파고들다

I. LFP Battery

이안나 2차전지/친기전자
02 3770 5599
anna.lee@yuantakorea.com

홍유택 Research Assistant
02 3770 5589
yutaek.hong@yuantakorea.com

유안타증권
Yuanta Securities (Korea)

파고들다

CONTENTS

Ⅰ LFP 배터리 기본 특성 및 기술 방향 04

Ⅱ LFP 배터리 Supply Chain 19

Ⅲ LFP 배터리 글로벌 현황 25

Ⅳ LFP 투자전략 32

Ⅴ Top Pick 36

이안나

2차전지/전기전자

02 3770 5599

anna.lee@yuantakorea.com

I. LFP 배터리 기본 원리 및 기술 방향

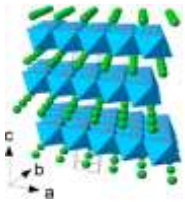
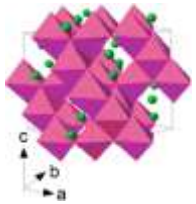
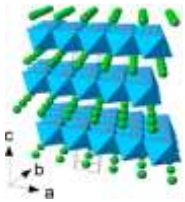
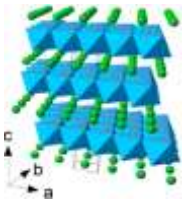
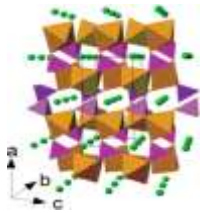
LFP배터리 한계 개선 방법은?

LFP 배터리에 대한 이해

- **LFP 배터리란,**

  LFP 배터리는 리튬이온 배터리의 한 종류로 양극활물질로 리튬인산철($LiFePO_4$)을 사용하는 배터리를 의미. 리튬인산철($LiFePO_4$)은 두 개 이상의 음전하를 띠는 원소로 구성된 폴리 음이온계 화합물로 격자 구조가 육면체인 올리빈(Olivin) 구조를 지님. LFP 양극활물질은 올리빈 구조가 가지는 P-O(인-산소)의 강한 공유 결합으로 인한 구조적 안정성으로 사이클 특성이 우수하고 열적 안정성이 높음. 또한 저렴한 원재료로 인한 낮은 단가, 무독성 인산염 재료로 인한 친환경성 등의 장점 보유. 다만, 에너지밀도, 전기전도도, 리튬이온 확산 계수 등이 낮음. 특히, 리튬이온 확산 속도는 온도의 영향을 크게 받기 때문에 영하 20도 이하 온도에서 LFP 에너지 효율은 급감함

리튬이온배터리 양극활물질 비교

Batteries	LCO	LMO	NCA	NMC	LFP
Crystal structure	 Layered	 Spinel	 Layered	 Layered	 Olivine
Cathode	Cobalt oxide(~60% Co)	Lithium manganese oxide	Nickel-cobalt-aluminum	Nickel-manganese-cobalt	Lithium iron phosphate
Anode	Graphite	Graphite	Graphite	Graphite	Graphite
Voltages	Nominal: 3.60V Operating range: 3.0~4.3V/cell	Nominal: 3.70/3.80V Operating range: 3.0~4.3V/cell	Nominal: 3.60V Operating range: 3.0~4.2V/cell	Nominal: 3.60, 3.70V Operating range: 3.0~4.2V/cell	Nominal: 3.20, 3.30V Operating range: 2.5~3.65V/cell
Specific Energy (capacity)	150~200Wh/kg	100~150Wh/kg	200~260Wh/kg	150~220Wh/kg	90~170Wh/kg
Charge(C-rate)	0.7~1C, 4.20V까지 충전; 보통 3시간 충전 1C 초과 충전 전류 배터리 수명 단축	0.7~1C, 최대 3C, 4.20V까지 충전 (most cells)	0.7, 4.20V까지 충전 (most cells); 보통 3시간 충전, 일부 셀에서는 빠른 충전 가능	0.7~1C, 4.20V까지 충전 (most cells), 일부는 4.30V까지 가능; 보통 3시간 충전	1C typical, 3.65V까지 충전 보통 3시간 충전
Discharge(C-rate)	1C; 2.50V cut off	1C; 일부 셀에서는 10C 가능, 30C pulse (5s)	1C typical; 3.00V cut off	1C; 일부 셀에서는 2C 가능; 2.50V cut off	1C, 일부 셀에서는 25C 가능, 40A pulse (2s)
Cycle Life	500~1,000	300~700	500	1,000~2,000	2,000
Thermal runaway	150℃(302℉)	250℃(482℉)	150℃(302℉)	210℃(410℉)	270℃(518℉)

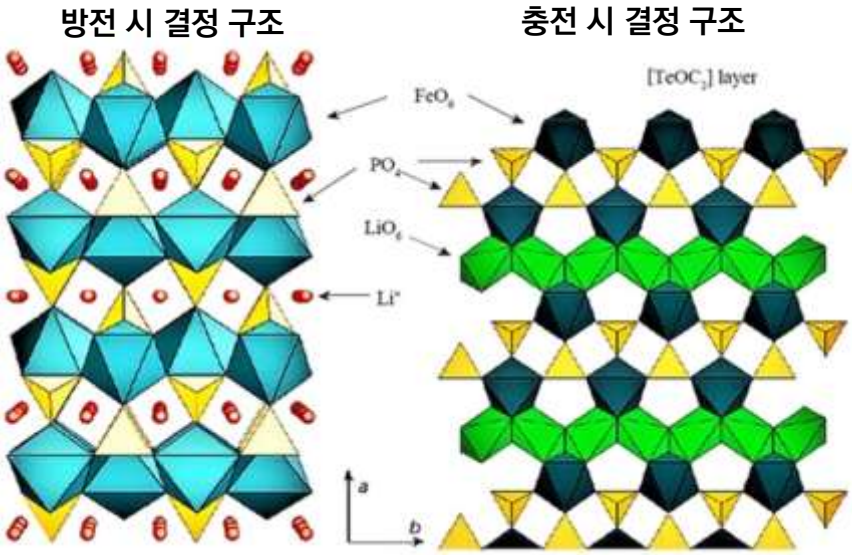
자료:유안타증권 리서치센터

LFP 배터리에 대한 이해

- **LFP 배터리 한계 I. 낮은 리튬이온 확산 속도 및 전기전도도**

  LFP 배터리의 충방전은 $LiFePO_4$와 $FePO_4$ 사이에서 진행됨. 충전 시, $LiFePO_4$는 리튬이온을 내보내면서 $FePO_4$가 되고 방전 시에는 $FePO_4$에 리튬이온이 들어오면서 $LiFePO_4$가 됨. $LiFePO_4$와 $FePO_4$ 구조는 동일하며, a와 c 방향으로 연속적인 LiO_6 팔면체가 존재하지 않기 때문에 리튬이온은 b축으로만 이동하는 1차원 경로에 불과. 이에 직선 방향 리튬이온 확산속도는 빠르나 리튬 삽입 시, 리튬 침체 현상 발생. 또한 1차원 이동 통로에 불순물, 결함 등이 발생하면 용량이 빠르게 저하됨. 전기전도도 또한 낮음. $LiFePO_4$ 전기 전도도는 10^{-9} ~ 10^{-10} S/cm로 $LiCoO_2$ (~10^{-3} S/cm) 및 $LiMn_2O_4$ (2×10^{-5} ~ 5×10^{-5} S/cm) 보다 낮아 상대적으로 출력밀도가 낮은 단점이 있음. 이러한 문제점들은 **저온 및 급속 충전 조건 하에서 더욱 심화**됨

LiFePO4 양극활물질 충방전 상변화 메커니즘

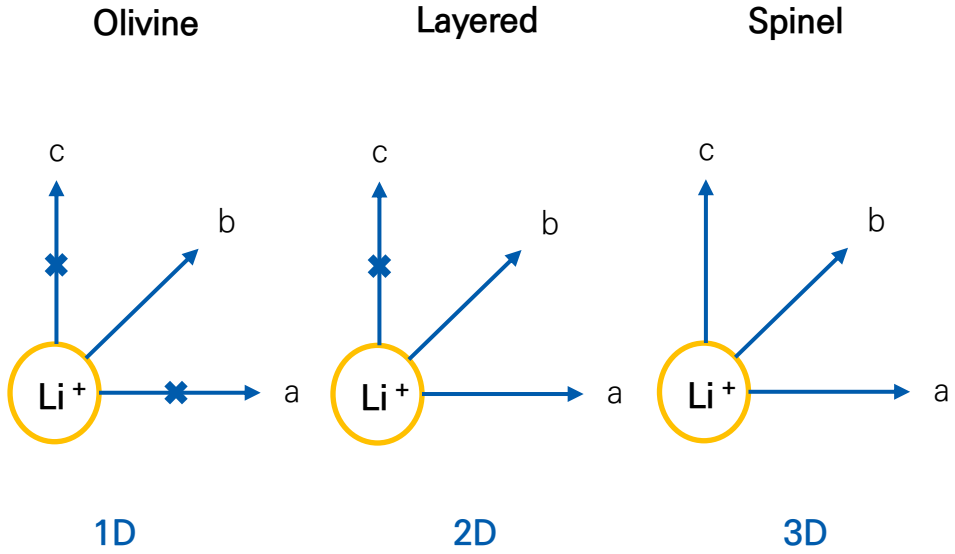


삽입: $LiFePO_4 - x\,Li^+ - xe^- \rightarrow xFePO_4 + (1-x)LiFePO_4$

탈리: $FePO_4 + x\,Li^+ + xe^- \rightarrow xLiFePO_4$

자료: 유안타증권 리서치센터

양극재 구조에 따른 리튬 확산 경로 비교



자료: 유안타증권 리서치센터

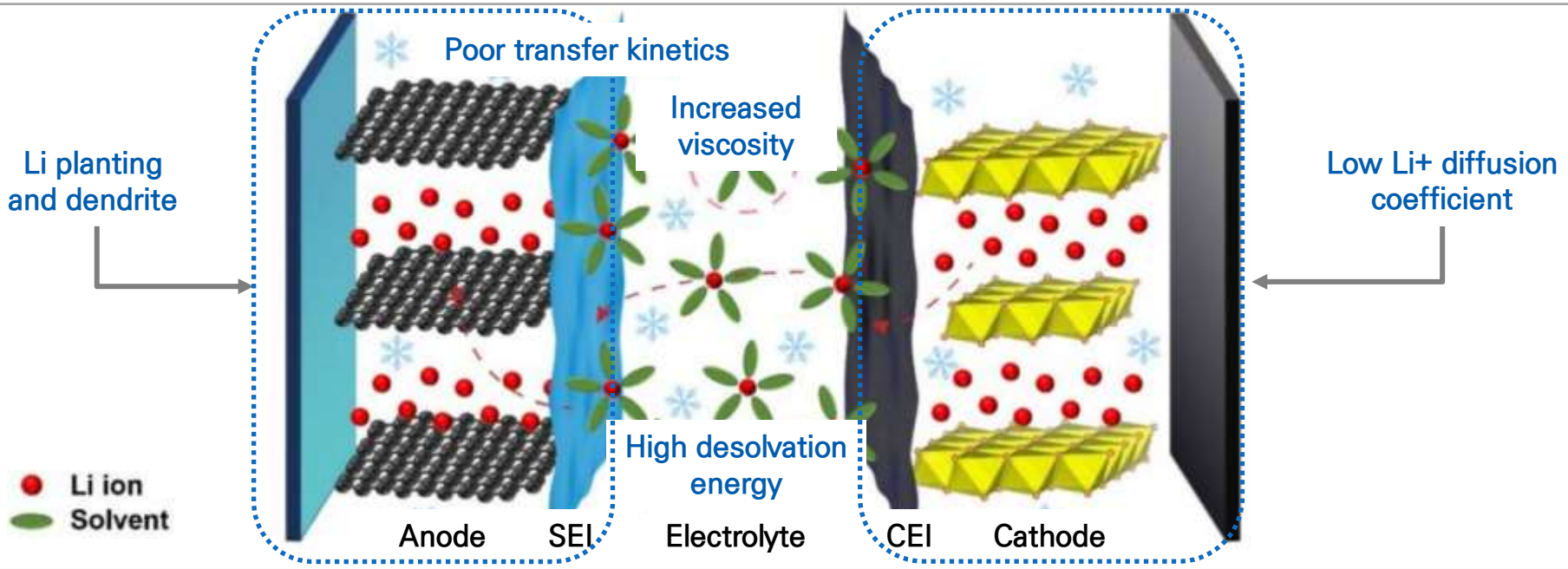
LFP 배터리에 대한 이해

- **LFP 배터리 한계 II. 저온 성능 저하**

  리튬이온배터리의 온도에 따른 전기화학적 성능 변화는 크게 1) 저온, 2) 고온 효과로 구분. 저온 효과는 주행 성능에 영향을 주지만 고온 효과는 배터리 안전과 직결. LFP 배터리는 고온에서 열 안정성 높음. LFP배터리 Thermal runaway(열폭주) 온도는 270℃ 이상이며, 배터리 온도 500~600 ℃ 에 내부 화학 성분 분해가 일어남. 반면, 삼원계는 열적 안정성이 낮아 배터리 온도 300 ℃ 부터 내부 화학 성분 분해 시작됨

- LFP 배터리는 **-20℃ 이하 저온에서 성능 저하 발생**(-20℃ 기준, 용량 유지율 약 60%). 저온 배터리 성능 저하 원인은 1) 전해질 점도 증가에 따른 이온 전도도 감소, 2) 전하 이동 저항 증가 (-20℃에서 실온보다 3배 이상 저항 높음), 3) 리튬이온확산 속도 저하로 인한 리튬 침체 현상 심화 등이 있음. 리튬 침체 현상 심화 등으로 인한 리튬 planting은 전지 성능 저하 뿐 아니라 덴드라이트 형태로 존재하기 때문에 분리막을 관통하여 내부 단락을 일으킬 수 있음

LFP 배터리 저온 성능 저하 요인



자료: 유안타증권 리서치센터

LFP 배터리에 대한 이해

- **LFP 배터리 한계 III. 낮은 에너지밀도**

  LFP의 Volumetric Energy Density(단위 부피당 저장된 전기 에너지 양)는 140Wh/L(504kJ/L) ~ 330Wh/L(1188kJ/L)로 삼원계 배터리 대비 (325~330Wh/L) 낮음. Specific Energy Density(단위 질량당 저장된 전기 에너지 양)도 90 ~170Wh/kg으로 삼원계 배터리 150~260Wh/kg 대비 낮음. 양산 기준 $LiFePO_4$는 3.2 V 산화-환원 전위에서 평균 165Wh/kg 수준으로 ~170Wh/kg 이론 용량에 거의 도달한 상태. $LiFePO_4$ 활물질 적용 기준, **주행거리 확대에 한계** 존재

- 다만, VCTP 즉, 팩 내 셀이 차지하는 부피 기준 비중은 LFP 배터리가 60%, 삼원계가 40~45% 차지. 삼원계 배터리가 셀 자체로만 보았을 때에는 에너지밀도가 높지만, 구조적 불안정성 때문에 배터리 팩 구조가 훨씬 복잡하며 생략하기 어려움. 반면, LFP는 안정성이 높은 화학 물질 및 구조로 구멍이 뚫려도 셀이 타거나 폭발하지 않음. 이에 팩에 많은 보호장치가 필요하지 않아 CTP(Cell to Pack) 적용 가능. 이에 팩 에너지밀도는 삼원계와 격차가 크게 좁아짐

BYD 배터리 팩 기술 변화

자료: BYD, 유안타증권 리서치센터

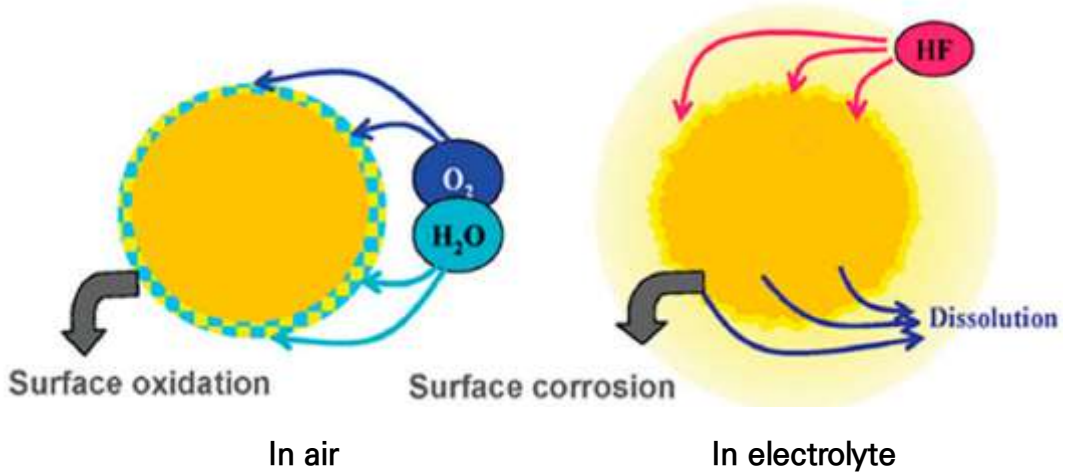
LFP 배터리 기술 방향

- **LFP 배터리 기술 방향 I. 탄소 코팅**
  LFP 배터리 기술적 한계 개선을 위한 방향은 크게 **1) 리튬이온확산 속도 및 전기전도성 개선(+저온 특성 개선), 2) 에너지밀도 향상**으로 구분

- 탄소코팅은 LFP 배터리의 리튬이온확산 속도 및 전기전도성 개선을 위해 필수적인 요소이나 최근에는 탄소 코팅 재료 변화에 주목. 카본블랙, CNT, 산화그래핀 등은 표면 코팅 재료로 가장 널리 사용. 탄소소재는 1) 높은 전기화학적 안정성, 2) 공기 중의 산소, 습기로부터 양극재 보호, 3) 이방성* 전도성, 저밀도, 높은 기계적 강도, 구조적 유연성 등의 물리적 특성, 4) 높은 전기전도성, 4) 저렴한 비용 등 코팅 소재로서의 장점 보유

  * 이방성이란, 물체의 물리적 성질이 방향에 따라 다른 성질을 나타냄을 의미. 물질 고유의 물성계수들이 물질 내 방향에 따라 값이 변하는 것. 탄소소재는 한면이 전기가 흐르면 다른 한면은 절연되는 이방성 전도성 물질

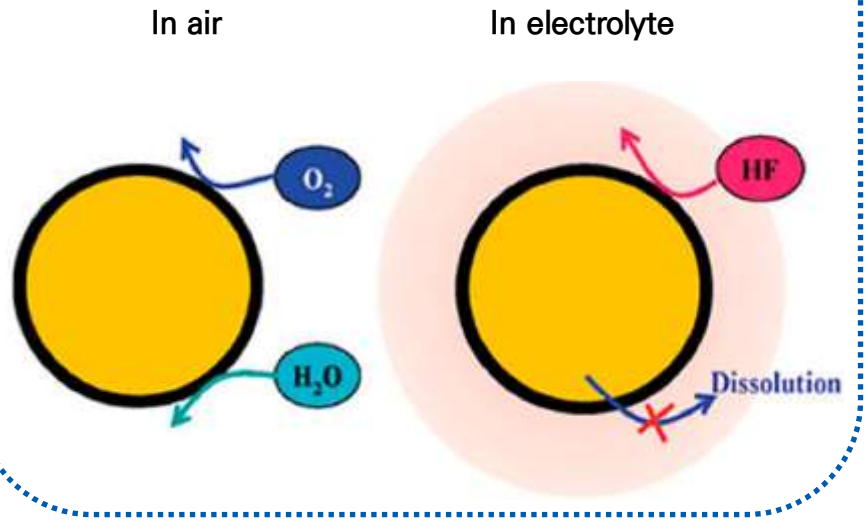
LFP 활물질 탄소코팅 전 후 비교



탄소 코팅 없을 때

탄소 코팅 있을 때

- 전기화학적 안정성
- 산성 전해질 부식에 저항성 뛰어나 매우 낮은 전위에서만 전기화학적 활성
- 탄소소재는 쉽게 산화되지 않아 공기 중 양극재 보호에 탁월



자료: 유안타증권 리서치센터

LFP 배터리 기술 방향

- **LFP 배터리 기술 방향 I. 탄소 코팅**
  LFP 배터리 기술적 한계 개선을 위한 방향은 크게 **1) 리튬이온확산 속도 및 전기전도성 개선(+저온 특성 개선), 2) 에너지밀도 향상**으로 구분

