는 리튬/금속 비율 1이상으로 유지해 고속 충방전 구현하고, 비싼 코발트의 함량 줄이는 방향으로 개발. 2021년까지 NCM523과 NCM622가 주류를 이루고, 그 이후에는 NCM811과 NCA가 급속하게 확산될 전망.

음극재는 흑연계 에너지 용량이 한계치에 도달한 상태에서 실리콘과 흑연 합성물 활용, 다음 단계인 리튬메탈은 덴드라이트 생성이 극복해야 할 과제.

전해액은 고전압과 저온/고온 성능 향상 지향.

분리막은 다층구조 세라믹 코팅 분리막 적용 예상.

## &gt;&gt;&gt; Post LiB

전고체전지가 Mega Trend가 될 것. 전고체전지의 장점은 우수한 안전성, 바이폴라 구조에 기반한 높은 에너지 밀도, 고출력, 넓은 사용 온도, 단순한 전지 구조 등.

하지만 고체 전해질 소재, 활물질-전해질간 계면 저항, 제조 공정 등에 걸쳐 많은 과제 상존. 고체 전해질은 이온전도도가 낮다는 것이 본질적 문제. 고체 전해질 소재 중 황화물계의 전도도와 셀 성능이 우수해 가장 활발한 연구 진행. 고체 전해질은 활물질과 전해질간 접촉 계면 극대화하는 동시에 계면 저항 최소화해야. Toyota 등 일본이 개발 주도. 소재 특허 이슈 중요.

리튬황전지와 리튬공기전지는 각각 중간 생성물인 폴리설파이드와 과산화물 처리가 기술적 난제.

이차전지 경쟁 구도는 향후 2~3년내 과점화가 급속하게 진행되고, 과점 구도 연장선상에서 차세대 배터리가 기술적 차별화 요인으로 작용할 전망.

# I. Conventional LiB

## 현존 가장 우수한 이차전지

리튬이온전지는 현존 이차전지 중 성능이 가장 우수하다는 데 이견이 없다.

리튬은 전자를 잃고 양이온이 되려는 경향이 강하므로 다른 전지에 비해 리튬이온전지의 작동 전압과 에너지 용량이 우수하다.

리튬이온전지는 1991년 Sony가 처음 상용화한 이래 납축전지, 니켈카드뮴전지, 니켈수소전지 등을 대체하며 30년간 이차전지 시장을 이끌어 왔다. 개발 당시 기술로서 양극재는  $\text{LiCoO}_2$ , 음극재는 저온 탄소, 분리막은 이축(Bi-axial)으로 늘린 폴리에틸렌, 전해액은 EC/DEC에 용해된  $\text{LiPF}_6$ 를 채택했으며, 지금과 크게 다르지 않다. 초기 에너지 밀도는  $200\text{Wh/L}$ ,  $80\text{Wh/kg}$  수준이었고, 지금까지 3배 가량 증가했다.

## 원형전지 기술 가장 성숙

소형 원형전지가 가장 성숙한 기술로 Roadmap이 앞서 있고, 전기차 배터리는 성능보다는 원가 절감에 우선 순위를 두고 발전해 왔다. 완성차 업체들이 성능 안정화와 원가를 중시해 양극활물질 등 소재 진화에 보수적인 태도를 취하고 있다.

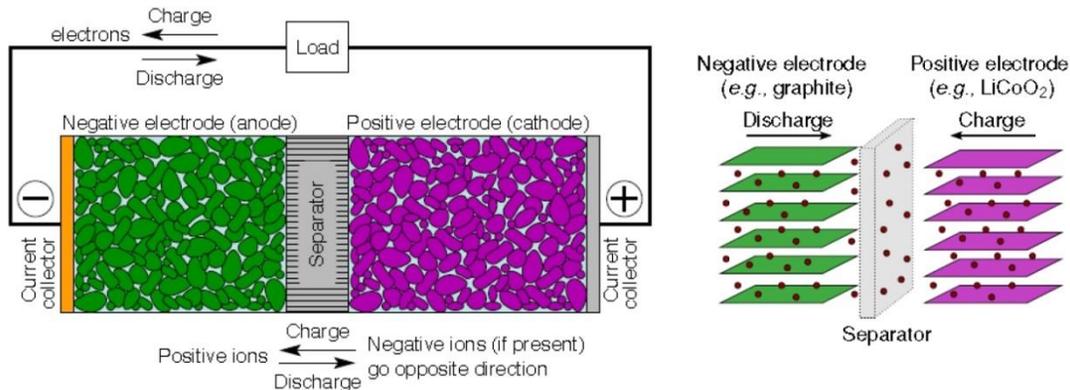
## 구조적 안전성 문제 내재

다만, 리튬이온전지는 구조적으로 발화 및 폭발 위험성을 내재하고 있다.

양극활물질에 산소가 들어 있고, 액체 전해질이 고온에서 연료로 작용해 불이 붙는다. 보다 기술적으로 표현하면, ① 리튬 덴드라이트(Dendrite; 수지상) 생성, 분리막 결함, 과충전, 배터리 셀 충격 등의 이벤트가 발생할 때 큰 전류가 흐르고, ② 이는 분리막 용해, SEI(Solid electrolyte interphase; 고체 전해질 계면막) 분해, 음극 노출 등을 초래하며, 배터리 온도가 더욱 상승해 양극재 분해와 산소 방출로 이어진다. ③ 결국 산소, 열, 연료가 만나 액체 전해질이 연소한다.

현재는 열이 발생하지 않도록 제어하는 것이 최선이며,  $60^\circ\text{C}$  이하에서 사용하도록 권고한다. 전기차 환경에서는 냉각 시스템이 가동된다. 이에 반해 ESS의 내부 작동 온도가 높다 보니 최근 빈번한 화재 사고로 이어지기도 한다. 궁극적으로 고체 전해질로 가야 하는 이유다.

## 리튬이온전지 개요 및 구조



자료: 한국전기연구원

## 리튬이온전지 구성

양극재	양극활물질	LiCoO <sub>2</sub> , LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , Li(Ni <sub>x</sub> Co <sub>y</sub> Mn <sub>2-2x-2y</sub> O <sub>2</sub> ), LiFePO <sub>4</sub>
	도전재	Carbon black, Graphite
	바인더	PVDF(NMP)
	집전체	Al foil
음극재	음극활물질	Graphite
	바인더	PVDF(NMP), SBR/CMC(pure H <sub>2</sub> O)
	집전체	Cu foil
전해액	Li염	LiPF <sub>6</sub> , LiBF <sub>4</sub>
	Solvent	EC/PC, DEC, DMC, EMC(MEC)
	Additives	BP, CHB, VC, FEC
분리막	PP, PE	
케이스	캔	Steel can, Al can (alloy), Al sheet (pouch)
	캡어세이(각형)	Cap plate, 음극핀, Gasket, Terminal plate, Insulator, (vent)
기타	Safety vent, Lead tab(Ni/Al), CID, Center pin, 테이프류	

자료: KETI, 키움증권

## 4대 소재 동향

리튬이온전지의 4대 소재 동향부터 점검해 보자.

리튬이온전지는 양극재 및 음극재와 분리막을 적층하고, 두루마리 형태로 감아서 용기에 삽입한 후 전해액을 주입하고 밀봉하여 제조한다. 양극재와 음극재가 배터리의 성능을 결정하고, 전해액과 분리막은 배터리의 안정성을 좌우한다.

고체 소재를 적층한 두께는 200 $\mu$ m, 즉 0.2mm 이하에 불과하다.

리튬이온전지의 재료비 구성을 보면, 27Ah PHEV 파워차 전지의 경우 양극재가 30%로 가장 많은 비중을 차지하고, 그 뒤로 음극재가 17%, 전해액이 16%, 분리막이 14%로 3개 소재 비중이 비슷하다.

◎ 양극은 리튬이 들어가는 공간이다. 리튬은 원소 상태에서 반응이 불안정하기 때문에 산소와 결합한 리튬산화물의 형태로 양극에 사용되고, 리튬산화물이 전극 반응에 관여하는 양극활물질이다.

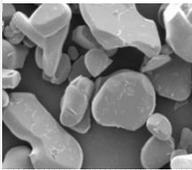
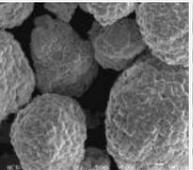
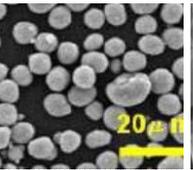
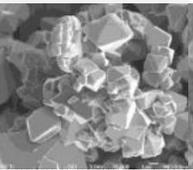
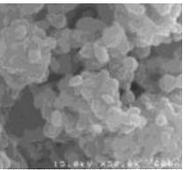
양극재는 집전체인 알루미늄박에 활물질, 도전재, 바인더를 섞은 합제를 코팅한 후, 건조, 압착하여 제작한다. 도전재는 리튬산화물의 전도성을 높이기 위해 첨가하고, 바인더는 활물질과 도전재가 알루미늄박에 정착하도록 도와주는 접착제 역할을 한다.

양극활물질이 배터리의 용량과 전압을 결정한다. 리튬을 많이 포함하면 용량이 커지고, 음극과 양극의 전위차가 크면 전압이 커진다.

양극활물질은 금속염의 구성 성분에 따라 LCO, NCM, NCA, LMO, LFP 등으로 구분한다.

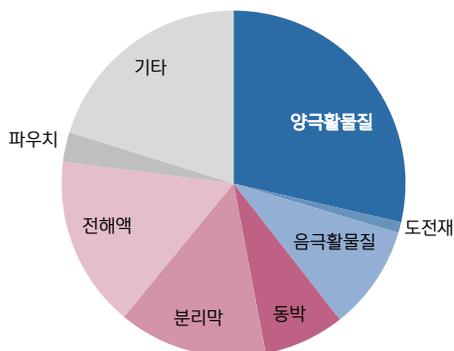
LCO는 에너지 용량과 수명 특성이 양호해 상업화 초기에 많이 쓰였다. LCO 중 고가인 코발트 일부를 니켈, 망간 또는 알루미늄으로 대체한 삼원계가 NCM과 NCA다. LFP는 철이 쓰이기 때문에 원재료가 가장 저렴하고 안전성이 우수하나 순도 및 전기전도도가 낮고, 에너지 용량을 늘리는데 한계가 있어 경쟁력을 잃어가고 있다.

### 리튬이온전지 양극활물질 종류 및 특징

구분	LCO	NCM	NCA	LMO	LFP
분자식	LiCoO <sub>2</sub>	Li[Ni,Co,Mn]O <sub>2</sub>	Li[Ni,Co,Al]O <sub>2</sub>	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	LiFePO <sub>4</sub>
	층상 구조	층상 구조	층상 구조	스피넬 구조	올리빈 구조
구조					
용량(mAh/g)	145	145~175	180	100	150
작동전압	3.7V	3.65V	3.65V	3.7V	3.15V
안전성	높음	다소 높음	낮음	높음	매우 높음
수명	상	중	상	하	상
난이도	쉬움	다소 어려움	어려움	다소 어려움	어려움
제조사	엘앤에프, 코스모신소재 Umicore, Nichia	엘앤에프, 에코프로, 포스코 ESM Umicore, Nichia, BTBM	에코프로 Sumitomo, Toda, Nichia	포스코 ESM Nichia, BYD	한화케미칼 BYD, ShanShan, A123

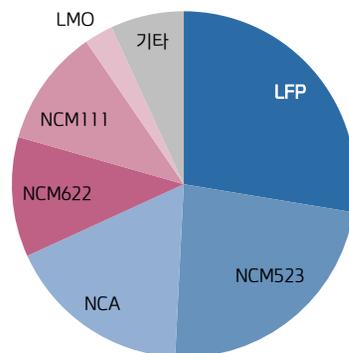
자료: SNE Research, KDB산업은행, 키움증권

### 리튬이온전지 원재료 구성



자료: SNE Research

### 전기차 배터리 양극활물질 점유율(2018)



자료: SNE Research

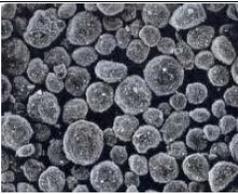
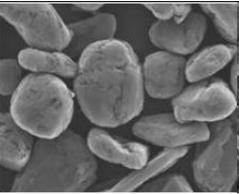
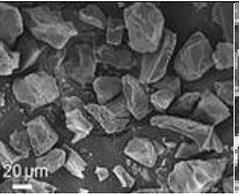
◎ 음극은 양극에서 나온 리튬이온을 저장, 방출함으로써 전기를 발생시키는 역할을 한다. 충전 시 음극이 리튬이온을 저장한다. 방전 시 양극과 음극을 도선으로 이어주면 리튬이온은 전해액을 통해 다시 양극으로 이동하게 되고, 리튬이온과 분리된 전자가 도선을 따라 이동하면서 전기가 발생한다. 음극재는 동박 위에 활물질, 도전재, 바인더가 입혀진다. 음극활물질은 대부분 흑연이 사용되는데, 흑연은 구조적 안정성, 낮은 전자 화학 반응성, 많은 리튬이온 저장 능력, 저렴한 가격 등의 조건을 갖췄다.

음극활물질은 천연흑연, 인조흑연, 금속계, 저결정탄소(소프트카본, 하드카본) 등으로 구분된다.

천연흑연은 원가와 용량에서 강점을 가진다.

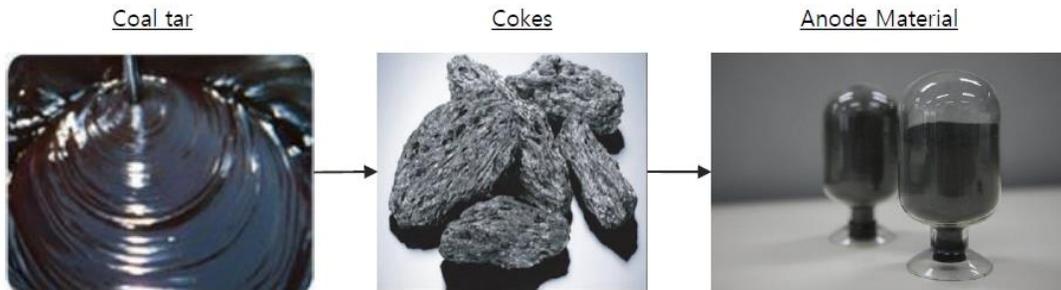
인조흑연은 고열을 가해서 흑연의 고결정 구조를 만들기 때문에 천연흑연보다 조직이 안정적이고, 수명이 2~3배 우수하다. 전기차용으로는 성능 향상이 유리한 인조흑연의 사용이 확대되고 있다.

### 리튬이온전지 음극활물질 종류 및 특징

구분	천연흑연	인조흑연	금속계	저결정탄소
구조				
원료	천연흑연	피치/코크스	SiOx, Si 탄소 복합계	피치/코크스, 열경화성수지
용량(mAh/g)	350~360	320~340	600~1,600	200~250
출력	하	중	중	상
수명	중	상	하	중
장점	고용량	고수명	고용량	고출력
제조사	포스코케미칼, 애경유화 BTR, Shanghai, Shanshan, Hitachi, Mitsubishi	포스코케미칼 Shanshan, Hitachi, Zichen	Shinetsu, OTC, BTR, 3M, Mitsui	Nippon Carbon, Mitsubishi, JFE Chemical

자료: SNE Research, KDB산업은행, 키움증권

### 포스코케미칼 음극재 원료 내재화



자료: 포스코케미칼

◎ 전해액은 양극과 음극 사이에서 리튬이온이 이동할 수 있도록 하는 매개체다.

전지 조립 공정을 거친 후 마지막에 전해액을 주입해 분리막과 전극에 스며들도록 함으로써 리튬이온이 전달되는 통로와 활물질-전해액 계면을 형성한다.

전해액은 리튬이온이 원활하게 이동하도록 이온전도도가 높은 물질을 사용한다.

전해액은 염, 용매, 첨가제로 구성된다. 염은 리튬이온이 지나가는 이동 통로이고, 용매는 염을 용해시키기 위해 사용되는 유기 액체이며, 첨가제는 특정 목적을 위해 소량으로 첨가되는 물질이다.

리튬염은 음이온의 크기가 크고 이온전도도가 우수한 LiPF<sub>6</sub>(육불화인산리튬)를 상업용 전해액의 표준으로 사용하고, LiBF<sub>4</sub>도 많이 쓰인다.

유기용매는 유전율과 점도가 높은 고리형 카보네이트(EC, PC 등)를 기본 용매로 하고, 유전율과 점도가 낮은 사슬형 카보네이트(DMC, DEC, EMC 등)를 보조 용매로 혼합해 제조한다. 기본 용매는 유전율이 높아 리튬염을 녹여 양이온과 음이온을 쉽게 분리시킬 수 있지만, 점도가 높아 전해액 내에서 리튬 양이온의 빠른 이동에 불리하기 때문에 점도가 낮은 보조용매를 첨가한다.

전해액에는 전지의 수명 향상 또는 과충전 시 발화 억제 등을 위해 BP, CHB, VC, FEC 등 다양한 종류의 첨가제를 사용한다.

### 리튬이온전지 리튬염 종류 및 특징

종류	분자량 (MW)	녹는점 (°C)	분해온도 (°C)	이온전도도(mS/cm)	
				In PC	In EC/DMC
LiPF <sub>6</sub>	151.9	200	80	5.8	10.7
LiBF <sub>4</sub>	93.9	293	100	3.4	4.9
LiASF <sub>6</sub>	195.9	340	100	5.7	11.1
LiClO <sub>4</sub>	106.4	236	100	5.6	8.4
LiCF <sub>3</sub> SO <sub>3</sub>	155.9	300	100	1.7	-

자료: 전자부품연구원

◎ 분리막은 양극과 음극이 섞이지 않도록 물리적으로 막아주는 역할을 한다. 내부의 미세한 구멍을 통해 리튬이온만 이동하게 하고, 전자가 전해액으로 직접 흐르지 않도록 한다.

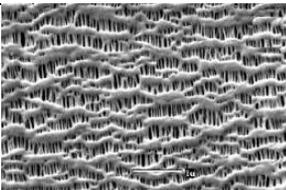
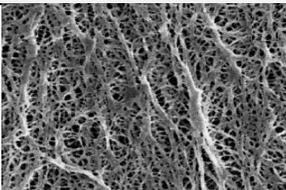
다공성 폴리에틸렌(PE)과 폴리프로필렌(PP)이 상용화돼 있고, 제조공정에 따라 습식과 건식으로 나뉜다. 습식법은 첨가제인 가소제를 추출할 때 발생한 기공을 확장하는 방식으로 강도, 탄성, 두께, 기공균일도 등에서 우수하다. 건식법은 압출 필름을 저온에서 잡아 늘려 결정계면에 미세 균열을 발생시키는 방식이며, 원가 경쟁력이 높다.

전지 업체들이 고속의 자동화 조립 라인을 운영하는 경우 강도가 우수한 습식막이 적합하다.

플리머 전지의 경우 다공성 고분자막 표면에 세라믹 입자층을 코팅한 강화 분리막을 사용하는데, 고온에서도 분리막의 기계적 수축을 방지해 내구성과 내열성을 높여준다.

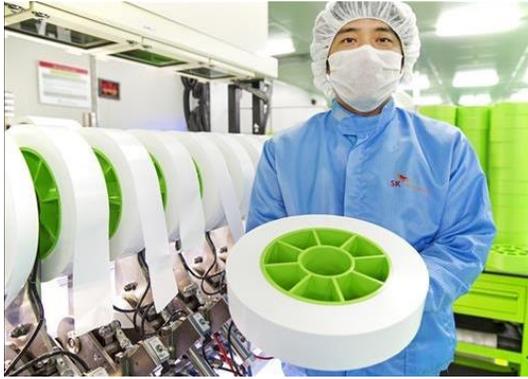
LG화학은 자체 세라믹 강화 분리막 기술을 보유하고 있는데, Toray로부터 외주 생산해 조달하고 있다.

### 리튬이온전지 분리막 종류 및 특징

구분	건식막	습식막
구조		
수지	폴리프로필렌, 폴리에틸렌	폴리에틸렌
두께	10~25μm	10~25μm
연신	일축(Uni-axial)	이축(Bi-axial)
제조사	씨에스텍 Polypore, Ube Industries	SK이노베이션 Asahi Kasei, Toray Tonen, Senior, Sumitomo Chemical

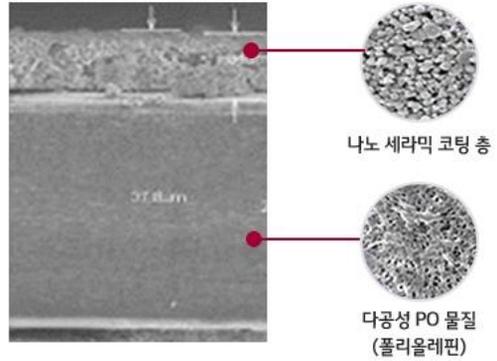
자료: SNE Research, KDB산업은행, 키움증권

SK이노베이션 분리막



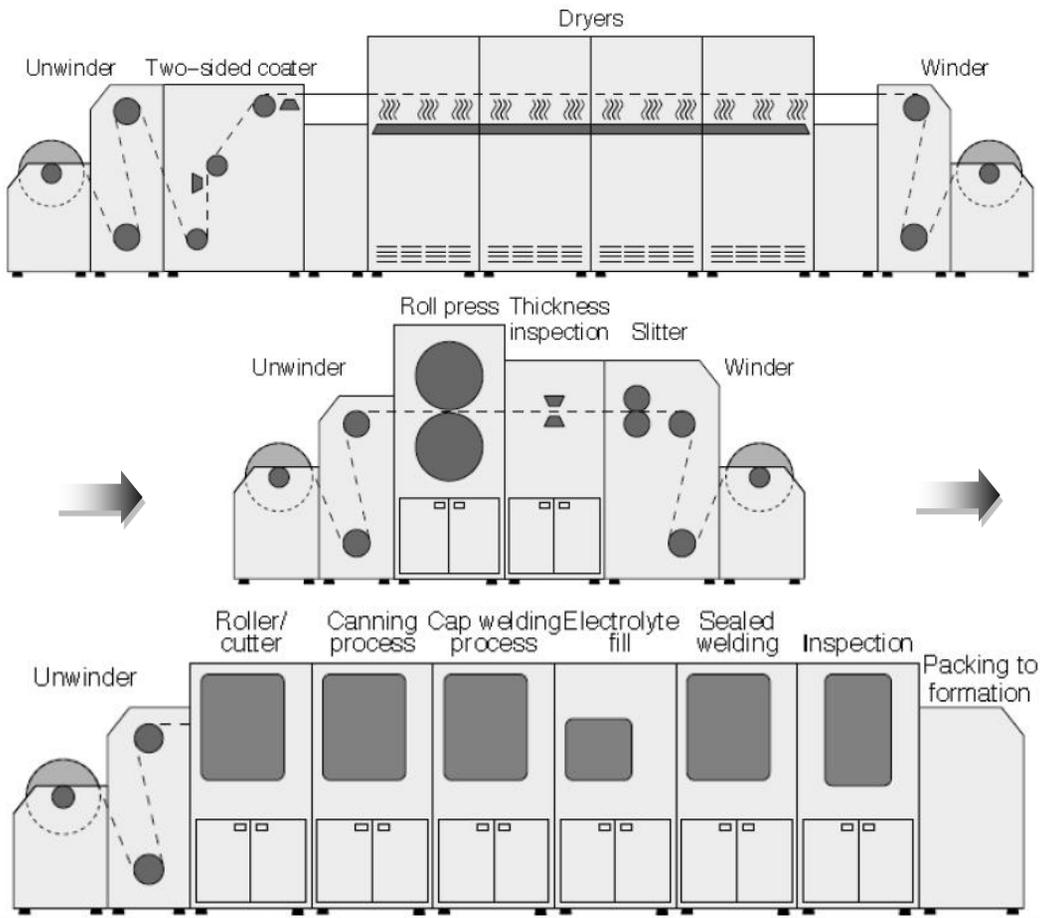
자료: SK이노베이션

LG화학 안전성 강화 분리막



자료: LG화학

리튬이온전지 제조공정



자료: 한국전기연구원

## II. Advanced LiB

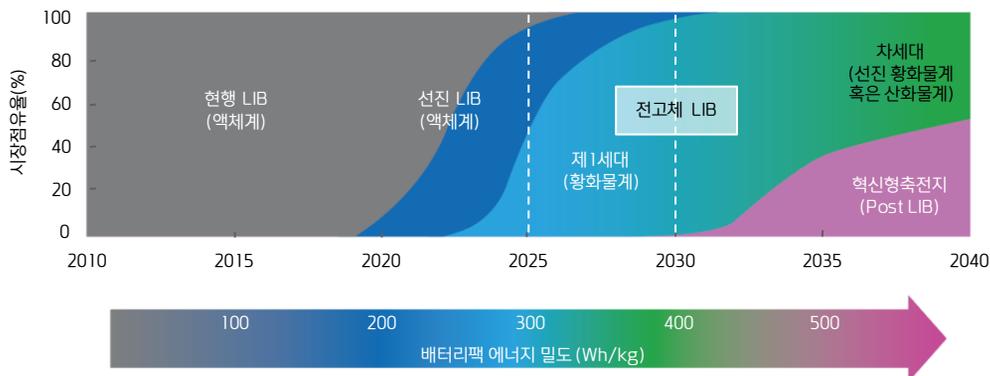
### >>> 차세대 배터리 개발 방향

#### 25년까지 진화된 리튬이온전지 시대 예상

차세대 배터리는 현재 리튬이온전지보다 에너지밀도와 안전성이 높고, 빠른 충전과 장수명이 가능해야 하며, 가격은 저렴해야 한다.