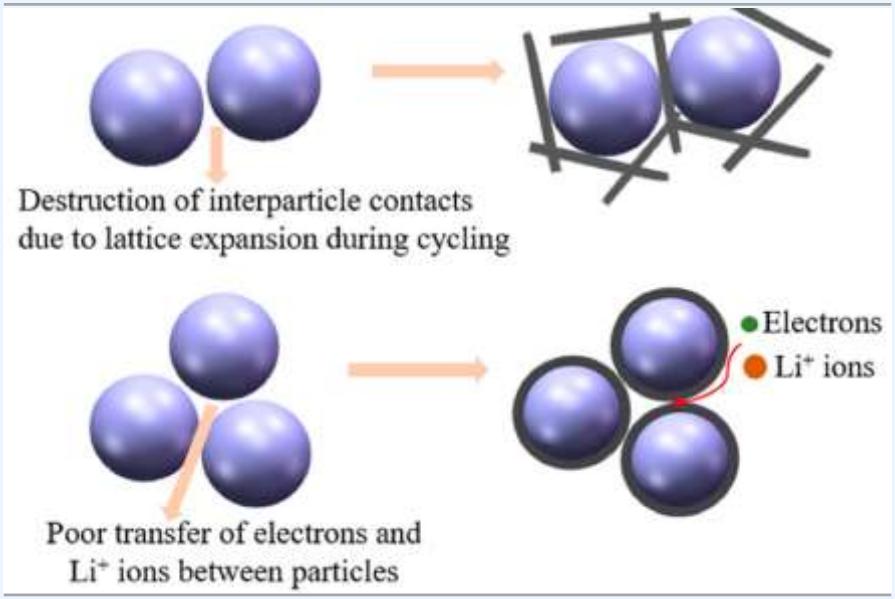
- $LiFePO_4$ 활물질은 탄소 코팅을 통해 **1) 산화 방지 보호막 역할을 통한 양극재 보호**. 전해액 내 $LiPF_6$는 가수분해에 의해 HF(Hydrogen Fluoride: 불화수소) 생성. HF는 전이금속 용해 및 활물질 부식을 유발, 양극재 구조 붕괴를 초래. $LiFePO_4$ 활물질의 구조적 안정성에도 불구, 장기간 사용할 경우 공기 중에 노출되어 표면 산화가 일어날 수 있음. 따라서 탄소 코팅을 통해 공기 중의 산소와 습기로부터 양극재 보호 필요

- **2) 리튬이온확산 속도 및 전기전도성 개선**. $LiFePO_4$ 활물질은 구조적 안정성 및 사이클 안정성이 높음. 그러나 반복적 사이클링 후에는 $LiFePO_4$ 활물질도 비정질(Amorphous)화 됨. 이는 P-O 결합 강도가 약해져 표면층에서 일부 산소가 방출되기 때문. 따라서 탄소 코팅을 통해 사이클 수명 증가 가능.
  LFP 배터리에 있어 사이클 수명보다 더 중요한 기술적 한계는 낮은 리튬이온확산 속도 및 전기전도성임. 우선, 리튬이온확산 속도 향상은 이온확산 거리 단축을 통해 개선 가능. 이를 위해 활물질 입자 크기를 나노화시키는 방법이 있음

  다만, $LiFePO_4$ 활물질은 다른 양극 재료에 비해 이론 밀도가 낮기 때문에 Volumetric Energy Density가 낮아질 수 있음. 또한 입자 나노화로 인해 확장된 표면적으로 입자 간 저항이 발생하여 오히려 이온 확산 속도가 감소할 수 있음. 이에 일정 수준 나노화 후에 탄소 코팅을 통해 전체적인 형태를 제어해야 함. 그리고 최적 탄소 함량도 5-10wt%이며 두께도 얇아야 함

  CNT, 그래핀과 같은 전기전도성 높은 소재로 코팅 시, 활물질 표면에 연속 전도성 네트워크가 형성되어 이온확산 속도 및 전기전도성을 높일 수 있음. **비용 및 성능 측면에서 CNT가 주목**받고 있으며, 1D CNT의 3D 전도성 네트워크 형성으로 속도, 용량, 사이클 안정성, 전기전도성까지 향상시킴

활물질 탄소 코팅 효과



자료: Su, L.; Jing, Y.; Zhou, Z. Li Ion battery materials with core-shell nanostructures

LFP 배터리 기술 방향

- **LFP 배터리 기술 방향 I. 탄소 코팅**

  두께, 흑연화 정도, 다공성 등에 의해 코팅에 따른 LFP배터리 성능 향상에 차이가 생김. 따라서 1D CNT 외에도 2D 그래핀(GO, rGO 등), 3D 메조포러스 탄소 코팅 소재 등에 대한 연구 활발

탄소 코팅 소재 및 방법에 따른 LFP 배터리 성능 개선에 대한 다양한 연구 결과

Carbon Source	Coating Method	Coating (wt%)	Thickness (nm)	LIB Performance Specific Capacity	Cycling Stability
Sucrose	Hydrothermal method and heat treatment	15.0	–	128 mAh g−1 (0.1 C)	No capacity fading (0.1 C, 50 cycles)
CNT + glucose	Ultra-fine ball milling and spray-drying	5.0	–	127.1 mAh g−1 (10.0 C)	85.3% (10.0 C, 450 cycles)
Graphene nanosheet	Chemical vapor deposition	5.1	3.66	145 mAh g−1 (0.1 C)	95.3% (0.1 C,1000 cycles)
Graphene and sucrose	Solvothermal, drying and calcination	8.0	5	163.7 mAh g−1 (0.1 C) 114 mAh g−1 (5.0 C)	97% (0.1 C, 30 cycles)
Graphene	Spray-drying and annealing process	5.0	2	140 mAh g−1 (0.1 C)	95% (20.0 C, 1000 cycles)
Sucrose	Hydrothermal treatment	–	–	166 mAh g−1 (0.05 C)	98% (0.1 C, 100 cycles)
Glucose	Hydrothermal synthesis and annealing process	1.7	–	162 mAh g−1 (0.1 C)	No capacity fading (5.0 C, 50 cycles)
Graphene oxide and sucrose	Solvothermal method and high temperature solid state reaction	10.0	2~4	148.3 mAh g−1 (1.0 C)	No capacity fading (10.0 C, 200 cycles)
New carbon black and polystyrene	Ball-milling and heat treatment	6.0~8.0	–	160 mAh g−1 (0.5 C)	–
Fructose	Hydrothermal process	8.0	〈5	98 mAh g−1 (0.1 C)	–
Sucrose				116 mAh g−1 (0.1 C)	–
Glucose				63 mAh g−1 (0.1 C)	–

자료:Intechopen, 유안타증권 리서치센터

LFP 배터리 기술 방향

- **LFP 배터리 기술 방향 II. 원소 도핑**
  LFP 배터리 기술적 한계 개선을 위한 방향은 크게 **1) 리튬이온확산 속도 및 전기전도성 개선(+저온 특성 개선), 2) 에너지밀도 향상**으로 구분

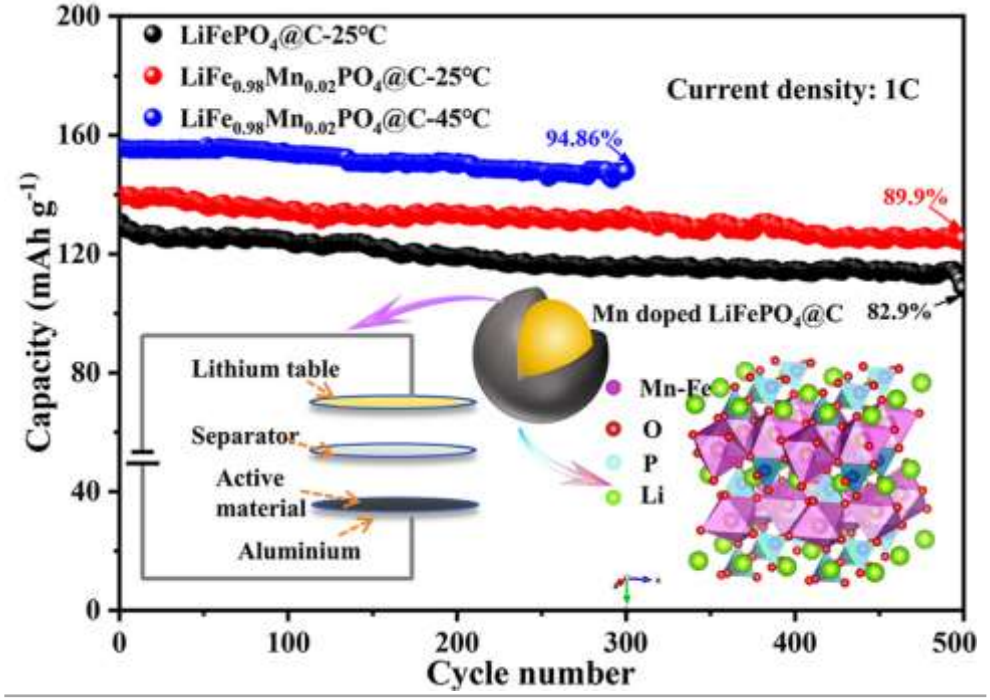
- 원소 도핑은 LFP 배터리의 에너지밀도 향상을 위한 방법 중 하나. Mn, Mg, Al, Ti, Zr, Nb 등 다양한 원소 도핑에 대한 연구가 진행 중이나 가장 각광받고 있는 도핑은 Mn 도핑임. Mn 도핑된 LFMP는 단순 물리적 혼합이 아닌 고용체 형태로 존재. LFMP는 Mn^{2+}의 전자적 특성과 Mn과 강한 P-O 결합으로 인해 작동 전압이 약4.1V로 LFP(작동 전압 3.4V) 대비 에너지밀도가 향상됨. LFMP는 Mn 도핑으로 에너지 밴드갭 폭을 줄여 전기전도성이 향상될 뿐 아니라 Mn 이온 반경(0.080Å)이 Fe 이온 반경 (0.074Å)을 초과해 단위 셀 부피를 증가시켜 리튬이온확산 계수가 높아짐

NCM, LFP, LMFP 양극활물질 성능 비교

구분	NCM	LFP	LMFP
화학식	$Li(Ni_x Co_y Mn_z)O_2$	$LiFePO_4$	$LiMn_{(1-x)} Fe_xPO_4$
결정 구조	Layered	Olivine	Olivine
전압 범위(V)	3.0-3.8	2.5~3.6	4.1
에너지 밀도(Wh/kg)	150-220	90-170	100-200
사이클 수명(회)	1,000-2,000	2,000	2,000-3,000

자료: 유안타증권 리서치센터

Mn 도핑 LFP 양극활물질 사이클 안정성

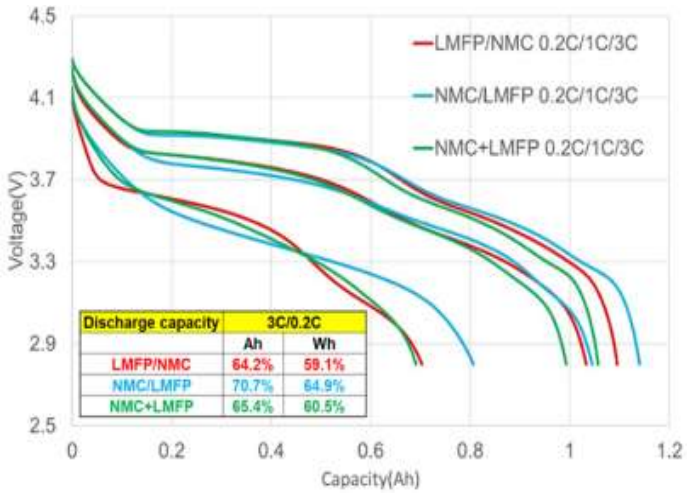


자료: Liu et al., 2022

LFP 배터리 기술 방향

- **LFP 배터리 기술 방향 II. 원소 도핑**
  LFP 배터리 기술적 한계 개선을 위한 방향은 크게 **1) 리튬이온확산 속도 및 전기전도성 개선(+저온 특성 개선), 2) 에너지밀도 향상**으로 구분
- LMFP는 Mn 함량이 많아질수록 전압은 높아지지만 용량은 감소. 50% Mn LMFP는 전압이 ~4.08V까지 높아지나 방전 용량은 142 mAh/g까지 낮아짐. (25% Mn 4.03V 145 mAh/g, 75% mn 4.12V 130 mAh/g) 따라서 전압 뿐 아니라 용량까지 높여 에너지밀도를 향상시키는 방법으로 LMFP에 다른 활물질을 혼합하는 기술을 연구. 활물질 중 LFMP와 전압이 유사한 NCM과의 혼합을 통해 성능을 향상시키는 방법이 주목받고 있음
- 2023년 CATL이 공개한 M3P 배터리는 LMFP와 NCM523 혼합 배터리로 에너지밀도 kg당 210Wh임. LFMP-NCM은 혼합하는 방법도 있지만 이중층으로 코팅하는 방법도 있음. 혼합은 LMFP/C 슬러리와 NCM 슬러리를 혼합해서 사용하는 방법이고, 이중 층은 LMFP/C 슬러리 위에 NCM 슬러리를 바르는 방식 → CATL은 2024년 kg당 260Wh 에너지밀도 혼합 배터리 양산을 목표로 하고 있음. 이중 층은 아직 상용화되지 않음

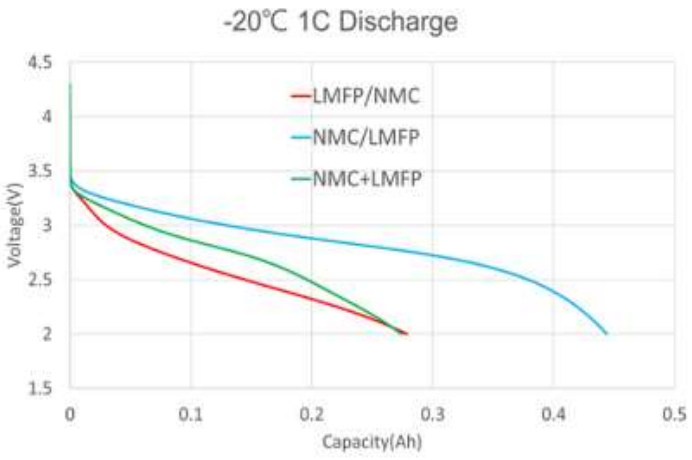
60LFMP-40NMC 이중층, 혼합 배터리 방전 곡선 (실온)



Discharge capacity	3C/0.2C	
	Ah	Wh
LMFP/NMC	64.2%	59.1%
NMC/LMFP	70.7%	64.9%
NMC+LMFP	65.4%	60.5%

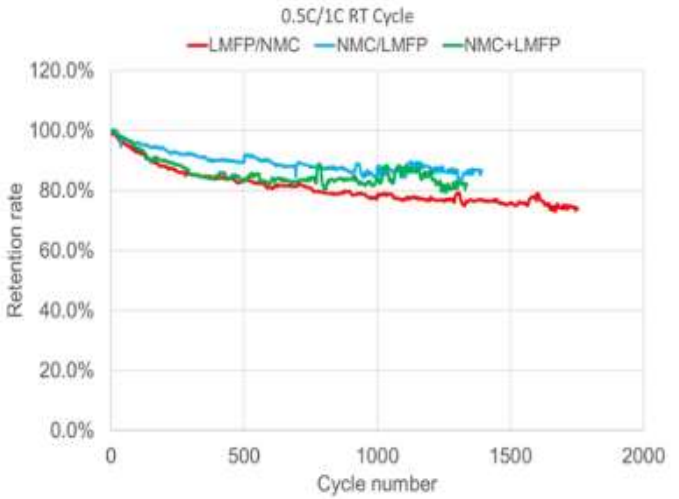
주: LFMP/NMC(상부층 LFMP인 이중층), NMC/LMFP(상부층 NMC인 이중층)
NMC+LMFP(혼합 배터리)
자료:ITRI

60LFMP-40NMC 이중층, 혼합 배터리 방전 곡선 (-20℃)



자료:ITRI

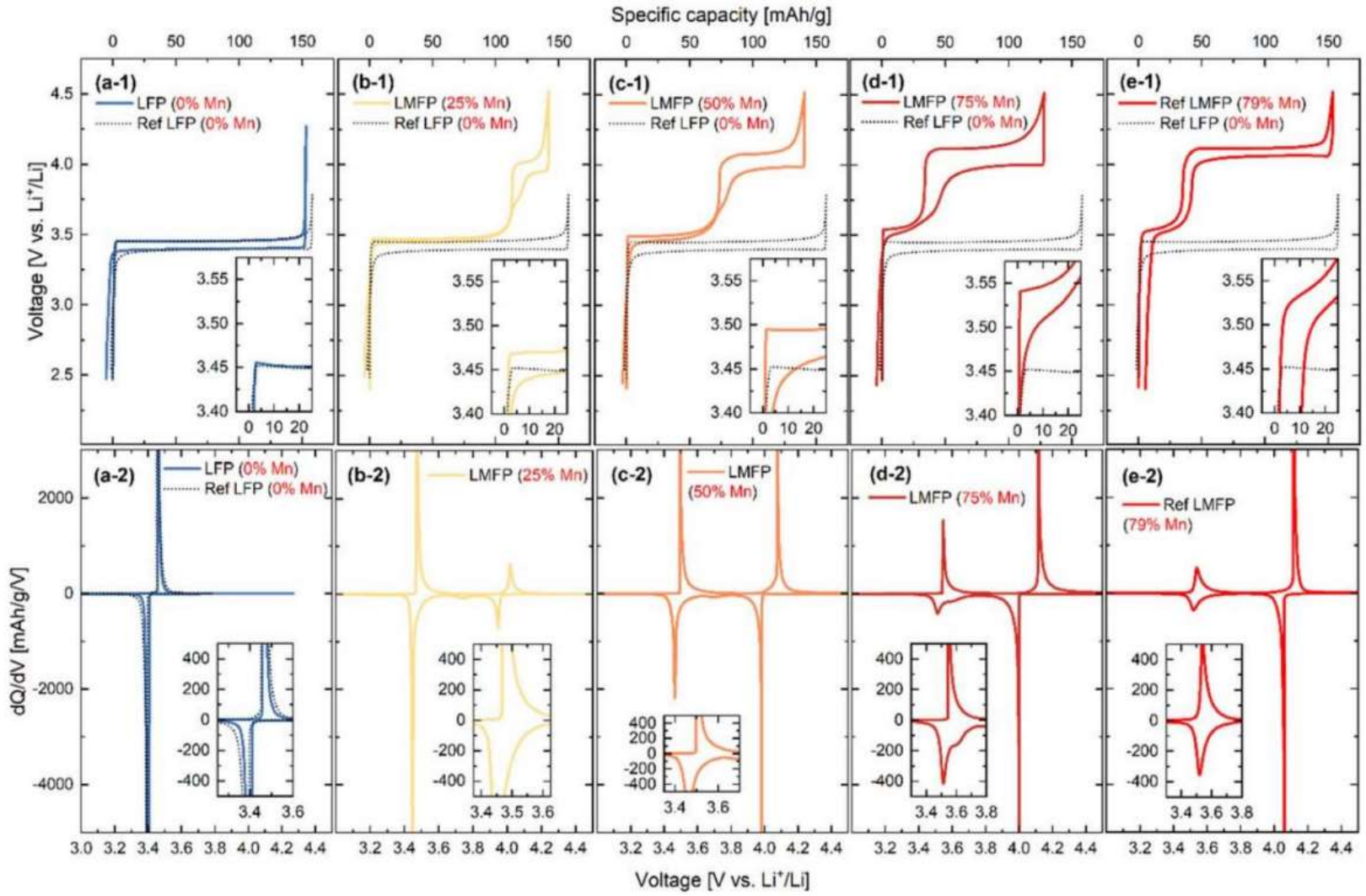
60LFMP-40NMC 이중층, 혼합 배터리 사이클 수명 곡선



자료:ITRI

LFP 배터리 기술 방향

LMFP 전기화학적 특성: Mn 함량에 따른 전압 및 Specific capacity 변화



자료: 전기화학학회지

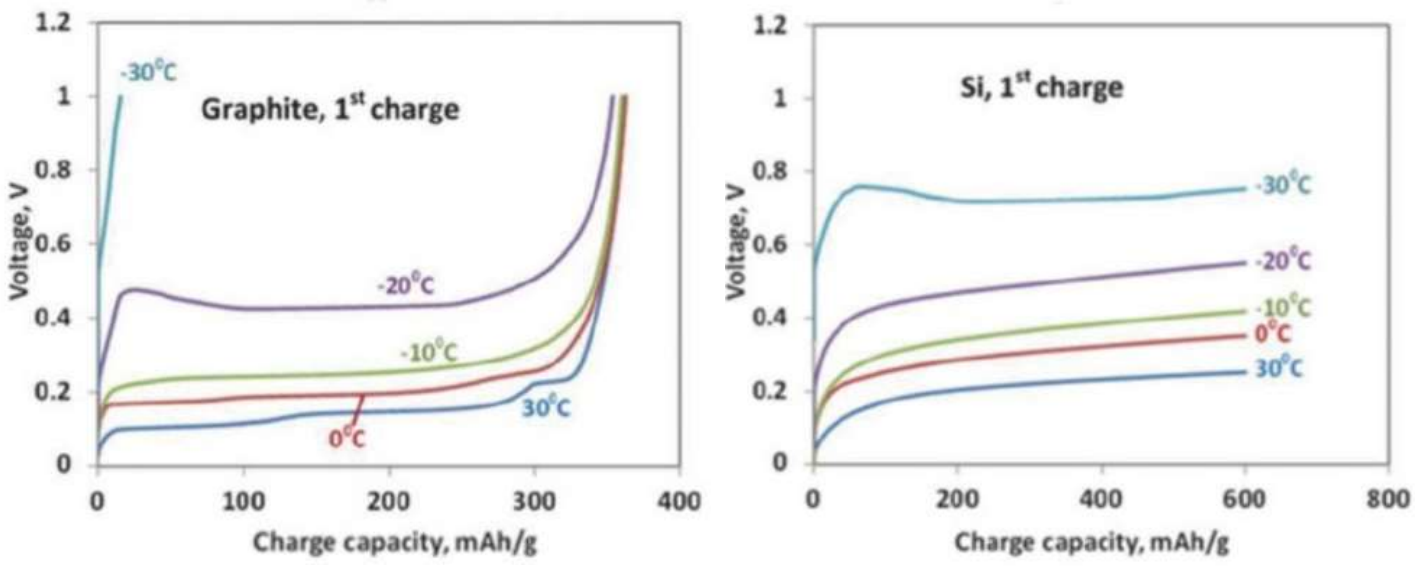
LFP 배터리 기술 방향

- **LFP 배터리 기술 방향 III. Si 음극**
  LFP 배터리 기술적 한계 개선을 위한 방향은 크게 **1) 리튬이온확산 속도 및 전기전도성 개선(+저온 특성 개선), 2) 에너지밀도 향상**으로 구분

- 규소의 대표적인 합금 음극 소재인 실리콘은 저온 적용에 적합. 실리콘 음극은 충전 시, Li^+이 Si에 삽입되는 구조가 아닌 Li_xSi로 합금화되어 저온에서의 낮은 삽입 속도 문제가 완화됨. 또한 실리콘 소재는 이론용량 3,590mAh/g 으로 흑연(이론용량 372mAh/g)보다 10배 이상 용량 높아 저온 조건에 최적화되어 있을 뿐 아니라 에너지밀도 향상에도 이점이 있음

- 그러나 순수 실리콘만 사용하면, 충방전을 반복하면서 물리적 구조 붕괴로 용량 안정성이 낮아짐. 물리적 구조 붕괴란 충방전 시, 부피 팽창에 의한 것으로 흑연은 탄소 6개와 리튬이온 하나의 결합이나, 실리콘은 원자 하나당 4.4개의 리튬 이온을 받아들여 과도한 부피 팽창 시, 균열에 이어 분쇄까지 가능. 또한 전기적 단락이 발생하며, SEI(Solid Electrolyte Interphase) 발생이 계속돼 수명이 감소하게 됨. 따라서 실리콘 단독 사용은 거의 불가능하기 때문에 실리콘을 안정적인 구조로 바꾸어야 함

동일 온도 조건에서 흑연과 실리콘의 전기화학적 성능 비교

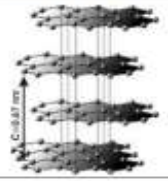
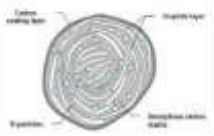
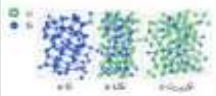


자료: Markevich

LFP 배터리 기술 방향

- **LFP 배터리 기술 방향 III. Si 음극**
  LFP 배터리 기술적 한계 개선을 위한 방향은 크게 **1) 리튬이온확산 속도 및 전기전도성 개선(+저온 특성 개선), 2) 에너지밀도 향상**으로 구분
- 고용량 Si 계 음극소재는 크게, 1) SiOx, 2) Si-C 복합체, 3), Si-M 합금, 4) 기타(Si nano, Porous Si, Nano-Si/metal or polymer 등)으로 구분
- 이 중 현재 적용 중인 소재는 SiOx와 Si-C 복합체. Si-C 복합체는 실리콘 입자 내부에 탄소가 원자 상태로 분산되어 있는 것. Si와 C의 화학적 결합은 비가역성으로 인해 음극 소재로는 적합하지 않음. 이에 Si 입자 내부에 탄소를 원자 상태로 고르게 분산시켜 비가역성 문제를 해결. 따라서 Si-C 복합체는 나노사이즈의 입자 크기 구현과 입자 균일성이 기술의 핵심. SiOx는 약 1,500mAh/g의 이론용량을 가지면서 순수 실리콘보다 용량 안정성이 월등하게 높음. 이는 SiOx에 존재하는 산소가 리튬과 반응하여 기계적 강도가 우수한 산화물(Li2O 등)을 형성, 충방전 시 구조적 붕괴를 방지하는 역할을 하기 때문
- 실리콘 구조 제조도 중요하지만 이를 나노 입자 크기로 균일하게 만드는 나노 실리콘 제조법도 중요. 특히 실리콘 음극재는 중량 10wt% 이상이 되어야 에너지밀도 상승 효과 큼. 이에 적은 양으로 표면적을 넓혀 함량을 높이는 실리콘 나노화 기술이 핵심으로 떠오르고 있음. 나노 실리콘 제조법은 크게 Bottom up 방식과 Top Down 방식이 있는데 Top Down 방식 중 Ball milling 방식이 생산 비용이 가장 낮음. 다만, 대량 생산에서 Ball milling 공정 사용 시, 좁은 PDI(Poly Dispersity Index)를 갖는 실리콘 입자 생산이 어렵다는 단점이 있음. 현재 양산 중인 국내 실리콘 음극재 기업은 대부분 Dry 또는 Wet Ball milling, Wet etching 방식 사용. 다만, 균일성 및 수율에 한계가 있어 이를 보완하고자 Bottom up 방식 중 Si CVD (silane gas), SiOx reduction 등을 경제성 있게 양산하는 방법을 개발하고 있음

음극 소재 별 구조 및 용량 비교

구분	Graphite	SiOx (Nano Si)	Si/C (Nano Si)	Pure Si (Micron)	Si Alloy
Structure					
Capacity(mAh/g)	350~370	~1,500	~1,300	~3,600	~1,100
Long Cycle	O	O		X	X

자료:한국생산기술연구원, 유안타증권 리서치센터

LFP 배터리 기술 방향

다양한 음극 소재 별 저온 전기화학적 특성 비교

Material	Cell Type	Capacity	Stability	Theoretical Capacity	Mass Loading
BNG	Half-cell	135.8 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−20 °C, 0.1 C)	N/A	N/A	N/A
Cu-coated oxidized graphite	Half-cell	103 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−30 °C, 0.2 C)	N/A	372 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	1.5–2 $mg{\cdot}cm^{-2}$
Sn-coated oxidized graphite	Half-cell	152 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−30 °C, 0.2 C)	N/A	372 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	2–3 $mg{\cdot}cm^{-2}$
Multilayer crystalline graphene	Half-cell	130 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−30 °C, 0.05 A g^{-1})	N/A	N/A	0.75 $mg{\cdot}cm^{-2}$
TiO_2/TiN/graphene	Half-cell	211 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−20 °C, 0.1 A g^{-1})	93% after 500 cycles (−20 °C, 1 $A{\cdot}g^{-1}$)	N/A	1–1.5 $mg{\cdot}cm^{-2}$
PGN/CNT	Half-cell	180 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−40 °C, 0.1 C)	N/A	N/A	2 $mg{\cdot}cm^{-2}$
LTO/Ag/CNT	Half-cell	140 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−60 °C, 0.2 C)	N/A	175 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	4 $mg{\cdot}cm^{-2}$ (electrode)
Fe/Fe_3C/CNFs	Half-cell	380 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−15 °C, 0.2 A g^{-1})	N/A	N/A	1.5 $mg{\cdot}cm^{-2}$
Smaller primary LTO	Full cell	109 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−20 °C, 1 C)	N/A	175 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	5.9–6.4 $mg{\cdot}cm^{-2}$
LTO/biomass-derived carbon microspheres	Half-cell	150 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−20 °C, 1 C)	N/A	N/A	N/A
Peapod-like LTO	Half-cell	167 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−25 °C, 0.2 C)	96% after 500 cycles (−25 °C, 10 C)	175 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	12 $mg{\cdot}cm^{-2}$
Si	Half-cell	600 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−30 °C, 0.25 C)	N/A	3580 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	1.6 $mg{\cdot}cm^{-2}$

자료: MDPI

LFP 배터리 기술 방향

- **LFP 배터리 기술 방향 IV. 리튬염 변경: 연구는 지속되고 있으나 큰 변화 없음**
  LFP 배터리 기술적 한계 개선을 위한 방향은 크게 **1) 리튬이온확산 속도 및 전기전도성 개선(+저온 특성 개선), 2) 에너지밀도 향상**으로 구분

- LFP 저온 특성 개선을 위해 전해액 용매 비율 변경과 더불어 $LiPF_6$ 대체 리튬염에 대한 연구가 지속되고 있음. $LiPF_6$는 LiF와 HF의 부식성 및 저온 열악성으로 $LiPF_6$ 에 비해 음이온 반경이 더 작고 결합력이 강한 $LiBF_4$ 염을 혼합하고 있음. LiFSI는 낮은 Rct(Charge Transfer Resistance) 등으로 $LiPF_6$ 대체 염으로 많이 거론되었으나 Al 전극 부식 등으로 여전히 $LiPF_6$가 가장 우세했음. 따라서 $LiPF_6$ +$LiBF_4$에 LiFSI를 혼합하는 방식으로 시너지 내고 있음. 따라서 리튬염 변경에 대한 연구는 지속되고 있으나 대체 리튬염에 대한 뚜렷한 방향성은 없는 상황

최근 연구된 전해질의 저온 전기화학적 특성 (2018~2022)

Electrolyte	Cell	Capacity	Stability	Theoretical Capacity	Mass Loading
1 M LiTFSI DEC/EC/MB (1:1:1)	Li/MXene@LM	390 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−20 °C, 200 $mA{\cdot}g^{-1}$)	N/A	N/A	N/A
1 M $LiPF_6$ EC/EMC/PC/DMC (1.8:3:0.3:3.5) + VC + LiBOB	NCM/graphite	0.74 mA·h (−20 °C, 5 C)	N/A	280 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	6.8 $mg{\cdot}cm^{-2}$
10 mixtures	$LiMn_2O_4$/LTO	88 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−40 °C, 0.1 C)	about 90% after 40 cycles (−40 °C, 0.2 C)	148 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	N/A
1 M $LiPF_6$ MP/VC (95:5)	240 mA h NCM/graphite	590 mW·h (−14 °C, 0.1 C)	N/A	N/A	N/A
1 M $LiPF_6$ MTFP/FEC (9:1)	NCM811/Li	133 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−60 °C, 0.1 C)	N/A	200 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	1.3 $mA{\cdot}h{\cdot}cm^{-2}$
1.28 M LiFSI FEC/FEME/D2	$LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O_2$/Li	96 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−85 °C, 0.1 C)	over 90% after 450 cycles (−20 °C, 1/3 C)	N/A	N/A
1 M LiDFOB FEC/IZ (1:10)	Li/graphite	187.5 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−20 °C, 0.1 C)	N/A	372 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	3–4 $mg{\cdot}cm^{-2}$
0.9 M LiODFB SL/DMS (1:1)	$LiFePO_4$/Li	80 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−20 °C, 0.5 C)	95.57% after 50 cycles (−20 °C, 0.5 C)	170 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	N/A
0.75 M LiTFSI DIOX	LTO/Li	Over 130 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−40 °C, 0.1 C)	N/A	175 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	8 $mg{\cdot}cm^{-2}$
0.3 M $LiBF_4$ + 0.7 M $LiPF_6$ DMC/EMC/BA/EC	NCM811/Li	About 86 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−40 °C, 0.2 C)	N/A	280 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	5.56 $mg{\cdot}cm^{-2}$
LiTFSI/TMS/TTE (1:3:3)	NCM/Li	over 100 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−10 °C, 0.2 C)	N/A	280 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	1.5 $mA{\cdot}h{\cdot}cm^{-2}$
4 M $LiBF_4$ FEC/MA/TFME	LNMO/Li	over 100 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ (−50 °C, 0.2 C)	93.8% after 100 cycles (−40 °C, 0.1 C)	147 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$	2.58 $mg{\cdot}cm^{-2}$

자료: MDPI

II. LFP 배터리 Supply Chain

중국이 장악 중인 LFP 배터리 시장

LFP 배터리 Supply Chain

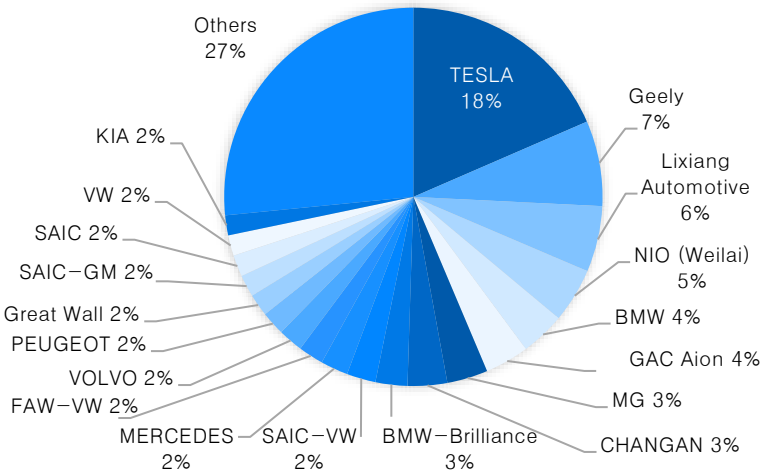
글로벌 LFP 배터리 기업 Supply chain

셀	양극재	음극재	분리막	전해액
CATL	Dynanonic Hunan Yuneng Ronbay (Jinhe) Cylico Lopal+Lopal (BTR) ShanShan 등	BTR Zichen XFH ShanShan 등	SEMCORP SENIOR Sinoma 등	Tinci CAPCHEM 등
BYD	BYD Hunan Yuneng Dynanonic Wanrun Cylico ShanShan 등	BTR Zichen XFH ShanShan 등	ZIMT SENIOR HUIQIANG NEW ENERGY SEMCORP 등	Tinci CAPCHEM 등
CALB	Johnson Matthey ShanShan Xiamen Ronbay (Jinhe) 등	BTR Zichen XFH ShanShan 등	SEMCORP SENIOR Sinoma 등	Tinci CAPCHEM 등
Guoxuan	Guizhou Anda Lopal+Lopal (BTR) Guoxuan Reshine Dynanonic 등	BTR Zichen XFH ShanShan 등	SEMCORP SENIOR Sinoma 등	Tinci CAPCHEM 등
EVE	Easpring Lopal+Lopal (BTR) ShanShan 등	BTR Zichen XFH ShanShan 등	SEMCORP SENIOR Sinoma 등	Tinci CAPCHEM 등
Farasis	Ronbay (Jinhe) 등	BTR Zichen XFH ShanShan 등	SEMCORP SENIOR Sinoma 등	Tinci CAPCHEM 등

자료: 유안타증권 리서치센터

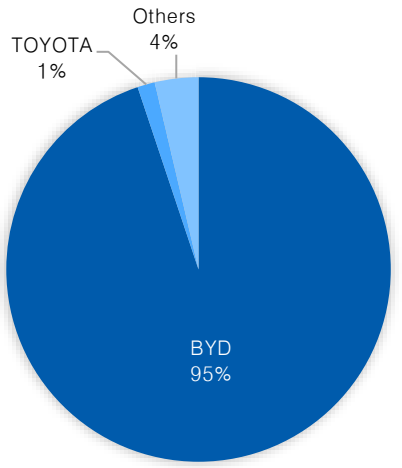
LFP 배터리 Supply Chain

CATL 고객사 비중 (2023년 기준)



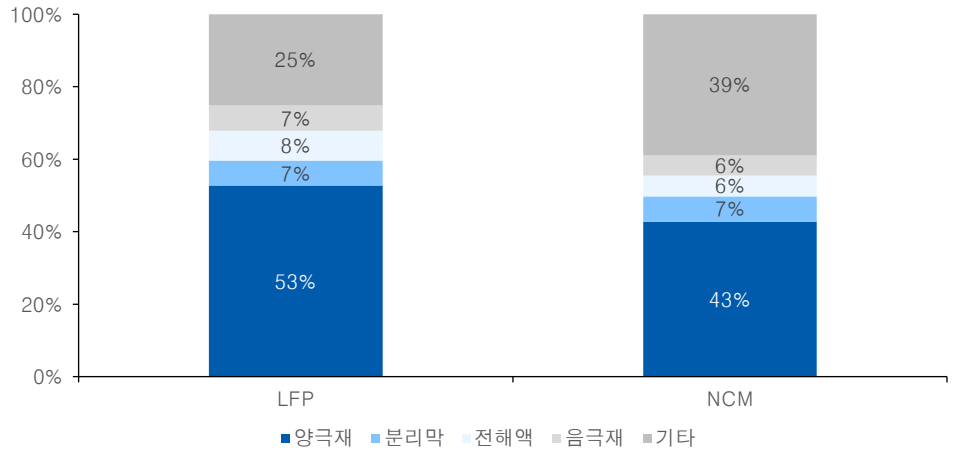
자료: SNE Research, 유안타증권 리서치센터

BYD 고객사 비중 (2023년 기준)



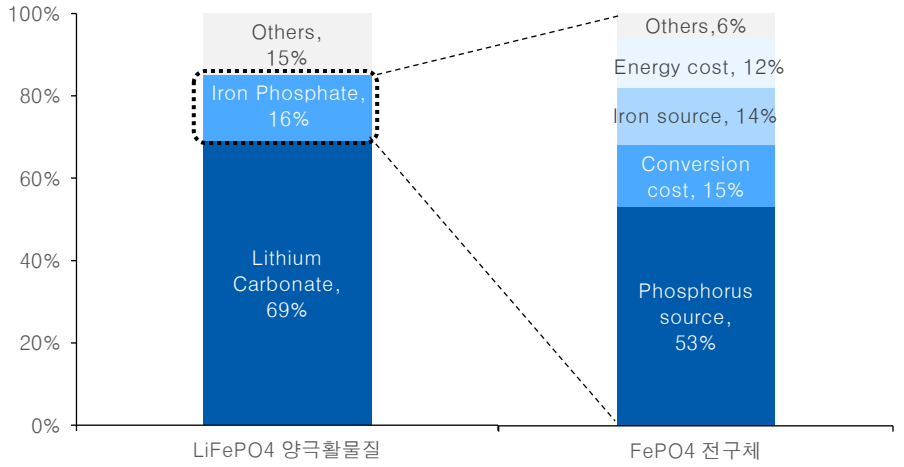
자료: SNE Research, 유안타증권 리서치센터

LFP, NCM 셀 비용 구조 비교



자료: 유안타증권 리서치센터

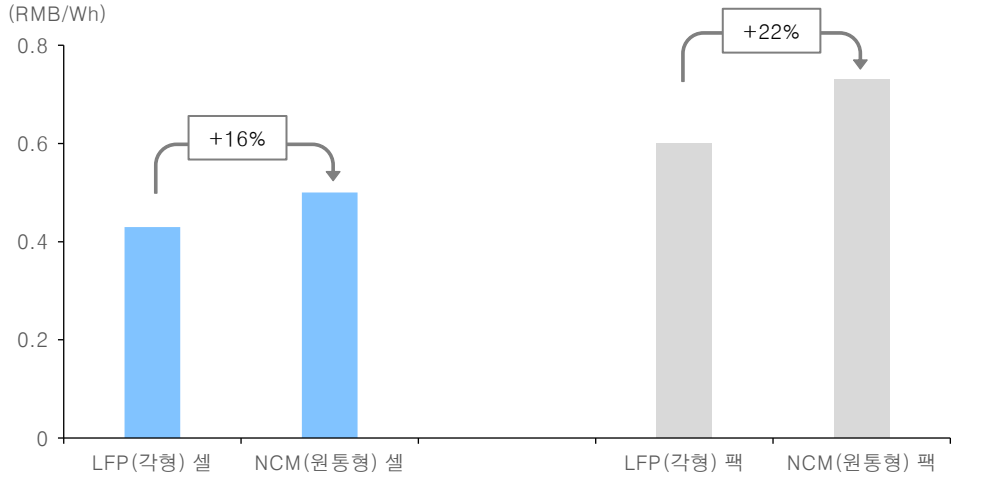
LFP 양극활물질 및 전구체 비용 구조



자료: 유안타증권 리서치센터

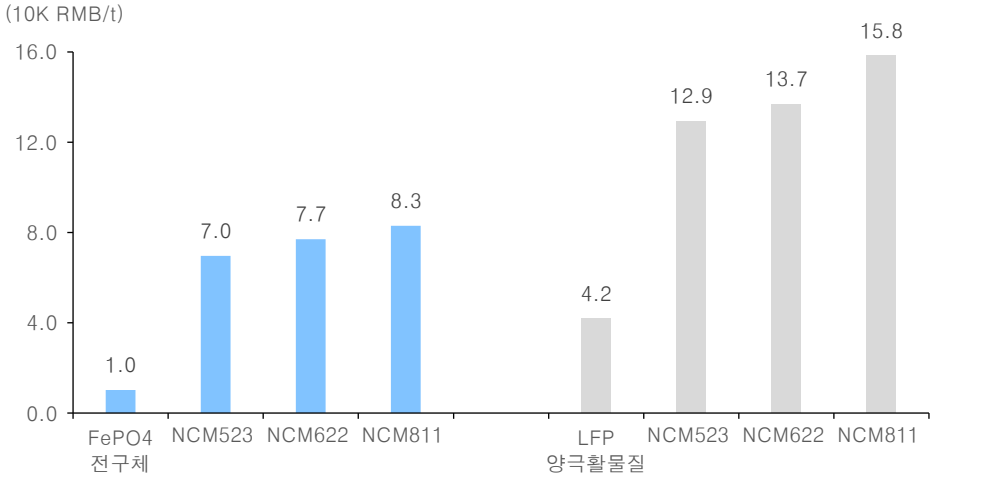
LFP 배터리 Supply Chain

LFP, NCM 셀 및 팩 가격 비교(2024년 2월, 중국 기준)