배터리 및 소재 업체들의 기술 동향과 전망을 종합해보면, 차세대 전지 Roadmap으로서 1) 2025년까지 리튬이온전지가 4대 소재 성능 개량과 함께 진화를 거듭하고(Advanced LiB), 2) 그 이후로 전고체 전지가 차세대 주류적 면모를 갖춰가기 시작하며, 리튬메탈전지, 리튬황전지의 상용화가 시도될 것이다(Post LiB), 3) 꿈의 전지라 불리는 리튬공기전지가 가시적 미래의 마지막 단계일 것이다.

#### 전기차 배터리 장기 기술 및 시장 전망



자료: NEDO, KETI

#### High Nickel계 상용화 시도

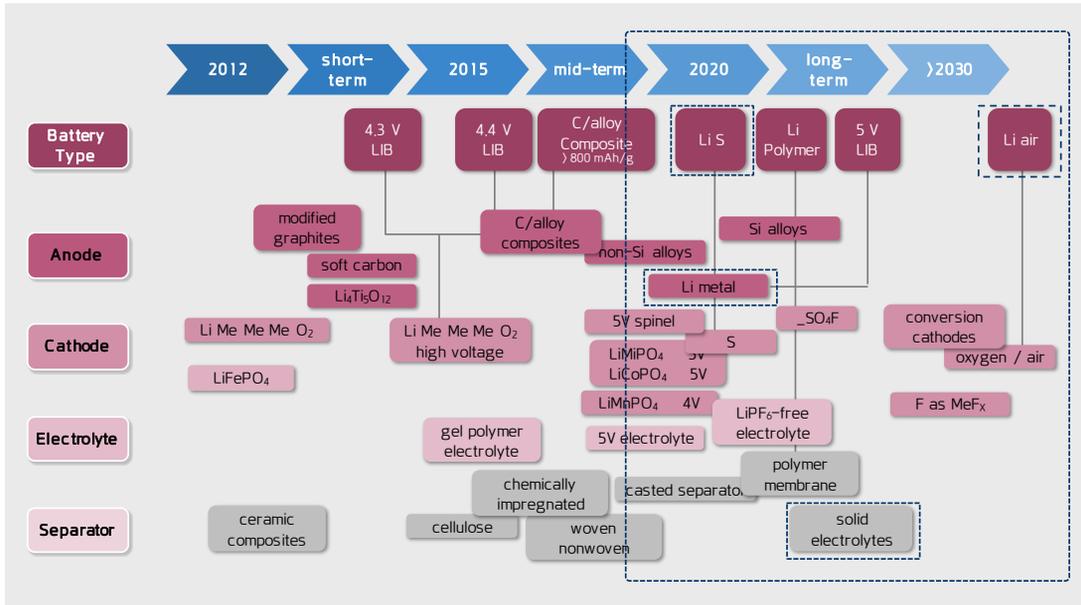
High Nickel계인 NCM811과 NCA 양극재가 상용화되는 시기는 2021년이 될 것이다. 2025년이면 전기차 보조금이 철폐된 환경에서 배터리 업체들간 완전 자율 경쟁이 이루어져 글로벌 경쟁 구도는 5~6개 업체로 집약돼 있을 것이다.

#### LiB의 밀도 한계

현재 리튬이온전지의 에너지밀도는 무게 기준 250Wh/kg, 부피 기준 550Wh/L 수준인데, 잠재적으로 무게 기준 350Wh/kg, 부피 기준 800Wh/L까지 진화할 여지가 있다.

그러면 전기차는 1회 충전으로 500~600km까지 주행할 수 있을 것이다. 서울에서 부산까지 가는데 무리가 없다. 현재 대표 내연기관 차종으로 그랜저가 연료탱크를 가득 채우면 평균 700km를 주행한다.

차세대 이차전지 Roadmap



자료: SNE Research

주요 전지 상업적 유용성 비교

전지	양극재	음극재	분리막	전해질
리튬이온	○	○	○	○
리튬메탈	○	△	○	△
리튬황	X	△	△	△
전고체	○	●	-	△
리튬공기	X	X	X	X

자료: 한국과학기술연구원, 키움증권

LiB의 성능 개선 방향

리튬이온전지의 성능을 개선시키기 위해 고용량 활물질 비율을 높이고, 전해액의 전압을 높이며, 분리막 두께를 줄이는 등의 기술 개발을 지속하고 있다. 안전성을 높이기 위해 첨가제와 소재도 변화하고 있다.

원형전지 소재 기술 가장 앞서

현재 소형 원형전지의 에너지 밀도가 가장 높고, 중대형전지도 원형전지의 소재 기술을 따라갈 것이다. NCA 양극재와 실리콘 혼합 음극재 기반 21700 규격 원형전지의 에너지밀도는 700Wh/L 이상 구현할 수 있다. Tesla Model 3에 장착된 원형전지의 사용가능한 에너지 밀도는 711Wh/L로 산출된다. CATL은 300Wh/kg의 밀도를 달성하기 위해 양극재는 4.2V NCM811 또는 4.4V NCM523을 개발하고, 음극재는 실리콘-흑연 복합 활물질(750Ah/L)을 사용할 계획이다.

일반적으로 리튬이온전지의 용량 감소는 ▷리튬의 손실, 전극간 균형 손실, ▷전극 면적의 손실, ▷전극 재료 및 전도율의 손실로 인해 발생한다.

리튬이온전지의 진화 방향



자료: EMIRI

## >>> 4대 소재 개발 방향

◎ 양극재가 배터리의 성능과 원가에 가장 큰 영향을 미친다.

양극재는 니켈 함량 증대(High Ni, Ni rich) 기술에 초점이 맞춰 지고 있다.

삼원계 중 니켈 함량이 많아지면 에너지 밀도가 높아지는 대신, 니켈의 화학적 활성도가 높아 안전성이 떨어지게 되며, 후발 업체들과 기술력 격차가 유지되는 배경이다. 삼원계는 리튬/금속 비율을 1이 상으로 유지해 고속 충방전을 구현하고, 원가 비중이 가장 큰 코발트의 함량을 줄여 원가 절감을 추구하는 방향으로 개발되고 있다.

SNE Research에 따르면, 지난해 전기차 배터리용 양극활물질 종류별 점유율은 LFP 28%, NCM523 23%, NCA 17%, NCM622 11%, NCM111 11%, LMO 3% 순이었다. LFP, NCM111, LMO의 점유율이 하락한 반면, 고밀도 NCM523과 NCM622의 사용량이 급증했다. NCM523과 NCM622의 사용량이 LFP를 넘어섰다.

2021년까지는 NCM523과 NCM622가 주류를 이루고, 그 이후에는 NCM811과 NCA가 급속하게 확산 될 전망이다.

양극재가 250Wh/kg 이상의 밀도를 구현하기 위해서는 NCM811, NCA, OLO(Over Lithiated Layered Oxide)로 진화해야 한다.

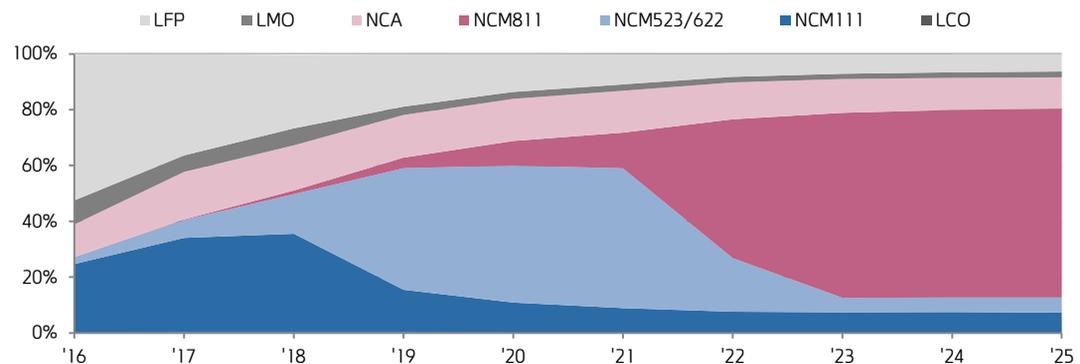
LG화학은 현재 전기차 배터리에 NCM622를 구현하고 있는데, NCM712를 거쳐 2021년쯤 NCM811을 양산하겠다는 계획이다. 동사는 이미 원형전지에서 NCM811 기술을 적용하고 있다.

그 다음은 LCM9½½에 알루미늄을 포함한 NCMA로 나아가고자 한다. NCMA는 니켈 함량을 90%로 높이고, 코발트 함량을 5%로 낮추는 솔루션이다.

LG화학은 4대 소재 중 양극재 내재화에 초점을 맞추고 있고, 현재 내재화율은 25~30% 수준이다. 2020년까지 양극재 생산능력을 3배 이상 늘려 내재화율을 50%까지 확대할 계획이다.

삼성SDI는 NCM811을 거치지 않고 NCA를 자동차전지에 상용화하겠다는 계획이다. NCA는 동사가 특허를 보유하고 있고, 이미 원형전지에 적용하고 있으며, NCA를 양산하고 있는 업체는 삼성SDI와 Panasonic뿐이다. 21700 규격 원형전지는 모두 NCA 기반이다. NCA의 니켈 비중은 80%에서 시작하며 궁극적으로 90%까지 높일 계획이다.

### 전기차 배터리 양극재 비중 전망



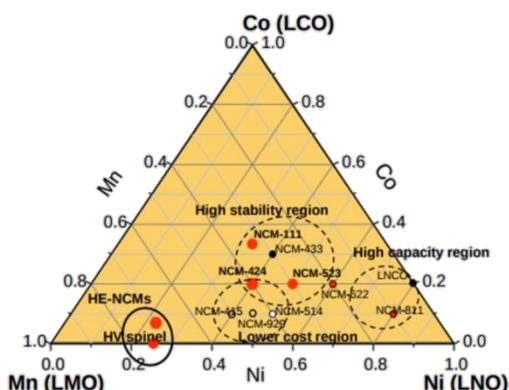
자료: SNE Research

BASF 배터리 양극재 로드맵



자료: BASF

삼원계(NCM) 양극재 성분 구성도



자료: Clean Technica

에코프로비엠 양극재 기술 Roadmap



자료: 에코프로비엠

◎ 음극재는 흑연계 활물질의 에너지 용량이 한계치에 도달한 상태여서 SiO, Si/C, Si-M 합금 등 실리콘과 흑연 합성물을 활용하고자 하고, 다음 단계로서 리튬메탈이 연구되고 있다.

음극활물질의 에너지 용량은 탄소(흑연 포함) < 금속산화물 < 주석 < 실리콘-탄소 합성물 < 리튬메탈 < 실리콘 순으로 높다.

음극재는 이온의 전도를 원활하게 하는 것이 게 목적인데, 이온의 전도도가 높으면 안전성 리스크가 확대된다.

실리콘 포함 음극재는 급속 충전, 장수명 등의 장점을 가지며, 고용량 실리콘-탄소 음극재 개발이 과제다. 현재 실리콘 함성률은 3~5% 수준이다. 실리콘 함성률은 2023년 이후 5% 이상, 2025년 이후 10% 이상으로 고도화될 전망이다.

실리콘은 흑연보다 2~10배 용량을 가지지만, 전기 전도도가 낮고, 리튬이온을 저장하는 과정에서 흑연보다 부피 팽창이 크다는 단점을 가진다. 이러한 구조적 안정성 문제를 보완하기 위해 실리콘과 다양한 소재의 복합화에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. SiO 등 실리콘 계열 음극재가 원형전지에서 사용되고 있으나, 자동차용 각형에는 아직 채택되지 않고 있다.

LG화학은 미국 스타트업인 Enevate에 전략적으로 투자했고, Enevate는 실리콘을 70% 이상 주성분으로 하는 차세대 음극재를 개발하고 있다.

한국전기연구원은 실리콘-그래핀 복합 음극재 제조 기술을 개발했다고 발표했다. 그래핀은 2차원 탄소 나노 소재로서 전도성이 우수하고, 전기화학적으로 안정돼 실리콘을 전해질로부터 보호할 수 있으며, 그래핀 코팅층은 우수한 기계적 강도를 지닌 그물망 구조이기 때문에 실리콘의 부피 팽창에 따른 성능 감소를 억제할 수 있다.

리튬이온전지 음극재 시장 전망



자료: SNE Research

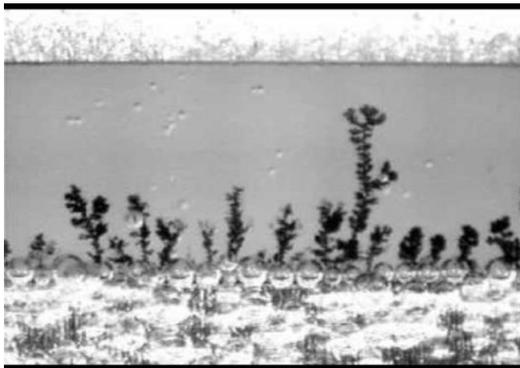
실리콘 합성 다음 단계 음극재는 리튬메탈로 진화하고, 리튬메탈전지의 형태가 된다.

흑연 대신 금속을 음극으로 사용하면 이론적 용량이 질량 기준 10배, 부피 기준 3배 이상 늘어나 배터리 효율을 획기적으로 높일 수 있다. 리튬메탈은 가장 높은 셀 전압을 보유하는 장점도 가진다.

하지만, 금속 음극체가 리튬 반응성이 좋다 보니 충·방전을 반복하는 과정에서 음극 표면에 리튬이 적체돼 나뭇가지 모양의 덴드라이트(수지상)가 생성되는 점이 극복해야 할 과제다. 덴드라이트가 분리막을 훼손해 발화가 일어날 수 있고, 리튬 소모 및 전해액 고갈 등의 이유로 수명이 저하되는 문제점이 있다.

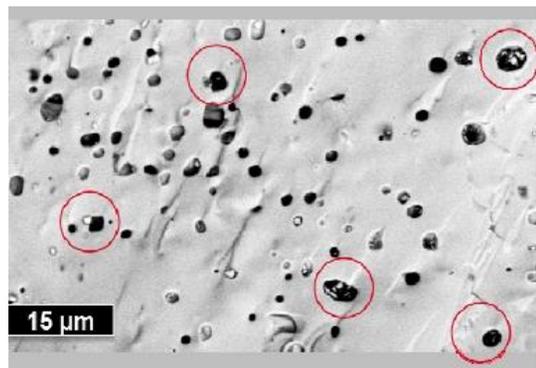
이를 해결하기 위해 리튬메탈 표면에 무/유기물 복합층을 코팅해 물리적으로 덴드라이트를 억제하거나 고분자 접착제를 박막으로 코팅해 분리막과 리튬메탈을 일체화하는 등의 연구가 진행되고 있다.

리튬 덴드라이트(확대 사진)



자료: 한국전기연구원

리튬 덴드라이트 생성 모습



자료: CEA

앞서 언급한대로 리튬산화물의 전도성을 높이기 위해 도전재를 사용하는데, 기존의 그래파이트, 카본블랙(미세한 탄소분말)에 이어 탄소나노튜브(CNT), 그래핀 소재 등을 적용하고자 하는 시도가 활발하다. 도전재는 분순물 함량, 입자 크기, 도전성 면에서 요구 사양이 상향되고 있다. 도전성이 높으면, 도전재를 줄인 양만큼 활물질을 추가로 투입할 수 있어 에너지 밀도가 개선된다.

CNT를 혼합해 도전재 사용량을 최적화하고 출력을 높이고자 하며, 도전성과 불순물 함량을 개선시킨 카본블랙 제품도 지속적으로 개발되고 있다. 전기차 환경에서는 저온 및 고온 출력 요건을 맞추기 위해 CNT 등을 적용하고자 한다. BYD를 필두로 중국 배터리 업체들이 CNT 채용에 적극적이다.

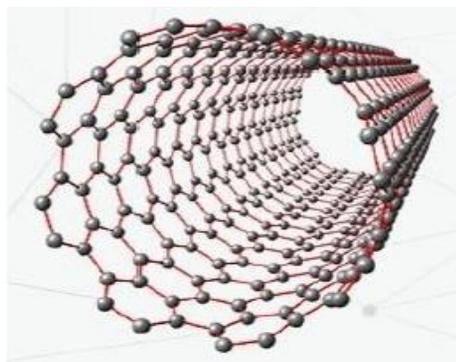
삼성SDI는 그래핀 소재 적용을 위한 연구를 진행하고 있다. 삼성전자, 서울대와 함께 저렴한 실리카(SiO<sub>2</sub>)를 이용해 '그래핀 볼'을 합성하는 기술을 공동 개발했다. '그래핀 볼'을 양극 보호막과 음극 소재로 활용하니 충전 용량이 45% 가량 늘었다고 밝혔다.

그래핀-실리콘 복합 음극재



자료: 한국전기연구원

탄소나노튜브(CNT) 구조



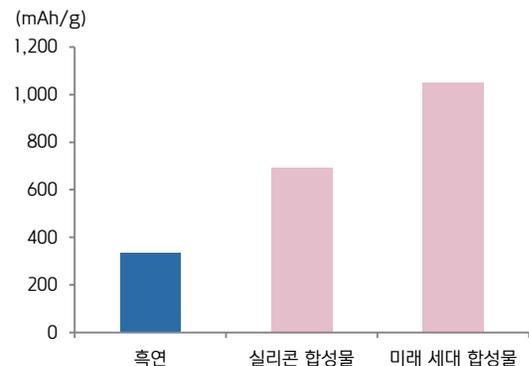
자료: LG화학

음극 집전체로 쓰이는 동박은 박막, 광폭 사양이 요구된다.

동박이 얇아지면, 활물질의 적재 공간이 확장돼 에너지 밀도를 높일 수 있고, 배터리가 가벼워져 전기차 성능이 향상된다. 또한 고강도, 고연신율 등 물성 향상 제품의 채용이 증가하고 있고, 이는 활물질 집전량 확대, 프레스 공정 시 전극 손실을 개선 등으로 반영된다.

프리미엄 전지 동박의 구체적인 사양으로 두께는 10 $\mu$ m 이하, 폭은 1,200~1,300mm 광폭, 강도는 40~48kg/mm<sup>2</sup>, 연신율은 5~12% 등이 요구된다.

음극재 에너지 밀도 변화



자료: Umicore

프리미엄 전지 동박 사양

항목	사양	단위
두께	6/8/10	$\mu$ m
폭	500~700(소폭), 1,200~1,300(광폭)	mm
강도	40~48	kg/mm <sup>2</sup>
연신율	5~12	%
Burr	<17	$\mu$ m
순도	>99.9	%

자료: SNE Research

◎ 전해액은 특히 고전압과 저온/고온 성능이 향상돼야 한다.

전해액은 이온전도도/용해도/해리도, 전기화학적 안정성, 전지 부품의 내식성, 고온 안정성, 비독성 등의 특성이 요구된다. 4대 소재 중 기술적 난이도가 낮은 편이다.

고전압 양극재가 개발됨에 따라 고전압에서도 안정성이 우수한 전해질 개발이 필요하다.

4.6V 고전압 전해액을 구현하기 위한 과제로서 ▷불소화 에스테르와 불소화 탄산염을 공동 용매로 사용, ▷새로운 SEI 촉진 및 열안정을 위한 첨가제 사용, ▷LiPF<sub>6</sub>와 LiBOB의 혼합물, ▷PF<sub>6</sub> 대체용 비불소화 음이온, ▷난연 첨가제 등에 대한 연구가 진행되고 있다.

궁극적 지향점은 고체 전해질이다. 전고체 전지는 뒤에서 상세하게 서술하기로 한다.

액체 전해질과 고체 전해질의 중간 단계 성격으로 겔(Gel) 폴리머 전해질이 있고, 파우치형 폴리머전지에서 널리 쓰이고 있다. 예컨대 EC/DEC에 용해된 LiPF<sub>6</sub> 전해액을 PVdF-HFP 고분자 합체에 함침시켜 겔화시키는 공정으로 제조한다. 겔 폴리머 전해질의 이온전도도는 10<sup>-3</sup>S/cm 이상으로 액체 유기 전해질만큼은 아니지만 비교적 양호하고, 저온 특성과 고온 안정성도 우수하다. 다만, 기계적 강도가 낮고, 전해질 용량의 한계로 인해 성능이 저하되는 단점을 가진다.

### 전해질 종류 및 특성

	액체 전해질		겔 폴리머 전해질	고체 전해질	
	유기 전해질	이온성 액체		폴리머 전해질	무기 전해질
<b>구성</b>	유기용매 + 리튬염	이온성 액체 + 리튬염	폴리머 + 유기용매 + 리튬염	폴리머(가교제 + 가소제) + 리튬염	산화계 황화계
<b>이온전도도</b>	~10 <sup>-2</sup> (S/cm)	~10 <sup>-3</sup> (S/cm)	~10 <sup>-3</sup> (S/cm)	~10 <sup>-5</sup> (S/cm)	~10 <sup>-3</sup> (S/cm)
<b>저온 특성</b>	좋음	좋음	좋음	나쁨	좋음
<b>고온 안정성</b>	나쁨	아주 좋음	좋음	아주 좋음	아주 좋음
<b>예</b>	LiPF <sub>6</sub> in EC/DEC	LiTFSI in EMITFSI	LiPF <sub>6</sub> + PVdF-HFP + EC/DEC	LiTFSI + PEGDME + BPA	Li <sub>1-x</sub> Al <sub>x</sub> Ge <sub>2-x</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> Li <sub>2</sub> S-P <sub>2</sub> S <sub>5</sub>

자료: 한국화학연구원

◎ 분리막은 다층구조 세라믹 코팅 분리막이 적용될 것이다.

박막화, 고투과, 고강도, 고내열성 등의 방향으로 개발되고 있고, 전극과 접착성이 요구된다. 새로운 폴리머 소재를 사용해 특성을 개선하고자 하는 시도가 지속되고 있다. 두께는 현재 11μm 수준인데, 9μm 이하까지 줄이고자 한다.

세라믹 코팅은 안전성과 내열성을 높이고, 기공이 막히거나 출력이 저하되는 단점을 최소화해 준다.

원가 이슈로 인해 세라믹 코팅 분리막 적용을 미루고 있는 전기차용 각형 전지는 2021년경부터 세라믹 코팅 소재를 적용할 것으로 예상된다.

2023년경에는 물 기반 세라믹 코팅 기술이 시도될 수 있다.

SK이노베이션은 리튬메탈 음극재 상용화 시기를 대비해 덴드라이트가 분리막을 통과하지 못하도록 억제하는 전도성 유리 분리막 개발에 초점을 맞추고 있다.

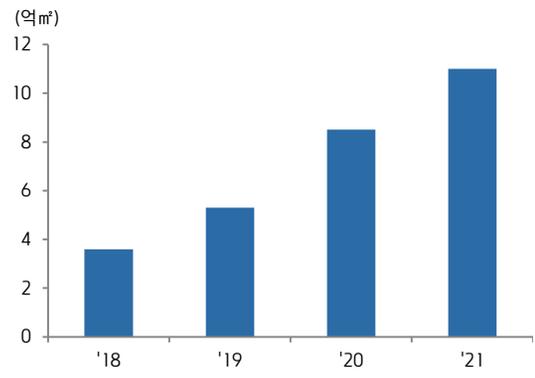
전고체전지 시대에는 분리막이 사라진다.

### SK이노베이션 세라믹 양면 코팅 분리막



자료: SK이노베이션

### SK이노베이션 분리막 생산능력



자료: SK이노베이션

### 고전압 구현 기술

배터리의 에너지는 전압과 용량을 곱해 구해진다.

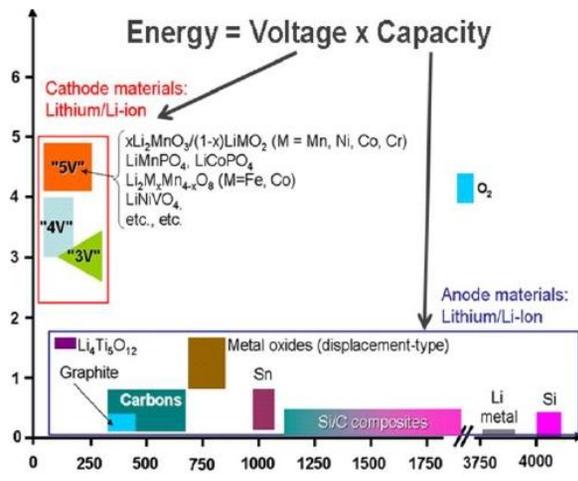
전압은 댐에 비유된다. 댐이 높아야 저장할 수 있는 물의 양이 많아지는 것처럼, 전압이 높으면 에너지 밀도를 향상시킬 수 있다.

현재 리튬이온전지는 3.8V 전압에서 구동한다. 진화한 리튬이온전지는 3.8~5.0V를 목표로 한다.

LG화학은 NCM 배터리 사용 전압을 4.35V까지 높여 에너지 밀도를 LCO 배터리와 근접한 수준으로 구현했다고 발표한 바 있다.

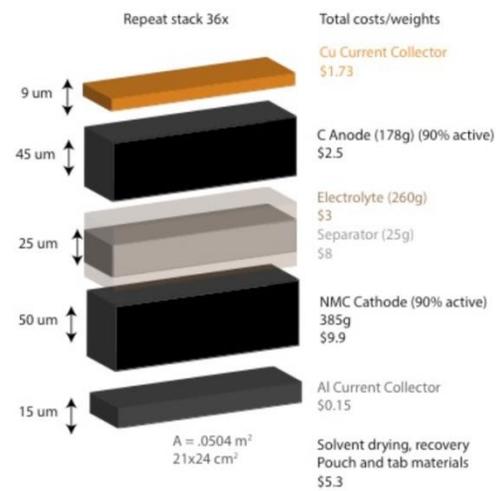
향후 5V 리튬이온전지를 구현하려면, 4대 소재는 5V 고전압 스피넬 또는 인산염 양극활물질 ( $x\text{Li}_2\text{MnO}_3/(1-x)\text{LiMO}_2$  (M=Mn, Ni, Co, Cr),  $\text{LiMnPO}_4$ ,  $\text{LiCoPO}_4$  등), 실리콘 합금 복합 음극재, 5V 리튬염과 첨가제, 고분자막과 PVDF 세라믹 코팅 분리막이 갖춰져야 한다.