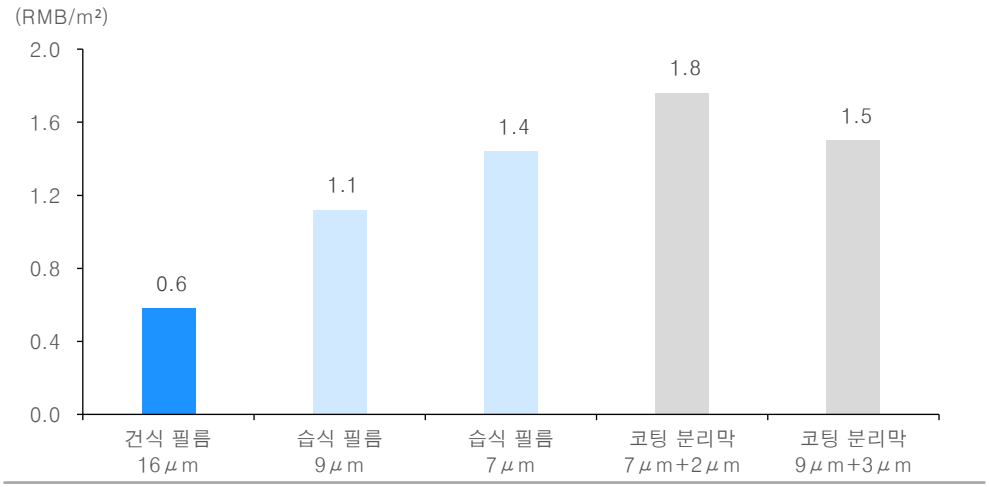
자료: TrendForce, 유안타증권 리서치센터

LFP, NCM 전구체 및 양극활물질 가격 비교(2024년 2월, 중국 기준)



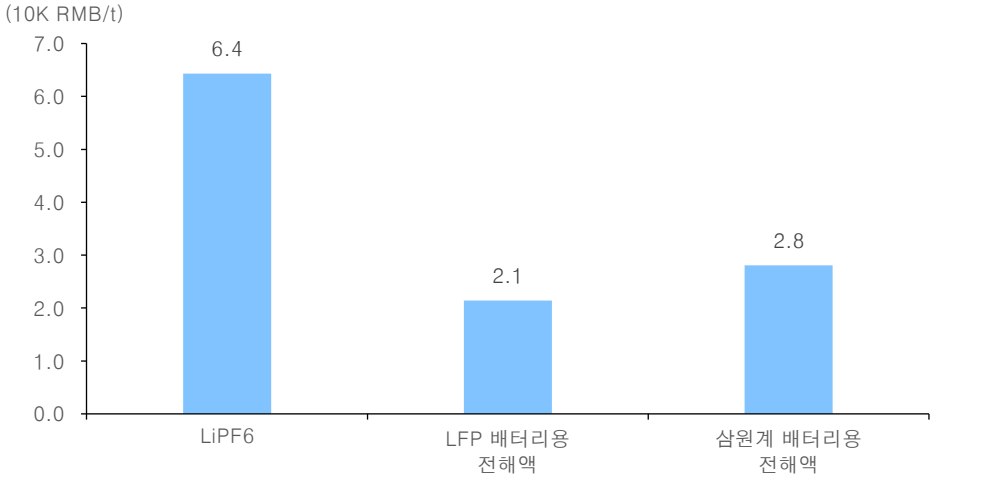
자료: TrendForce, 유안타증권 리서치센터

분리막 종류별 가격 비교(2024년 2월, 중국 기준)



자료: TrendForce, 유안타증권 리서치센터

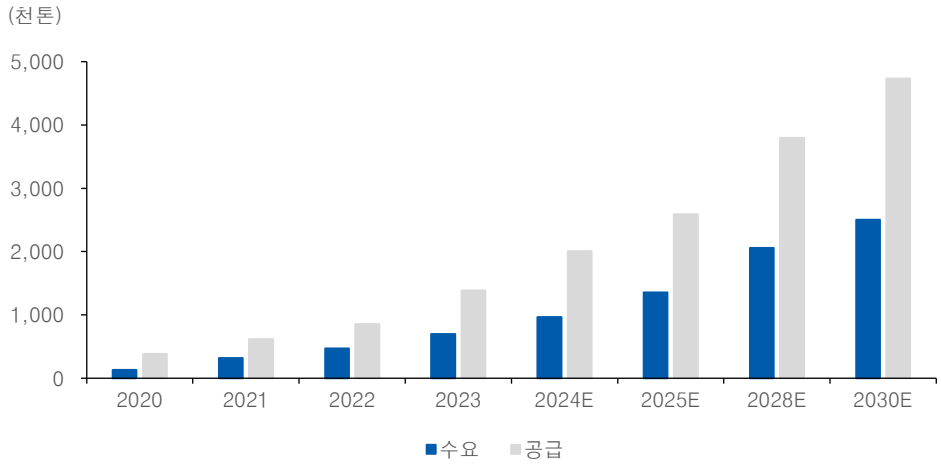
LiPF6 및 LFP, 삼원계 배터리용 전해액 가격 비교(2024년 2월, 중국 기준)



자료: TrendForce, 유안타증권 리서치센터

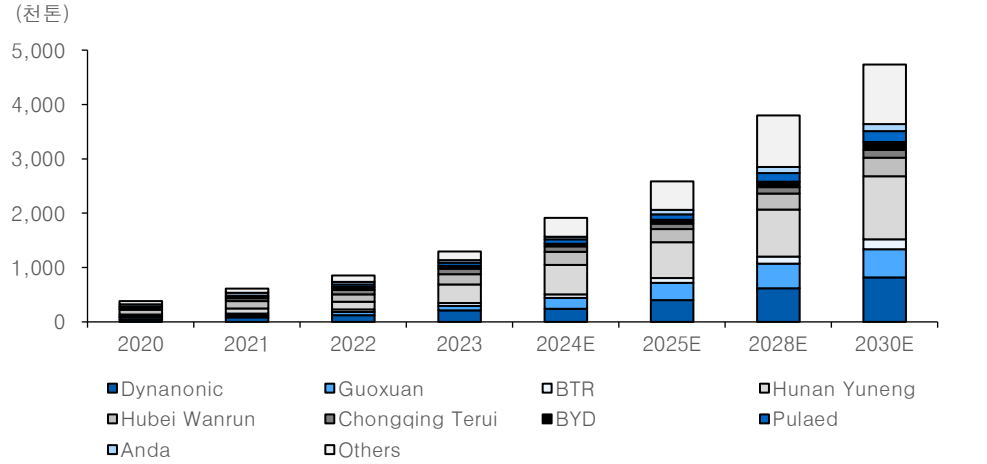
LFP 배터리 Supply Chain

글로벌 LFP 양극활물질 수급 현황 및 전망



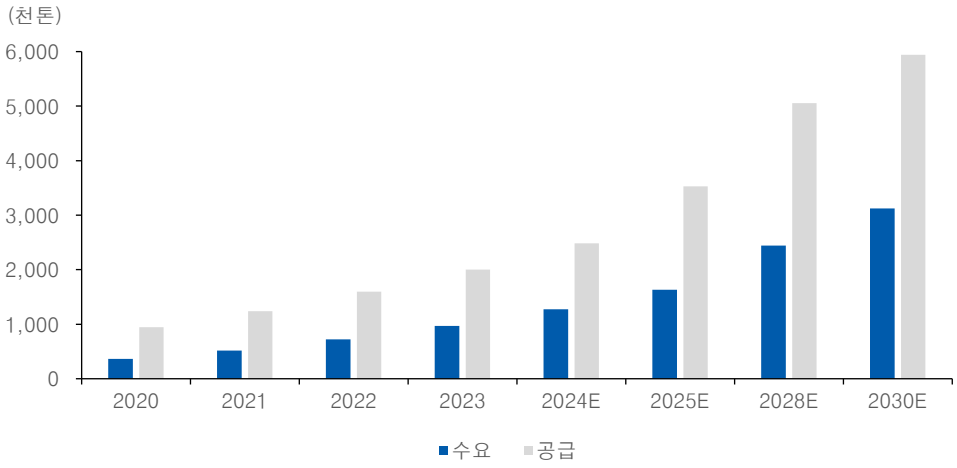
자료: SNE Research, 유안타증권 리서치센터

글로벌 LFP 양극활물질 기업 capacity plan



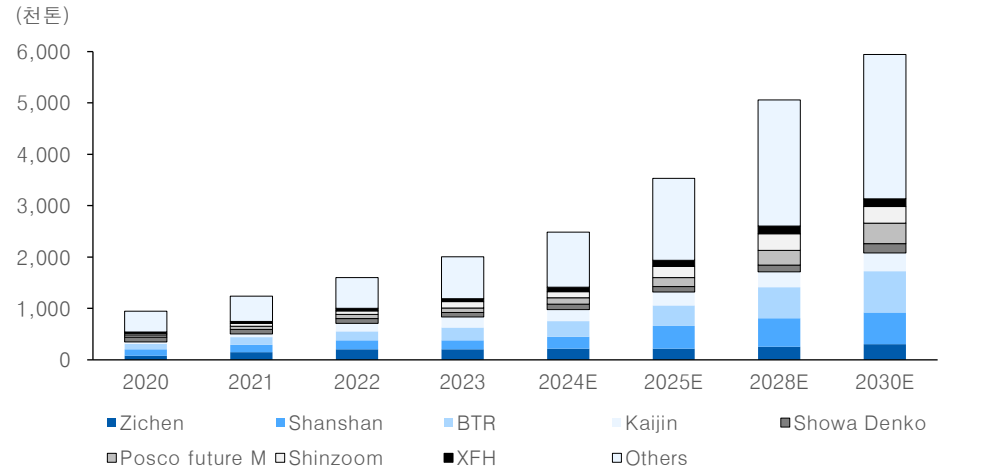
자료: SNE Research, 유안타증권 리서치센터

글로벌 음극활물질 수급 현황 및 전망



자료: SNE Research, 유안타증권 리서치센터

글로벌 음극활물질 기업 capacity plan



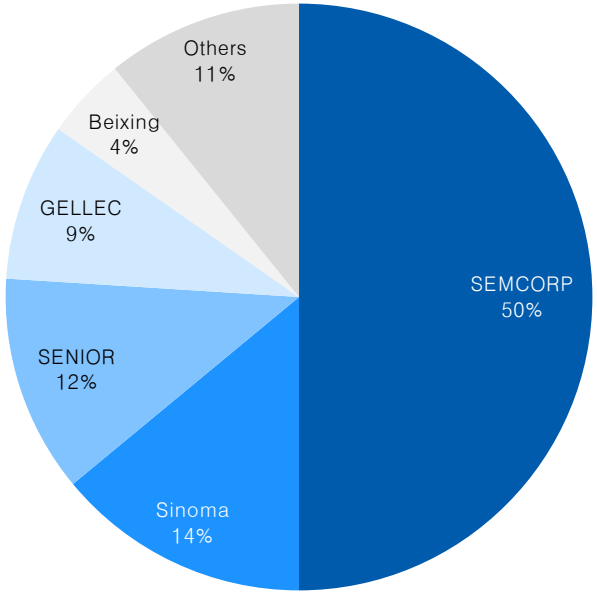
자료: SNE Research, 유안타증권 리서치센터

LFP 배터리 Supply Chain

- **LFP 분리막: 건식, 습식 모두 사용**

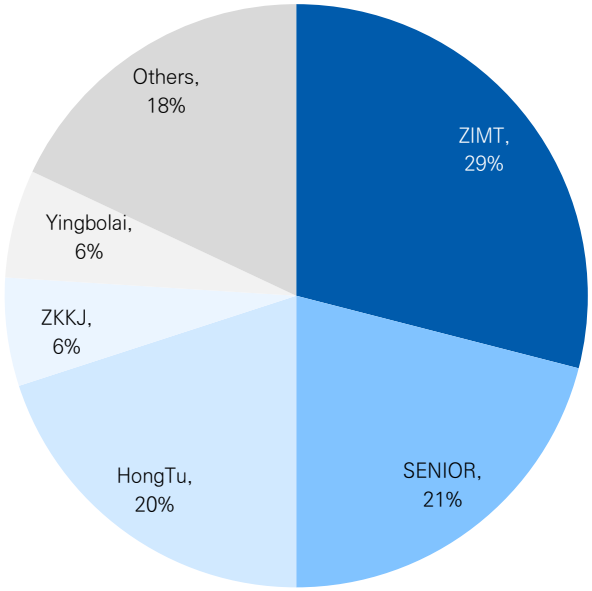
  삼원계 배터리는 얇은 습식 분리막을 적용하지만 LFP는 건식과 습식을 모두 적용. 처음에는 LFP 배터리에도 습식 분리막을 더 일반적으로 적용했으나 더 저렴한 셀을 생산하기 위해 일부 제조업체가 건식 분리막을 선택하기 시작. 대표적으로 BYD는 2016년부터 건식 분리막을 적용하기 시작했으며 블레이드 배터리도 건식 분리막을 적용하고 있음

중국 내 습식 분리막 시장 점유율 현황 (2023)



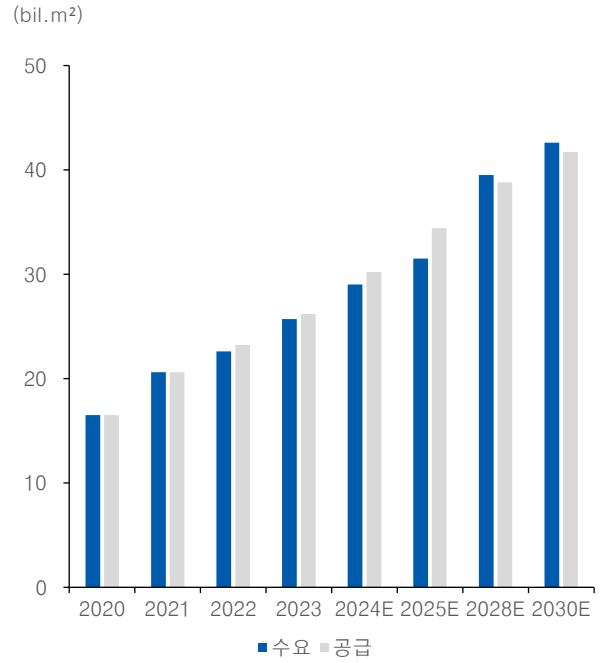
자료: 高工锂电, 유안타증권 리서치센터

중국 내 건식 분리막 시장 점유율 현황 (2023)



자료: 高工锂电, 유안타증권 리서치센터

글로벌 분리막 수급 현황 및 전망



자료: SNE Research, 유안타증권 리서치센터

III. LFP 배터리 글로벌 현황

LMFP+NCM 시대가 시작되다

2024년, LFP 배터리 채택 본격 확대

- **2024년, 글로벌 OEM사들의 LFP 배터리 채택 본격 확대**

  중국 OEM사들 제외, Tesla, 현대기아차 등만 적용해오던 LFP 배터리는 2024년을 시작으로 2025년에는 Renault를 제외한 모든 OEM사들이 채택하게 됨. Ford는 2023년 8월부터 유럽부터 모든 Mustang Mach E Standard Range에 CATL의 LFP를 적용하기 시작. 2024년부터는 북미 출시 Mustang Mach E Standard Range에도 LFP를 적용. 또한 유럽 출시 F-150 lightning도 2024년부터 LFP 적용 본격화되며 2026년부터는 북미에서도 적용할 것을 밝힘. GM은 2025년부터 Bolt(LMFP+NCM)에, BMW는 2025년 생산에 들어갈 Neue Klasse에 LFP 적용할 것을 2023년 하반기에 발표. Stellantis도 2023년 11월, 유럽 시장용 LFP 배터리 현지 공급을 위해 CATL과 전략적 MOU를 체결했으며 2024년 하반기에는 보급형 전기차 모델 Citroën 4세대 풀체인지 모델 e:C3를 출시할 예정. Mercedes-Benz 그룹도 2025년 출시될 MMA 플랫폼 기반 엔트리급 BEV에 LFP를 옵션으로 제공할 것을 밝힘. 프리미엄 픽업트럭 기업인 Rivian도 2025년부터 R1시리즈에 배터리 옵션을 추가해 LFP 적용을 시작할 예정

완성차 OEM 사들의 LFP 배터리 채택 전략

OEM	Currently using LFP ?	Moving to LFP	Details	Timeline
Volkswagen	Yes	Yes	LFP batteries for entry-segment vehicles & LCVS	Using today
Renault	No	No	N/A	N/A
Stellantis	No	Yes	LFMP+NCM for entry-segment cars	2025
Mercedes	No	Yes	LFP batteries for entry-segment cars (New Platform MMA)	2025
BMW	No	Yes	Neue Klasse standard range	2025
Volvo Cars	No	Yes	EX30	2024
Ford	Yes	Yes	LCV and enty-segment cars(Mustang Mach-E, F-150 lightning)	Using today
GM	No	Yes	Bolt EV(LFMP+NCM)	2025
Tesla	Yes	Yes	Model 3(LFP, LFMP+NCM)/ Model Y(LFP)	Using today
Rivian	No	Yes	R1T, S(Standard option)	2025

자료: 유안타증권 리서치센터

LMFP+NCM 시대가 시작되다

- **중국 기업들 LMFP, LMFP-NCM 혼합 배터리 개발 가속화**

  CATL는 2023년 M3P 배터리 양산 시작. 당초 목표였던 kg 당 210Wh 에너지밀도로 양산. M3P 배터리는 단결정 삼원계+LFMP 양극활물질, 실리콘음극재 3%wt, CTP(Cell To Pack)이 적용됨. 주행거리는 유럽 WLTP 기준 RWD 513km, AWD 629km임. 국내 기준 RWD 410km 수준으로 예상

- M3P 배터리 에너지밀도가 kg당 210Wh인 것으로 미루어보아 NCM은 5% 정도 블랜딩 된 것으로 예상. M3P 배터리는 kg 당 cost는 LFP 대비 5% 정도 높고, kWh 당 cost는 LFP와 유사할 것으로 예상. 삼원계 배터리와 주행거리 약70km 정도 차이. 2024년 기준 kg 당 260Wh 에너지밀도를 목표로 하고 있어 이를 달성 시, 삼원계 배터리와 주행거리는 약40km 차이, 가격은 30% 이상 저렴할 것. M3P 배터리는 중국 테슬라 모델3 하이랜드 후속 출시 퍼포먼스 버전에 적용될 것. 2023년 말 기준으로는 Xiaomi 'SU7', Chery HuaWei 'Luxeed S7' Long range에 적용 중

Xiaomi 'SU7'

자료: m.post

HuaWei 'Luxeed S7'

자료: m.post

LMFP+NCM 시대가 시작되다

중국 기업들이 개발 중에 있는 EV용 LMFP 배터리

구분	발표 시기	셀 에너지밀도(Wh/kg)	셀 에너지밀도(Wh/L)	셀 형태	주행거리	내용
CALB	2022.08.01	200	n/a	원통형	700	2023년, 최대 180Wh/kg 고Mn LMFP 1세대 출시. 본격 양산 시점은 미정
Frasis	2022.09.01	240	n/a	파우치형	500	2023년 1세대 출시를 언급했으나 아직 출시하지 못함
SVOLT	2022.12.01	220	503	각형	900	2023년 4월, 2024년 하반기 주행거리 900km LMFP 양산 시작 발표
REPT BATTERO	2023.03.01	n/a	500	각형	800	2024년 발표 예정
JEVE	2023.04.01	220	555	각형	500~600	양산시기 미정. 최소 2,000사이클(25˚C) 수명 목표
Gotion High-Tech	2023.05.01	240	525	각형	1,000	2024년 양산 예정. L6000 LMFP Astroinn: 240Wh/kg의 중량 에너지 밀도, 525Wh/L의 체적 에너지 밀도, 수명 4,000사이클(25˚C)