### 5V 리튬이온전지 구현을 위한 양극 및 음극활물질



자료: EMIRI

### 리튬이온전지 소재별 두께 및 원가(52Ah 파우치)



자료: Andrew Ulverstad

### 삼성SDI 전기차 배터리 진화 과정

삼성SDI를 기준으로 전기차 배터리의 진화 과정을 살펴 보면,  
 1세대 배터리는 60Ah 용량으로 2014년부터 본격적으로 공급했다.  
 2세대 배터리는 94Ah 용량으로 2016년 하반기부터 공급했다.  
 3세대 배터리는 120Ah 용량으로 2018년 하반기부터 공급했다.  
 2~3년마다 차기 배터리가 개발, 양산되고 있다. 배터리 크기는 동일한데, 에너지 밀도 향상을 통해 용량을 늘리고 있는 점이 특징적이다.  
 삼성SDI의 세대별 배터리를 탑재한 BMW i3의 배터리 용량은 1세대 22kWh, 2세대 33kWh, 3세대 42.2kWh로 확대됐다.  
 4세대 배터리는 High Nickel계인 NCA 양극재를 채택할 것으로 예상되며, 2022년경 양산을 시작할 것이다.

BMW 3세대 i3



자료: BMW

BMW i3 내부 구조



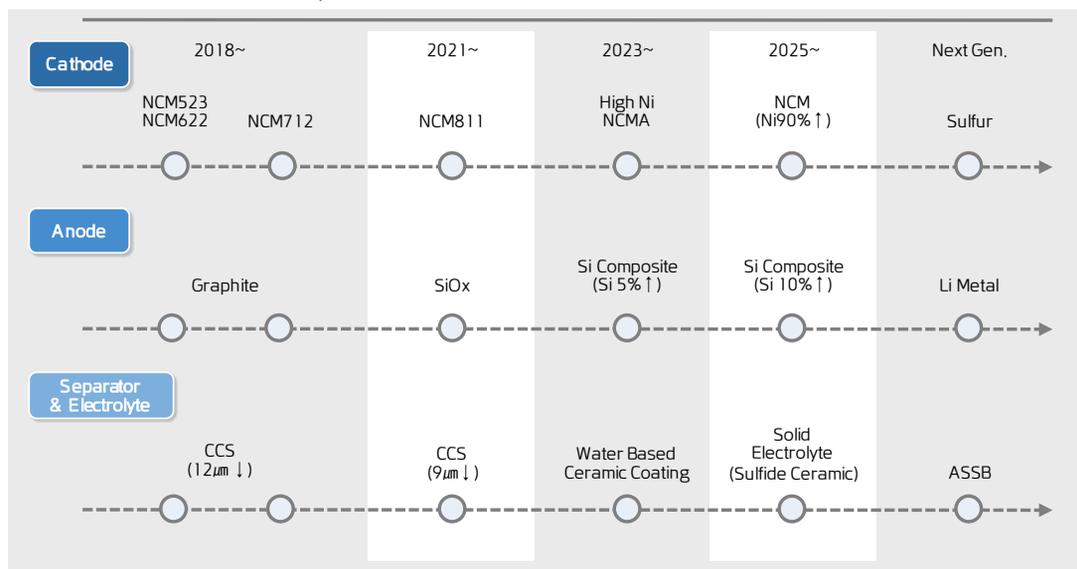
자료: BMW

### 글로벌 배터리 업체 핵심 소재 Supply Chain

배터리 업체	양극활물질	음극활물질	분리막	전해액	동박
삼성 SDI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umicore</li> <li>에코프로</li> <li>엘앤에프</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mitsubishi Chem</li> <li>BTR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asahi Kasei</li> <li>Toray</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Central Glass</li> <li>Mitsubishi Chem</li> <li>Panax E-tec</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>일진머티리얼즈</li> <li>CCP</li> </ul>
LG 화학	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umicore</li> <li>Nichia</li> <li>엘앤에프</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mitsubishi Chem</li> <li>포스코케미칼</li> <li>BTR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toray</li> <li>Senior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>엔켐</li> <li>Guotai Huarong</li> <li>Ube</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>KCFT</li> <li>일진머티리얼즈</li> <li>Wason</li> </ul>
Panasonic	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sumitomo Metal Mining</li> <li>Nichia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hitachi hemical</li> <li>JFE</li> <li>Mitsubishi Chem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sumitomo Chemical</li> <li>Ube</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mitsubishi Chem</li> <li>Ube</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nippon Denkai</li> <li>Furukawa</li> <li>KCFT</li> </ul>
CATL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulead</li> <li>ShanShan</li> <li>XTC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Shanshan</li> <li>BTR</li> <li>Putailai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SEMcorp</li> <li>Changzhou Mingzhu</li> <li>Jieli</li> <li>Senior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guotai Huarong</li> <li>Tinci-Kaixin</li> <li>Capchem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wason</li> <li>Nuode</li> <li>CCP</li> </ul>

자료: SNE Research, 키움증권

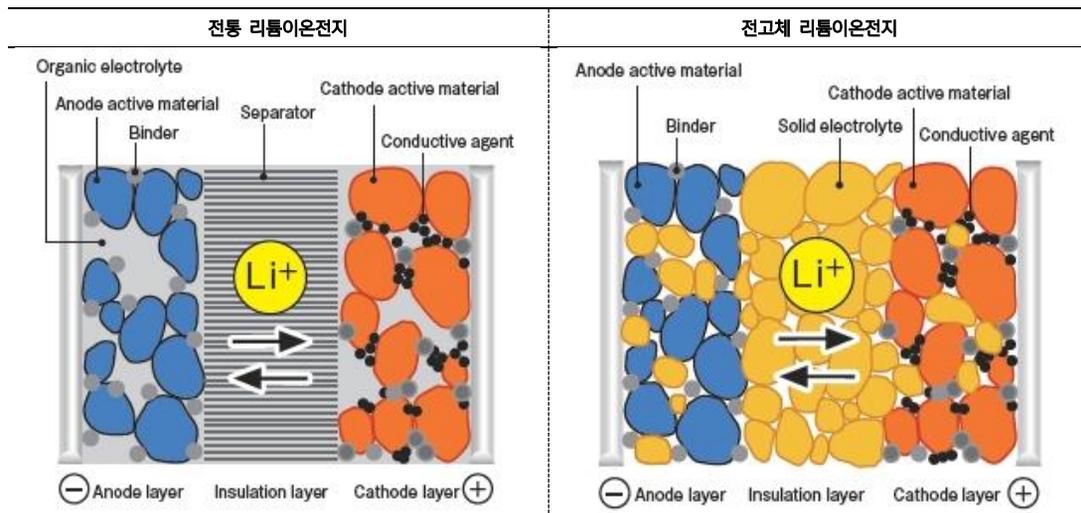
### 전기차 배터리 소재별 Roadmap



자료: SNE Research



전통 리튬이온전지와 전고체 리튬이온전지 개념도 비교



자료: NEDO

전고체전지 장점

전고체전지의 이론적 장점으로서,

첫째, 폭발 및 발화 특성이 없어 안전성이 우수하다.

고체 전해질은 온도 변화에 따른 증발이나 외부 충격에 따른 누액 위험이 없다. 부피 팽창(Swelling)이 발생하지 않고, 열과 압력 등 극한 외부 조건에서도 정상 작동할 수 있다.

둘째, 높은 에너지 밀도를 구현할 수 있다.

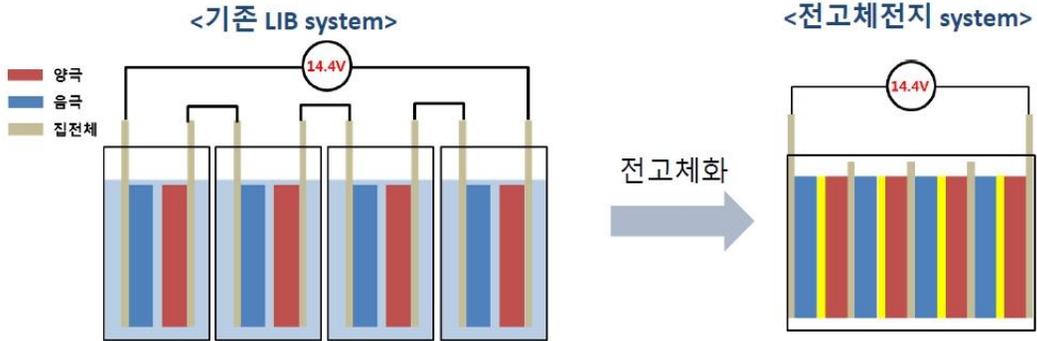
이는 적층 가능한 바이폴라(Bipolar) 구조의 장점이다. 다음 그림에서 보듯이 유기 전해액을 고체 전해질로 대체하면 집전체 양면에 음극과 양극이 결합된 바이폴라 전극을 제조할 수 있다. 바이폴라 전극의 적용으로 단전지에서 10V 이상의 고전압이 실현할 수 있다. 예컨대 리튬이온전지에서 14.4V를 구현하려면 3.6V 전지 4개를 배치해야 하는데, 전고체전지는 단전지로 가능하다.

단전지화의 효과로 분리막, 집전체, 셀외장재(파우치) 등이 감소해 셀 부피가 줄어들고, BMS를 최소화하기 때문에 부피당 에너지 밀도를 높일 수 있다.

또한 전고체전지의 안전성 장점으로 인해 배터리 팩에 냉각 및 안전 관련 부자재가 축소돼 팩의 에너지 밀도가 향상된다.

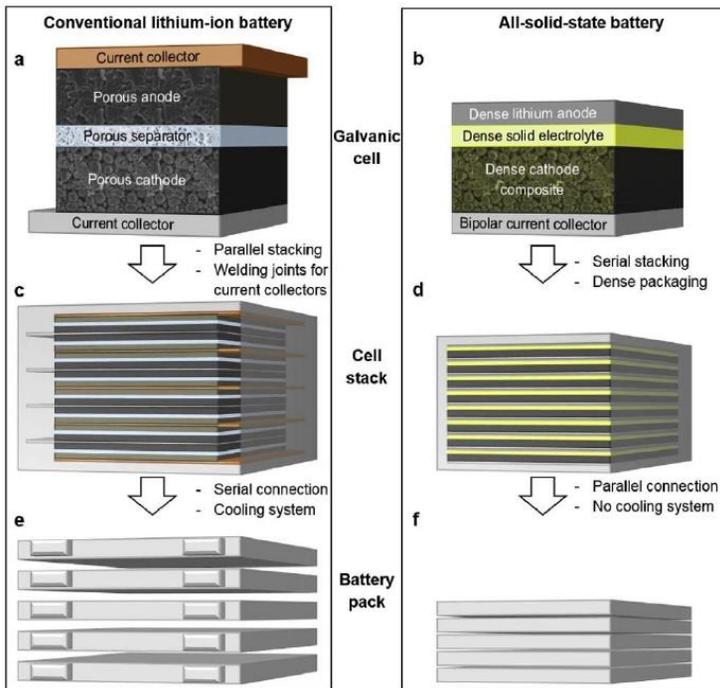
고전압, 고용량 신규 양/음극 소재 적용이 용이하다. 상용 유기 전해액에서는 채택하기 어려운 4.5V 이상 양극재를 적용할 수도 있다. 리튬메탈 음극재를 적용해 전고체 리튬메탈전지로 진화하면 400Wh/kg 이상, 1,200Wh/L 이상의 에너지 밀도를 구현할 수 있다.

전고체전지 바이폴라 전극



자료: 전자부품연구원

전고체전지와 리튬이온전지 셀 및 팩 구조 비교



자료: 전자부품연구원

전고체전지는 바이폴라 구조와 적층이 가능해 셀과 팩 부피 축소 면에서 강점

셋째, 고출력이 가능하다.

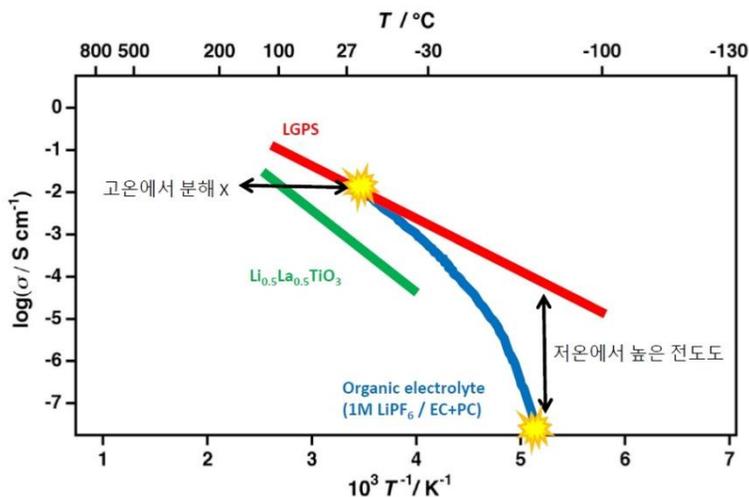
액체 전해질과 달리 리튬이온이 용매와 분리되는 탈용매 반응이 불필요하다. 총방전 반응이 곧 고체 내 리튬이온의 확산 반응으로 반영돼 높은 출력이 기대된다.

넷째, 사용 온도가 넓다.

기존 유기 전해액에 비해 넓은 온도 영역에서 안정적인 성능을 확보할 수 있다. 특히 저온에서 높은 이온전도도가 기대된다.

전기차 사용자의 가장 큰 애로사항이 겨울철에 배터리 성능이 저하돼 주행거리가 줄어드는 것이다. Tesla Model X를 충전 50% 상태에서 추운 밤에 세워두면 다음날 아침 충전율이 30%로 내려간다. 전고체전지 시대가 오면 저온 환경의 불안 요인이 해소될 것이다.

전고체전지의 장점: 넓은 사용 온도



자료: 전자부품연구원

**!**  
전고체전지는  
유기 전해액 대비  
저온에서 높은 이온전  
도도 가능

다섯째, 전지 구조가 단순하다.

분리막이 필요 없다. 제조 공정 상에서 슬러리 상태의 고체 전해질을 양극활물질에 코팅한다. 액체 전해질의 주액 공정 없이 연속 공정을 통해 다양한 형태의 다층 구조 셀을 구현할 수 있다.

많은 논란과 과제 상존

하지만 지금까지 거론한 장점은 이론이자 잠재적 기대치일 뿐이다.

현실은 고체 전해질 소재, 활물질-전해질 경계의 높은 저항(계면 저항), 제조 공정 등에 걸쳐 많은 논란과 과제를 안고 있다.

소재는 아직 기대 성능에 미치지 못하고, 특히 이슈가 많다. 셀 제조 과정에서 엄청난 압력과 온도를 필요로 하는데 양산 설비를 구축하기 어렵다. 고체다 보니 이질적인 파우더끼리 계면 저항, 전극과 전해질의 계면 저항을 피할 수 없다.

고체 전해질은 액체 전해질에 비해 이온전도도가 낮다는 것이 본질적 문제다. 기존 리튬이온전지처럼 전극 제조 시 슬러리로 코팅하면 용량이나 율특성이 현저하게 저하된다.

현재는 안전성 이외에 LiB 대비 열등

현재로서는 안전성 이외에는 리튬이온전지에 비해 열등하며, 지속적인 개발이 필요하다.

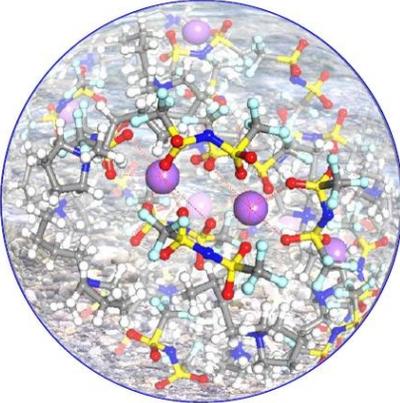
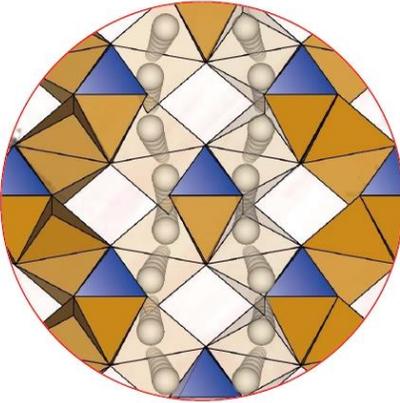
고속 충전과 관련해서는 고체 전해질의 이온전도도가 개선되지 않고서는 곤란하다.

장수명과 관련해서는 일부 소재(LIPON)가 2,000사이클 이상 가능하다는 발표가 있었지만, 에너지 밀도가 커지면 결과는 달라질 수 있다.

원가 측면에서는 고체 전해질이 액체 전해질과 분리막을 더한 것보다 원가가 낮아야 하는데 소재 특성상 당분간 어렵다. 또한 음극재까지 리튬메탈로 변경하면 새로운 생산 설비가 필요하기 때문에 제조원가가 높을 수밖에 없다.

안전성 면에서는 당연히 고체 전해질이 우월하지만, 이온의 이동이 국소화할 경우 위험이 가중될 수도 있다.

액체 전해질과 고체 전해질 비교

액체 전해질	고체 전해질
<p>이온이 유체에서 자유롭게 이동</p> 	<p>이온이 고체 격자에서 이동</p> 

자료: 한국과학기술연구원

## >>> 고체 전해질 기술 동향과 과제

고체 전해질의 기술 동향과 과제를 살펴보도록 하자.

소재 연구가 가장 우선이다.

고체 전해질은 전가화학적 안정성, 열 안정성, 전기 절연성이 요구되며, 유기 액체 전해질 수준의 높은 이온전도도( $10^{-2}$ S/cm)를 갖춰야 한다.

### 황화물 vs. 산화물 vs. 폴리머

고체 전해질은 황화물계, 산화물계, 폴리머로 나뉜다.

이 가운데 황화물계 전해질의 전도도와 셀 성능이 우수한 것으로 평가되고, 가장 활발한 연구가 진행되고 있다.

◎ 황화물계는 리튬이온전도도가  $10^{-2}$ ~ $10^{-3}$ S/cm 수준으로 높고, 전극과 전해질간 접촉 계면을 형성하기가 용이하다. 기계적 강도와 기계적 유연성이 좋은 편이다.

반면에 단점으로서 수분 반응성이 높기 때문에 공기 중 안전성이 취약하다. 대기 중에서 불안하면 대량 양산이 어렵고, 셀 제조 공정에서 실내 습도 제어가 매우 중요해진다.

또한 공간전하층<sup>1</sup>이 형성돼 양극과 전해질의 계면에 높은 저항층이 발생한다. 쉽게 말해 기존 양극과 잘 맞지 않아 별도의 처리가 필요하다.

◎ 산화물계는 공기 중 안전성이 우수하고, 리튬이온전도도가  $10^{-3}$ ~ $10^{-4}$ S/cm 수준으로 황화물계보다는 낮지만 비교적 높은 편이다. 전기화학적 안정성과 기계적 강도가 우수하고, 산화 전압이 높다.

반면에 단점으로서 고체 전해질의 입계 저항이 크고, 전극과 전해질간 접촉 계면 형성이 어려우며, 1,000°C 이상의 고온 열처리 공정이 필요하고, 셀을 대형화하기 어렵다.

◎ 폴리머는 기존 리튬 폴리머 기술과 유사해 활용성이 높다. 전극 계면 형성이 용이하고, 기존 공정과 크게 다르지 않기 때문에 Roll-to-Roll 공정을 적용할 수 있으며, 제조원가도 강점이다. 덴드라이트 생성을 최소화해 리튬메탈과 반응이 안정적이고, Flexible Form Factor를 구현하기에 적합하다.

반면에 리튬이온전도도가 낮고, 고온 환경에서만 사용할 수 있다는 결정적 단점을 안고 있다. 예컨대 폴리머 고체 전해질은 Poly Ethylene Oxide(PEO)를 기본 물질로 사용하는데, 65~78°C일 때  $10^{-4}$ S/cm의 전도도를 확보한다.

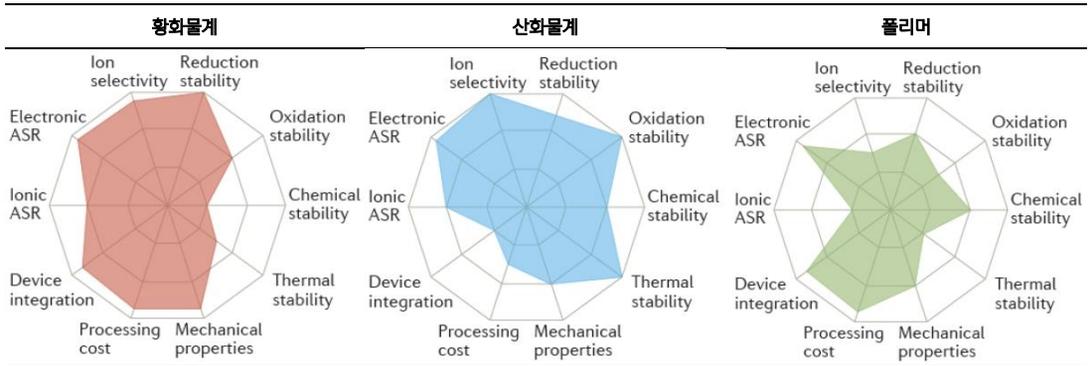
### 고체 전해질의 종류별 장단점

		장점	단점
무기 고체 전해질	황화물계 재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>높은 리튬이온전도도(<math>10^{-2}</math>~<math>10^{-3}</math>S/cm)</li> <li>전극/전해질간 접촉 계면 형성 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공기 중 안전성 취약(수분 반응성 높음)</li> <li>공간전하층 형성에 따른 전극 전해질 계면에서의 고저항층 발생</li> </ul>
	산화물계 재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>공기 중 안전성 우수</li> <li>비교적 높은 리튬이온전도도(<math>10^{-3}</math>~<math>10^{-4}</math>S/cm)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고체 전해질 입계 저항이 큼(<math>10^{-4}</math>~<math>10^{-5}</math>S/cm)</li> <li>전극/전해질간 접촉 계면 형성 곤란</li> <li>1,000°C 이상의 높은 소결 온도</li> <li>대면적 셀 구동 곤란</li> </ul>
유기 고체 전해질	드라이 폴리머	<ul style="list-style-type: none"> <li>전극 계면과 밀착성 우수</li> <li>Roll-to-Roll 공정 적용 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>낮은 리튬이온전도도</li> <li>고온 환경에서만 사용 가능</li> </ul>
	겔 폴리머	<ul style="list-style-type: none"> <li>전극 계면과 밀착성 우수</li> <li>리튬이온전도도 양호</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>낮은 기계적 강도로 단락 우려</li> </ul>

자료: 전자부품 연구원

<sup>1</sup> Space Charge Layer: 전자 또는 이온의 이동으로 전하가 박층상으로 분포하는 영역

고체 전해질 특성 비교



자료: Nature Rev. Mater

3가지 전해질 모두 부족

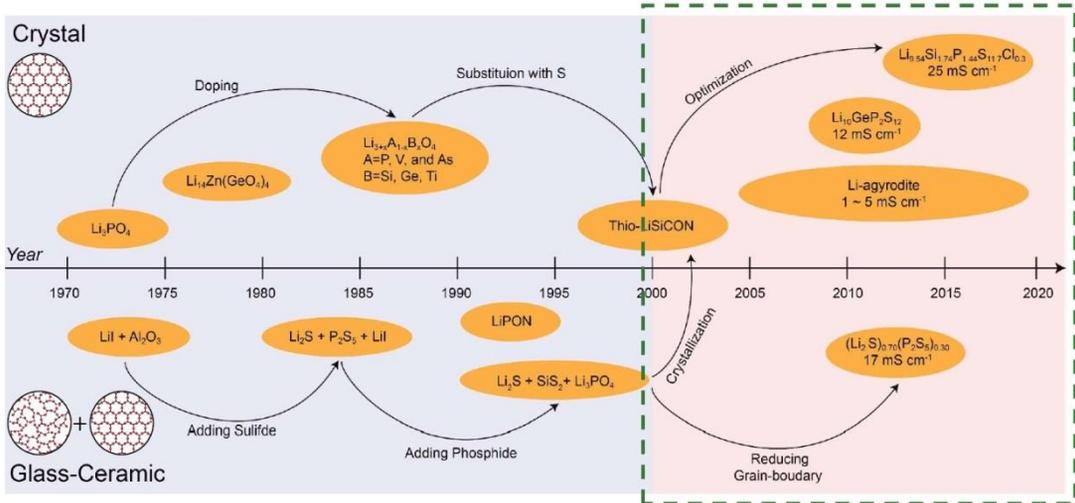
현재는 3가지 전해질 모두 요구 성능을 맞추지 못하고 있다.

전고체 종류별로 가장 중요한 극복 과제를 꼽으면, 황화물계는 수분 안전성, 산화물계는 전지 셀 가공성, 폴리머는 이온전도도이다.

황화물계 소재는 결정형인 LGPS, LSPSCI, Argyrodite 등과 Glass-ceramic형인 LPS, LPS+LiCl 등이 주축이고, 산화물계 소재는 Perovskite(LLTO), NASICON, LISICON, Garnet(LLZO) 등, 폴리머 소재는 PEO 등을 중심으로 활발한 연구가 이루어지고 있다.

이 중에서 황화물계인 LGPS(LSPSCI), Glass-Ceramic, 산화물계인 LLTO, LLZO 등의 상용화 가능성이 높은 것으로 거론되기도 한다.

황화물계 및 산화물계 고체 전해질의 역사



자료: 한국과학기술연구원

### 소재 특허 이슈 중요

고체 전해질 소재 기술은 일본이 많이 앞서 있다. 이에 따라 핵심 소재는 특허 이슈가 크다. 고체 전해질 중 황화물계 특허 비중이 45%로 가장 많은 비중을 차지한다. 개별 주체로는 Toyota가 전고체전지 분야에서 가장 많은 특허를 출원하며 연구에서 앞서 있다. 후발 주자들은 특허를 피하기 위해 소재 성분을 달리 구성하는 연구에 집중하고 있다. Argyrodite가 상대적으로 특허 이슈에서 자유롭다고 알려진다.