자료: MGSSI, 유안타증권 리서치센터 업데이트

중국 기업들이 개발 중에 있는 EV용 LMFP 배터리

구분	생산 capacity 현황 또는 계획	양산 유무	내용
Dynanonic	110,000	가동 중	2025년까지 연간 440,000톤으로 확대 예정
Zhongbei New Material	10,000	가동 중	향후 연간 100,000톤으로 확대할 것
Ronbay New Energy Technology	5,000	가동 중	2024년 기준 추가 5,000톤 증설 중. 2025년 연간 30만톤까지 확대
HENGTRON Nanotech	5,000	가동 중	향후 연간 150,000톤으로 확대할 것
Lithitech	2,000	가동 중	CATL 자회사. 2024년 연간 3,000톤으로 확대 예정
Hubei RT Hi-Tech Advanced Materials	40,000	2024	2024년 양산 시작
EASPRING	120,000	계획 중	LMFP-6M1(Mn 65%, 155mAh/g 에너지밀도) 양산 시작. 2028년까지 연간 30만톤 확대 예정
Qianyun Tech	100,000	계획 중	향후 연간 200,000톤으로 확대할 것
GHTECH	36,000	계획 중	LFP, LMFP 양극재 생산능력 합산 기준
Jinquan New Material	25,000	계획 중	EVE 자회사
Cnano Technology	20,000	계획 중	향후 연간 100,000톤으로 확대할 것

자료: MGSSI, 유안타증권 리서치센터 업데이트

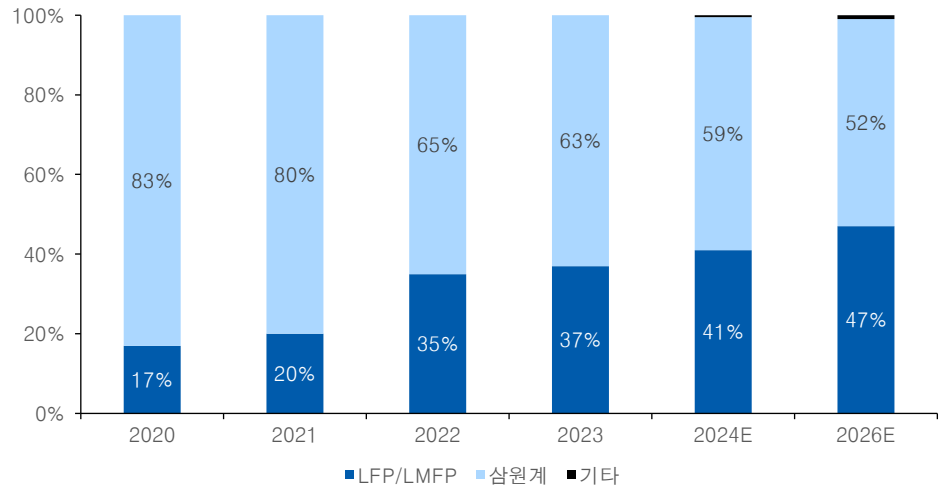
LMFP+NCM 시대가 시작되다

- **빠른 속도로 LFP 시장 점유율 확대되는 중**

  LFP 배터리 시장 점유율은 2020년 17%에 불과했으나 2023년 37%까지 확대. 이는 테슬라와 BYD 중심으로 글로벌 EV 시장이 성장했고 테슬라 EV 전략이 LFP 적용을 확대하는 방향이었기 때문. 글로벌 시장 조사기관에서 2021년만 하더라도 글로벌 LFP 시장 점유율을 평균적으로 2025년 33%, 2030년 40%로 전망했음. 그러나 2023년 기준 이미 LFP는 37%까지 비중이 확대되었으며 2023년 4분기에는 40%를 차지. 2023년에는 테슬라를 제외하더라도 글로벌 OEM사들이 70kWh급 옵션 적용 배터리를 삼원계에서 LFP로 변경하는 수요가 증가하면서 LFP 비중 확대를 유도. 2024년에는 포드, 볼보, 폭스바겐의 LFP 적용 모델이 확대될 예정이며, 2025년에는 GM을 시작으로 BMW, 벤츠, 스텔란티스, 리비안 등 대부분 OEM사들이 LFP 배터리를 적용하게 됨

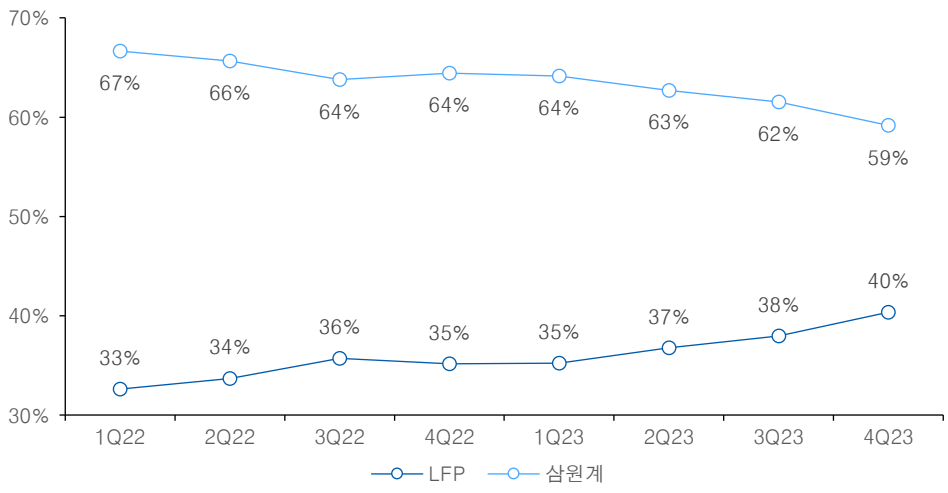
- 2024년 CATL의 LMFP-NCM 혼합 배터리 양산 수율이 높아지고 계획대로 더 높은 에너지밀도 배터리가 출시되면 2026년에는 Long range 제외 모든 EV 옵션에 LFP/LMFP가 적용될 가능성 있음. 2026년 기준 LFP/LMFP 비중을 47% 추정했으나, Long range 제외 모든 EV 옵션 적용을 가정하면 66%까지 확대될 수 있음

글로벌 양극재 종류 별 시장 점유율 현황 및 전망(BEV+PHEV 기준)



자료: 유안타증권 리서치센터 추정

글로벌 양극재 종류 별 시장 점유율 분기별 현황



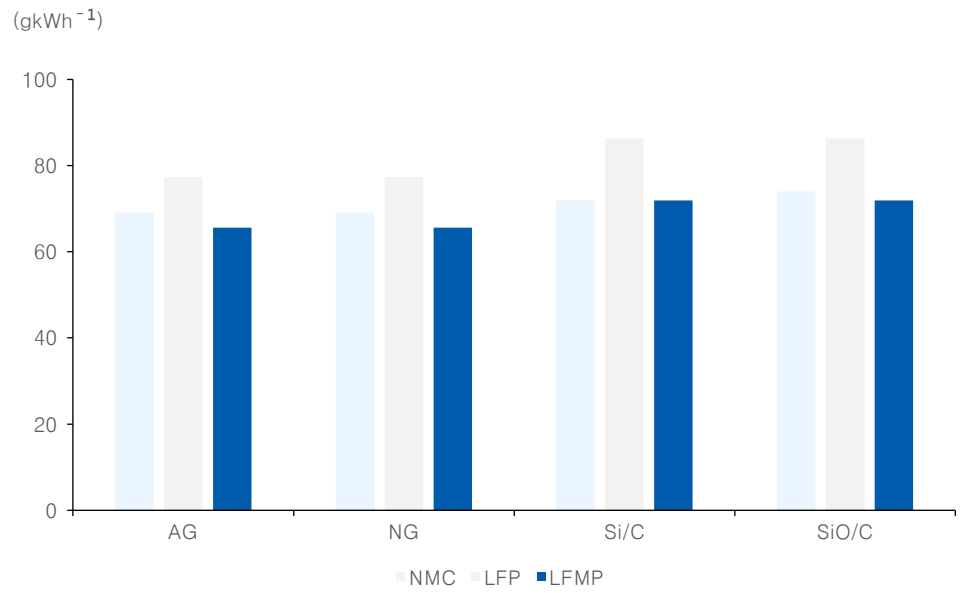
자료: SNE Research, 유안타증권 리서치센터

LMFP+NCM 시대가 시작되다

- **LMFP 리튬 사용 효율성 측면에서도 유리**

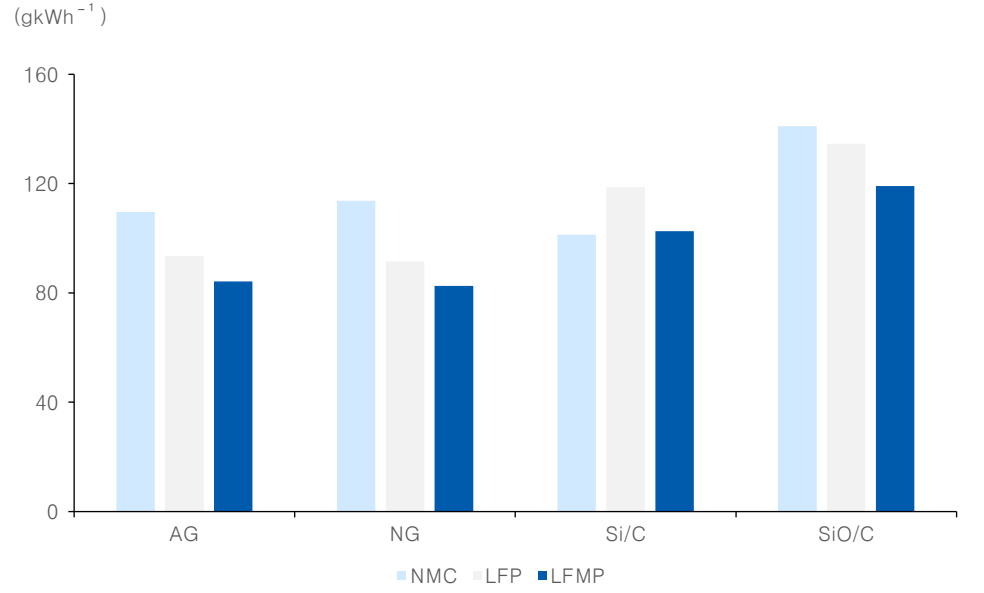
  LMFP는 LFP 대비 15~20% 에너지밀도가 높고 kWh 당 cost도 5% 이상 낮으며 구조 상 안정성도 높음. 이러한 측면 때문에 차세대 LFP 배터리로 주목받고 있으며 NCM 혼합을 통해 LMFP의 기술적 한계도 보완 가능해짐. EV 시장이 확대되면서 빠르게 증가하는 Li 수요에 대한 우려도 높음. 2022년을 기점으로 글로벌 리튬 매장량도 증가하고 있고 리튬 정제련 지역 편중화 해소를 위한 노력도 확대되고 있으나 리튬 공급에 대한 고민은 여전. 따라서 1kWh의 전력을 내는 데 필요한 리튬량 즉, 반응 에너지 당 리튬 사용 효율성도 배터리 선택에 있어 중요한 포인트. LFP 배터리의 1kWh 전력 생성에 필요한 탄산리튬량은 80g 정도이며, NCM은 1.5kg임. 다만, NCM이 에너지밀도가 높기 때문에 이론적 리튬 사용 효율성은 더 높으나, 실제로는 구조적 안정성이 낮아 리튬 사용 효율성이 LFP 대비 낮음. LMFP는 1kWh 전력 생성에 필요한 탄산 리튬량은 82g 수준. LMFP는 에너지밀도가 높아 이론적으로도 NCM 대비 리튬 사용 효율성이 높으나 실제도 LFP 대비 높음

양극재 종류 별 이론 리튬 사용 효율성(적용 음극 소재 별 비교)



자료: 유안타증권 리서치센터 추정

양극재 종류 별 실제 리튬 사용 효율성(적용 음극 소재 별 비교)



자료: 유안타증권 리서치센터

LMFP+NCM 시대가 시작되다

- **중국 기업들의 중국+유럽 중심 LFP 확장, 국내 기업들도 2026년부터 양산 시작**

  중국 중심으로 LFP를 확대해왔던 중국 기업들은 2024년부터는 유럽에서도 수요가 증가할 것으로 예상. 수출뿐 아니라 유럽 현지 공장 생산이 본격화되면서 중국 및 유럽 중심으로 LFP 확장이 본격화될 것. 유럽의 50개 이상의 기가팩토리 프로젝트가 계획대로 진행되면 2030년 유럽 내 생산량이 가장 많은 기업은 노스볼트, Freyr(노르웨이 배터리 기업), ACC(Automotive Cells Company: Stellantis 45%, Mercedes-Benz 30%, Saft 25%), 폭스바겐 그룹, CATL이 될 것. 이 5개 기업이 유럽 내 생산량의 58%를 담당할 것이며 그 안에서 CATL이 22% 비중을 차지할 것으로 예상. CATL은 2023년 1월, 독일 튀링겐에서 14GWh 생산능력으로 배터리 양산을 시작. 2025년에는 헝가리 공장에 100GWh 생산능력을 갖추게 될 것. 2023년 11월, CATL은 Stellantis와 유럽향 LFP 배터리 공급 계약 체결했으며 4번째 유럽 기가 팩토리 공장 건설을 계획하고 있는 Stellantis의 배터리 파트너로 스페인에 공장 설립 가능성이 높아지고 있음.

중국 배터리 기업 유럽 공장 투자 현황 및 계획

구분	지역	가동 시기	생산능력(GWh)
CATL	독일 튀링겐	2023.01	14
	헝가리	2025	100
Envision AESC	스페인	2025	30
	프랑스	2024	24
	영국	2012	25
	영국	2025	12
Gotion High-Tech	독일	2023.09	20
CALB	포르투갈	2025년 말	15
	독일	n/a	20
SVOLT	독일 자를란트	2023년 말	24
	독일 브라덴부르크	2025	16
Farasis	튀르키에	2026	20
	독일	n/a	6
EVE	헝가리	2026	n/a
Sunwoda	헝가리	2025년 말	n/a

자료: KIEP, 유안타증권 리서치센터

국내 셀 및 양극재 기업 LFP 개발 계획

구분	내용
LG에너지솔루션	2023년 하반기 ESS용 LFP 양산 시작. 2025년 하반기 EV용 LFP 양산 목표
삼성SDI	빠르면 2026년부터 LFP 양산 계획
SK온	LFP 배터리 개발 완료. 고객사와 공급 관련 논의 진행. 양산 계획 구체적으로 밝히지 않음
에코프로비엠	2024년내 LFP 배터리용 양극재 파일럿 라인 완공 목표 상업통상자원부 지원 고성능 LFP 양극재 양산 기술 개발 투입. 2026년까지 총 233억원 투입 예정
포스코퓨처엠	2025년 LFP 양극재 2만톤 생산 계획. 2030년까지 LFP 등 보급형 양극재 제품 15만톤 생산 목표
엘앤에프	2025년 말 LFP 양극재 양산 계획. 대구 공장에 LFP 양극재 공장 설립계획으로 연간 16만톤 규모가 될 것

자료: 유안타증권 리서치센터

IV. LFP 투자전략

CNT, Si 음극재 주목

CNT, Si 음극재 주목

- **LFP 배터리 기술 방향 중 CNT, Si 음극재 주목**

  앞 서 LFP 배터리의 기술 방향은 1) 리튬이온확산 속도 및 전기전도성 개선(+저온 특성 개선), 2) 에너지밀도 향상으로 구분됨을 언급. 이를 위해 1) 탄소코팅(CNT), 2) 원소 도핑(LMFP, LMFP+NCM), 3) Si 음극, 4) 리튬염 변경 등이 진행. 이 중, 리튬염 변경은 기존 적용 방식이 가장 우세하여 당장 뚜렷한 방향성이 보이고 있지 않음. 또한 에너지밀도 향상에 탁월한 Mn 도핑 LMFP 및 LMFP-NCM 혼합 배터리 방식은 20년 이상을 LFP만 연구해온 중국 기업들이 경제성, 제품 다양성 등 차별화된 경쟁력을 보유한 상황. 국내 기업들이 LFP 양산을 시작하더라도 북미 이외의 지역에서 경쟁력을 갖기 어려우며 북미도 예산 감소 정책으로 가게 되면 LFP 판매 시 수익성이 더욱 악화될 수 있음

- LFP 배터리 저온 특성 개선을 위해 CNT 탄소코팅은 고스펙으로 적용이 확대되고 있으며 Si 음극에 대한 관심도 높아지고 있음. 이는 LFP뿐 아니라 LMFP-NCM 혼합 배터리로 갈수록 더 중요해짐. CNT 평균 직경 6nm 이하 급 Powder, 분산제, Si 음극 시장은 글로벌 대량 양산 Player가 제한되어 있는 초기 성장 시장임. **제한된 Player 내 독점적 지위를 가진 국내 기업이 속해 있기 때문에 LFP 배터리 국내 기업 투자전략은 'Si 음극, CNT 소재'에 주목**할 필요 있음

글로벌 EV 용 실리콘 음극재 기업 양산 현황 및 계획(완성차 기업과의 계약 기업 기준)

구분	국가	양산 시기	제품	EV LiBs 고객사
BTR	중국	대량 양산 중	Si/C, SiOx	삼성SDI, 파나소닉 등
대주전자재료	한국	대량 양산 중	SiOx	LG에너지솔루션, SK온 등
Shin-Etsu	일본	대량 양산 중	SiOx	파나소닉: 현재는 BTR로 물량이 대부분 넘어감
Sila Nanotechnologies	미국	2025	Si/C	메르세데스-벤츠 파트너로 CATL향 공급 예정 2025년부터 파나소닉과 양산 계약 체결
OneD Battery Sciences	미국	계획 중	n/a	GM Ultium 셀에 실리콘 나노기술 적용 가능성 공동 연구 개발 계약
Group14 Technologies	미국	계획 중	Si/C	Titan Silicon 제품 2021년 시장 출시 워싱턴주 모세스 레이크에 두 번째 상용 규모 공장 건설 시작 GM과 얼티엄 전지용 실리콘 양극 기술 공동 R&D 협력
Nexeon	영국	2025	Si/C	미국 캔자스주 데소토에서 파나소닉향 실리콘 음극 공급 예정

자료: 유안타증권 리서치센터

글로벌 CNT 기업

구분	직경	Powder 기업	분산제 기업
MWCNT	7~100nm	Cnano, LG화학, 금호석유화학, 제이오, Dazhan, Cabot-SUSN, Timesnano, Showa Denko 등	Cnano, Canatu, Shenzhen Nanotech, Nanocyl, Toyocolor, 나노신소재, 동진쎄미켐 등
TWCNT	4~6nm	제이오	Toyocolor, 나노신소재
SWCNT	0.5~2.5nm	OCSiAl(양산), KORBON,Timesnano, Faymo, 제이오	나노신소재

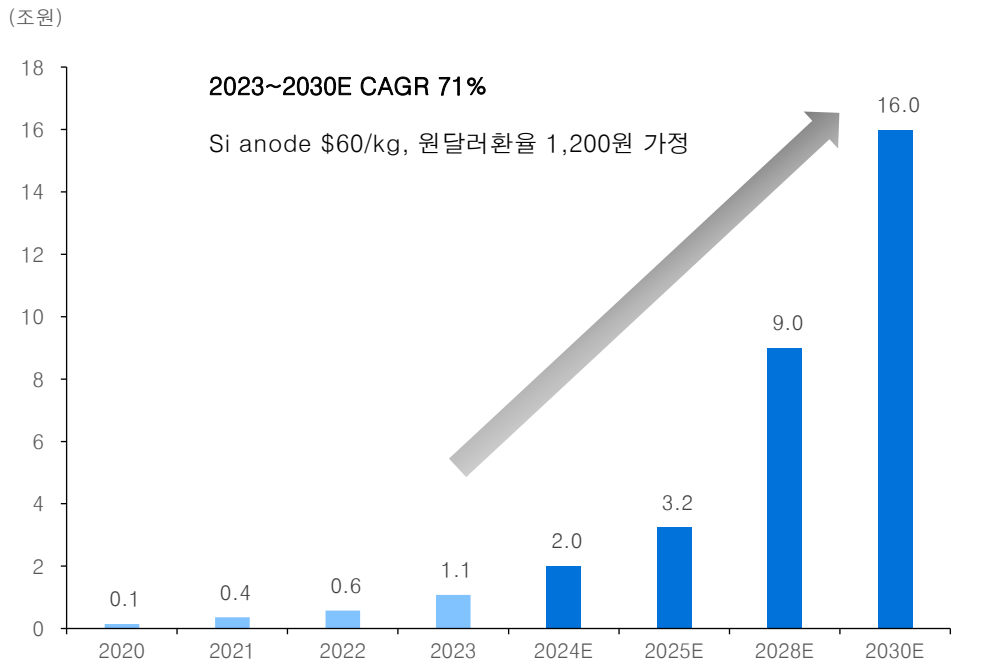
자료: 유안타증권 리서치센터

CNT, Si 음극재 주목

- **Si 음극재, LFP 보단 삼원계 EV 적용 확대에 주목**

  아직까지 Si 음극은 테슬라를 제외하면 프리미엄 EV(삼성SDI P5(Si 5% 예상), P6(Si 7~10% 예상) 적용 차종, 포르쉐 타이칸, 아우디 e-TronGT 등) 에만 적용 중. 테슬라도 LFP 적용 차종이 아닌 파나소닉이 공급하는 Model3에만 Si 5wt% 정도 적용 추정. LFP 배터리가 경제성을 앞세우는 만큼 High -Si(〉10wt%)적용이 가능해지지 않는 한 Si 음극 적용을 통한 에너지밀도 향상보다는 탄소코팅 기술을 통한 저온 특성 개선, Mn 원소 도핑 및 혼합, CTP(Cell to Pack) 등을 통한 에너지밀도 향상을 추구하는 방향으로 진행 예상. 따라서 Si 음극은 High -Si(〉10wt%) 양산이 시작되는 2026년을 기점으로 그 이전에는 프리미엄 EV 적용 차종 확대, 이후에는 LFP 배터리까지 적용될 것으로 예상