### 황화물계는 LGPS 계열 중심

황화물계는 상온에서 가장 높은 이온전도도를 구현한 LGPS 계열(2011년)을 중심으로 한다. 그 뒤로 LSPSCI 계열(2016년)이 LGPS보다 뛰어나다는 발표가 있었다.

Toyota가 LGPS, LSPSCI 계열에 초점을 맞추고 있고, 두 소재를 원천 개발한 동경공업대와 공동 연구하고 있다.

LGPS 전해질은 게르마늄(Ge)이 고가이고, 저전위에서 안정성이 취약하다는 약점을 가진다. 이를 극복하기 위해 게르마늄을 대체해 원가를 낮추는 동시에 전도도를 높이고, 저전위에서 안정성을 확보하고자 하는 연구가 진행되고 있으며, LSPSCI 계열이 이를 충족시킨다.

황화물계는 수분 안전성을 향상시키는 기술이 필수적이다.

황(S)이 수분(H<sub>2</sub>O)을 만나면 유해한 황화수소(H<sub>2</sub>S)가 발생한다.

첨가제를 섞어 황화수소 발생을 줄이거나 황화수소 발생량과 속도를 억제하는 신규 조성 소재를 연구 중이다.

### 계면 접촉 극대화와 계면 저항 최소화 딜레마

고체 전해질은 이온이 고체 격자 사이에서 이동하기 때문에 활물질과 전해질간 접촉 계면을 극대화하는 동시에 계면 저항을 최소화해야 한다.

먼저 물리적 접촉 면적을 극대화하는 문제다. 고체 전해질은 액체 전해질과 달리 젖음성과 흐름성이 없다. 또한 고체 전해질, 활물질, 도전재 각 성분의 크기와 형상이 다양하다. 슬러리 제조 단계에서 활물질과 전해질을 무작위로 혼합하는 구조다 보니 계면 형성이 어렵고, 전자와 이온의 통로를 만드는 것이 어렵다.

접착력을 향상시키기 위해 섞는 바인더가 계면 형성을 방해하면서 계면 저항이 증가한다.

고체 전해질은 얇으면서도 결함이 없어야 하며, 양극과 계면 접촉이 좋아야 한다.

### 높은 압력과 열로 계면 접촉 형성

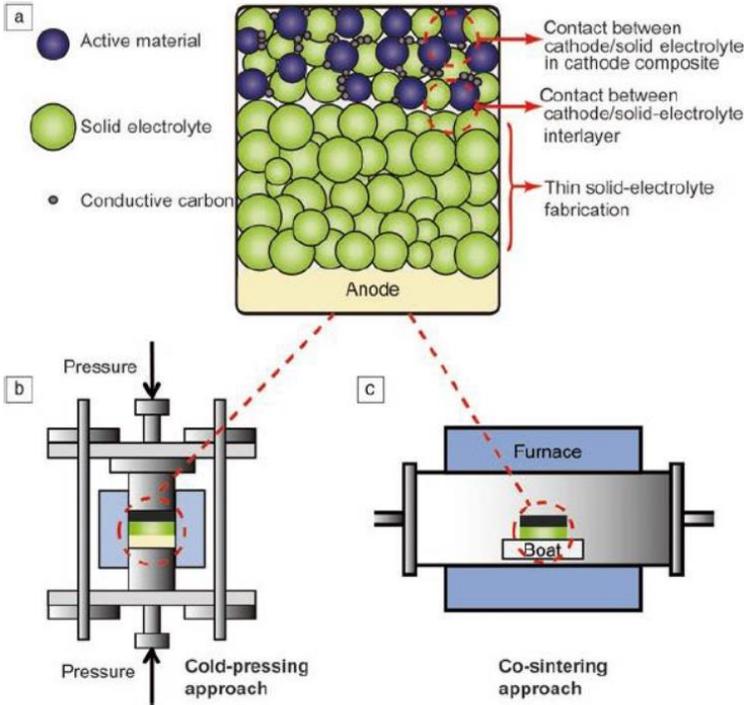
기술적으로 높은 압력과 열을 가해서 셀을 만들고, 계면 접촉을 형성한다.

황화물계는 펠릿(Pellet) 형태에서 냉간 압착(Cold Pressing) 공법으로 높은 압력을 가한다.

산화물계는 압착할 수 없기 때문에 고온해서 동시 소결(Co-sintering)하는 공법을 택한다. 이 때 양극 활물질은 700°C에서 소성하는데 비해, 산화물계 전해질은 1,000°C 이상이 돼야 성능이 좋아진다. 두 물질간 소성 온도를 맞추는 것도 관건이다.

계면 접촉을 높이기 위해 액상합성법으로 활물질 표면에 고체 전해질을 코팅하는 기술도 연구 중이다.

전고체전지 계면 접촉 및 전자/이온 전도를 위한 기술



황화물계는 냉간 압착,  
산화물계는 동시 소결  
공법 적용

Sulfide solid electrolyte

Oxide solid electrolyte

자료: 한국전기연구원

계면 저항 억제가 핵심 과제

양극과 전해질간 계면 저항을 억제하는 것이 핵심 과제다.

계면이 있으면 크고 작은 공간전하(Space Charge)가 생기기 마련이다. 산화물 양극과 황화물 전해질 간에는 잠재에너지 차이가 커 계면 부반응이 유발된다. 충·방전 과정에서 양극 활물질의 부피 변화에 따라 고체 전해질과 접촉면이 분리돼 전하 이동을 어렵게 만든다.

고온 또는 고압 공정이 진행되면 계면 저항이 더욱 커진다.

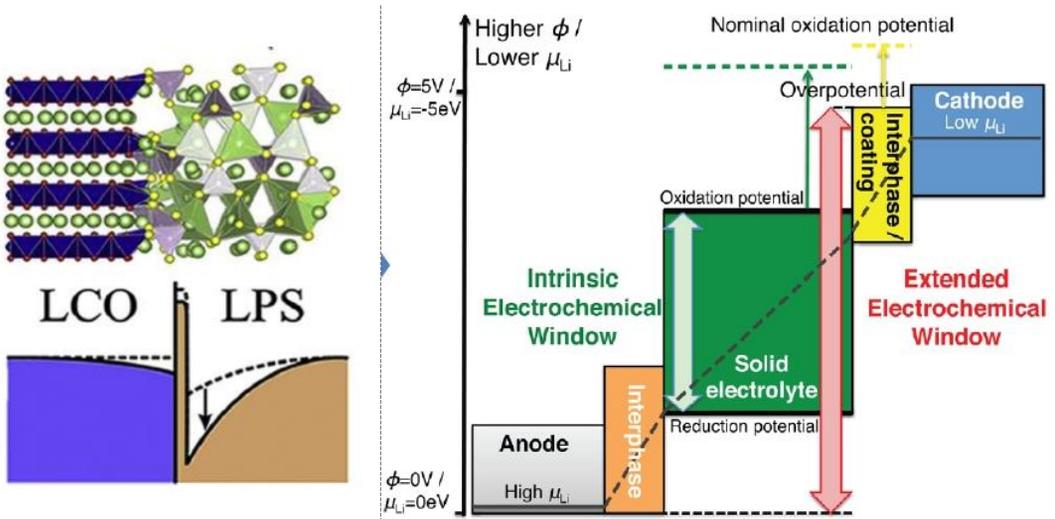
LGPS 등 황화물계는 1.8~2.2V까지만 안정되며 이를 벗어나면 전기화학적으로 분해된다. 이 경우 부분 절연이 발생할 수 있고, 보유 용량이 열악해진다. 이에 비해 리튬이온전지는 3.7V에서 사용하고, 4.2V로 충전한다. LGPS는 LTO를 음극으로 사용하며, 고전압을 구현하기 어렵다.

계면 저항을 억제하기 위해 양극활물질 표면에  $\text{LiNbO}_3$  등의 재료를 코팅해 버퍼층을 형성하는 기술이 활용되고 있다. 코팅 재료를 10나노 이하로 균일하게 코팅하면 해결할 수 있다.

또한 동시 소결이나 저온 결정화를 통해 계면의 기계적 안정화를 꾀함으로써 계면 저항을 낮출 수 있다.

한국전기연구원은 저온에서 결정화가 가능한 황화물계 Glass-ceramic형 신규 고체 전해질과 함께 계면 저항을 최소화할 수 있는 제조 기술을 개발했다고 발표했다. 한국전기연구원이 개발한 고체 전해질은 고분자 바인더나 리튬 금속의 용융 온도인 180°C보다 낮은 160°C에서 결정화가 가능해 리튬 음극의 손상 없이 전극이나 전지를 제조한 후 열처리가 가능하다. 이러한 특성을 이용해 슬러리 제조 시에는 비정질 상태의 분쇄된 고체 전해질을 혼합하고, 전극 제조 후에 저온 열처리함으로써 고체 전해질의 이온전도도를 크게 높이는 동시에 고체와 고체간 계면을 소결하는 공정을 개발했다. 그 결과 활물질과 전해질의 계면 저항을 크게 낮추면서 기계적 내구성이 우수한 전극을 제조할 수 있다는 설명이다.

양극과 고체 전해질간 계면 저항과 계면 코팅 개념



자료: 한국전기연구원

폴리머 전고체전지는 플렉서블 구현 유리

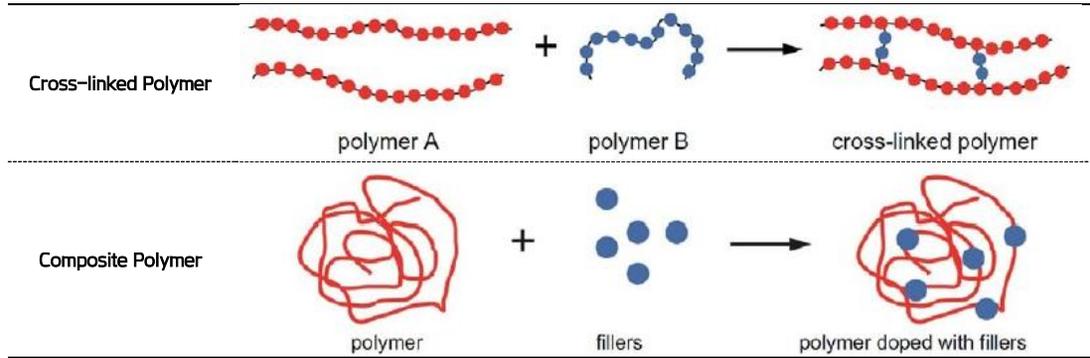
폴리머 전고체전지는 플렉서블 배터리를 구현해 웨어러블기기 등에 응용하기에 유리하다. 플렉서블 배터리가 상용화하려면 Bending 특성, 용량, 수명 특성이 향상돼야 하고, 플렉서블 파우치가 개발돼야 한다. 전지 소재 측면에서는 고체 전해질의 이온전도도와 기계적 물성을 향상시키고, 전극과 전해질 간 계면 저항을 개선시키며, 고체 전해질 기반의 전지 두께를 극소화(1mm 이하)하고, 플렉서블 집전체를 개발해야 하는 과제를 안고 있다.

용매가 없는 이상적인 고체 폴리머 전해질은 전해질염이 고형화된 고분자 매트릭스에 녹아 있고, 고분자 사슬의 국소 분절 운동을 통해 전도가 이루어진다.

기본 물질인 Poly Ethylene Oxide(PEO) 비중이 높으면 실온에서 높은 결정성을 가지는 대신, 전도도가 낮아지고, PEO 비중이 낮으면 기계적 강도가 취약해진다.

전도성을 향상시키기 위한 기술로서 1) 용매를 가소제(Plasticizer)로 첨가해 합성 폴리머 겔을 형성하거나 2) 무기를 필러(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> 등)를 폴리머에 결합시켜 합성 폴리머 전해질을 만드는 기술이 주로 연구되고 있다. 고분자를 교차 연계해 기계적 안정성을 높이는 기술도 유용하다.

고체 폴리머 전해질 구조



자료: 한국화학연구원

플렉서블 리튬이온전지



자료: 한국화학연구원

## >>> 업체별 전고체전지 개발 동향

### 일본이 선도

언급한 것처럼 전고체전지 기술은 일본이 앞서 있다.

일본의 신에너지 및 산업 기술 개발기구(NEDO)는 지난해 ‘ 선진적이고 혁신적인 이차전지를 위한 재료 기술 개발’ 두 번째 단계를 공표했고, 9,000만달러 규모 전기차용 전고체전지 프로젝트를 시작했다. 여기에는 일본 완성차 4개사, 배터리 5개사, 소재 14개사, 대학 및 연구소 15개가 광범위하게 참여하고 있다. 2022 회계연도까지 핵심 기술을 개발하고자 하며, 대량 양산 시 성능 목표로서 기존 리튬이온전지와 비교해 에너지 밀도를 3배로 늘리고, 원가와 충전 시간을 1/3로 줄이고자 한다.

### 완성차 업체 적극적

완성차 업체들이 전고체전지 개발에 적극적으로 나서고 있고, 원천 기술을 보유한 업체들과 짝짓기가 활발하게 이루어지고 있다. 전기차 경쟁력 강화가 목적일 것이다.

전고체전지 원천 기술을 가진 신생 기업으로는 Solid Power, Sakti3, Ionic Materials, SolidEnergy, SEEO, QuantumScape 등을 꼽을 수 있다.

### Toyota 전고체전지 의지 확고

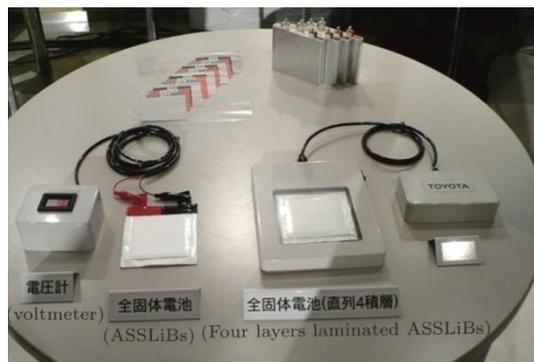
▶특히 Toyota는 전고체전지를 앞세워 Game Changer가 되고자 하는 의지가 강해 보인다. Toyota는 2020년에 전고체전지 상용화를 시작하고, 2022년에 전고체전지를 탑재한 전기차를 출시하겠다는 계획으로 주요 업체 중 가장 빠르다.

동경공업대학과 협력해 LGPS, Thio-LISICON 등 고체 전해질을 개발하고, Panasonic과 전고체전지 개발을 합작하고 있다. Ilika로부터 고효율 물리적 증착 기술을 활용하고 있다. 전고체전지 개발에 1조 5,000억엔을 투입할 계획이다.

Toyota CEO는 전고체전지 개발에 있어 수명 확보가 가장 중요한 이슈라고 말한다.

Toyota는 2.0Ah급(400Wh/L) 중형 셀 성능을 확보했고, 소형 전기차에 탑재해 시험 주행한 바 있다. 현재 25.0Ah급 대형 셀 성능을 확보하고, 제작 공정 기술을 개발하고 있는 단계로 알려진다.

### Toyota 전고체전지 시제품



자료: Toyota

### Toyota COMS EV: 전고체전지 탑재 시험 주행



자료: Toyota

▶영국 가전 업체인 Dyson이 전고체전지 개발에 적극적인데, 모터 기술력이 우수하기 때문에 배터리를 확보하면 전기차 시장에 진출할 수 있다는 판단에 기반할 것이다. 2015년 전고체전지 스타트업인 Sakti3의 지분 100%를 9,000만달러에 인수했다. Sakti3는 PV 태양전지를 이용한 박막 전고체전지를 시연한 바 있다. 다만, Sakti3로부터 추가적인 개발 소식은 들리지 않고 있다.

▶BMW는 미국 SolidPower에 투자하고 파트너십을 체결했다. BMW는 2026년까지 전고체전지를 탑재한 전기차를 생산하겠다는 목표다.

SolidPower는 Oak Ridge 국립연구소와 리튬황 소재 특허 관련 독점 계약을 체결했고, 황화물계 고체 전해질을 액체 전해질과 동등한 원가로 생산할 수 있다고 주장한다.

SolidPower는 BMW뿐만 아니라 삼성 그룹, A123 Systems, 현대차 그룹 등으로부터 2,000만달러 투자를 유치했다.

▶Volkswagen은 미국 Stanford 대학 내 스타트업인 QuantumScape에 투자했다. Volkswagen은 2025년 전고체전지를 탑재한 전기차를 양산할 계획을 가지고 있고, 2030년까지 1,000km를 주행할 수 있는 전고체전지를 개발하고자 한다.

QuantumScape는 전고체전지 기술 관련 200여개의 특허를 보유하고 있다.

▶GM은 SolidEnergy에 지분을 투자했다. SolidEnergy는 고체 리튬메탈 기술을 보유하고 있고, 기존 리튬이온 제조 인프라를 활용해 가장 가벼운 이차전지를 만들 수 있다고 주장한다. 고체 폴리머 전해질을 이용해 400Wh/kg 밀도의 프로토타입 배터리를 개발했다.

▶현대차 그룹은 미국 전고체전지 스타트업인 Ionic Materials에 500만달러를 투자했다. 현대차 그룹도 2025년경 전고체전지를 탑재한 전기차를 양산할 계획이다.

Ionic Materials는 실온에서 이온을 전도하는 고체 폴리머 기술을 보유하고 있으며, Renault-Nissan-Mitsubishi로부터도 투자를 유치했다.

▶Bosch는 2015년 미국 SEEO를 인수했다. SEEO는 나노 구조 폴리머 전해질 기반 고밀도 리튬이온 전지 개발을 목표로 설립됐다. 2015년에 220Wh/kg 밀도의 폴리머 전고체전지를 공개했다.

삼성 그룹도 SEEO에 지분을 투자했다.

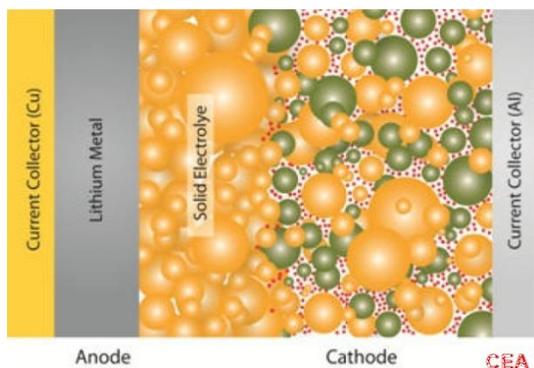
▶Hitachi Zosen은 황화물계 고체 전해질을 기반으로 대형 압력 장비 제조 강점을 살려 100x100mm급 대면적 전고체전지를 구현했다. 분말 압력화 대면적 공정을 위한 제조 장비를 개발했다.

▶프랑스 Bollore는 리튬메탈 폴리머전지를 상용화한 사례다. Bollore는 전기차 기반의 차량 공유 서비스로 유명하다.

Bollore의 리튬메탈 폴리머전지(LMP)의 구조를 보면, 금속 음극재가 리튬의 원천이자 집전체로 작용하고, 고체 폴리머 전해질은 용매화된 공중 폴리머에 리튬염을 용해시켜 생성하며, 양극재는 산화 바나듐, 탄소, 폴리머로 구성되고, 알루미늄박이 집전체가 된다.

Bollore가 개발한 압출 기술로 제작된 박막 배터리는 높은 에너지 밀도와 사용 안전성으로 주목받고 있다. 다만, 낮은 이온전도도로 인해 높은 셀 온도가 요구된다. 작동 온도는 60~80°C로 온도 범위가 좁고, 열 관리를 위한 팩 기술이 필요하다.

### 전고체 리튬메탈전지 구조



자료: CEA

### Bollore 리튬메탈 폴리머전지



자료: Bollore

### 국내 배터리 양사도 25년경 상용화 목표

▶ 국내 배터리 양사는 대략 2025~2026년을 목표로 전고체전지를 개발 중이다. 그 전에 소형전지 형태로도 다양한 시도가 이어질 것이다. LG화학은 2020년 중반에 전고체전지 시제품을 내놓겠다는 의욕을 밝히기도 했다.

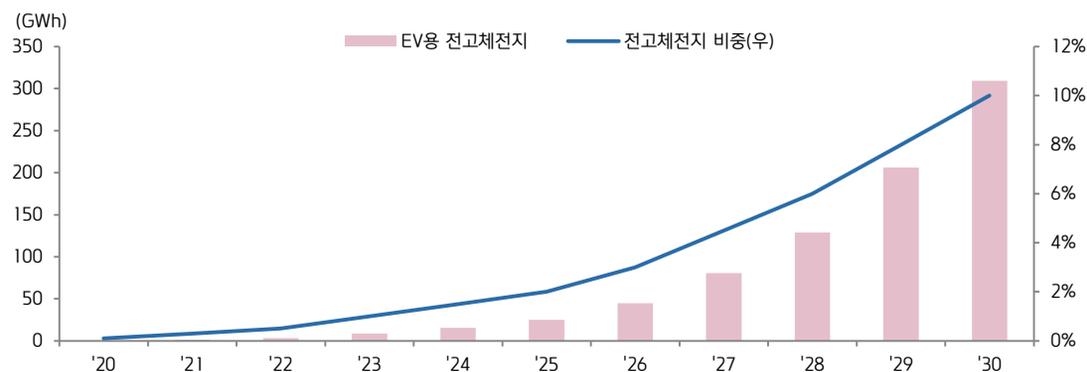
일본 후지경제연구소는 글로벌 전고체전지 시장이 2035년에 2조 8,000억엔 규모로 성장할 것으로 내다봤다. 이 중 황화물 계열이 2조 1,200억엔으로 산화물 계열 6,000억엔을 압도하며 주류를 형성할 것으로 전망했다.

SNE Research에 따르면, 전고체전지를 탑재한 전기차는 2030년 200만대로 전기차 시장의 10%를 차지할 전망이다.

### 특수 시장에서 먼저 상용화 전망

전고체전지는 리튬이온전지가 폭발 위험 때문에 사용되지 못하는 사막용 ESS, 화재진압 로봇용 전원과 같은 고온 환경의 특수 시장에서 먼저 상용화가 이루어질 것이다. 전고체전지의 원가가 낮아지기 시작하면 ESS, 완속충전형 전기차를 거쳐 마지막으로 고속충전형 전기차 시장으로 확산될 것이다.

### 전기차용 전고체전지 시장 전망



자료: SNE Research, 키움증권

## >>> 리튬황전지

리튬황전지는 양극재로 황을 사용한다.

1) 이론적인 에너지 용량이 리튬이온전지보다 5배 이상 높고, 2) 양극 소재인 황은 자원이 풍부하고 가격이 저렴해 전지의 제조원가를 낮출 수 있으며, 3) 기존 리튬이온전지의 생산 공정을 활용할 수 있다는 장점을 가진다.

하지만 리튬황전지의 상용화를 위해서는 극복해야 할 난제들이 많다.

1) 황의 전기전도도가 낮고, 2) 충·방전 과정에서 황의 중간 생성물인 리튬 폴리 설파이드가 전해액에 쉽게 녹아 전지의 용량 및 수명 손실이 발생하며, 3) 실용화 문제로 유향을 이용하는 양극재의 내구성이 낮다는 점 등이 문제다.

### ‘셔틀’ 메커니즘이 문제

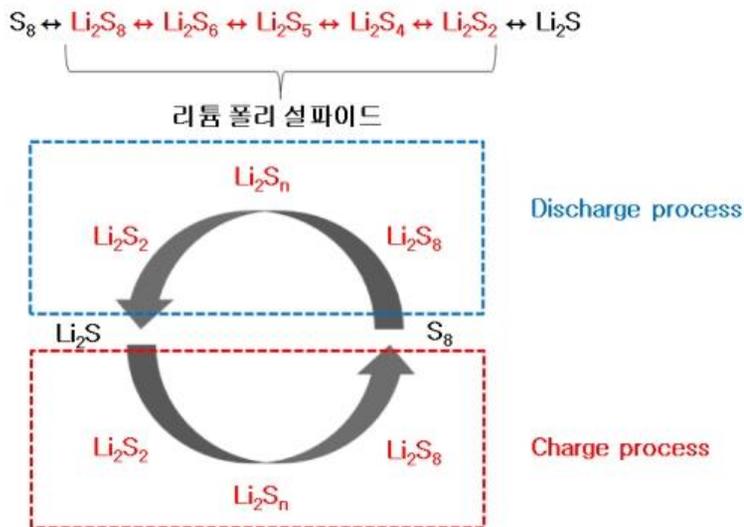
리튬황전지의 원리를 이해하려면 ‘셔틀’ 메커니즘을 알아야 한다.

방전 시 반응의 시작 물질은 고리 구조인  $S_8$ 이다. 방전을 진행하면서 연속적인 환원 반응의 선형 구조인 리튬 폴리 설파이드( $Li_2S_8 \rightarrow Li_2S_n \rightarrow Li_2S_2$ )의 단계를 거치게 되고, 전해질에 용해된 상태로 양극에서 음극으로 이동하며 더 낮은 단량체의 폴리 설파이드로 순차적으로 환원된다. 최종적으로 불용해성 물질인  $Li_2S$ 를 생성한다. 충전 시에는 역순으로 산화 반응을 거쳐  $S_8$ 로 돌아오면서 ‘셔틀’ 메커니즘이 발생한다.

각 리튬 폴리 설파이드로 환원되는 과정에 의해 리튬황전지의 방전 거동은 리튬이온전지와 달리 단계적으로 방전 전압을 나타내는 것이 특징이다.

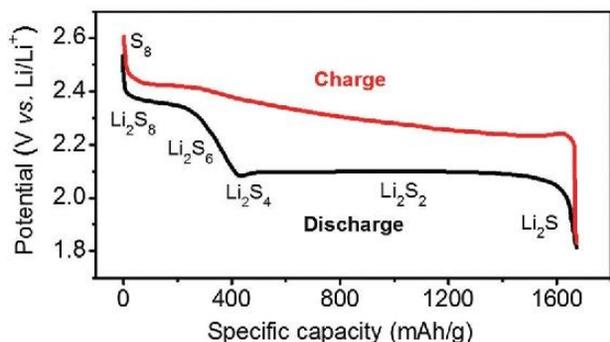
문제는 ‘셔틀’ 메커니즘 과정에서 폴리 설파이드가 지속적으로 녹아 양극 소재의 양이 감소하고, 폴리 설파이드가 음극으로 이동해 음극과 직접 반응한다는 것이다. ‘셔틀’ 메커니즘이 리튬황전지 상용화의 가장 큰 걸림돌이 되고 있다.

### 리튬황전지 셔틀 메커니즘



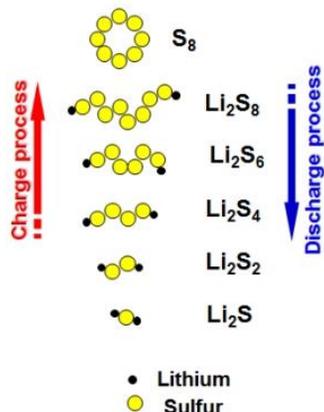
자료: 한국과학기술정보연구원

### 리튬황전지 방전 거동



자료: 한국과학기술연구원

### 황의 전기화학 반응 모식도



자료: 한국과학기술연구원

### 기술적 과제

양극재인 황은 비전도성 물질이다. 이를 극복하기 위해 전도성 물질에 접촉돼야 한다. 전도성 물질은 탄소나 금속을 사용하는데, 전도성 물질을 늘리면 황의 양이 줄어들어 에너지 밀도가 축소된다. 결국 전도성 소재와 황의 혼합 비율이 관건이며, 리튬황전지의 장점을 살리려면 황의 비율이 70% 이상이 되어야 한다.

충·방전 시 배터리 부피 팽창과 수축이 심하다. 황의 단계적 환원(방전)에 의해 생성되는 폴리 설파이드는 부피 팽창률이 80%에 육박하며, 산화 반응(충전)에는 다시 수축이 일어난다. 이 때 양극 전극은 스트레스를 받게 되고, 황과 전도성 물질의 접촉이 끊어져 배터리 열화를 가속화하는 원인이 된다.

폴리 설파이드가 전해질에 용해돼 음극과 직접 반응해 새로운 표면층을 생성한다. 양극에서 환원돼야 할 폴리 설파이드  $Li_2S_8$ 과  $Li_2S_n$ 이 음극과 직접 반응하면  $Li_2S_2$ 와  $Li_2S$ 를 생성하게 되고, 이 물질은 음극에 계속 남아 리튬이온의 이동을 가로 막는다. 배터리 내부 저항을 증가시키고, 계속적으로 축적되면 분리막을 손상시켜 내부 쇼트를 초래할 수 있다.

이 외에도 양극 집전체인 알루미늄이 고온에서 황과 급격한 반응을 야기할 수 있고, 액체 전해질 환경에서는 폴리 설파이드가 유기 용매나 리튬염과 화학적 반응을 일으켜 셀 열화, 가스 발생과 같은 문제를 낳기도 한다.

### 소재별 연구 방향

이러한 문제를 해결하고 리튬황전지의 상용화를 앞당기려는 연구들이 진행되고 있다. 먼저 양극재는 1) 최대한 많은 양의 황을 함유해야 하고, 2) 우수한 전도성 물질과 혼합을 통해 전기전도도를 높여야 하며, 3) 충·방전 시 부피 팽창에 내성을 가지는 구조여야 하고, 4) 황의 환원 반응으로 생성되는 폴리 설파이드의 음극으로의 이동을 제한할 수 있어야 한다. 이를 위해 우수한 전기전도도, 넓은 비표면적, 기계적 강성 등을 가진 다공성 탄소, 탄소나노튜브, 그래핀 등을 황과 합성해 복합소재를 제조하는 연구가 활발하게 진행되고 있다.

음극재는 높은 에너지 밀도와 셀 전압을 보유한 리튬메탈이 최적이다.

하지만 리튬메탈이 폴리 설파이드와 반응하고, 리튬 덴드라이트가 표면에 형성되기도 한다. 문제점을 해결하기 위해 리튬메탈 표면에 보호층을 입히는 방법, 실리콘 나노와이어를 이용한 음극 합성 방법 등이 연구되고 있다.

전해질은 결국 고체 전해질이 요구된다.

리튬황전지에서 액체 전해질을 사용할 경우 폴리 설파이드의 용해로 인한 ‘셔틀’ 메커니즘을 피할 수 없다. 리튬황전지의 고체 전해질은 높은 이온전도도, 리튬메탈과 반응에 있어 화학적 안정성, 전극과 전해질의 넓은 접촉 계면 등이 요구된다.

겔 전해질은 고체 전해질에 비해 상대적으로 높은 이온전도도, 화학적/전기적 안전성 등이 장점이지만, 폴리 설파이드의 용해를 원천적으로 막을 수 없다.

고체 전해질이 구현되기 전까지는 분리막을 통해 폴리 설파이드를 물리적으로 차단하는 기술이 병행될 것이다.

### 국내 주요 연구 성과

최근 국내 연구기관들이 발표한 주요 성과를 보면,

황과 그래핀의 복합체를 합성해 리튬황전지의 안정성을 높이는 기술이 발표됐다.

국내 연구팀(성균관대)이 나노 입자를 스프레이처럼 뿌리고 동결 건조시키는 분무 동결법을 개발했고, 이를 이용해 황과 그래핀의 복합체를 합성했다. 그래핀이 이온전도도를 보완해 주고, 황과 그래핀이 강하게 결합해 황이 전해액으로 녹아 드는 현상을 억제할 수 있을 것으로 기대된다.

KAIST 연구팀은 새로운 리튬염(LiTf, LiBr)을 사용해 황화리튬의 용해도를 높여 황화리튬이 전극 표면에 달라붙는 대신 입체 구조로 전극에 수직으로 자라게 했다. 전극을 가리는 부분을 줄여 높은 용량을 구현하는 원리다.

또 다른 KAIST 연구팀은 다차원 상분리 현상을 유도하는 합성법으로 티타늄질화물 소재 황 담지체를 개발했다. 티타늄질화물 담지체는 다공성 구조로 황을 안정적으로 담아낼 수 있고, 황의 반응 속도도 높여줘 리튬황전지의 특성을 구현할 수 있다.

## >>> 리튬공기전지

리튬공기전지는 꿈의 전지로 불린다.

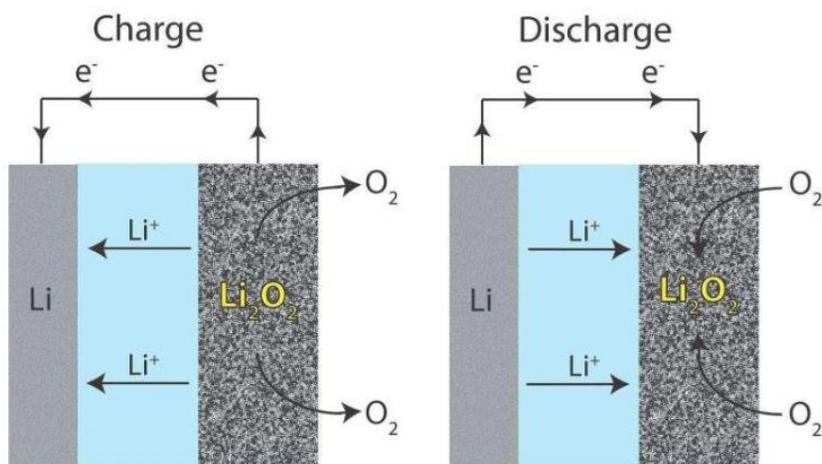
대기 중의 산소를 양극활물질로 사용하기 때문에 전지의 무게가 가볍고, 에너지 밀도가 높다. 또한 친환경적이고 안전성도 높다.

리튬공기전지의 이론적 에너지 밀도는 3,500Wh/kg 이상으로 리튬이온전지의 10배에 해당하고, 차세대 배터리 중 가장 높은 용량을 구현할 수 있다. 휘발유와 동급 효율이다.

공기극(양극)은 산소, 촉매, 리튬이온이 접촉하여 반응이 일어나는 장소 역할을 하며, 다공질 탄소가 주 성분이다.

음극으로는 공기와 전위차가 있는 리튬메탈이 쓰인다. 아연(Zn), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca) 등 2가 이온이 되는 금속이나 알루미늄(Al) 등 3가 이온이 되는 금속이 음극으로 쓰이면 금속공기전지가 된다.

### 리튬공기전지 구동 원리



자료: Wikipedia

### 기술적 해결 과제

차세대 전지 Roadmap 중 상용화 계획이 가장 늦은 만큼, 기술적 한계와 해결해야 할 과제가 많다. 대표적으로 불용성 반응물( $Li_2O_2$ )의 처리, 낮은 수명 특성, 리튬메탈 사용으로 인한 안전성 저하, 공기극의 높은 분극 저항 등의 문제다.

리튬공기전지(유기계)의 작동 원리로서, 방전 시 음극인 리튬메탈로부터 리튬이온이 전해질을 통해 공기극으로 이동하고, 공기극에서는 공기 중의 산소와 리튬이온이 반응하여 과산화물인  $Li_2O_2$ 가 형성된다. 충전 반응은 반대로 진행된다.

### 리튬 과산화물이 난제

리튬황전지에서 중간 생성물인 리튬 폴리 설파이드가 난제인 것처럼, 리튬공기전지에서는 방전 생성물인 리튬 과산화물(Peroxide)이 난제다.

방전 시 순수한 과산화물만 형성되고 충전 시 완전히 분해되면 좋지만, 현실적으로 그렇지 않다. 방전 과정에서 과산화물 이외에 많은 부반응 생성물이 형성되고, 충전 과정에서 반응 생성물들이 충분히 분해되지 못해 공기극에 축적됨으로써 충·방전이 일정 정도 진행되면 급격한 용량 감소가 일어난다.

방전 시 형성되는  $\text{Li}_2\text{O}_2$ 는 고체이므로 낮은 전기 및 이온전도도를 가지고, 공기극 표면을 덮게 된다. 충전 시에  $\text{Li}_2\text{O}_2$ 를 분해하기 위해 높은 전압이 필요하다. 방전 시와 충전 시의 전압차가 커져서 에너지 효율이 저하된다. 또한 높은 과전위는 부반응을 촉진시켜 전지의 충방전 사이클을 크게 저하시키는 원인이 된다.

리튬이온전지는 100을 충전하면 99.99를 사용할 수 있는데, 리튬공기전지는 100을 충전하면 현재 기술로 60만 사용할 수 있다.

### 전해질에 따른 리튬공기전지 구분

리튬공기전지는 전해질의 종류에 따라 유기계(Aprotic or Non-aqueous), 수계(Aqueous), 고체형(Solid State), 하이브리드형(Mixed Aqueous and Aprotic)으로 구분된다.

유기계 리튬공기전지는 리튬메탈 음극과 반응성이 거의 없는 유기계 전해질을 이용하기 때문에 공기전지 구조가 간단하고, 전지의 에너지 밀도가 높다는 장점을 가진다.

반면에 앞서 언급한 리튬 과산화물의 문제로서,  $\text{Li}_2\text{O}_2$ 가 공기극 내의 기공을 막고, 산소와 전자, 리튬이온이 반응할 수 있는 면적이 줄어 들어 방전 용량이 감소하며, 충전 시 과전압이 높아 충방전 효율이 낮다.

수계 리튬공기전지는 물이 충방전 반응에 직접 참여한다. 유기계는 반응 부산물로  $\text{Li}_2\text{O}_2$ 가 생성되지만, 수계에서는 용해성의  $\text{LiOH}$ 가 생성된다. 이에 따라 고체 반응 생성물로 인한 부족한 사이클 특성과 충전 시 높은 과전압 문제를 해소할 수 있고, 충방전 효율이 높다는 장점을 가진다.

반면에 수용성 전해질과 반응성이 높은 리튬메탈 음극과 직접적인 접촉을 막기 위한 보호막 기술이 반드시 필요하다. 추가 보호막 생성을 위해 구조가 복잡해지고, 보호막에 결함이 생기면 안전성이 위협받으며,  $\text{LiOH}$ 의 낮은 용해도로 인해 에너지 밀도가 낮다는 단점을 가진다.

유기계 전해질과 수계 전해질을 동시에 사용하는 하이브리드형 리튬공기전지는 음극 측에는 반응성이 거의 없는 유기계 전해질을, 공기극 측에는 과전압을 줄일 수 있는 수계 전해질을 사용하는 형태다. 이 두 전해질을 분리하기 위해 고체 분리막을 사용한다.

유기계의 안전성과 수계의 낮은 충전 과전압 특성을 동시에 구현할 수 있는 장점을 가진다.

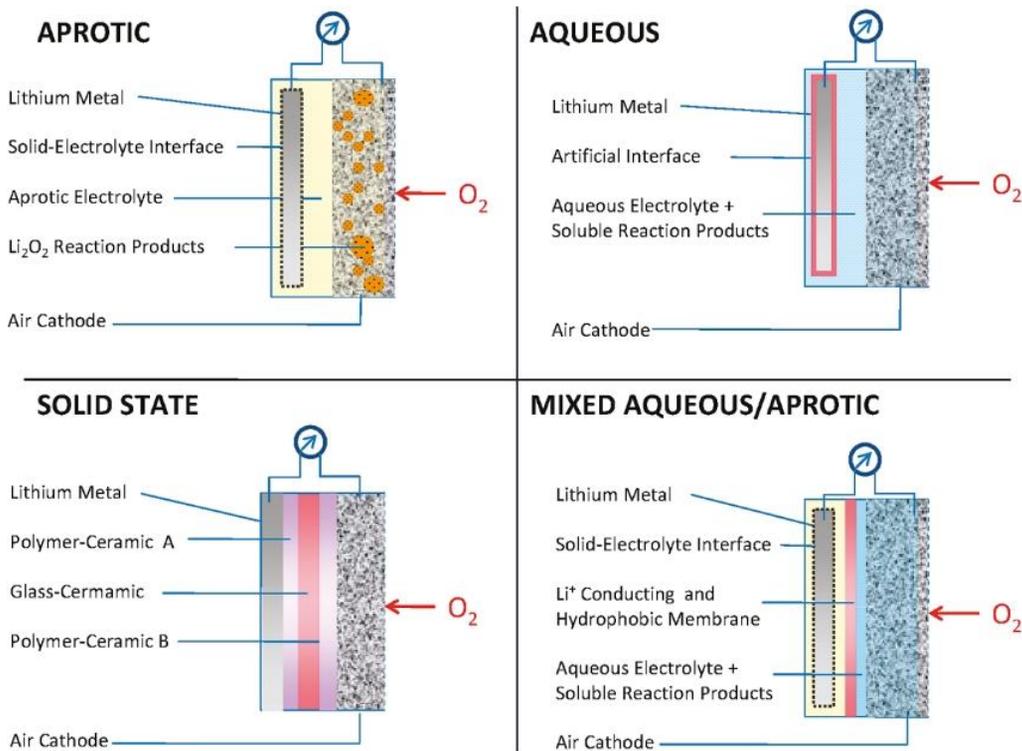
반면에 셀 구조가 수계 공기전지보다 더욱 복잡하고, 더 낮은 에너지 밀도를 가지는 단점이 있다.

결국 리튬공기전지도 고체 전해질을 사용한 고체형으로 가야 한다.

고체형 리튬공기전지는 액체형의 문제점인 리튬메탈 음극의 낮은 안전성, 충전 시 높은 전압 및 중간 반응 생성물에 의한 분해 반응 등을 해결할 수 있다.

반면에 앞서 장황하게 서술한 것처럼 고체 전해질을 상용화하기 위해 많은 난제가 남아 있다.

리튬공기전지의 구조: 전해질 종류에 따른 구분



자료: 한국과학기술연구원

국내 연구 성과

국내 연구 성과로서 산소 지지체로 그래핀에 이리듐 나노 촉매를 혼합한 연구가 발표됐다. 그래핀의 장점인 넓은 표면적과 뛰어난 전도성 이외에도 이리듐 나노 촉매는 리튬이온과 산소 반응에서 과산화리튬이 아닌 초산화리튬(LiO<sub>2</sub>)을 생성한다.

방전 생성물인 리튬 과산화물의 형상 및 구조를 조절해 충전 과전위를 낮추고 전지 효율 성능을 향상시키는 연구도 진행되고 있다.

차세대 배터리 장단점

	구성 요소	장점	단점
리튬-황 전지	<ul style="list-style-type: none"> <li>양극: 황 또는 황화합물</li> <li>음극: 리튬 금속</li> <li>전해질: 유기계/고체 전해질</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고용량 및 낮은 제조 원가</li> <li>기존 공정의 활용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지속적인 충·방전 시 양극재(황)의 감소로 수명 저하</li> <li>황에 의한 제조설비의 부식</li> </ul>
리튬-공기 전지	<ul style="list-style-type: none"> <li>양극: 공기(산소)</li> <li>음극: 리튬 금속</li> <li>전해질: 유기계/고체 전해질</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전지 셀 구조 단순</li> <li>고용량 및 경량화 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고순도 산소 확보 難</li> <li>산소 여과 장치, Blower 등 추가 장치로 인해 부피 증가</li> </ul>
나트륨/마그네슘 전지	<ul style="list-style-type: none"> <li>양극: 금속화합물</li> <li>음극: 나트륨/마그네슘</li> <li>전해질: 유기계/고체 전해질</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>저가화 및 고용량에 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양극재 후보 물질 少</li> <li>긴 충·방전 시간</li> </ul>
전고체전지	<ul style="list-style-type: none"> <li>양/음극: 기존 또는 他 차세대 전지의 양/음극 활용 가능</li> <li>전해질: 세라믹(황화물/산화물), 고분자, 복합재 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>높은 안전성 및 고용량 가능</li> <li>다양한 어플리케이션(초소형 전자 기기~전기차)에 활용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>높은 계면 저항</li> <li>유해 가스인 황화수소 발생(황화물계) 또는 낮은 저온 특성(고분자)</li> </ul>

자료: LG경제연구원

## >>> 미래 이차전지 경쟁 구도

미래 이차전지 경쟁 구도는 어떻게 바뀔까?

반도체 산업의 선례처럼 이차전지 산업도 향후 2~3년내 과점화가 급속하게 진행되고, 과점화된 경쟁구도의 연장선상에서 차세대 배터리가 기술적 차별화 요인으로 작용할 가능성이 높다고 판단된다.

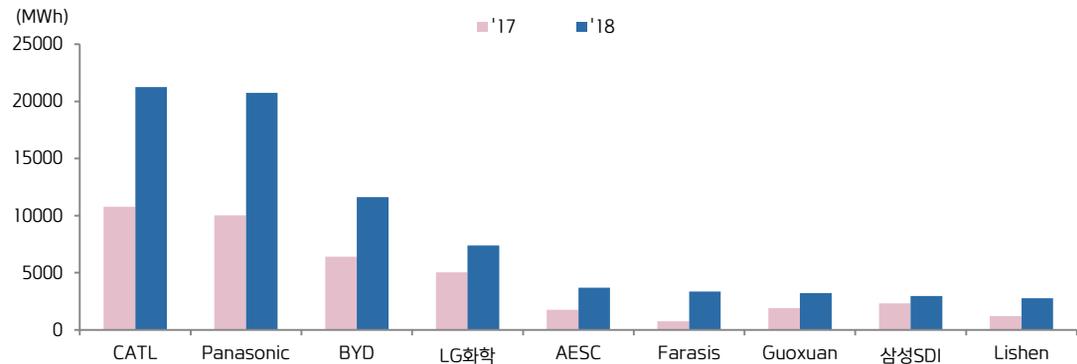
반도체가 미세 공정화를 통해 기술 격차를 유지한다면, 배터리는 삼원계 양극재 기술에 기반한 밀도와 용량이 경쟁력을 좌우하고 있다.

### CATL, Panasonic, BYD 약진

SNE Research에 따르면, 지난해 글로벌 전기차 배터리 시장 점유율은 CATL 22%, Panasonic 21%, BYD 12%, LG화학 8%, AESC 4%, Farasis 3%, Guoxuan 3%, 삼성SDI 3% 순이었다. 중국과 Tesla가 전기차 시장의 성장을 이끌고 있는 과정에서 CATL, Panasonic, BYD가 약진한 것은 당연하다.

중국 시장은 정부 보조금 정책이 고밀도 배터리에 집중되는 형태로 변화하면서 삼원계 배터리 대응력이 우위에 있는 CATL과 BYD에 대한 쏠림 현상이 심화되고 있고, 반대로 Optimum 등 LFP 기술에 기반한 업체들은 도태 위기에 처했다.

### 전기차 배터리 경쟁구도



자료: SNE Research

### 21년이 중요한 변곡점

배터리 업계는 2021년이 중요한 변곡점이 될 것이다.

중국 정부의 전기차 보조금이 종료되고, 글로벌 OEM들의 Mega 프로젝트가 본격화되는 시기이기 때문이다. 이 때를 기점으로 '기울어진 운동장'에서 누려 온 중국 배터리 업체들의 기득권이 소멸되고, 고객 기반과 품질 경쟁력을 내세운 국내 업체들의 점유율 상승세가 본격화될 것이다. 시장은 Buyer's Market에서 Seller's Market으로 변모할 것이다.

### 주요 Mega 프로젝트

주요 Mega 프로젝트로서 Volkswagen의 MEB는 2031년까지 900만대가 예상되는데, 2021년부터 생산량이 80만대로 크게 늘어날 것이다. BMW는 2025년까지 12개 BEV와 25개 xEV 모델을 출시할 계획이다. GM은 2022년 말부터 3세대 Bolt 프로젝트를 시작할 예정이고, LG화학이 공급할 물량은 6년간 100만대일 것이다. Renault Nissan은 2022년부터 7년간 전기차 200만대 판매를 목표로 한다.

궁극적으로 LG화학, 삼성SDI, Panasonic, CATL 등 글로벌 4강 체제가 구축될 가능성이 높고, SK이노베이션의 공격적 행보가 주목된다.

### 주요 완성차 업체별 배터리 공급망

기업명	LG화학	삼성SDI	Panasonic	CATL
Volkswagen	○	○	○	○
BMW	●	○		○
Daimler	○			○
Renault	○	●		●
GM	○			●
Ford	○		○	●
Hyundai	○			●
Toyota			○	●
Volvo	○			
JLR	○	○		
Tesla			○	

자료: SNE Research, 키움증권

주: ●는 협력 논의 중

### 완성차 업체들의 배터리 진출 영향 제한적

Toyota 등 완성차 업체들이 전고체전지 개발에 심혈을 기울이고 있는 것은 기술적 주도권을 쥐기 위한 의도일 것이다. 즉, 차세대 배터리의 표준을 선점하고, 특허력에 기반해 기술 장벽을 구축할 수 있으며, 자사 전기차 성능 향상 및 점유율 상승으로 반영될 것이다.

하지만 기술과 원가는 별도의 문제이기 때문에 완성차 업체들이 후발 주자로서 직접 배터리 사업에 뛰어드는 것은 쉽지 않을 것이다.

차세대 전지인 전고체전지, 리튬메탈전지, 리튬황전지도 리튬이온전지의 기술적 연장선상에 위치한다. 전고체전지가 상용화되는 2025년 이후 리튬이온전지 4강 업체는 이미 수십조원의 전지 매출액과 안정적인 수익성을 달성하게 될 것이다.

게다가 차세대 전지의 원가는 한동안 리튬이온전지보다 절대적 열위일 수밖에 없다. 전고체전지도 전통적인 리튬이온전지를 서서히 대체하며 성장할 것이다. 배터리 생산 노하우가 없는 후발 주자들이 장기간 대규모 투자 부담과 영업손실을 감내하면서 원가 경쟁력을 갖추기는 어려울 것이다. 원가 경쟁력은 충분한 규모의 경제와 선제적인 감가상각이 있어야 확보된다.

완성차 업체와 배터리 업체의 합작 법인도 부정적인 경험이 많다. SB Limotive, AESC, PEVE 등은 우수한 기술력에도 불구하고 초기 실기한 측면이 크다. 특정 고객에 종속되다 보면 사업의 확장성에 한계가 있고, 사업 주도권이 분산되다 보니 선제적이고 모험적인 투자를 감행하기 어렵다.

지금의 전기차용 리튬이온전지는 IT용 소형전지에서 비롯한 것이어서 완성차 업체들이 기술적으로 개입할 여지가 적었다. 전고체전지에서는 자동차 업체들의 기술적 영향력이 커지겠지만, 자사 전기차 경쟁력 향상을 전제로 배터리 업체와 기술적 제휴, 전용 생산라인 구축 등 협력의 형태가 다양해질 전망이다. 그리고 협력 대상 배터리 업체는 글로벌 4강일 가능성이 높다.



## 기업분석

삼성SDI  
(006400)

BUY(Maintain)/목표주가 320,000원  
원형과 ESS 경쟁력이 자동차로

LG화학  
(051910)

BUY(Maintain)/목표주가 480,000원  
빠르게 증가하고 있는 전지 자산 규모

SK이노베이션  
(096770)

BUY(Maintain)/목표주가 260,000원  
배터리/LiBS의 밸류를 반영해야 한다

포스코케미칼  
(003670)

BUY(Maintain)/목표주가 73,000원  
음극재와 양극재 양수검장



BUY(Maintain)

주가(4/19) 229,500원

목표주가 320,000원

전기전자/가전 Analyst 김지산

02) 3787-4862, jis@kiwoom.com

글로벌 ESS 시장에서 입증된 동사의 선도적 경쟁력이 자동차전지로 이어질 것이다. ESS는 중국 정부의 보조금이 없어 중국 배터리 업체들의 참여가 제한적이고, 각형 Form Factor의 안전성이 돋보이며, 공급이 제한적이어서 Seller's Market의 성격을 띤다. 자동차전지도 중국 정부 보조금이 소멸되는 2021년부터 ESS 시장과 다르지 않을 것이다.