글로벌 실리콘 음극재 시장 규모



자료: 유안타증권 리서치센터

함량에 따른 배터리팩 내 Si 음극 원가 비중

Si anode 함량	Si anode 적용 차종 평균 kWh	배터리 1kWh 당 Si anode 중량 (kg)	kg 당 단가 ($/kg)	원달러 환율(원)	대당 Si anode 가격 (천원)	kWh 당 배터리팩 가격(2023) ($/kWh)	대당 배터리팩 가격 (천원)	배터리팩 내 Si anode 원가 비중
5wt%	93	0.05	60	1,200	335	130	14,508	2%
10wt%	93	0.1	60	1,200	670	130	14,508	5%
5wt%	93	0.05	40주)	1,200	223	130	14,508	2%
10wt%	93	0.1	40	1,200	446	130	14,508	3%

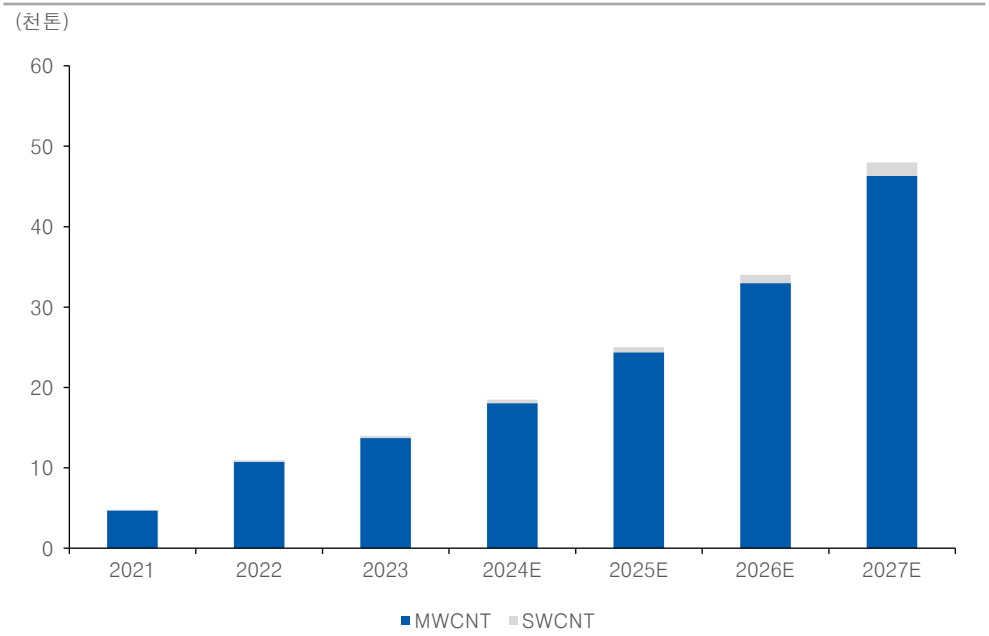
주: 2023년 하반기 중국 Si anode 가격
자료: 유안타증권 리서치센터

CNT, Si 음극재 주목

- **LFP 관련주로 CNT 주목**

LFP 배터리에 적용이 본격 확대되고 있는 소재는 CNT. 2023년까지는 주로 카본블랙+glucose, 카본블랙+MWCNT 등이 탄소코팅 소재로 주로 적용. CATL의 LMFP+NCM 혼합 배터리 양산이 시작되면서 직경 6nm 이하급 CNT 도전재 적용을 본격화하려는 움직임 있음. 4~6nm TWCNT 독점 기업이 제이오의 경우, 2023년 4분기 중국 고객사 비중이 확대. 2023년 연간 중국 고객사 비중이 약 12%수준까지 올라온 것으로 추정. 그 전에는 프리미엄급 차종에만 적용하던 중국 고객사가 보급형 적용을 확대하기 시작한 것으로 예상. 2023년 말 기준 LFP 배터리 양극 도전재 비율은 카본블랙: MWCNT: TWCNT=7.8:2:0.2 수준으로 추정되며 향후 TWCNT 비중이 점점 확대될 것으로 기대. TWCNT 비중이 도전재 내 5wt%까지 증가해도 배터리팩 내 원가 비중은 0.8% 수준. 다만, 현 가격(kg 당 $100) 수준에서는 5wt% 비중이 최대일 것

글로벌 CNT 수요 추이 및 전망



자료: marketsandmarkets, 유안타증권 리서치센터

도전재 종류별 배터리팩 내 원가 비중

구분	1kWh당 용량 (kg)	kg 당 가격 ($/kg)	원달러 환율 (원)	Tesla Model3 Highland Long range (kWh)	대당 도전재 가격 (원)	kWh 당 배터리팩 가격(2023) ($/kWh)	대당 배터리팩 가격 (천원)	배터리팩 내 도전재 원가 비중
도전재 Total	0.2	10	1,200	81.6	200,423	130	12,730	1.6%
MWCNT	0.04	40	1,200	81.6	156,672	130	12,730	1.2%
TWCNT	0.004	100	1,200	81.6	39,168	130	12,730	0.3%
카본블랙	0.16	0.3	1,200	81.6	4,583	130	12,730	0.04%

자료: 유안타증권 리서치센터

IV. Top Pick

나노신소재, 제이오

2차전지/전기전자

이안나
02 3770 5599
anna.lee@yuantakorea.com

투자의견	BUY (M)
목표주가	260,000원 (M)
현재주가 (2/20)	104,900원
상승여력	148%

시가총액	12,756억원
총발행주식수	12,239,242주
60일 평균 거래대금	97억원
60일 평균 거래량	85,484주
52주 고	184,800원
52주 저	95,600원
외인지분율	8.19%
주요주주	박장우 외 8 인 23.98%

주가수익률(%)	1개월	3개월	12개월
절대	(2.9)	(12.7)	(18.6)
상대	(5.5)	(18.1)	(25.9)
절대(달러환산)	(2.8)	(15.7)	(21.2)

나노신소재(121600): 차별화된 성장을 보여준다

- **4Q23 Preview: 전 사업부문 호실적 기대:**
  동사는 2023년 4분기 매출액 240억원(+17% qoq, +28% yoy) 영업이익 45억원(OPM 19%, +173% qoq, +20% yoy)으로 영업이익 기준 컨센서스(영업이익 22억원) 대비 상회하는 실적 기대. 이는 CNT 중심 외형성장이 계속되는 가운데, 3분기 부진했던 반도체, 디스플레이 수요 정상화로 인한 것

- **LFP향은 아직. 당분간은 삼원계 중심으로 성장**
  동사는 2024년 매출액 1,725억원(+101% yoy) 영업이익 310억원(OPM 18%, +145% yoy)으로 큰 폭의 외형 및 이익 성장 기대. 2024년 2분기부터 미국, 폴란드 공장 양산 시작되며, 2025년에는 미국, 유럽, 일본 등 해외공장 양산 본격화될 것. 이에 2024년, 2025년 100% 이상의 외형성장이 기대됨. LFP MWCNT 분산은 주로 중국의 Cnano 등 중국 기업들이 공급. CATL Model3 Highland향 6nm급 CNT 분산은 일본 도요칼라 공급. 동사는 3nm 이하 급 독점으로 실리콘 음극재 적용 CNT 도전재향 독점 공급. LFP향은 국내 기업들의 양산이 시작되고, 중국 LFP 배터리 실리콘 적용이 시작될 것으로 예상되는 2026년부터 확대 예상

- **투자의견 Buy 및 목표주가 유지:**
  동사에 대한 투자의견 Buy, 목표주가 260,000원 유지. 동사는 2025년 기준 EV/EBITDA 17배 수준으로 2023E ~2025E 연평균 성장률 70% 이상 고려 시, 현저하게 저평가되어 있어 밸류에이션 매력도 또한 높음

Forecasts and Valuation (K-IFRS 연결) (십억원, 원, %, 배)

결산(12월)	2021A	2022A	2023F	2024F	2025F
매출액	61	80	86	172	352
매출액증가율	24.5	31.1	7.5	100.0	104.7
영업이익	6	17	13	31	60
영업이익률	9.8	21.3	15.1	18.0	17.0
지배주주귀속순이익	7	19	16	18	51
지배주주 귀속 EPS	670	1,754	1,386	1,481	4,187
증가율	365.3	161.8	-21.0	6.9	182.7
PER	58.3	43.3	87.0	70.8	25.1
PBR	4.2	4.6	5.4	4.4	3.8
EV/EBITDA	43.1	34.8	126.6	31.8	17.0
ROA	6.5	11.5	5.0	3.9	9.5
ROE	7.7	12.8	6.8	6.5	16.4

자료: 유안타증권 리서치센터

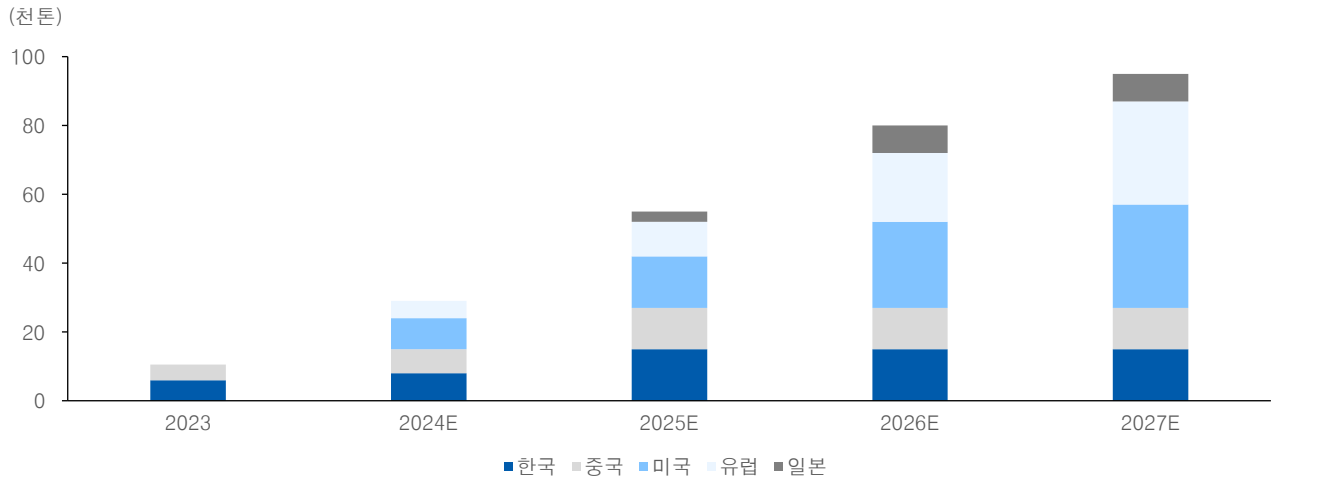
나노신소재 실적 추이 및 전망

(억원)	1Q22	2Q22	3Q22	4Q22	1Q23	2Q23	3Q23	4Q23E	2022	2023E	2024E	2025E
매출액	188	208	215	187	177	235	205	240	799	856	1,725	3,524
(%, QoQ)	*21*	*11*	*3*	*-13*	*-6*	*33*	*-13*	*17*				
(%, YoY)	*29*	*43*	*32*	*21*	*-6*	*13*	*-5*	*28*	*31*	*7*	*101*	*104*
디스플레이	38	33	25	20	30	28	14	26	116	99	116	128
CMP Slurry	32	20	44	16	18	23	6	23	113	70	117	133
태양전지 소재	13	28	33	24	15	18	31	20	99	84	98	113
CNT 도전재	55	55	57	71	67	93	109	118	239	387	1,073	2,630
기타	51	71	56	55	47	72	45	52	233	216	320	520
영업이익	37	47	47	37	20	45	16	45	168	127	310	599
(%, QoQ)	*130*	*27*	*1*	*-21*	*-46*	*124*	*-64*	*173*				
(%, YoY)	*175*	*321*	*178*	*134*	*-45*	*-3*	*-65*	*20*	*195*	*-25*	*145*	*93*
OPM (%)	*20*	*22*	*22*	*20*	*11*	*19*	*8*	*19*	*21*	*15*	*18*	*17*
매출 비중 (%)	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
디스플레이	*20*	*16*	*12*	*11*	*17*	*12*	*7*	*11*	*15*	*12*	*7*	*4*
CMP Slurry	*17*	*10*	*21*	*9*	*10*	*10*	*3*	*10*	*14*	*8*	*7*	*4*
태양전지 소재	*7*	*14*	*15*	*13*	*8*	*8*	*15*	*8*	*12*	*10*	*6*	*3*
CNT 도전재	*29*	*26*	*26*	*38*	*38*	*40*	*53*	*49*	*30*	*45*	*62*	*75*
기타	*27*	*34*	*26*	*29*	*27*	*31*	*22*	*22*	*29*	*25*	*19*	*15*

주: IFRS 연결 기준

자료: 유안타증권 리서치센터

나노신소재 CNT분산제 Capacity plan



자료: 유안타증권 리서치센터

나노신소재(121600) 추정재무제표 (K-IFRS 연결)

손익계산서

(단위: 십억원)

결산 (12월)	2021A	2022A	2023F	2024F	2025F
매출액	61	80	86	172	352
매출원가	39	46	52	104	212
매출총이익	22	34	34	69	140
판관비	16	17	21	38	80
영업이익	6	17	13	31	60
EBITDA	9	21	10	36	65
영업외손익	2	3	5	-11	-5
외환관련손익	2	2	1	0	2
이자손익	0	2	-3	-11	-7
관계기업관련손익	0	0	0	0	0
기타	0	0	7	0	0
법인세비용차감전순손익	8	20	18	20	55
법인세비용	0	1	2	2	4
계속사업순손익	7	19	16	18	51
중단사업순손익	0	0	0	0	0
당기순이익	7	19	16	18	51
지배지분순이익	7	19	16	18	51
포괄순이익	8	20	16	19	51
지배지분포괄이익	8	20	16	19	51

주:영업이익산출 기준은 기존 k-GAAP과동일. 즉, 매출액에서매출원가와판관비만 차감

현금흐름표

(단위: 십억원)

결산 (12월)	2021A	2022A	2023F	2024F	2025F
영업활동 현금흐름	11	19	8	-5	39
당기순이익	7	19	16	18	51
감가상각비	3	4	-2	5	6
외환손익	-1	1	-1	0	-2
종속,관계기업관련손익	0	0	0	0	0
자산부채의 증감	-4	-6	-7	-22	-10
기타현금흐름	5	2	2	-6	-6
투자활동 현금흐름	-14	-76	-212	-55	-62
투자자산	0	0	0	0	0
유형자산 증가 (CAPEX)	-4	-17	-23	-24	-24
유형자산 감소	1	0	0	0	0
기타현금흐름	-11	-59	-189	-31	-38
재무활동 현금흐름	6	71	186	49	-8
단기차입금	7	-7	-3	0	0
사채 및 장기차입금	1	0	143	52	-5
자본	0	80	55	0	0
현금배당	-1	-1	-3	-3	-3
기타현금흐름	-1	-1	-7	0	0
연결범위변동 등 기타	1	-1	6	19	21
현금의 증감	4	14	-12	7	-10
기초 현금	14	18	32	20	27
기말 현금	18	32	20	27	17
NOPLAT	6	17	13	31	60
FCF	6	3	-15	-29	15

자료: 유안타증권 주:1. EPS, BPS 및 PER, PBR은 지배주주 기준임2. PER등 valuation 지표의 경우, 확정치는 연평균 주가 기준, 전망치는 현재주가 기준임 3. ROE,ROA의경우, 자본,자산 항목은 연초,연말 평균을 기준일로 함

재무상태표

(단위: 십억원)

결산 (12월)	2021A	2022A	2023F	2024F	2025F
유동자산	83	163	356	415	453
현금및현금성자산	18	32	20	27	17
매출채권 및 기타채권	9	10	19	30	38
재고자산	32	38	38	49	50
비유동자산	38	50	72	92	110
유형자산	30	44	66	85	104
관계기업등 지분관련자산	0	0	0	0	0
기타투자자산	2	0	0	0	0
자산총계	121	214	428	507	563
유동부채	16	12	9	31	37
매입채무 및 기타채무	4	5	7	16	24
단기차입금	9	3	0	0	0
유동성장기부채	0	3	0	12	7
비유동부채	6	3	149	190	192
장기차입금	3	0	0	40	40
사채	0	0	147	147	147
부채총계	21	15	158	221	229
지배지분	100	199	270	286	334
자본금	5	6	6	6	6
자본잉여금	38	118	173	173	173
이익잉여금	58	77	90	105	153
비지배지분	0	0	0	0	0
자본총계	100	199	270	286	334
순차입금	-23	-104	-147	-133	-165
총차입금	16	9	149	201	196

Valuation 지표

(단위: 원, 배, %)

결산 (12월)	2021A	2022A	2023F	2024F	2025F
EPS	670	1,754	1,386	1,481	4,187
BPS	9,322	16,576	22,473	23,819	27,851
EBITDAPS	848	1,754	851	2,931	5,339
SPS	5,577	6,796	6,998	14,092	28,791
DPS	120	250	250	250	250
PER	58.3	43.3	87.0	70.8	25.1
PBR	4.2	4.6	5.4	4.4	3.8
EV/EBITDA	43.1	34.8	126.6	31.8	17.0
PSR	7.0	11.2	17.2	7.4	3.6

재무비율

(단위: 배, %)

결산 (12월)	2021A	2022A	2023F	2024F	2025F
매출액 증가율 (%)	25.9	30.9	7.1	101.5	104.3
영업이익 증가율 (%)	290.9	194.0	-24.6	144.9	93.0
지배순이익 증가율 (%)	350.4	158.2	-16.9	13.0	182.8
매출총이익률 (%)	35.4	42.9	39.6	39.8	39.8
영업이익률 (%)	9.4	21.1	14.8	18.0	17.0
지배순이익률 (%)	12.2	24.0	18.6	10.4	14.4
EBITDA 마진 (%)	15.2	25.8	12.2	20.8	18.5
ROIC	7.7	20.5	10.4	21.0	35.0
ROA	6.5	11.5	5.0	3.9	9.5
ROE	7.7	12.8	6.8	6.5	16.4
부채비율 (%)	21.5	7.5	58.7	77.3	68.4
순차입금/자기자본 (%)	-23.2	-52.3	-54.7	-46.6	-49.5
영업이익/금융비용 (배)	23.7	49.9	-68.3	-33.6	-150.9

2차전지/전기전자

제이오(418550): LFP 수요 확대 국내 최대 수혜주

이안나

02 3770 5599

anna.lee@yuantakorea.com

투자의견	Not Rated (I)
목표주가	-원 (I)
현재주가 (2/20)	23,150원
상승여력	-

시가총액	7,307억원
총발행주식수	31,565,773주
60일 평균 거래대금	66억원
60일 평균 거래량	258,382주
52주 고	39,900원
52주 저	18,120원
외인지분율	1.74%
주요주주	강득주 외 6 인 39.52%

주가수익률(%)	1개월	3개월	12개월
절대	(0.9)	(11.0)	9.7
상대	(3.5)	(16.4)	(0.1)
절대(달러환산)	(0.8)	(14.0)	6.2

- **4Q23 Review: 여전히 좋은 CNT:**
  2023년 4분기 매출액 316억원, 영업이익 20억원(OPM 6%) 기록. 이는 플랜트 부문 고객사 비용 조정으로 소폭 적자 발생했기 때문. 다만, CNT 부문은 여전히 높은 수익률 기록. 4분기 CNT 부문은 매출 비중 80% 이상을 차지하는 국내 및 유럽 고객사의 수요 부진에도 불구, 중국 고객사 수요가 큰 폭으로 증가하면서 높은 수익성 지속. 중국 고객사 향 TWCNT 수요 증가는 프리미엄에서 보급형 EV까지 적용이 확대되었기 때문

- **2024년 중국 고객사 향 수요 증가, 2025년 국내, 일본 고객사향 양산 기대:**
  동사는 2024년 국내 및 유럽 고객사 수요 부진으로 CNT 사업부문 성장 둔화 예상. 다만, 중국 고객사 향 수요 확대가 본격화될 것. 고객사 매출 비중으로 4분기 중국 고객사 향 물량을 추정하면 2024년에 고객사가 필요한 물량은 채운 것으로 예상. 따라서 2024년 하반기에 중국 고객사향 공급 확대될 것. 2024년 중국 고객사 향 외형성장은 TWCNT가 적용되는 차량에 60%만 공급해도 2023년 대비 28%, 2025년 100% 이상 성장 기대