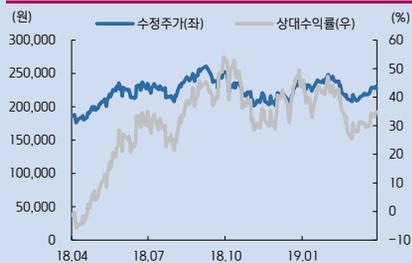
Stock Data

KOSPI (4/19)	2,216.15pt		
시가총액	157,815억원		
52주 주가동향	최고가	최저가	
	261,000원	176,000원	
최고/최저가 대비 등락	-12.8%	29.3%	
주가수익률	절대	상대	
	1M	8.3%	6.6%
	6M	-9.9%	-12.2%
	1Y	20.1%	34.8%

Company Data

발행주식수	68,765천주
일평균 거래량(3M)	378천주
외국인 지분율	42.0%
배당수익률(19.E)	0.4%
BPS (19.E)	180,736원
주요 주주	삼성전자 19.6%

Price Trend



>>> 2분기부터 실적 회복 국면

1분기 실적을 저점으로 2분기부터 재차 정상적인 성장 궤도에 진입할 것. 1분기 실적 부진 요인인 ESS는 정부 안전 기준이 발표되면 시장이 안정을 되찾고, 각형 Form Factor의 안전성을 내세운 동사의 시장 지배력이 더욱 강화될 것으로 기대.

자동차전지는 핵심 원소재 가격 하락 효과 반영, 고부가 3세대 배터리 비중 확대, 판가 인상 노력 병행에 따라 점진적으로 수익성 개선될 것.

소형 폴리머는 주고객 Flagship 모델 판매 호조로 우호적 여건 형성, 원형은 대규모 증설 효과를 바탕으로 신규 Application에 대한 대응 강화할 계획.

편광필름은 대면적과 모바일 제품 중심으로 중화 매출 확대 기초 이어갈 것.

>>> 중대형전지 도약 시작

글로벌 ESS 시장에서 선도적 지위 확보를 시작으로 중대형전지 경쟁력 향상 및 실적 개선 가속화될 전망.

자동차전지는 글로벌 선두권의 수주잔고를 확보하고 있고, 수주의 질도 향상 중. 글로벌 OEM들의 Mega 프로젝트와 더불어 내년부터 본격적인 점유율 상승세 예상. High Nickel 등 차세대 배터리 로드맵 주도하며 중국 업체들과 기술 격차 유지할 것. 적극적인 생산능력 증설 병행하며 글로벌 Top 4의 면모를 갖춰갈 전망.

중국 정부 전기차 보조금 대상 포함 시 중국 시장 재진출과 함께 중요한 성장 모멘텀이 될 것.

투자지표	2017	2018	2019E	2020E	2021E
매출액(억원)	63,466	91,583	105,187	119,305	132,668
영업이익(억원)	1,169	7,150	8,521	10,298	11,606
EBITDA(억원)	5,768	12,972	15,634	20,889	25,154
세전이익(억원)	8,241	10,362	10,147	13,210	12,014
순이익(억원)	6,432	7,450	8,104	10,753	12,014
지배주주지분순이익(억원)	6,572	7,012	8,023	10,646	11,893
EPS(원)	9,338	9,962	11,398	15,126	16,898
증감율(%YoY)	199.6	6.7	14.4	32.7	11.7
PER(배)	21.9	22.0	20.0	15.0	13.5
PBR(배)	1.28	1.29	1.26	1.16	1.07
EV/EBITDA(배)	25.2	13.2	11.4	9.0	7.8
영업이익률(%)	1.8	7.8	8.1	8.6	0.0
ROE(%)	6.0	6.0	6.5	8.0	8.3
순부채비율(%)	1.1	13.3	13.0	19.5	22.2

**포괄손익계산서**

(단위 : 억원)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019F	2020F	2021F
<b>매출액</b>	63,466	91,583	105,187	119,305	132,668
매출원가	51,808	71,182	81,533	91,541	101,529
<b>매출총이익</b>	11,658	20,401	23,653	27,764	31,139
판매비	10,490	13,251	15,133	17,466	19,533
<b>영업이익</b>	1,169	7,150	8,521	10,298	11,606
<b>EBITDA</b>	5,768	12,972	15,634	20,889	25,154
<b>영업외손익</b>	7,072	3,213	1,626	2,912	3,172
이자수익	178	181	186	92	45
이자비용	228	518	533	565	596
외환관련이익	2,292	2,172	984	984	984
외환관련손실	2,141	2,617	984	984	984
중속 및 관계기업손익	6,954	3,422	1,973	3,384	3,722
기타	17	573	0	1	1
<b>법인세차감전이익</b>	8,241	10,362	10,147	13,210	14,777
법인세비용	1,809	2,912	2,043	2,456	2,764
계속사업손익	6,432	7,450	8,104	10,753	12,014
<b>당기순이익</b>	6,432	7,450	8,104	10,753	12,014
<b>지배주주순이익</b>	6,572	7,012	8,023	10,646	11,893
<b>증감율 및 수익성 (%)</b>					
매출액 증감율	22.0	44.3	14.9	13.4	11.2
영업이익 증감율	흑전	511.6	19.2	20.9	12.7
EBITDA 증감율	흑전	124.9	20.5	33.6	20.4
지배주주순이익 증감율	199.5	6.7	14.4	32.7	11.7
EPS 증감율	199.6	6.7	14.4	32.7	11.7
매출총이익률(%)	18.4	22.3	22.5	23.3	23.5
영업이익률(%)	1.8	7.8	8.1	8.6	8.7
EBITDA Margin(%)	9.1	14.2	14.9	17.5	19.0
지배주주순이익률(%)	10.4	7.7	7.6	8.9	9.0

**현금흐름표**

(단위 : 억원)

12월 결산, IFRS 별도	2017A	2018A	2019F	2020F	2021F
<b>영업활동 현금흐름</b>	-2,501	2,606	8,411	13,156	17,427
당기순이익	6,432	7,450	8,104	10,753	12,014
비현금항목의 가감	286	6,297	7,219	9,823	12,828
유형자산감가상각비	3,693	4,912	6,299	10,029	13,161
무형자산감가상각비	906	911	814	561	387
지분법평가손익	-7,001	-3,633	-1,973	-3,384	-3,722
기타	2,688	4,107	2,079	2,617	3,002
영업활동자산부채증감	-8,413	-9,792	-4,776	-4,748	-4,355
매출채권및기타채권의감소	-3,028	-7,858	-2,319	-2,382	-2,221
채고자산의감소	-1,163	-5,045	-2,488	-2,558	-2,388
매입채무및기타채무의증가	1,772	1,475	1,352	1,400	1,359
기타	-5,994	1,636	-1,321	-1,208	-1,105
기타현금흐름	-806	-1,349	-2,136	-2,672	-3,060
<b>투자활동 현금흐름</b>	893	-17,047	-7,267	-22,193	-22,387
유형자산의 취득	-9,915	-21,461	-22,534	-23,661	-23,661
유형자산의 처분	344	37	0	0	0
무형자산의 순취득	151	-127	0	0	0
투자자산의감소(증가)	-1,557	2,774	13,651	0	0
단기금융자산의감소(증가)	8,185	-361	-474	-622	-816
기타	3,685	2,091	2,090	2,090	2,090
<b>재무활동 현금흐름</b>	3,534	17,561	422	1,422	1,422
차입금의 증가(감소)	5,138	18,187	1,000	2,000	2,000
자본금, 자본잉여금의 증가(감소)	0	0	0	0	0
자기주식처분(취득)	-934	0	0	0	0
배당금지급	-700	-717	-669	-669	-669
기타	30	91	91	91	91
기타현금흐름	47	-44	-1,612	-1,612	-1,612
<b>현금 및 현금성자산의 순증가</b>	1,973	3,076	-46	-9,227	-5,150
기초현금 및 현금성자산	10,117	12,090	15,166	15,120	5,892
기말현금 및 현금성자산	12,090	15,166	15,120	5,892	742

**재무상태표**

(단위 : 억원)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019F	2020F	2021F
<b>유동자산</b>	35,846	55,193	60,569	57,050	57,476
현금 및 현금성자산	12,090	15,166	15,120	5,892	742
단기금융자산	1,153	1,514	1,988	2,610	3,426
매출채권 및 기타채권	11,291	16,317	18,635	21,017	23,238
채고자산	9,666	17,457	19,944	22,502	24,890
기타유동자산	2,799	6,253	6,870	7,639	8,606
<b>비유동자산</b>	121,571	138,304	142,047	158,502	172,337
투자자산	80,086	80,734	69,056	72,440	76,162
유형자산	29,303	46,083	62,319	75,950	86,450
무형자산	8,974	8,663	7,849	7,288	6,901
기타비유동자산	3,208	2,824	2,823	2,824	2,824
<b>자산총계</b>	157,417	193,497	202,617	215,552	229,813
<b>유동부채</b>	26,641	40,128	41,480	43,879	46,239
매입채무 및 기타채무	13,259	19,820	21,171	22,571	23,930
단기금융부채	10,793	17,546	17,546	18,546	19,546
기타유동부채	2,589	2,762	2,763	2,762	2,763
<b>비유동부채</b>	16,256	31,117	30,938	30,877	30,922
장기금융부채	3,655	15,441	16,441	17,441	18,441
기타비유동부채	12,601	15,676	14,497	13,436	12,481
<b>부채총계</b>	42,897	71,245	72,418	74,756	77,160
<b>지배자본</b>	112,573	119,340	127,206	137,695	149,432
자본금	3,567	3,567	3,567	3,567	3,567
자본잉여금	50,427	50,379	50,379	50,379	50,379
기타자본	-3,451	-3,451	-3,451	-3,451	-3,451
기타포괄손익누계액	6,024	2,720	3,233	3,745	4,258
이익잉여금	56,006	66,125	73,748	83,455	94,679
비지배자본	1,947	2,912	2,993	3,101	3,221
<b>자본총계</b>	114,520	122,252	130,199	140,796	152,653

**투자지표**

(단위 : 원, %, 배)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019F	2020F	2021F
<b>주당지표(원)</b>					
EPS	9,338	9,962	11,398	15,126	16,898
BPS	159,945	169,560	180,736	195,639	212,315
CFPS	9,544	19,533	21,770	29,235	35,295
DPS	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>주가배수(배)</b>					
PER	21.9	22.0	20.0	15.0	13.5
PER(최고)	25.1	26.4	22.0		
PER(최저)	10.9	16.9	17.0		
PBR	1.28	1.29	1.26	1.16	1.07
PBR(최고)	1.46	1.55	1.39		
PBR(최저)	0.64	0.99	1.07		
PSR	2.27	1.68	1.52	1.34	1.21
PCFR	21.4	11.2	10.5	7.8	6.4
EV/EBITDA	25.2	13.2	11.4	9.0	7.8
<b>주요비율(%)</b>					
배당성향(% , 보통주, 현금)	10.2	8.8	8.1	6.1	5.4
배당수익률(% , 보통주, 현금)	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
ROA	4.2	4.2	4.1	5.1	5.4
ROE	6.0	6.0	6.5	8.0	8.3
ROIC	5.9	11.4	6.9	7.4	7.4
매출채권회전율	6.2	6.6	6.0	6.0	6.0
채고자산회전율	7.5	6.8	5.6	5.6	5.6
부채비율	37.5	58.3	55.6	53.1	50.5
순차입금비율	1.1	13.3	13.0	19.5	22.2
이자보상배율, 현금)	5.1	13.8	16.0	18.2	19.5
<b>총차입금</b>	14,448	32,987	33,987	35,987	37,987
순차입금	1,205	16,307	16,880	27,486	33,820
NOPLAT	5,768	12,972	15,634	20,889	25,154
FCF	-10,763	-18,786	-14,571	-10,496	-5,988



BUY(Maintain)

주가(4/19) 366,500원

목표주가 480,000원

화학/정유 Analyst 이동욱

02) 3787-3688 treestump@kiwoom.com

LG화학의 올해 전지부문은 큰 폭의 실적 성장이 예상됩니다. 신규 수주 확대 및 기존 수주 증량으로 자동차 전지 매출액이 크게 증가하고, Non-IT용 원통형 전지 수요가 견조하기 때문입니다. 또한 동사는 배터리 수직계열화 구축으로 외부 불확실성을 지속적으로 줄이고 있습니다.

Stock Data

KOSPI (4/19)	2,216.15pt		
시가총액	258,721억원		
52주 주가동향	최고가	최저가	
	394,500원	307,000원	
최고/최저가 대비 등락	-6.5%	20.2%	
주가수익률	절대	상대	
	1M	0.8%	-0.7%
	6M	16.4%	13.0%
	1Y	-1.9%	9.9%

Company Data

발행주식수	70,592천주
일평균 거래량(3M)	199천주
외국인 지분율	39.0%
배당수익률(19.E)	1.6%
BP (19.E)	225,937원
주요 주주	LG 외 6인 33.4%

Price Trend



빠르게 증가하고 있는 전지 자산 규모

>>> 배터리, 양극재 내재화 비율 확대

현재 동사의 양극재 생산능력은 1.5만톤으로 내재화 비율이 25~30% 수준이다. 부족한 수요량은 국내/유럽/일본 등에서 구매하고 있다. 동사는 안정적인 원재료를 확보를 위하여 2020년까지 현재 양극재 생산능력을 3배 이상 증가시키며, 내재화 비율을 50%까지 확대할 계획이다. 한편 동사는 GEN3(NMC811) 등 차세대 배터리를 2021년경 출시할 계획으로 보인다. 참고로 GEN3 배터리는 실리콘을 사용하여 에너지 밀도가 높다.

>>> 메탈가격 연동 계약 확대

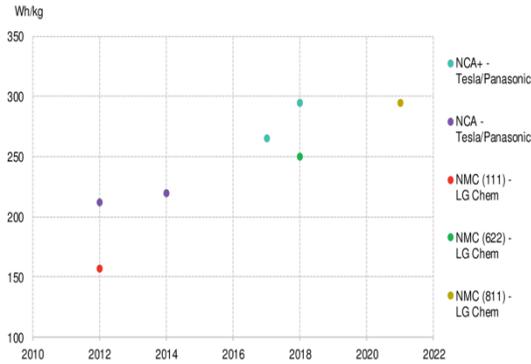
동사는 현재 EV 배터리 수주잔고의 약 70%를 메탈가격 연동 계약으로 체결한 것으로 보인다. 기존 2세대 수주는 메탈가격 연동 계약이 없었지만, 3세대 신규 수주 및 기존 수주 증량의 경우 메탈가격 연동 계약 추진 확대를 지속적으로 추진하였기 때문이다. 이에 과거 대비 원재료 가격에 대한 리스크가 감소할 전망이다.

>>> 전지부문 자산, 연평균 20% 증가 추세

동사의 작년 기준 기초소재와 전지부문 자산은 각각 10조원, 8.1조원으로 아직까지는 기초소재부문이 큰 상황이다. 하지만 지난 8년 동안 기초소재부문 자산은 연평균 약 5% 증가하였으나, 전지부문은 연평균 약 20% 증가하였다. 향후 여수 크래커 신증설 등 기초소재부문의 증설 투자에도 불구하고, 급격히 커지고 있는 전지부문의 투자를 고려하면, 빠르면 2022년에는 동사의 전지부문 자산이 기초소재부문을 상회할 수 있을 전망이다.

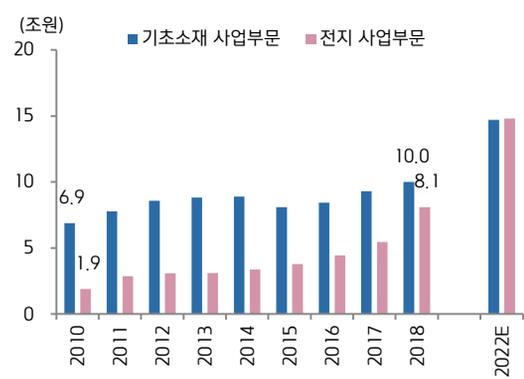
(십억원, IFRS 연결)	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
매출액	25,698.0	28,183.0	32,321.1	32,589.0	37,924.4
영업이익	2,928.5	2,246.1	1,828.6	2,125.9	2,574.3
EBITDA	4,330.5	3,733.3	3,544.4	4,424.5	5,126.5
세전이익	2,563.9	1,940.0	1,521.2	1,810.7	1,754.0
순이익	2,022.0	1,519.3	1,186.5	1,412.4	1,754.0
지배주주지분순이익	1,945.3	1,472.6	1,150.1	1,369.0	1,700.1
EPS(원)	24,854	18,812	14,691	17,488	21,718
증감율(% YoY)	43.4	-24.3	-21.9	19.0	24.2
PER(배)	16.3	18.4	25.1	21.1	17.0
PBR(배)	1.96	1.59	1.63	1.56	1.47
EV/EBITDA(배)	7.1	7.8	9.7	7.7	6.6
영업이익률(%)	11.4	8.0	5.7	6.5	0.0
ROE(%)	12.9	8.9	6.6	7.6	8.9
순부채비율(%)	1.6	16.2	36.6	32.5	29.0

### LG화학/Tesla 배터리 에너지 밀도 추이/전망



자료: BNEF, 각사, 키움증권 리서치

### LG화학 기초소재/전지부문 자산 추이/전망



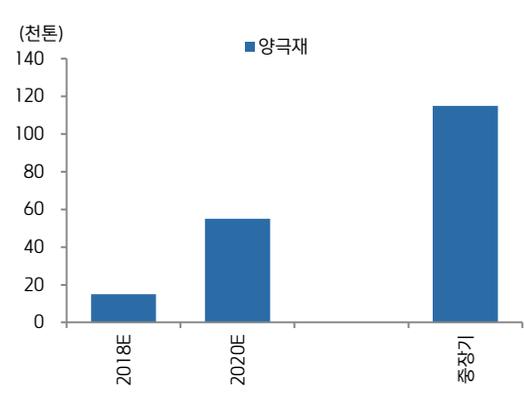
자료: LG화학, 키움증권 리서치

### LG화학 배터리 수직계열화 현황

구분	내용
원재료	중국 화유코발트 계약 체결 중국 간펑리튬 계약 체결(~2025) 호주 네마스카리튬 계약 체결(~2025) 캠코 지분 확보 코발트 블록체인 기술 활용
전구체/양극재/음극재	중국 화유코발트 합작 생산법인 설립 GS 이엠 양극재사업 인수 청주 양극재 생산시설 확장 미국 Enegate 지분 투자
배터리	생산

자료: LG화학, 키움증권 리서치

### LG화학 양극재 생산능력 전망



자료: LG화학, 키움증권 리서치

### LG화학 실적 전망 (십억원)

	1Q18	2Q18	3Q18	4Q18	1Q19E	2Q19E	3Q19E	4Q19E	2018	2019E	2020E
<b>매출액</b>	<b>6,554</b>	<b>7,052</b>	<b>7,235</b>	<b>7,343</b>	<b>7,389</b>	<b>7,843</b>	<b>8,248</b>	<b>8,841</b>	<b>28,183</b>	<b>32,321</b>	<b>32,589</b>
기초소재	4,359	4,671	4,671	4,357	3,977	4,466	4,581	4,501	18,058	17,526	17,966
정보전자소재	760	765	847	902	689	715	727	730	3,273	2,861	2,773
전지	1,245	1,494	1,704	2,077	2,389	2,380	2,760	3,440	6,520	10,970	10,840
생명과학	131	151	135	158	156	156	156	156	575	626	626
팜한농	237	188	92	83	253	201	99	89	600	642	687
<b>영업이익</b>	<b>651</b>	<b>703</b>	<b>602</b>	<b>290</b>	<b>293</b>	<b>476</b>	<b>530</b>	<b>529</b>	<b>2,246</b>	<b>1,829</b>	<b>2,126</b>
%	9.9%	10.0%	8.3%	3.9%	4.0%	6.1%	6.4%	6.0%	8.0%	5.7%	6.5%
기초소재	637	705	548	242	293	417	426	422	2,131	1,558	1,656
정보전자소재	-10	-22	12	-9	14	11	12	9	-28	46	37
전지	2	27	84	96	-45	47	121	132	209	255	463
생명과학	7	16	13	14	13	13	13	13	50	50	50
팜한농	45	11	-19	-23	50	17	-10	-15	15	42	42

자료: LG화학, 키움증권 리서치

**포괄손익계산서**

(단위: 십억원)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
<b>매출액</b>	25,698.0	28,183.0	32,321.1	32,589.0	37,924.4
매출원가	20,134.5	22,836.8	26,938.8	26,842.4	31,168.1
매출총이익	5,563.5	5,346.2	5,382.3	5,746.6	6,756.3
판매비	2,635.1	3,100.1	3,553.7	3,620.7	4,182.0
<b>영업이익</b>	2,928.5	2,246.1	1,828.6	2,125.9	2,574.3
<b>EBITDA</b>	4,330.5	3,733.3	3,544.4	4,424.5	5,126.5
<b>영업외손익</b>	-364.6	-306.0	-307.3	-315.2	-325.6
이자수익	30.2	47.8	44.9	100.2	152.8
이자비용	99.9	135.5	226.4	289.4	352.5
외환관련이익	555.2	485.6	429.1	429.1	429.1
외환관련손실	615.7	555.2	427.7	427.7	427.7
중속 및 관계기업손익	6.6	5.1	5.1	5.1	5.1
기타	-241.0	-153.8	-132.3	-132.5	-132.4
<b>법인세차감전이익</b>	2,563.9	1,940.0	1,521.2	1,810.7	2,248.7
법인세비용	541.9	420.7	334.7	398.4	494.7
계속사업손익	2,022.0	1,519.3	1,186.5	1,412.4	1,754.0
당기순이익	2,022.0	1,519.3	1,186.5	1,412.4	1,754.0
<b>지배주주순이익</b>	1,945.3	1,472.6	1,150.1	1,369.0	1,700.1
<b>증감률 및 수익성 (%)</b>					
매출액 증감률	24.4	9.7	14.7	0.8	16.4
영업이익 증감률	47.0	-23.3	-18.6	16.3	21.1
EBITDA 증감률	30.1	-13.8	-5.1	24.8	15.9
지배주주순이익 증감률	51.8	-24.3	-21.9	19.0	24.2
EPS 증감률	43.4	-24.3	-21.9	19.0	24.2
매출총이익률(%)	21.6	19.0	16.7	17.6	17.8
영업이익률(%)	11.4	8.0	5.7	6.5	6.8
EBITDA Margin(%)	16.9	13.2	11.0	13.6	13.5
지배주주순이익률(%)	7.6	5.2	3.6	4.2	4.5

**현금흐름표**

(단위: 십억원)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
<b>영업활동 현금흐름</b>	3,180.7	2,125.0	5,539.6	7,642.3	7,506.2
당기순이익	0.0	0.0	1,186.5	1,412.4	1,754.0
비현금항목의 가감	1,867.3	2,212.2	2,906.2	3,560.4	3,920.7
유형자산감가상각비	1,305.3	1,379.3	1,595.6	2,192.8	2,459.1
무형자산감가상각비	96.7	107.9	120.2	105.8	93.1
지분법평가손익	-7.7	-26.3	-5.1	-5.1	-5.1
기타	473.0	751.3	1,195.5	1,266.9	1,373.6
영업활동자산부채증감	-714.8	-1,264.4	13.0	1,307.2	575.9
매출채권및기타채권의감소	-971.5	52.1	-684.9	-44.3	-883.0
재고자산의감소	-395.8	-958.7	-629.8	-40.8	-812.1
매입채무및기타채무의증가	328.3	165.4	1,356.6	1,422.6	2,302.8
기타	324.2	-523.2	-28.9	-30.3	-31.8
기타현금흐름	2,028.2	1,177.2	1,433.9	1,362.3	1,255.6
<b>투자활동 현금흐름</b>	-1,640.4	-3,639.0	-6,255.4	-4,185.0	-4,187.9
유형자산의 취득	-2,252.6	-4,219.4	-6,200.0	-4,000.0	-4,000.0
유형자산의 처분	402.7	442.0	0.0	0.0	0.0
무형자산의 순취득	-90.0	-107.6	0.0	0.0	0.0
투자자산의감소(증가)	3.2	-66.6	79.5	-13.9	-13.9
단기금융자산의감소(증가)	224.3	486.8	39.4	3.2	0.3
기타	72.0	-174.2	-174.3	-174.3	-174.3
<b>재무활동 현금흐름</b>	-736.5	1,793.8	3,186.8	2,086.8	2,086.8
차입금의 증가(감소)	-348.6	2,241.5	3,600.0	2,500.0	2,500.0
자본금,자본잉여금의 증가(감소)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
자기주식처분(취득)	-2.3	-0.7	0.0	0.0	0.0
배당금지급	-385.7	-493.9	-460.1	-460.1	-460.1
기타	0.1	46.9	46.9	46.9	46.9
기타현금흐름	-28.9	-15.4	-2,588.3	-2,588.3	-2,588.3
<b>현금 및 현금성자산의 순증가</b>	775.0	264.4	-1,117.3	2,955.8	2,816.8
기초현금 및 현금성자산	1,474.4	2,249.3	2,513.7	2,396.4	5,352.3
기말현금 및 현금성자산	2,249.3	2,513.7	2,396.4	5,352.3	8,169.0