- **진정한 LFP 수요 확대 국내 최대 수혜주:**
  동사는 TWCNT 독점 기업으로 LFP 수요 증가에 대한 수혜를 고스란히 받을 것. 그리고 2025년부터 실리콘 음극재 적용 TWCNT에 대한 국내 및 일본 고객사 향 양산 시작될 것. 주요 고객사의 수요 부진이 예상되면서 2024년에는 외형성장이 둔화될 수 있으나 TWCNT향 고객사 확대가 본격화된다는 측면에서 긍정적

Forecasts and Valuation (K-IFRS 별도) (십억원, 원, %, 배)

결산(12월)	2018A	2019A	2020A	2021A	2022A
매출액	31	45	47	79	68
매출액증가율	3.3	45.2	4.4	68.1	-13.9
영업이익	2	2	1	-4	-2
영업이익률	6.5	4.4	2.1	-5.1	-2.9
지배주주귀속순이익	1	2	1	-15	-6
지배주주 귀속 EPS	67	108	25	-670	-216
증가율	-125.5	61.2	-76.9	-2,780.0	-67.8
PER	-	-	-	-	-
PBR	-	-	-	-	-
EV/EBITDA	-	-	-	-	-
ROA	3.5	5.4	1.2	-21.0	-6.6
ROE	9.3	12.6	2.5	-54.0	-13.3

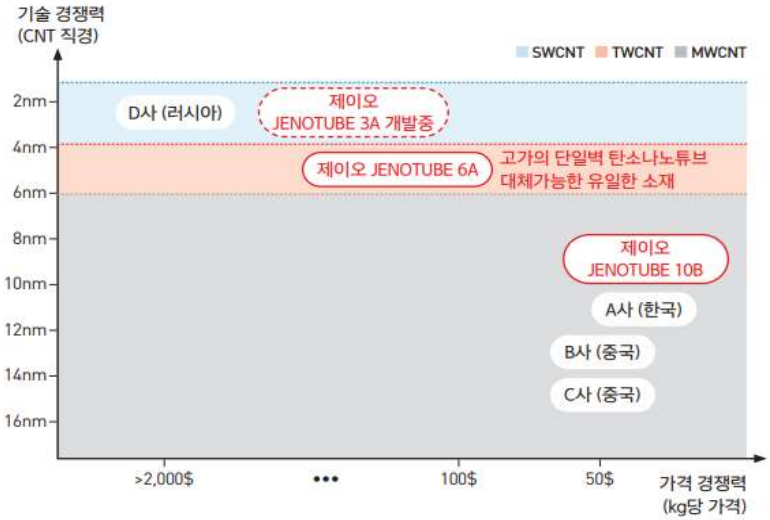
자료: 유안타증권 리서치센터

제이오 실적 추이 및 전망

(억원)	2023	2024E	2025E	2026E
매출액	**1,145**	**974**	**1,110**	**1,180**
플랜트	875	723	750	750
CNT	270	251	360	430
영업이익	**120**	**102**	**160**	**189**
OPM	*11%*	*11%*	*14%*	*16%*

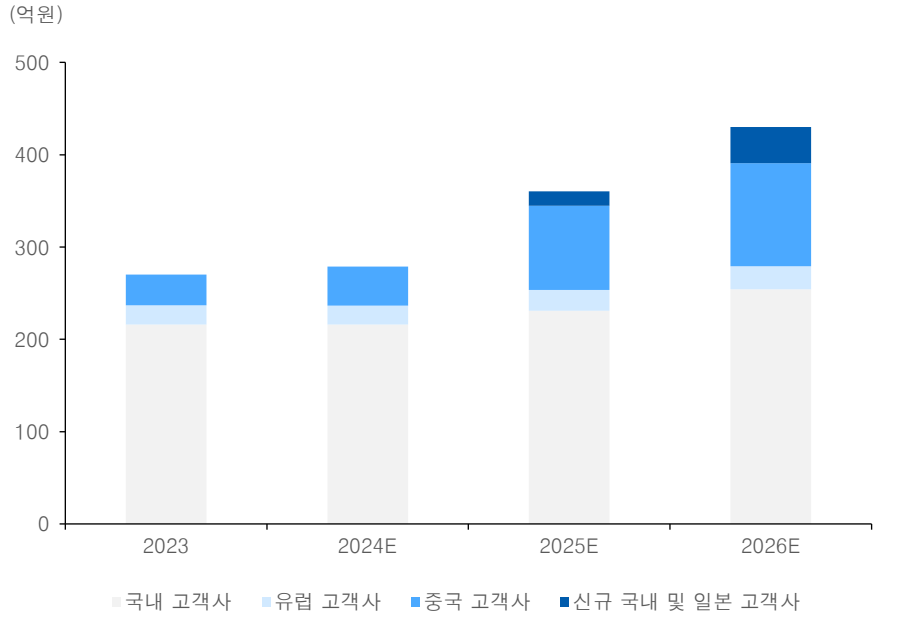
주: IFRS 별도 기준
자료: 유안타증권 리서치센터

제이오 CNT 기술 경쟁력



자료: 제이오

제이오 고객사 별 매출 현황 및 추이 (유안타 추정)



자료: 유안타증권 리서치센터

도전재 종류별 배터리팩 내 원가 비중 (유안타 추정)

구분	1kWh당 용량 (kg)	kg 당 가격 ($/kg)	원달러 환율 (원)	Tesla Model3 Highland Long range (kWh)	대당 도전재 가격 (원)	kWh 당 배터리팩 가격(2023) ($/kWh)	대당 배터리팩 가격 (천원)	배터리팩 내 도전재 원가 비중
도전재 Total	0.2	10	1,200	81.6	200,423	130	12,730	1.6%
MWCNT	0.04	40	1,200	81.6	156,672	130	12,730	1.2%
TWCNT	0.004	100	1,200	81.6	39,168	130	12,730	0.3%
카본블랙	0.16	0.3	1,200	81.6	4,583	130	12,730	0.04%

자료: 유안타증권 리서치센터

제이오(418550) 추정재무제표 (K-IFRS 별도)

손익계산서 (단위: 십억원)

결산 (12월)	2018A	2019A	2020A	2021A	2022A
매출액	31	45	47	79	68
매출원가	27	41	45	78	64
매출총이익	4	4	2	0	3
판관비	2	1	1	4	6
영업이익	2	2	1	-4	-2
EBITDA	3	3	2	-2	0
영업외손익	-1	-1	0	-11	-5
외환관련손익	0	0	0	0	0
이자손익	-1	-1	0	-1	0
관계기업관련손익	0	0	0	0	0
기타	0	0	0	-10	-5
법인세비용차감전순손익	1	2	1	-15	-7
법인세비용	0	-1	0	-1	-1
계속사업순손익	1	2	1	-15	-6
중단사업순손익	0	0	0	0	0
당기순이익	1	2	1	-15	-6
지배지분순이익	1	2	1	-15	-6
포괄순이익	1	2	1	-15	-6
지배지분포괄이익	1	2	1	-15	-6

주:영업이익산출 기준은 기존 k-GAAP과동일. 즉, 매출액에서매출원가와판관비만 차감

현금흐름표 (단위: 십억원)

결산 (12월)	2018A	2019A	2020A	2021A	2022A
영업활동 현금흐름	-1	3	-1	0	3
당기순이익	1	2	1	-15	-6
감가상각비	1	1	1	1	2
외환손익	0	0	0	0	0
종속,관계기업관련손익	0	0	0	0	0
자산부채의 증감	-4	0	-4	0	1
기타현금흐름	0	0	0	13	6
투자활동 현금흐름	-4	0	-11	-4	-28
투자자산	0	0	0	0	0
유형자산 증가 (CAPEX)	0	-3	-3	-8	-17
유형자산 감소	0	5	0	0	0
기타현금흐름	-4	-2	-7	3	-10
재무활동 현금흐름	5	-4	13	36	-1
단기차입금	2	-4	-4	-3	-2
사채 및 장기차입금	0	-1	4	4	1
자본	0	0	11	15	0
현금배당	0	0	0	0	0
기타현금흐름	4	1	2	21	0
연결범위변동 등 기타	0	0	0	0	0
현금의 증감	0	0	2	32	-26
기초 현금	1	1	1	3	35
기말 현금	1	1	3	35	9
NOPLAT	2	3	1	-4	-2
FCF	-1	0	-5	-7	-14

자료: 유안타증권 주:1. EPS, BPS 및 PER, PBR은 지배주주 기준임2. PER등 valuation 지표의 경우, 확정치는 연평균 주가 기준, 전망치는 현재주가 기준임 3. ROE,ROA의경우, 자본,자산 항목은 연초,연말 평균을 기준일로 함

재무상태표 (단위: 십억원)

결산 (12월)	2018A	2019A	2020A	2021A	2022A
유동자산	12	12	24	57	35
현금및현금성자산	1	1	3	35	9
매출채권 및 기타채권	9	10	15	9	10
재고자산	1	1	0	1	1
비유동자산	36	27	27	31	50
유형자산	29	25	27	30	47
관계기업등 지분관련자산	0	0	0	0	0
기타투자자산	1	0	0	0	1
자산총계	48	40	51	88	85
유동부채	21	18	16	21	11
매입채무 및 기타채무	4	5	6	9	8
단기차입금	14	10	8	4	0
유동성장기부채	1	2	1	4	0
비유동부채	7	4	8	40	15
장기차입금	5	4	8	9	15
사채	0	0	0	0	0
부채총계	28	22	24	61	26
지배지분	20	17	27	27	59
자본금	2	2	2	2	3
자본잉여금	1	1	12	25	60
이익잉여금	6	8	7	0	-6
비지배지분	0	0	0	0	0
자본총계	20	17	27	27	59
순차입금	20	15	9	13	-4
총차입금	21	16	17	48	15

Valuation 지표 (단위: 원, 배, %)

결산 (12월)	2018A	2019A	2020A	2021A	2022A
EPS	67	108	25	-670	-216
BPS	910	799	1,093	991	2,159
EBITDAPS	6,652	7,785	5,226	-4,982	-4
SPS	1,421	2,070	2,023	3,172	2,482
DPS	0	0	0	0	0
PER	-	-	-	-	-
PBR	-	-	-	-	-
EV/EBITDA	-	-	-	-	-
PSR	-	-	-	-	-

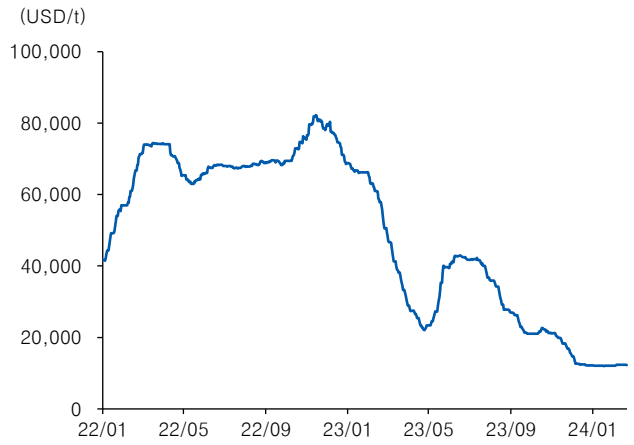
재무비율 (단위: 배, %)

결산 (12월)	2018A	2019A	2020A	2021A	2022A
매출액 증가율 (%)	1.9	45.7	4.5	67.0	-14.0
영업이익 증가율 (%)	흑전	41.5	-56.9	적전	적지
지배순이익 증가율 (%)	흑전	59.9	-76.6	적전	적지
매출총이익률 (%)	12.5	8.1	4.5	0.3	5.0
영업이익률 (%)	5.0	4.9	2.0	-5.0	-3.3
지배순이익률 (%)	4.7	5.2	1.2	-18.6	-8.4
EBITDA 마진 (%)	9.4	7.5	5.2	-3.1	-0.2
ROIC	6.2	9.4	2.4	-11.8	-4.8
ROA	3.5	5.4	1.2	-21.0	-6.6
ROE	9.3	12.6	2.5	-54.0	-13.3
부채비율 (%)	141.1	128.6	89.3	225.0	44.1
순차입금/자기자본 (%)	99.4	87.9	34.5	49.9	-7.0
영업이익/금융비용 (배)	2.4	3.9	2.3	-3.7	-2.8

Appendix

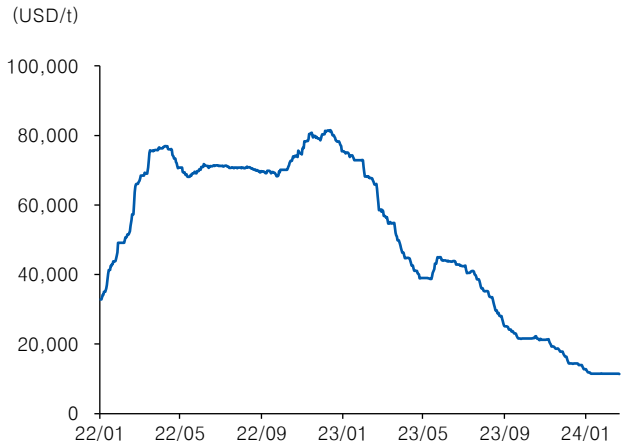
Appendix

탄산리튬 가격 추이



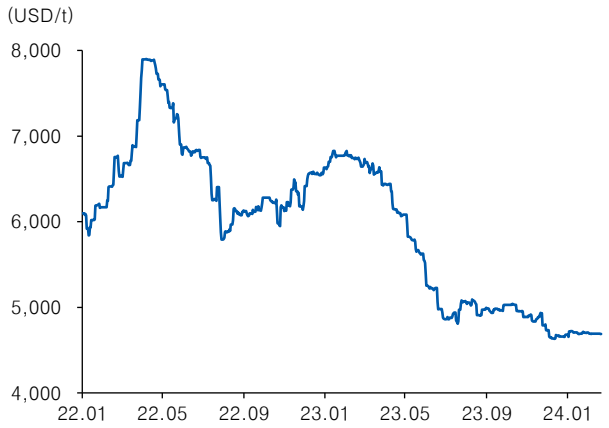
자료: Bloomberg, 유안타증권 리서치센터

수산화리튬 가격 추이



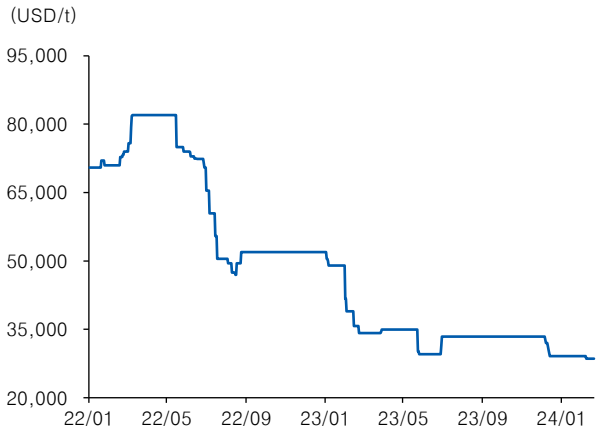
자료: Bloomberg, 유안타증권 리서치센터

황산니켈 가격 추이



자료: Bloomberg, 유안타증권 리서치센터

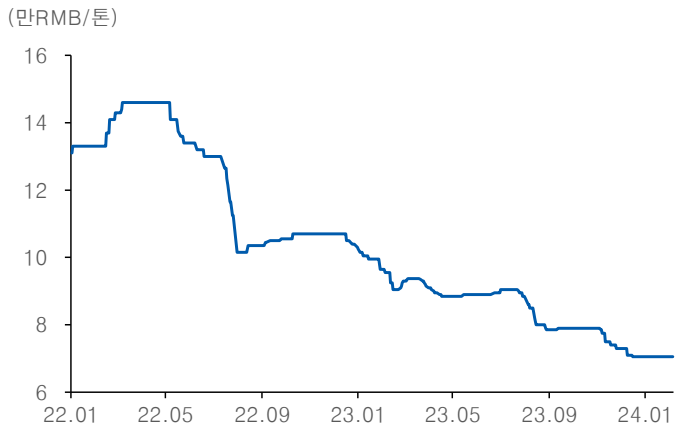
코발트 가격 추이



자료: Bloomberg, 유안타증권 리서치센터

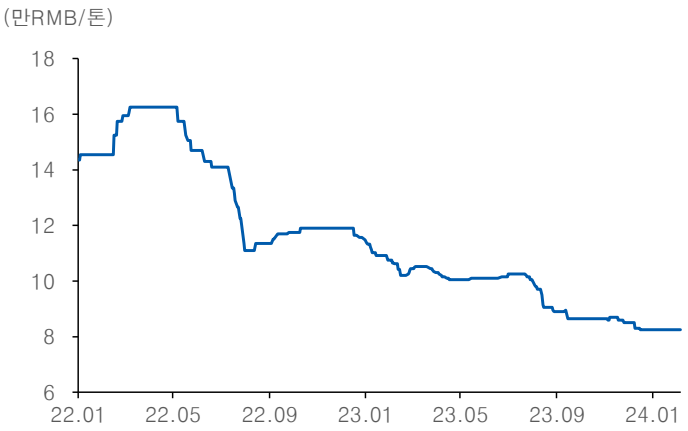
Appendix

중국 NCM523 전구체 가격 추이



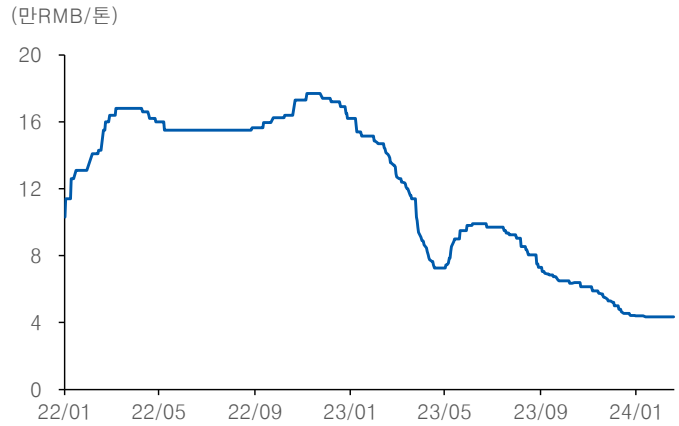
자료: wind, 유안타증권 리서치센터

중국 NCM622 전구체 가격 추이



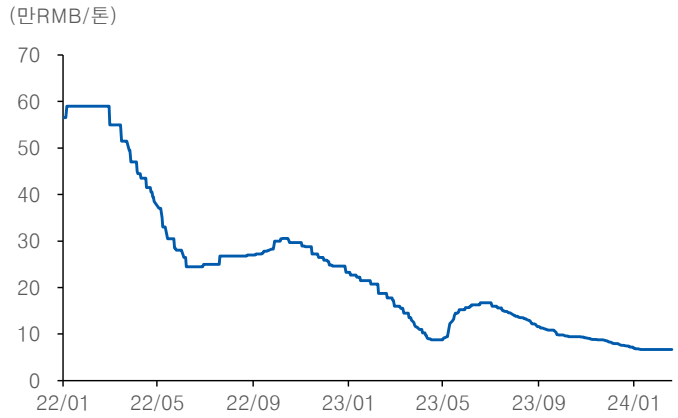
자료: wind, 유안타증권 리서치센터

중국 LFP 가격 추이



자료: wind, 유안타증권 리서치센터

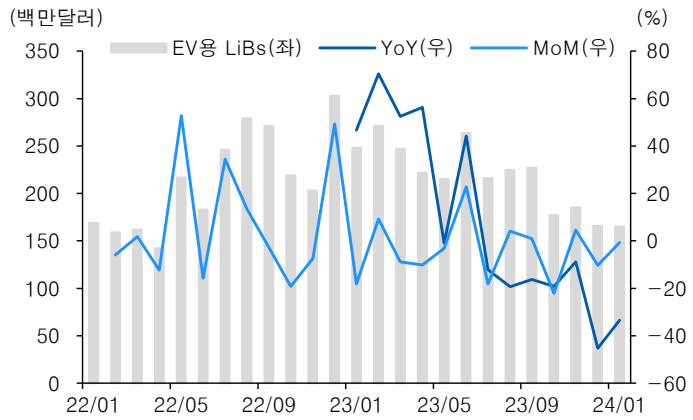
중국 LiPF6 가격 추이



자료: wind, 유안타증권 리서치센터

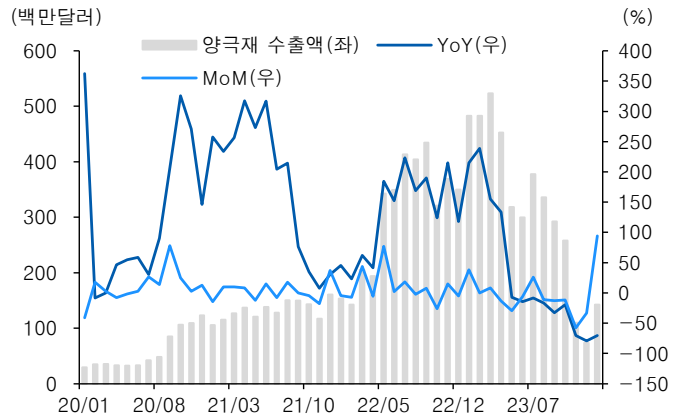
Appendix

국내 EV용 2차전지 수출액(2024.01)