**재무상태표**

(단위: 십억원)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
<b>유동자산</b>	11,205.6	12,088.5	13,275.4	16,343.5	20,887.0
현금 및 현금성자산	2,249.3	2,513.7	2,396.4	5,352.3	8,169.0
단기금융자산	529.7	42.9	3.5	0.3	0.0
매출채권 및 기타채권	4,689.7	4,664.4	5,349.3	5,393.6	6,276.6
재고자산	3,352.5	4,289.5	4,919.3	4,960.1	5,772.1
기타유동자산	914.1	620.9	610.4	637.5	669.3
<b>비유동자산</b>	13,835.6	16,855.6	21,265.3	22,985.7	24,452.5
투자자산	352.5	424.1	349.7	368.7	387.6
유형자산	11,211.5	13,839.2	18,443.5	20,250.7	21,791.6
무형자산	1,823.2	2,006.2	1,886.0	1,780.2	1,687.2
기타비유동자산	448.4	586.1	586.1	586.1	586.1
<b>자산총계</b>	25,041.2	28,944.1	34,540.7	39,329.2	45,339.5
<b>유동부채</b>	6,644.7	7,273.5	8,630.1	10,052.8	12,355.6
매입채무 및 기타채무	4,212.8	5,133.3	6,489.9	7,912.6	10,215.4
단기금융부채	1,451.3	1,631.6	1,631.6	1,631.6	1,631.6
기타유동부채	980.6	508.6	508.6	508.6	508.6
<b>비유동부채</b>	2,058.0	4,348.5	7,948.5	10,448.5	12,948.5
장기금융부채	1,593.6	3,738.4	7,338.4	9,838.4	12,338.4
기타비유동부채	464.4	610.1	610.1	610.1	610.1
<b>부채총계</b>	8,702.6	11,622.0	16,578.6	20,501.2	25,304.0
<b>지배자본</b>	16,168.5	17,083.0	17,686.6	18,509.0	19,662.6
자본금	391.4	391.4	391.4	391.4	391.4
자본잉여금	2,274.4	2,274.6	2,274.6	2,274.6	2,274.6
기타자본	-362.7	-374.2	-374.2	-374.2	-374.2
기타포괄손익누계액	-173.8	-203.0	-289.5	-375.9	-462.4
이익잉여금	14,039.3	14,994.3	15,684.3	16,593.2	17,833.2
비지배자본	170.1	239.1	275.6	319.0	372.9
<b>자본총계</b>	16,338.6	17,322.1	17,962.1	18,828.0	20,035.5

**투자지표**

(단위: 원, %, 배)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
<b>주당지표(원)</b>					
EPS	24,854	18,812	14,691	17,488	21,718
BPS	206,544	218,227	225,937	236,443	251,179
CFPS	49,691	47,668	52,282	63,524	72,491
DPS	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
<b>주가배수(배)</b>					
PER	16.3	18.4	25.1	21.1	17.0
PER(최고)	17.1	23.8	27.2		
PER(최저)	10.0	16.1	21.9		
PBR	1.96	1.59	1.63	1.56	1.47
PBR(최고)	2.06	2.05	1.77		
PBR(최저)	1.20	1.38	1.42		
PSR	1.23	0.96	0.89	0.89	0.76
PCFR	8.2	7.3	7.1	5.8	5.1
EV/EBITDA	7.1	7.8	9.7	7.7	6.6
<b>주요비율(%)</b>					
배당성향(%, 보통주, 현금)	20.5	27.2	34.9	29.3	23.6
배당수익률(%, 보통주, 현금)	1.5	1.7	1.6	1.6	1.6
ROA	8.9	5.6	3.7	3.8	4.1
ROE	12.9	8.9	6.6	7.6	8.9
ROIC	14.2	9.1	6.4	6.7	8.0
매출채권회전율	6.1	6.0	6.5	6.1	6.5
재고자산회전율	8.1	7.4	7.0	6.6	7.1
부채비율	53.3	67.1	92.3	108.9	126.3
순차입금비율	1.6	16.2	36.6	32.5	29.0
이자보상배율	29.3	16.6	8.1	7.3	7.3
<b>총차입금</b>	3,044.9	5,370.0	8,970.0	11,470.0	13,970.0
순차입금	265.9	2,813.4	6,570.1	6,117.5	5,800.9
NONPLAT	4,330.5	3,733.3	3,544.4	4,424.5	5,126.5
FCF	947.4	-2,014.5	-3,044.8	1,264.0	1,136.0

SK이노베이션(096770)



BUY(Maintain)

주가(4/19) 191,000원

목표주가 260,000원

화학/정유 Analyst 이동욱

02) 3787-3688 treestump@kiwoom.com

SK이노베이션은 사업 다각화 확대 및 정유사업 실적 변동성 해지를 위하여, 배터리/분리막의 공격적인 투자를 진행하고 있습니다. 배터리의 수주잔고/생산능력 및 분리막의 높은 마진을 등을 현재 시가총액에 추가할 필요가 있어 보입니다.

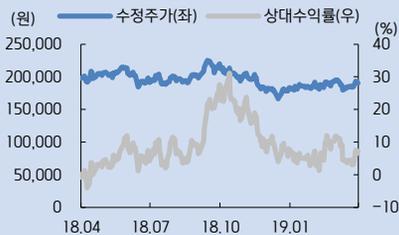
## Stock Data

KOSPI (4/19)	2,216.15pt		
시가총액	176,609원		
52주 주가동향	최고가	최저가	
	225,500원	166,500원	
최고/최저가 대비 등락	-15.5%	14.4%	
주가수익률	절대	상대	
	1M	-1.3%	-2.8%
	6M	-13.4%	-16.0%
	1Y	-4.3%	7.2%

## Company Data

발행주식수	92,466천주
일평균 거래량(3M)	223주
외국인 지분율	38.2%
배당수익률(19.E)	4.2%
BP (19.E)	206.639원
주요 주주	SK 외 2인 33.4%

## Price Trend



## 배터리/LiBS의 밸류를 반영해야 한다

## &gt;&gt;&gt; 2022년 배터리 생산능력, 60GWh 목표

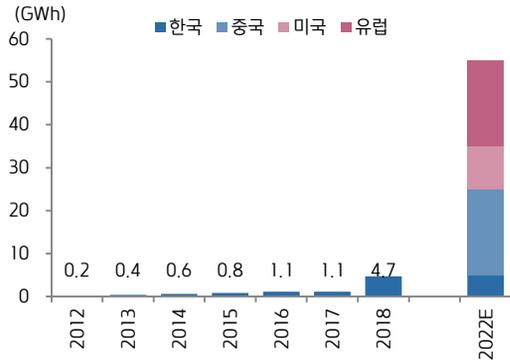
동사는 약 1조원을 투자해, 유럽 지역에 2번째 배터리 생산기지를 건설할 계획이다. 2번째 배터리 라인은 기존 헝가리 코마롬 유희부지를 활용해, 2022년 초부터 본격적인 양산을 시작할 것으로 보인다. 한편 동사는 국내 서산(4.7GWh), 헝가리 코마롬(7.5GWh, 1차), 중국 창저우(7.5GWh), 미국 조지아(9.8GWh) 등을 포함해 2022년까지 60GWh의 배터리 생산능력을 확보할 계획이다. 안정적 재무구조를 바탕으로 한 공격적 배터리 투자 및 수주잔고 확대에도 불구하고, 동사의 시가총액은 배터리 부문의 밸류에이션을 전혀 반영하지 못하고 있다. 참고로 동사의 배터리 생산능력은 작년 4.7GWh에서 2020년 20GWh로 증가할 전망이다.

## &gt;&gt;&gt; 분리막 가치, 시총 20% 상승 요인

동사는 분리막(LiBS) 사업을 4월 1일 물적분할하였다. 사업 전문성 제고, 경영 효율성 강화 및 높은 마진을 확보로 배터리부문과 다르게 모 기업의 자금 인큐베이팅이 더 이상 필요한 상황이 아니기 때문이다. 작년 상반기 국내 No.10/11호기 생산라인이 가동된 동사의 분리막 사업은 작년 800억원을 상회하는 영업이익을 기록하였다. 국내 No.12/13호기, 중국 창저우 라인이 본격적으로 가동하는 2021년에는 작년 대비 생산량이 약 3배 증가할 전망이다. ASP 하락 등을 적용하더라도, 동사의 분리막 사업은 2021년 2,000억원을 상회하는 영업이익을 기록할 전망이다. 경쟁사의 Valuation을 적용하면, 동사의 분리막 가치는 보수적으로도 3~4조원 수준으로 평가된다.

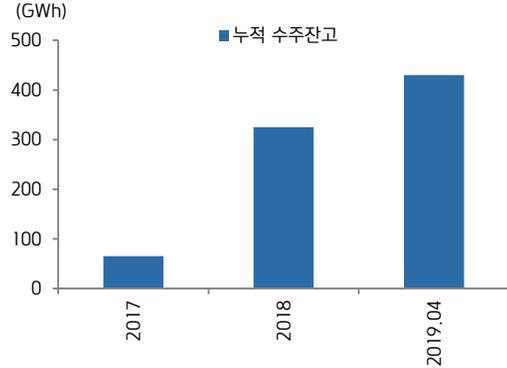
(십억원, IFRS 연결)	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
매출액	46,162.7	54,510.9	57,206.0	59,458.8	59,811.3
영업이익	3,221.8	2,117.6	2,174.9	2,621.8	2,813.9
EBITDA	4,121.8	3,056.5	3,167.3	3,667.4	3,907.3
세전이익	3,223.7	2,402.4	2,437.5	2,877.0	2,394.7
순이익	2,145.1	1,710.0	1,901.2	2,244.1	2,394.7
지배주주지분순이익	2,103.8	1,651.5	1,836.2	2,167.3	2,312.7
EPS(원)	22,449	17,622	19,593	23,127	24,679
증감율(% YoY)	25.9	-21.5	11.2	18.0	6.7
PER(배)	9.1	10.2	9.7	8.2	7.7
PBR(배)	1.06	0.93	0.92	0.85	0.79
EV/EBITDA(배)	5.2	7.0	7.0	5.9	5.3
영업이익률(%)	7.0	3.9	3.8	4.4	0.0
ROE(%)	12.0	9.1	9.8	10.8	10.6
순부채비율(%)	6.9	17.8	14.9	11.7	7.0

### SK이노베이션 배터리 생산능력 추이/전망



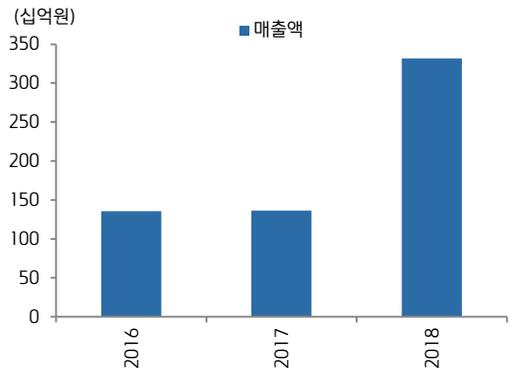
자료: SK이노베이션, 키움증권 리서치

### SK이노베이션 배터리 누적 수주잔고 추이



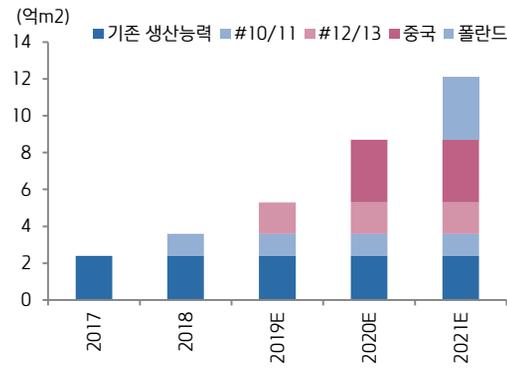
자료: 각사, 키움증권 리서치

### SK이노베이션 배터리 매출액 추이



자료: SK이노베이션, 키움증권 리서치

### SK이노베이션 분리막 생산능력 추이/전망



자료: SK이노베이션, 키움증권 리서치

### SK이노베이션 실적 전망 (십억원)

	2018				2019				2018	2019E	2020E
	1Q	2Q	3Q	4Q	1QE	2QE	3QE	4QE	Annual		
합계	12,166	13,438	14,959	13,948	13,944	14,161	14,692	14,409	54,511	57,206	59,459
에너지	8,687	9,773	10,900	9,833	9,823	9,980	10,342	10,267	39,194	40,412	41,793
매출액	2,439	2,532	2,886	2,828	2,962	3,008	3,118	2,941	10,684	12,029	12,445
루브리컨츠	780	818	823	846	761	773	801	796	3,266	3,131	3,465
이노베이션/기타	260	316	350	441	398	400	430	405	1,367	1,634	1,756
영업 이익	712	852	836	-281	244	564	794	573	2,118	2,175	2,622
에너지	5.8%	6.3%	5.6%	-2.0%	1.8%	4.0%	5.4%	4.0%	3.9%	3.8%	4.4%
종합화학	325	533	408	-554	-33	263	520	335	713	1,086	1,351
루브리컨츠	285	238	346	250	253	275	243	209	1,118	980	985
이노베이션/기타	129	126	132	74	70	71	73	73	461	287	456

자료: SK이노베이션, 키움증권 리서치

**포괄손익계산서**

(단위: 십억원)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
<b>매출액</b>	46,162.7	54,510.9	57,206.0	59,458.8	59,811.3
매출원가	40,824.8	50,529.2	53,070.7	54,800.4	54,947.7
매출총이익	5,337.8	3,981.7	4,135.3	4,658.4	4,863.6
판매비	2,116.0	1,864.1	1,960.4	2,036.6	2,049.7
<b>영업이익</b>	3,221.8	2,117.6	2,174.9	2,621.8	2,813.9
<b>EBITDA</b>	4,121.8	3,056.5	3,167.3	3,667.4	3,907.3
<b>영업외손익</b>	1.9	284.8	262.6	255.3	256.2
이자수익	76.0	88.3	115.1	144.1	181.4
이자비용	206.3	259.5	293.3	327.0	360.7
외환관련이익	1,210.9	942.3	844.9	861.8	879.1
외환관련손실	1,108.9	1,043.2	974.7	994.2	1,014.0
중속 및 관계기업손익	311.3	155.2	155.2	155.2	155.2
기타	-281.1	401.7	415.4	415.4	415.2
<b>법인세차감이익</b>	3,223.7	2,402.4	2,437.5	2,877.0	3,070.1
법인세비용	1,076.4	705.4	536.2	632.9	675.4
계속사업손손익	2,147.3	1,696.9	1,901.2	2,244.1	2,394.7
당기순이익	2,145.1	1,710.0	1,901.2	2,244.1	2,394.7
<b>지배주주순이익</b>	2,103.8	1,651.5	1,836.2	2,167.3	2,312.7
<b>증감률 및 수익성 (%)</b>					
매출액 증감률	16.8	18.1	4.9	3.9	0.6
영업이익 증감률	-0.2	-34.3	2.7	20.5	7.3
EBITDA 증감률	-0.5	-25.8	3.6	15.8	6.5
지배주주순이익 증감률	25.9	-21.5	11.2	18.0	6.7
EPS 증감률	25.9	-21.5	11.2	18.0	6.7
매출총이익률(%)	11.6	7.3	7.2	7.8	8.1
영업이익률(%)	7.0	3.9	3.8	4.4	4.7
EBITDA Margin(%)	8.9	5.6	5.5	6.2	6.5
지배주주순이익률(%)	4.6	3.0	3.2	3.6	3.9

**현금흐름표**

(단위: 십억원)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
<b>영업활동 현금흐름</b>	2,180.2	1,728.1	2,632.6	3,084.2	3,521.5
당기순이익	2,145.1	1,710.0	1,901.2	2,244.1	2,394.7
비현금항목의 가감	1,992.2	2,013.4	1,749.4	1,904.1	1,990.8
유형자산감가상각비	791.0	845.8	865.7	927.4	983.1
무형자산감가상각비	109.0	93.1	126.7	118.2	110.3
지분법평가손익	-425.4	-245.0	-245.0	-245.0	-245.0
기타	1,517.6	1,319.5	1,002.0	1,103.5	1,142.4
영업활동자산부채증감	-1,214.2	-1,154.2	-351.7	-296.2	-57.2
매출채권및기타채권의감소	-957.1	206.7	-263.7	-220.4	-34.5
재고자산의감소	-1,501.0	-480.9	-305.5	-255.4	-40.0
매입채무및기타채무의증가	1,272.8	-628.6	229.4	191.7	29.6
기타	-28.9	-251.4	-11.9	-12.1	-12.3
기타현금흐름	-742.9	-841.1	-666.3	-767.8	-806.8
<b>투자활동 현금흐름</b>	-1,066.1	-2,476.8	-2,098.0	-2,533.6	-2,655.6
유형자산의 취득	-938.4	-1,278.9	-1,500.0	-1,500.0	-1,500.0
유형자산의 처분	74.5	37.1	0.0	0.0	0.0
무형자산의 순취득	-69.7	-209.1	0.0	0.0	0.0
투자자산의감소(증가)	67.0	-449.0	64.8	-268.4	-268.4
단기금융자산의감소(증가)	772.1	-448.4	-534.3	-636.7	-758.7
기타	-971.6	-128.5	-128.5	-128.5	-128.5
<b>재무활동 현금흐름</b>	-1,670.7	586.1	342.8	345.4	345.4
차입금의 증가(감소)	-910.6	2,408.9	1,050.0	1,050.0	1,050.0
자본금, 자본잉여금의 증가(감소)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
자기주식처분(취득)	0.0	-1,001.8	0.0	0.0	0.0
배당금지급	-756.6	-822.2	-708.3	-705.8	-705.8
기타	-3.5	1.2	1.1	1.2	1.2
기타현금흐름	-83.8	14.9	-5.8	-8.3	-8.3
<b>현금 및 현금성자산의 순증가</b>	-640.5	-147.8	871.7	887.6	1,203.0
기초현금 및 현금성자산	2,644.2	2,003.7	1,855.9	2,727.6	3,615.2
기말현금 및 현금성자산	2,003.7	1,855.9	2,727.6	3,615.2	4,818.2

**재무상태표**

(단위: 십억원)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
<b>유동자산</b>	16,220.2	16,752.4	18,739.5	20,751.7	22,800.3
현금 및 현금성자산	2,003.7	1,855.9	2,727.6	3,615.2	4,818.1
단기금융자산	2,339.4	2,787.7	3,322.0	3,958.7	4,717.5
매출채권 및 기타채권	5,467.3	5,332.8	5,596.4	5,816.8	5,851.3
재고자산	5,979.6	6,179.8	6,485.3	6,740.7	6,780.7
기타유동자산	2,769.6	3,383.9	3,930.2	4,579.0	5,350.2
<b>비유동자산</b>	18,029.9	19,333.0	19,930.9	20,808.8	21,638.9
투자자산	2,820.3	3,424.5	3,514.8	3,938.3	4,361.8
유형자산	13,596.2	13,798.2	14,432.5	15,005.1	15,522.0
무형자산	1,501.4	2,007.0	1,880.3	1,762.0	1,651.7
기타비유동자산	112.0	103.3	103.3	103.4	103.4
<b>자산총계</b>	34,250.1	36,085.4	38,670.4	41,560.5	44,439.1
<b>유동부채</b>	9,954.8	8,940.6	9,170.1	9,361.8	9,391.4
매입채무 및 기타채무	7,730.6	7,114.8	7,344.3	7,536.0	7,565.6
단기금융부채	1,606.1	1,431.1	1,431.1	1,431.1	1,431.1
기타유동부채	618.1	394.7	394.7	394.7	394.7
<b>비유동부채</b>	4,986.0	7,816.8	8,866.8	9,916.8	10,966.8
장기금융부채	4,063.8	6,648.8	7,698.8	8,748.8	9,798.8
기타비유동부채	922.2	1,168.0	1,168.0	1,168.0	1,168.0
<b>부채총계</b>	14,940.8	16,757.4	18,036.8	19,278.6	20,358.2
<b>지배자본</b>	18,085.8	18,124.4	19,365.0	20,936.6	22,653.7
자본금	468.6	468.6	468.6	468.6	468.6
자본잉여금	5,765.8	5,765.8	5,765.8	5,765.8	5,765.8
기타자본	-136.1	-1,137.2	-1,137.2	-1,137.2	-1,137.2
기타포괄손익누계액	-54.2	97.0	207.1	317.2	427.3
이익잉여금	12,041.7	12,930.3	14,060.8	15,522.3	17,129.3
비지배자본	1,223.6	1,203.5	1,268.6	1,345.4	1,427.3
<b>자본총계</b>	19,309.3	19,328.0	20,633.6	22,282.0	24,081.0

**투자지표**

(단위: 원, %, 배)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019E	2020E	2021E
<b>주당지표(원)</b>					
EPS	22,449	17,622	19,593	23,127	24,679
BPS	192,989	193,402	206,639	223,410	241,733
CFPS	44,148	39,732	38,955	44,264	46,796
DPS	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
<b>주가배수(배)</b>					
PER	9.1	10.2	9.7	8.2	7.7
PER(최고)	9.7	12.9	10.1		
PER(최저)	6.5	9.8	8.5		
PBR	1.06	0.93	0.92	0.85	0.79
PBR(최고)	1.13	1.17	0.96		
PBR(최저)	0.75	0.89	0.80		
PSR	0.42	0.31	0.31	0.30	0.30
PCFR	4.6	4.5	4.9	4.3	4.1
EV/EBITDA	5.2	7.0	7.0	5.9	5.3
<b>주요비율(%)</b>					
배당성향(% , 보통주, 현금)	34.3	40.8	36.6	31.0	29.1
배당수익률(% , 보통주, 현금)	3.9	4.5	4.2	4.2	4.2
ROA	6.4	4.9	5.1	5.6	5.6
ROE	12.0	9.1	9.8	10.8	10.6
ROIC	13.3	8.8	8.1	9.4	9.8
매출채권회전율	9.4	10.1	10.5	10.4	10.3
재고자산회전율	8.9	9.0	9.0	9.0	8.8
부채비율	77.4	86.7	87.4	86.5	84.5
순차입금비율	6.9	17.8	14.9	11.7	7.0
이자보상배율	15.6	8.2	7.4	8.0	7.8
<b>총차입금</b>	5,669.8	8,079.9	9,129.9	10,179.9	11,229.9
순차입금	1,326.7	3,436.3	3,080.3	2,606.0	1,694.3
NOPLAT	4,121.8	3,056.5	3,167.3	3,667.4	3,907.3
FCF	1,144.0	59.0	837.1	1,294.4	1,731.0



BUY(Maintain)

주가(4/19) 58,300원

목표주가 73,000원

철강금속/유틸리티 Analyst 이중형  
02) 3787-5023 leejh@kiwoom.com

포스코켄텍에서 포스코케미칼로 사명을 변경한 동사는 4월 1일자로 POSCO 그룹내 양극재 회사인 포스코ESM과의 합병을 완료해 국내 유일의 양극재/음극재 업체가 되었습니다. 양/음극재의 대규모 설비증설과 POSCO 그룹의 전략적 지원으로 향후 가파른 성장이 예상되어 중장기 관점에서 주가 상승이 기대됩니다. 다만, 1분기 실적이 예상보다 부진할 것으로 전망해 목표주가는 7.3만원으로 하향하고 투자이견 Buy를 유지합니다.