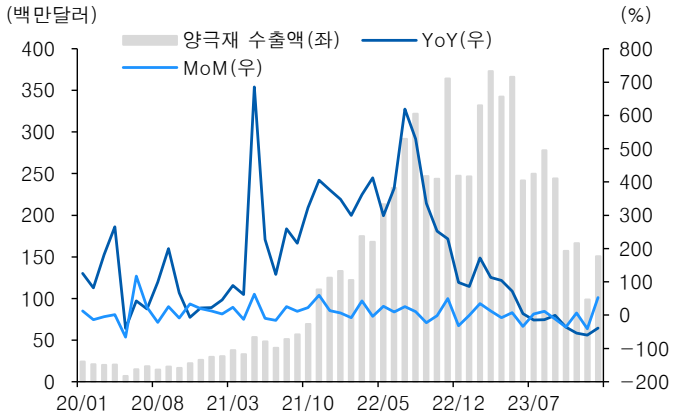
자료: Bandtrass, 유안타증권 리서치센터

청주 양극재 수출액(2024.01)



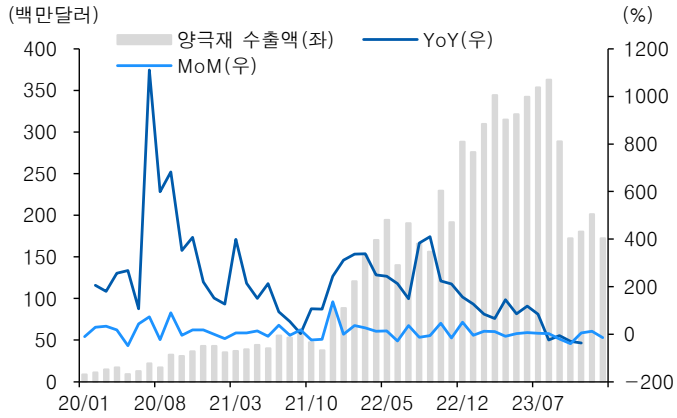
자료: Bandtrass, 유안타증권 리서치센터

대구 양극재 수출액(2024.01)



자료: Bandtrass, 유안타증권 리서치센터

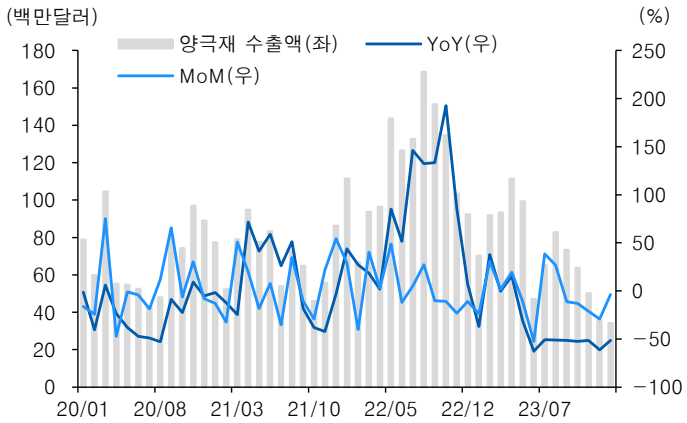
포항 양극재 수출액(2024.01)



자료: Bandtrass, 유안타증권 리서치센터

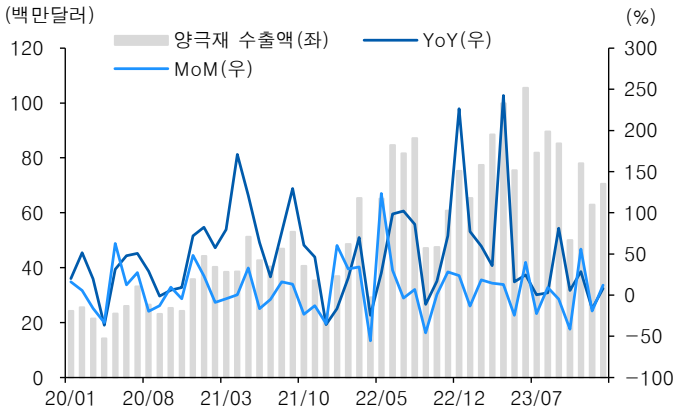
Appendix

천안 양극재 수출액(2024.01)



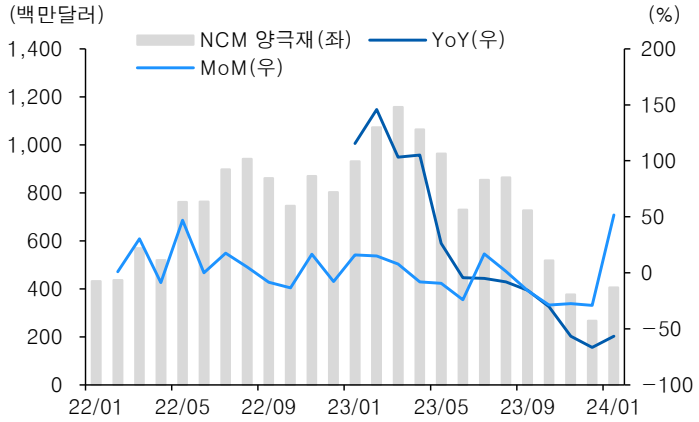
자료: Bandtrass, 유안타증권 리서치센터

울산 양극재 수출액(2024.01)



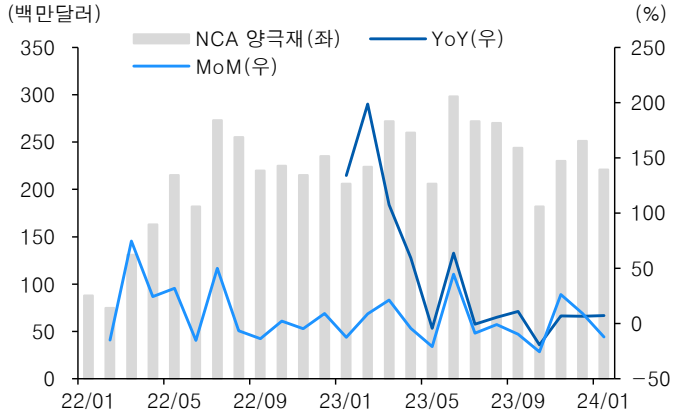
자료: Bandtrass, 유안타증권 리서치센터

국내 NCM 양극재 수출액(2024.01)



자료: Bandtrass, 유안타증권 리서치센터

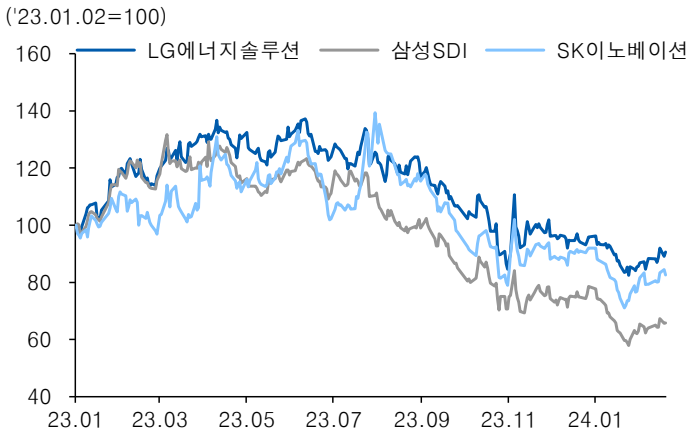
국내 NCA 양극재 수출액(2024.01)



자료: Bandtrass, 유안타증권 리서치센터

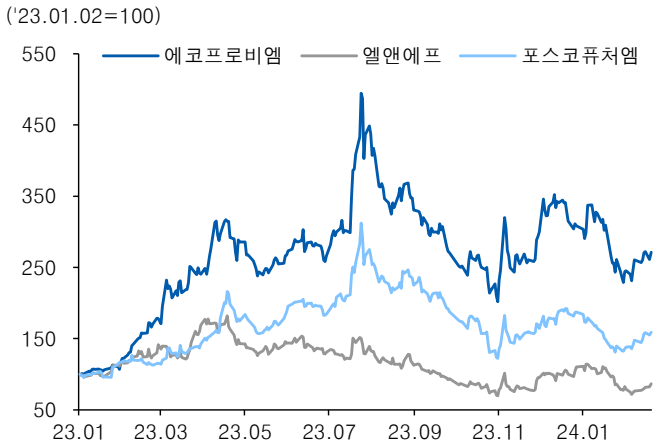
Appendix

국내 배터리 셀 기업 상대주가 추이



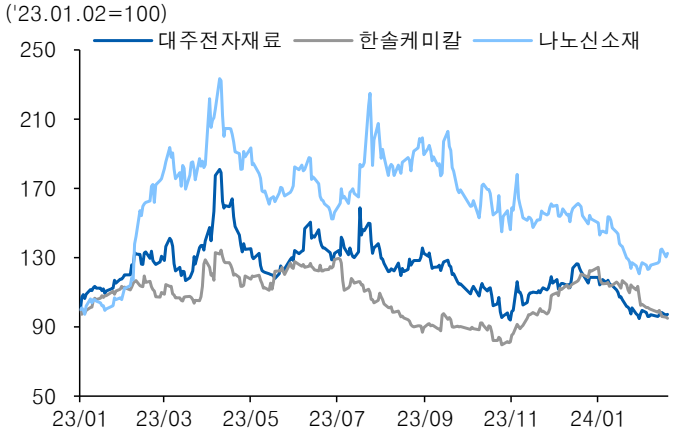
자료: Bloomberg, 유안타증권 리서치센터

국내 양극재 기업 상대주가 추이



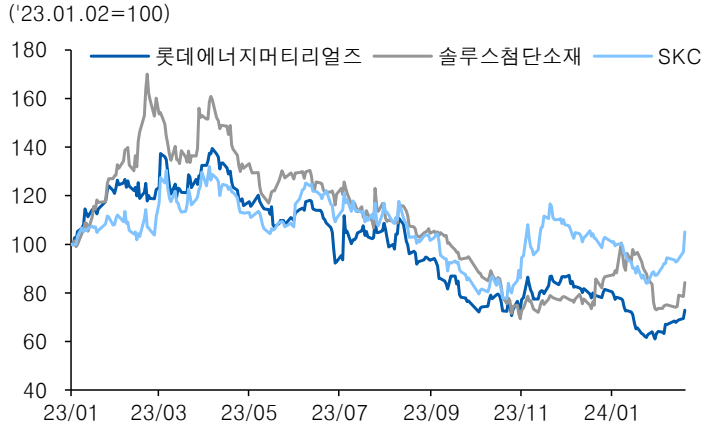
자료: Bloomberg, 유안타증권 리서치센터

국내 실리콘음극재 관련 기업 상대주가 추이



자료: Bloomberg, 유안타증권 리서치센터

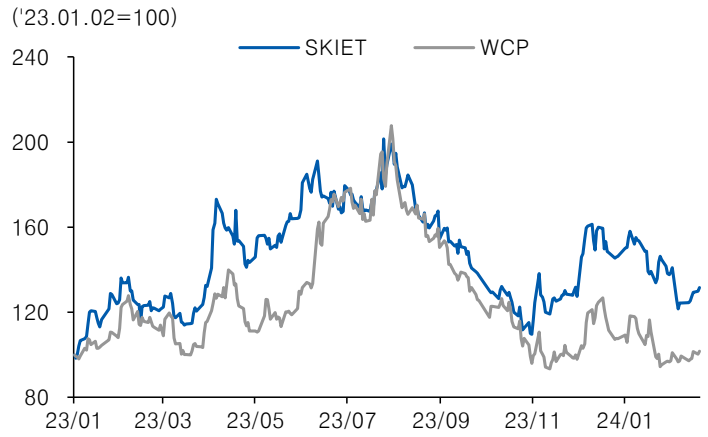
국내 동박 기업 상대주가 추이



자료: Bloomberg, 유안타증권 리서치센터

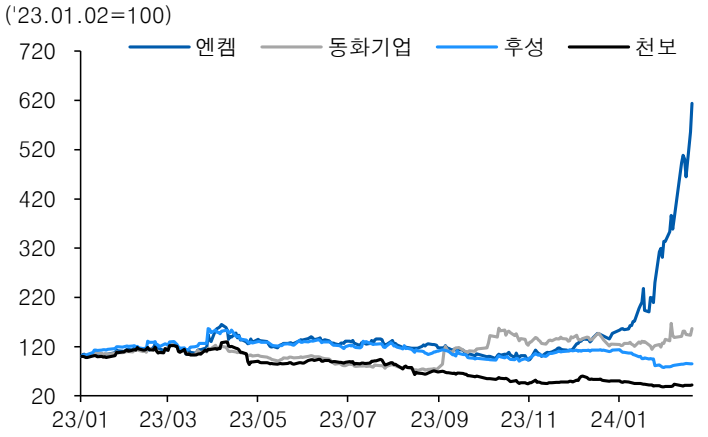
Appendix

국내 분리막 기업 상대주가 추이



자료: Bloomberg, 유안타증권 리서치센터

국내 전해액 관련 기업 상대주가 추이



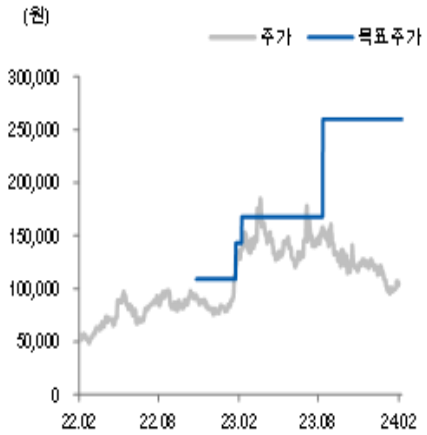
자료: Bloomberg, 유안타증권 리서치센터

글로벌 2차전지 기업 Valuation Table

제품	사명	시가총액	OPM(%)				P/E(X)				EV/EBITDA(X)			
		(mn$)	2022	2023E	2024E	2025E	2022	2023E	2024E	2025E	2022	2023E	2024E	2025E
2차전지 셀/소재														
음극재	Hitachi Chemical	75,620	8	7	8	9	10	11	20	19	7	7	10	10
음극재,전해질	Mitubishi chemical	8,659	7	4	6	6	7	12	10	10	7	6	7	7
음극재,양극재	포스코퓨처엠	17,626	5	1	5	6	118	968	126	58	57	-	48	26
음극재,양극재	Ningbo Shanshan	3,539	15	6	10	11	15	15	11	9	11	10	8	7
실리콘음극재	대주전자재료	820	7	4	9	13	1,060	1,919	87	25	61	77	32	15
실리콘음극재	한솔케미칼	1,495	21	16	19	21	13	20	16	12	9	13	10	8
cnt 도전재	나노신소재	953	21	13	14	15	43	73	67	27	35	113	31	17
양극재	SMM	8,031	22	12	5	7	6	9	20	12	8	8	13	11
양극재	Umicore	5,398	3	3	15	14	14	16	12	12	8	7	6	6
양극재	에코프로비엠	18,527	7	2	4	6	32	402	200	73	22	93	58	30
양극재	엘엔에프	4,337	7	-5	2	6	21	-	101	23	22		39	15
동박	롯데에너지머티리얼즈	1,297	12	2	6	10	55	-	43	21	16	20	12	8
동박	SKC	2,620	7	-14	3	8	26	-	-	37	11	-	18	11
동박	솔루스첨단소재	676	-10	-17	-2	5	-	6	-	212	629	-	19	9
분리막	SKIET	3,777	-9	5	10	15	-	70	70	34	41	-	20	12
분리막	더블유씨피	1,060	23	15	15	18	21	28	33	19	11	-	11	7
전해액	Ube industires	1,817	7	3	4	5	8	-	12	10	5	10	11	9
전해액	동화기업	1,159	7	-	-	-	24	-	-	-	12	-	-	-
전해액	Central Glass	499	4	10	7	8	-	2	7	9	6	5	6	5
전해액,리튬염	Capchem	4,503	21	16	18	19	18	26	19	14	15	19	14	10
전해액	엔켐	4,275	3	-	-	-	37	-	-	-	44	-	-	-
특수리튬염	천보	684	17	3	7	13	58	-	543	25	31	41	23	11
리튬염	후성	633	17	-6	4	7	10	-	99	32	8	42	14	10
리튬염	Nippon Shokubai	1,470	8	6	4	5	9	11	20	16	4	4	4	4
셀	CATL	96,756	10	12	12	13	30	16	14	11	24	10	8	7
	Panasonic	23,248	5	3	5	5	11	10	8	9	5	5	5	5
	LGES	70,643	5	6	9	12	132	-	52	28	35	-	17	11
	SDI	20,297	9	7	8	9	20	16	14	11	12	-	8	6
	SKI	9,477	5	2	4	5	9	54	10	6	6	-	7	5

자료: Bloomberg, 유안타증권 리서치센터

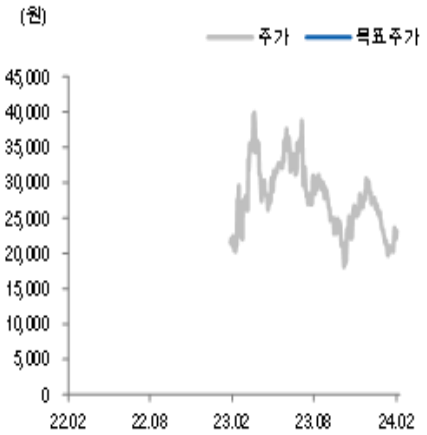
나노신소재 (121600) 투자등급 및 목표주가 추이



일자	투자 의견	목표가 (원)	목표가격 대상시점	괴리율	
				평균주가 대비	최고(최저) 주가 대비
2024-02-21	BUY	260,000	1년		
2023-08-31	BUY	260,000	1년		
2023-02-27	BUY	168,000	1년	-14.04	10.00
2023-02-13	BUY	143,000	1년	-9.11	-4.55
2022-11-15	BUY	109,000	1년	-22.24	3.30

자료: 유안타증권
주: 괴리율 = (실제주가* - 목표주가) / 목표주가 X 100
* 1) 목표주가 제시 대상시점까지의 "평균주가"
2) 목표주가 제시 대상시점가지의 "최고(또는 최저) 주가"

제이오 (418550) 투자등급 및 목표주가 추이



일자	투자 의견	목표가 (원)	목표가격 대상시점	괴리율	
				평균주가 대비	최고(최저) 주가 대비
2024-02-21	Not Rated	-	1년		
2023-07-06	Not Rated	-	1년		

자료: 유안타증권
주: 괴리율 = (실제주가* - 목표주가) / 목표주가 X 100
* 1) 목표주가 제시 대상시점까지의 "평균주가"
2) 목표주가 제시 대상시점가지의 "최고(또는 최저) 주가"

구분	Strong Buy	Buy	Hold	Sell	Total
비율	0.0%	88.0%	12.0%	0.0%	100.0%

주: 기준일 2024-02-20

- 이 자료에 게재된 내용들은 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며 타인의 부당한 압력이나 간섭 없이 작성되었음을 확인함.
  (작성자: 이안나)
- 당사는 자료공표일 현재 동 종목 발행주식을 1%이상 보유하고 있지 않습니다.
- 당사는 자료공표일 현재 해당 기업과 관련하여 특별한 이해관계가 없습니다.
- 당사는 동 자료를 전문투자자 및 제 3자에게 사전 제공한 사실이 없습니다.
- 동 자료의 금융투자분석사와 배우자는 자료공표일 현재 대상법인의 주식관련 금융투자상품 및 권리를 보유하고 있지 않습니다.
- 종목 투자등급 (Guide Line): 투자기간 6~12개월, 절대수익률 기준 투자등급 4단계(Strong Buy, Buy, Hold, Sell)로 구분한다
- Strong Buy: 30%이상 Buy: 10%이상, Hold: -10~10%, Sell: -10%이하로 구분
- 업종 투자등급 Guide Line: 투자기간 6~12개월, 시가총액 대비 업종 비중 기준의 투자등급 3단계(Overweight, Neutral, Underweight)로 구분
- 2014년 2월21일부터 당사 투자등급이 기존 3단계 + 2단계에서 4단계로 변경

본 자료는 투자자의 투자를 권유할 목적으로 작성된 것이 아니라, 투자자의 투자판단에 참고가 되는 정보제공을 목적으로 작성된 참고 자료입니다. 본 자료는 금융투자분석사가 신뢰할만 하다고 판단되는 자료와 정보에 의거하여 만들어진 것이지만, 당사와 금융투자분석사가 그 정확성이나 완전성을 보장할 수는 없습니다. 따라서, 본 자료를 참고한 투자자의 투자의사결정은 전적으로 투자자 자신의 판단과 책임하에 이루어져야 하며, 당사는 본 자료의 내용에 의거하여 행해진 일체의 투자행위 결과에 대하여 어떠한 책임도 지지 않습니다. 또한, 본 자료는 당사 투자자에게만 제공되는 자료로 당사의 동의 없이 본 자료를 무단으로 복제 전송 인용 배포하는 행위는 법으로 금지되어 있습니다.

유안타증권
Yuanta Securities (Korea)