Stock Data

KOSDAQ (4/19)	762.57pt	
시가총액	35,556억원	
52주 주가동향	최고가	최저가
	78,100원	35,100원
최고/최저가 대비 등락	-25.7%	65.2%
주가수익률	절대	상대
	1M	-9.4%
	6M	-17.0%
	1Y	49.3%
		77.0%

Company Data

발행주식수	60,988천주
일평균 거래량(3M)	514천주
외국인 지분율	11.9%
배당수익률(2019E)	0.7%
BPS(2019E)	15,455원
주요 주주	포스코 외 1인 64.3%

Price Trend



음극재와 양극재 양수검장

>>> ESM 합병완료로 양극재사업 통합

포스코켄텍에서 포스코케미칼로 사명을 변경한 동사는 4월 1일자로 POSCO 그룹내 양극재 회사인 포스코ESM과 합병을 완료함. 작년부터 증설이 진행중인 양극재 생산능력은 2018년말 9,000톤에서 2022년 5.7만톤까지 확대 예정. 신규 양극재 설비는 전기차용 NCM계열이 주력이며 생산능력 확대에 따라 2018년 800억원(140%YoY)의 양극재 매출액은 2019년 1,500억원으로 확대되고, 2021년이후에는 1조원 이상으로 급증 예상

>>> 음극재 사업은 기존 예상대로 순항

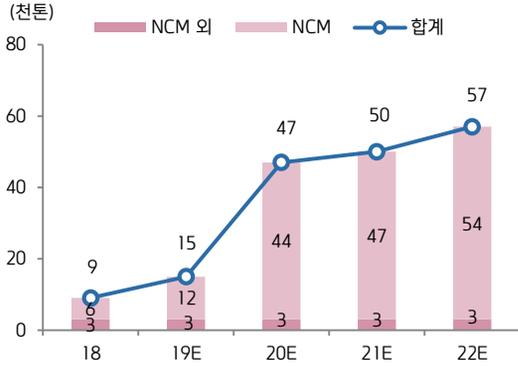
2018년 매출액 910억원(+138%YoY)으로 본격적인 성장궤도에 올라선 음극재 사업부는 예상대로 순항 중. 진행중인 증장기 설비증설이 순차적으로 완료되면서 음극재 생산능력은 2018년말 2.4만톤(+100%YoY)에서 2021년 7.4만톤으로 확대예정. 음극재 매출액은 2019년 1,500억원(+65%YoY), 2021년이후 3,000억원 이상으로 확대 전망

>>> POSCO 그룹내 신성장 중심축

그룹의 증장기 신성장 사업인 이차전지소재분야에서 포스코케미칼은 중추적인 역할을 담당 중. 향후 이차전지 시장의 폭발적 성장속에 대규모 양/음극재 설비증설과 그룹차원의 전략적 지원으로 향후 가파른 성장을 전망하며 증장기 관점에서 주가 상승 기대. 단, 1Q19 실적은 예상보다 부진할 것으로 예상되어 실적전망 하향과 함께 목표주가를 7.3만원으로 하향하고 투자이견 매수를 유지함. 목표주가는 2019~20년 평균 EPS에 Target PER 30배 적용

(십억원, IFRS 연결)	2017	2018	2019F	2020F
매출액	1,197.2	1,383.6	1,593.6	2,279.6
영업이익	104.0	106.3	124.4	183.6
EBITDA	118.2	122.6	147.5	233.1
세전이익	125.6	176.6	170.7	220.6
순이익	104.0	132.8	129.7	167.7
지배주주지분순이익	103.6	132.2	129.1	166.9
EPS(원)	1,753	2,237	2,087	2,653
증감률(% YoY)	137.0	27.6	-6.7	27.1
PER(배)	22.7	28.5	29.7	23.4
PBR(배)	3.65	5.02	4.01	3.54
EV/EBITDA(배)	18.6	29.8	24.8	16.9
영업이익률(%)	8.7	7.7	7.8	8.1
ROE(%)	17.2	19.0	15.0	16.1
순차입금비율(%)	-24.3	-15.5	-1.3	23.5

### 포스코케미칼 양극재 생산능력



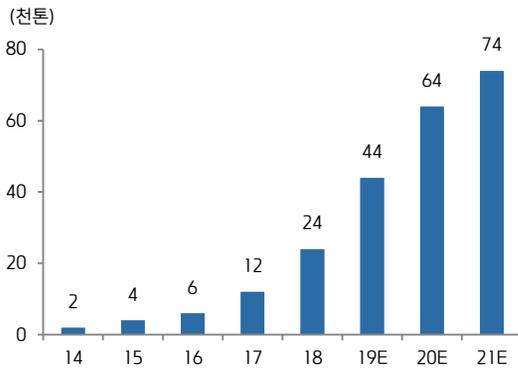
자료: 포스코케미칼, 키움증권

### 포스코케미칼 양극재 사업부 실적전망



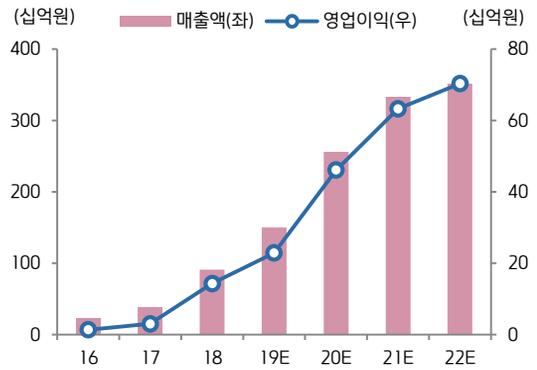
자료: 포스코케미칼, 키움증권

### 포스코케미칼 음극재 생산능력



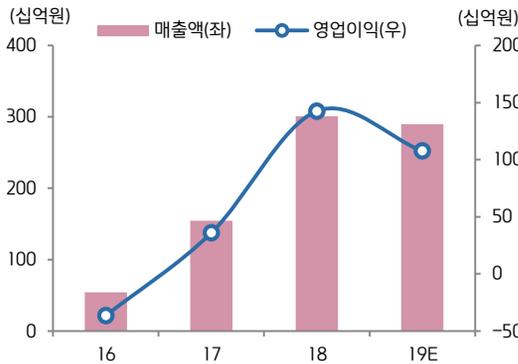
자료: 포스코케미칼, 키움증권

### 포스코케미칼 음극재 사업부 실적전망



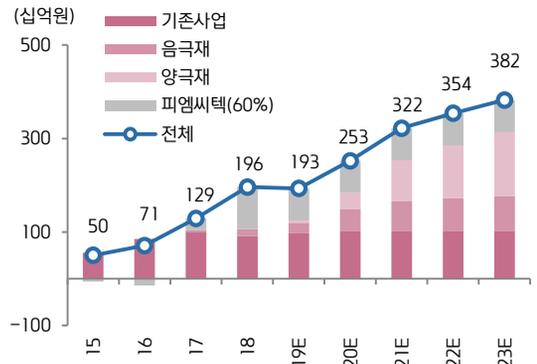
자료: 포스코케미칼, 키움증권

### 피엠씨텍 실적



자료: 포스코케미칼, 키움증권

### 포스코케미칼 사업부별 영업이익 전망



주: 피엠씨텍은 실제 손익계산서에 지분법손익으로 반영되나 그래프에서는 지분율 60%만큼 영업이익으로 간주

자료: 포스코케미칼, 키움증권

### 포스코케미칼 분기 실적전망

(단위: 십억원)	1Q18	2Q18	3Q18	4Q18	1Q19E	2Q19E	3Q19E	4Q19E
매출액	336.9	334.6	346.2	365.9	368.7	396.6	407.6	420.6
영업이익	23.1	20.9	33.1	29.2	25.7	31.0	32.5	35.1
영업이익률(%)	6.8	6.3	9.6	8.0	7.0	7.8	8.0	8.4
세전이익	41.0	41.8	50.0	43.8	33.1	42.2	43.7	46.3
지분법이익	17.7	21.0	17.8	14.3	9.5	13.6	13.6	13.6
순이익	31.5	32.1	37.2	32.0	25.1	32.1	33.2	35.2
지배주주 순이익	31.4	32.0	37.2	31.6	25.0	32.0	33.1	35.1

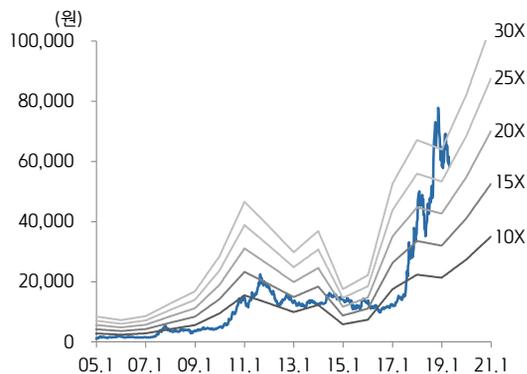
자료: 포스코케미칼, 키움증권

### 포스코케미칼 연간 실적전망 변경

(단위: 십억원)	변경전		변경후		차이(%)	
	2019E	2020E	2019E	2020E	2019E	2020E
매출액	1,594	2,280	1,594	2,280	0.0	0.0
영업이익	131	184	124	184	-5.1	0.0
영업이익률(%)	8.2	8.1	7.8	8.1		
세전이익	205	258	171	221	-16.8	-14.6
지분법이익	74	74	50	50	-32.5	-32.5
순이익	154	191	130	168	-15.7	-12.3
지배주주 순이익	153	190	129	167	-15.7	-12.3
지배주주 EPS(원)	2,523	3,109	2,134	2,737	-15.4	-12.0
지배주주 BPS(원)	16,803	19,416	15,939	18,055	-5.1	-7.0
지배주주 ROE(%)	17.2	17.2	15.0	16.1		

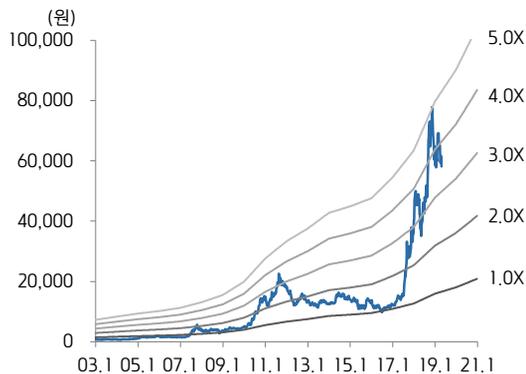
자료: 포스코케미칼, 키움증권

### 포스코케미칼 12mf PER밴드



자료: 포스코케미칼, 키움증권

### 포스코케미칼 12mf PBR밴드



자료: 포스코케미칼, 키움증권

**포괄손익계산서**

(단위: 십억원)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019F	2020F	2021F
<b>매출액</b>	1,197.2	1,383.6	1,593.6	2,279.6	3,111.6
매출원가	1,041.6	1,217.6	1,397.8	1,993.9	2,719.1
매출총이익	155.6	166.0	195.7	285.7	392.5
판관비	51.6	59.7	71.4	102.1	139.4
<b>영업이익</b>	104.0	106.3	124.4	183.6	253.1
<b>EBITDA</b>	118.2	122.6	147.5	233.1	329.2
영업외손익	21.6	70.3	46.3	37.0	29.1
이자수익	3.1	2.9	2.7	3.3	2.8
이자비용	1.5	1.5	5.6	15.4	22.8
외환관련이익	1.3	2.6	0.0	0.0	0.0
외환관련손실	2.2	2.0	0.0	0.0	0.0
종속 및 관계기업손익	28.6	70.9	50.3	50.3	50.3
기타	-7.7	-2.6	-1.1	-1.2	-1.2
<b>법인세차감이익</b>	125.6	176.6	170.7	220.6	282.2
법인세비용	21.6	43.8	41.0	52.9	67.7
계속사업손손익	104.0	132.8	129.7	167.7	214.5
<b>당기순이익</b>	104.0	132.8	129.7	167.7	214.5
<b>지배주주순이익</b>	103.6	132.2	129.1	166.9	213.5
<b>증감률 및 수익성 (%)</b>					
매출액 증감률	7.1	15.6	15.2	43.0	36.5
영업이익 증감률	21.9	2.2	17.0	47.6	37.9
EBITDA 증감률	18.4	3.7	20.3	58.0	41.2
지배주주순이익 증감률	137.1	27.6	-2.3	29.3	27.9
EPS 증감률	137.0	27.6	-6.7	27.1	27.9
매출총이익율(%)	13.0	12.0	12.3	12.5	12.6
영업이익률(%)	8.7	7.7	7.8	8.1	8.1
EBITDA Margin(%)	9.9	8.9	9.3	10.2	10.6
지배주주순이익률(%)	8.7	9.6	8.1	7.3	6.9

**재무상태표**

(단위: 십억원)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019F	2020F	2021F
<b>유동자산</b>	468.3	439.9	479.1	649.4	799.3
현금 및 현금성자산	104.1	120.5	115.5	141.7	116.9
단기금융자산	82.5	17.1	17.1	17.1	17.1
매출채권 및 기타채권	177.4	181.7	209.3	299.4	408.6
채고자산	98.6	108.9	125.4	179.4	244.9
기타유동자산	88.2	28.8	28.9	28.9	28.9
<b>비유동자산</b>	367.6	507.7	805.3	1,109.4	1,386.9
투자자산	123.9	193.5	238.1	288.0	338.0
유형자산	182.7	263.5	517.5	772.4	1,000.8
무형자산	5.8	7.1	6.1	5.3	4.6
기타비유동자산	55.2	43.6	43.6	43.7	43.5
<b>자산총계</b>	835.8	947.6	1,284.3	1,758.7	2,186.2
<b>유동부채</b>	158.9	152.7	166.3	210.9	264.9
매입채무 및 기타채무	138.7	125.0	138.6	183.1	237.2
단기금융부채	5.1	4.5	4.5	4.5	4.5
기타유동부채	15.1	23.2	23.2	23.3	23.2
<b>비유동부채</b>	24.8	36.8	136.8	436.8	636.8
장기금융부채	22.7	15.7	115.7	415.7	615.7
기타비유동부채	2.1	21.1	21.1	21.1	21.1
<b>부채총계</b>	183.7	189.5	303.1	647.7	901.7
<b>지배지분</b>	644.5	749.6	972.2	1,100.3	1,271.8
자본금	29.5	29.5	31.5	31.5	31.5
자본잉여금	23.7	23.7	151.0	151.0	151.0
기타지분	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
기타포괄손익누계액	-3.6	-2.5	-9.9	-17.3	-24.7
이익잉여금	594.8	698.9	799.7	935.1	1,114.1
비지배지분	7.7	8.5	9.1	9.8	10.8
<b>자본총계</b>	652.2	758.1	981.3	1,110.1	1,282.6

**현금흐름표**

(단위: 십억원)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019F	2020F	2021F
<b>영업활동 현금흐름</b>	55.5	84.6	82.7	79.6	131.8
당기순이익	104.0	132.8	129.7	167.7	214.5
비현금항목의 가감	24.1	9.4	32.0	79.7	128.9
유형자산감가상각비	12.6	15.6	22.2	48.7	75.4
무형자산감가상각비	1.6	0.8	1.0	0.8	0.7
자본법평가손익	-28.9	-70.9	-50.3	-50.3	-50.3
기타	38.8	63.9	59.1	80.5	103.1
영업활동자산부채증감	-47.7	-37.1	-35.1	-102.7	-123.9
매출채권및기타채권의감소	-28.6	0.4	-27.6	-90.1	-109.3
채고자산의감소	-42.2	-10.6	-16.5	-54.0	-65.5
매입채무및기타채무의증가	45.1	-14.1	13.6	44.5	54.0
기타	-22.0	-12.8	-4.6	-3.1	-3.1
기타현금흐름	-24.9	-20.5	-43.9	-65.1	-87.7
<b>투자활동 현금흐름</b>	-46.2	-38.7	-272.1	-305.1	-305.1
유형자산의 취득	-59.4	-100.9	-276.1	-303.7	-303.7
유형자산의 처분	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0
무형자산의 순취득	-1.3	-2.9	0.0	0.0	0.0
투자자산의감소(증가)	2.9	1.3	5.7	0.3	0.3
단기금융자산의감소(증가)	13.1	65.4	0.0	0.0	0.0
기타	-3.2	-1.8	-1.7	-1.7	-1.7
<b>재무활동 현금흐름</b>	-23.0	-29.4	205.5	271.7	168.5
차입금의 증가(감소)	-5.3	-8.7	100.0	300.0	200.0
자본금, 자본잉여금의 증가(감소)	0.0	0.0	129.2	0.0	0.0
자기주식처분(취득)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
배당금지급	-17.7	-20.8	-23.6	-28.3	-31.5
기타	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.0
기타현금흐름	0.0	0.0	-21.0	-21.0	-21.0
<b>현금 및 현금성자산의 순증가</b>	-13.8	16.4	-4.9	25.2	-25.7
기초현금 및 현금성자산	117.8	104.1	120.5	115.6	140.8
기말현금 및 현금성자산	104.1	120.5	115.6	140.8	115.0

**투자지표**

(단위: 원, 배, %)

12월 결산, IFRS 연결	2017A	2018A	2019F	2020F	2021F
<b>주당지표(원)</b>					
EPS	1,753	2,237	2,087	2,653	3,394
BPS	10,910	12,690	15,455	17,491	20,218
CFPS	2,167	2,406	2,613	3,932	5,459
DPS	350	400	450	500	550
<b>주가배수(배)</b>					
PER	22.7	28.5	29.7	23.4	18.3
PER(최고)	23.5	36.3	34.9		
PER(최저)	6.6	15.6	26.4		
PBR	3.65	5.02	4.01	3.54	3.07
PBR(최고)	3.78	6.41	4.72		
PBR(최저)	1.07	2.75	3.56		
PSR	1.96	2.72	2.41	1.71	1.25
PCFR	18.4	26.5	23.7	15.8	11.4
EV/EBITDA	18.6	29.8	24.8	16.9	12.6
<b>주요비율(%)</b>					
배당성향(% , 보통주, 현금)	19.9	17.8	21.8	18.8	16.1
배당수익률(% , 보통주, 현금)	0.9	0.6	0.7	0.8	0.9
ROA	13.3	14.9	11.6	11.0	10.9
ROE	17.2	19.0	15.0	16.1	18.0
ROIC	25.5	23.3	15.5	15.0	15.0
매출채권회전율	7.4	7.7	8.2	9.0	8.8
채고자산회전율	15.5	13.3	13.6	15.0	14.7
부채비율	28.2	25.0	30.9	58.3	70.3
순차입금비율	-24.3	-15.5	-1.3	23.5	37.9
이자보상배율	68.5	68.6	22.1	11.9	11.1
<b>총차입금</b>	27.8	20.2	120.2	420.2	620.2
순차입금	-158.7	-117.4	-12.4	261.4	486.2
NOPLAT	118.2	122.6	147.5	233.1	329.2
FCF	-7.4	-26.7	-193.6	-217.3	-159.1

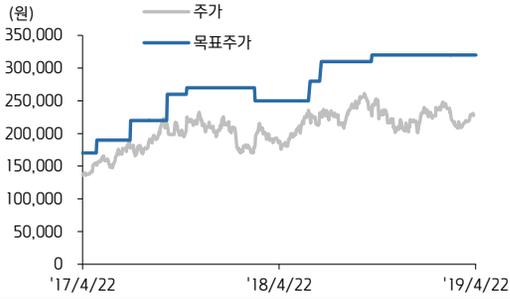
투자이건 변동내역 (2개년)

종목명	일자	투자이건	목표 주가	과리율(%)		종목명	일자	투자이건	목표 주가	과리율(%)			
				가격 대상 시점	평균 주가 대비					최고 주가 대비	가격 대상 시점	평균 주가 대비	최고 주가 대비
삼성SDI (006400)	2017/05/02	BUY(Maintain)	170,000원	6개월	-17.86	-8.82	LG화학 (051910)	2017-06-07	BUY (Maintain)	370,000원	6개월	-21.3	-20.9
	2017/05/18	BUY(Maintain)	190,000원	6개월	-16.76	-13.16		2017-06-14	BUY (Maintain)	370,000원	6개월	-22.7	-19.9
	2017/05/31	BUY(Maintain)	190,000원	6개월	-15.71	-6.84		2017-07-11	BUY (Maintain)	370,000원	6개월	-22.5	-19.1
	2017/07/06	BUY(Maintain)	190,000원	6개월	-13.47	-0.53		2017-07-13	BUY (Maintain)	400,000원	6개월	-20.2	-18.4
	2017/07/20	BUY(Maintain)	220,000원	6개월	-18.92	-17.27		2017-07-20	BUY (Maintain)	400,000원	6개월	-9.6	1.9
	2017/07/28	BUY(Maintain)	220,000원	6개월	-18.91	-12.50		2017-10-16	BUY (Maintain)	450,000원	6개월	-14.6	-12.1
	2017/08/31	BUY(Maintain)	220,000원	6개월	-14.38	1.36		2017-10-27	BUY (Maintain)	450,000원	6개월	-10.2	-5.9
	2017/09/26	BUY(Maintain)	260,000원	6개월	-22.16	-16.54		2017-11-29	BUY (Maintain)	580,000원	6개월	-29.0	-23.9
	2017/11/01	BUY(Maintain)	270,000원	6개월	-19.11	-13.89		2018-02-01	BUY (Maintain)	550,000원	6개월	-29.0	-23.8
	2017/12/11	BUY(Maintain)	270,000원	6개월	-20.60	-13.89		2018-03-27	BUY (Maintain)	550,000원	6개월	-30.2	-23.8
	2018/01/17	BUY(Maintain)	270,000원	6개월	-20.83	-13.89		2018-05-02	BUY (Maintain)	530,000원	6개월	-35.4	-33.1
	2018/01/24	BUY(Maintain)	270,000원	6개월	-24.80	-13.89		2018-05-25	BUY (Maintain)	530,000원	6개월	-35.2	-31.5
	2018/03/08	BUY(Maintain)	250,000원	6개월	-18.35	-13.80		2018-06-05	BUY (Maintain)	530,000원	6개월	-34.8	-28.2
	2018/03/20	BUY(Maintain)	250,000원	6개월	-22.48	-13.80		2018-07-13	BUY (Maintain)	530,000원	6개월	-35.0	-28.2
	2018/05/04	BUY(Maintain)	250,000원	6개월	-22.79	-13.80		2018-07-19	BUY (Maintain)	530,000원	6개월	-33.4	-26.2
	2018/05/21	BUY(Maintain)	250,000원	6개월	-22.26	-13.80		2018-10-10	BUY (Maintain)	480,000원	6개월	-32.5	-29.3
	2018/05/30	BUY(Maintain)	250,000원	6개월	-20.28	-5.80		2018-10-29	BUY (Maintain)	480,000원	6개월	-32.3	-29.3
	2018/06/18	BUY(Maintain)	280,000원	6개월	-19.64	-18.21		2018-10-31	BUY (Maintain)	480,000원	6개월	-30.4	-25.4
	2018/06/25	BUY(Maintain)	280,000원	6개월	-19.81	-18.21		2018-11-23	BUY (Maintain)	550,000원	6개월	-28.1	-21.0
	2018/06/29	BUY(Maintain)	280,000원	6개월	-20.76	-17.50		2019-01-31	BUY (Maintain)	480,000원	6개월	-27.2	-18.5
	2018/07/09	BUY(Maintain)	310,000원	6개월	-25.40	-23.55		2019-02-20	BUY (Maintain)	500,000원	6개월	-25.0	-21.1
	2018/07/31	BUY(Maintain)	310,000원	6개월	-24.18	-15.81		2019-04-01	BUY (Maintain)	480,000원	6개월	-22.1	-21.6
	2018/10/11	BUY(Maintain)	320,000원	6개월	-24.57	-21.09		2019-04-05	BUY (Maintain)	480,000원	6개월	-21.3	-19.0
2018/10/29	BUY(Maintain)	320,000원	6개월	-26.22	-21.09	2019-04-22	BUY (Maintain)	480,000원	6개월				
2018/11/12	BUY(Maintain)	320,000원	6개월	-29.87	-21.09	SK이노베이션 (096770)	2017-04-26	BUY(Maintain)	240,000원	6개월	-29.26	-27.29	
2018/12/11	BUY(Maintain)	320,000원	6개월	-31.05	-21.09		2017-05-07	BUY(Maintain)	240,000원	6개월	-30.97	-26.04	
2019/01/10	BUY(Maintain)	320,000원	6개월	-30.46	-21.09		2017-07-28	BUY(Maintain)	240,000원	6개월	-28.20	-18.33	
2019/01/28	BUY(Maintain)	320,000원	6개월	-29.46	-21.09		2017-09-29	BUY(Maintain)	260,000원	6개월	-22.30	-19.23	
2019/03/14	BUY(Maintain)	320,000원	6개월	-30.00	-21.09		2017-10-16	BUY(Maintain)	260,000원	6개월	-21.11	-16.35	
2019/04/22	BUY(Maintain)	320,000원	6개월				2017-12-01	BUY(Maintain)	260,000원	6개월	-21.74	-16.35	
포스코케미칼 (003670)	2018/10/17	Outperform (Initiate)	80,000원	6개월	-11.34		-7.25	2018-02-01	BUY(Maintain)	260,000원	6개월	-21.98	-16.35
	2018/10/24	Outperform (Maintain)	80,000원	6개월	-10.70		-2.38	2018-03-27	BUY(Maintain)	280,000원	6개월	-25.42	-25.00
	2018/12/04	Outperform (Maintain)	80,000원	6개월	-11.66		-2.38	2018-03-30	BUY(Maintain)	280,000원	6개월	-25.71	-23.57
	2018/12/10	Buy(Upgrade)	90,000원	6개월	-30.42		-26.44	2018-04-17	BUY(Maintain)	280,000원	6개월	-27.37	-23.57
	2019/01/03	Buy(Maintain)	90,000원	6개월	-32.43	-26.44	2018-06-05	BUY(Maintain)	280,000원	6개월	-28.48	-23.21	
	2019/01/28	Buy(Maintain)	84,000원	6개월	-23.88	-15.00	2018-10-15	BUY(Maintain)	280,000원	6개월	-25.01	-21.43	
	2019/04/22	Buy(Maintain)	73,000원				2018-11-05	BUY(Maintain)	280,000원	6개월	-26.74	-21.43	
							2018-11-27	BUY(Maintain)	280,000원	6개월	-30.90	-21.43	
						2019-01-15	BUY(Maintain)	240,000원	6개월	-23.74	-21.46		
						2019-02-01	BUY(Maintain)	240,000원	6개월	-23.37	-21.46		
						2019-02-20	BUY(Maintain)	260,000원	6개월	-28.30	-26.15		
						2019-03-04	BUY(Maintain)	260,000원	6개월	-27.67	-24.81		
						2019-04-22	BUY(Maintain)	260,000원	6개월				

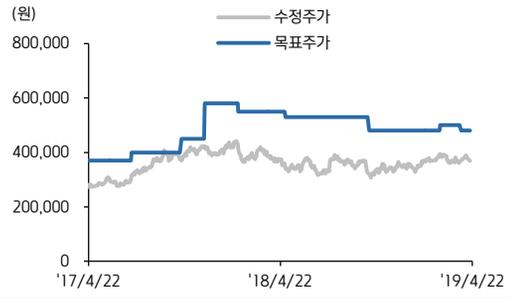
\*주가는 수정주가를 기준으로 과리율을 산출하였음.

목표주가 추이 (2개년)

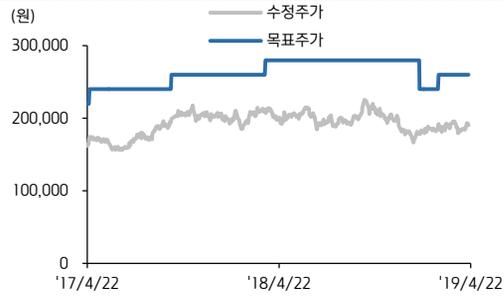
삼성SDI (006400)



LG화학 (051910)



SK이노베이션 (096770)



포스코케미칼 (003670)



투자 의견 및 적용 기준

기업	적용기준(6개월)
Buy(매수)	시장대비 +20% 이상 주가 상승 예상
Outperform(시장수익률 상회)	시장대비 +10~+20% 주가 상승 예상
Marketperform(시장수익률)	시장대비 +10~-10% 주가 변동 예상
Underperform(시장수익률 하회)	시장대비 -10~-20% 주가 하락 예상
Sell(매도)	시장대비 -20% 이하 주가 하락 예상

업종	적용기준(6개월)
Overweight (비중확대)	시장대비 +10% 이상 초과수익 예상
Neutral (중립)	시장대비 +10~-10% 변동 예상
Underweight (비중축소)	시장대비 -10% 이상 초과하락 예상

투자등급 비율 통계 (2018/04/01~2019/03/31)

투자등급	건수	비율(%)
매수	176	96.70%
중립	6	3.30%
매도	0	0.00%