

유틸리티/신재생에너지

희토류, 미래 산업을 건 줄다리기

SK증권 리서치센터



Analyst
나민식

minsik@sk.com
3773-9503

미국의 아킬레스건, 희토류

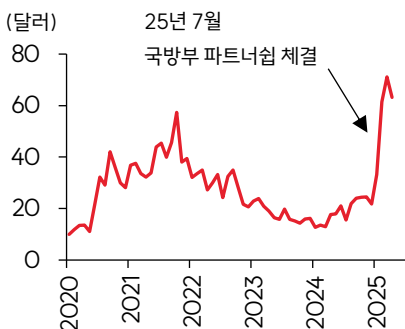
전기차, 로봇, 풍력, 방산의 핵심 부품으로 네오디뮴(NdFeB) 영구자석이 쓰인다. 그러나 미국은 영구자석의 원재료인 희토류 공급망 대부분을 중국에 의존하고 있는 상황이다. 중국의 희토류 수출 제한으로 테슬라의 옵티머스 생산지연, 포드의 시카고 조립공장 일시 지연 사례는 공급망 리스크가 얼마나 취약한지 잘 보여주는 사례다. 이에 미국은 희토류 자급화를 목표로 정책과 자금을 투자하고 있다. 대표적으로 미국 국방부가 희토류 광산기업인 MP materials 지분을 취득하는 등 파격적인 조건을 제시하자 주가가 50%이상 급등한 사례가 있다. 이는 정책과 공급망 이슈가 투자 기회로 연결된다는 것을 의미한다. 첨단산업 수요, 공급망 재편, 정책지원이 이어지는 가운데 진짜 수혜 기업을 선별해야 할 시점이라고 판단한다.

테슬라 옵티머스



자료: Tesla

MP Materials 주가



자료: Bloomberg

공정별 분석으로 진짜 수혜 기업을 선별하자

희토류에 투자하기 위해서는 공정 단계별 분석이 필수적이다. 업스트림부터 다운스트림까지 공정 이해도를 올려야 미국의 취약 지점을 짚어낼 수 있고, 정책당국의 방향성을 예측할 수 있기 때문이다. 따라서 희토류 원광부터 영구자석 생산까지 단계별 공정 순서에 따라서 리포트를 작성했다. 앞으로 (1) 업스트림에서는 중희토류 광산의 가치가 올라갈 것으로 예상하며 (2) 미드스트림 단계에서는 중국이 정책적, 기술적인 진입장벽을 세워둔 분리(separation) 공정에 미국의 정책지원이 이어질 것이며 (3) 다운스트림에서는 영구자석의 원가경쟁력을 좌우하는 입계확산공정(Grain boundary diffusion) 노하우를 보유한 기업의 가치가 상승할 것으로 전망한다.

창과 방패의 대결

다양한 국내외 희토류 기업 중에서 다음 3가지 기업을 꼽았다. (1) LS에코에너지: 베트남에서 희토류 사업을 계획하고 있다. 현지 광산업체로부터 희토류 산화물을 공급 받고 환원 공정을 거쳐서 희토류 금속을 판매할 계획이다. (2) 제이에스링크: 한국, 말레이시아, 미국에서 영구자석 생산공장 건설을 계획하고 있다. 호주의 희토류 광산업체인 라이너스(Lynas)로부터 원재료를 공급받는데, 이들로부터 안정적으로 중희토류를 공급받을 수 있다는 강점이 있다. (3) MP materials: 미국의 희토류 광산업체. 미국정부의 지원에 힘입어 희토류 원광부터 영구자석 생산까지 확장할 계획에 있음.

Contents

1. 미국의 아킬레스건, 희토류	03
2. 희토류 원소부터 영구자석까지 뜯어보기	05
(1) 희토류 기초	05
(2) 업스트림	15
(3) 미드스트림	19
(4) 다운스트림	23
3. 창을 든 중국, 방패를 든 미국	29
(1) 정책모멘텀이 기대되는 희토류	29
(2) 중국 희토류 수출통제	30
(3) 미국 국방부-MP Materials 파트너십	31
4. 기업분석	37
LS 에코에너지(229640/KS)	
제이에스링크(127120/KQ)	

1. 미국의 아킬레스건, 희토류

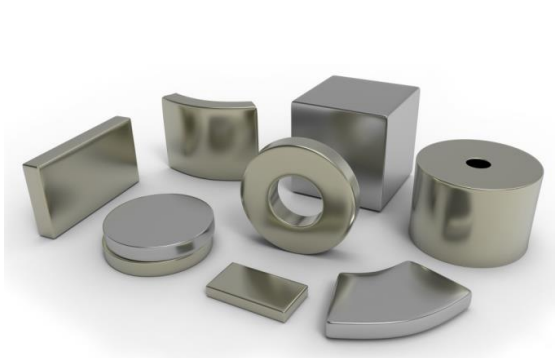
아킬레우스는 발꿈치 하나 때문에 쓰러졌다. 오늘날 미국의 약점도 다르지 않다. 첨단산업인 로봇틱스, 전기차, 풍력발전, 방산, 레이저의 핵심 원재료인 희토류를 중국에 의존하고 있는 상황이다.

실제로 머스크는 최근 실적발표에서 중국의 희토류 수출 제한으로 옵티머스 생산이 지연되고 있다고 밝혔다.

25년 1분기 테슬라 실적발표에서 한 애널리스트가 옵티머스의 생산현황에 대한 질문을 던졌다. 이에 머스크는 “팔 액추에이터에는 부피 제약 때문에 영구자석이 들어가며, 모터를 최대한 작게 만들기 위해 영구자석 기반 설계를 적용했다”고 설명했다. 이어 “중국은 이 영구자석이 군사 목적으로 사용되지 않을 것이라는 보장을 요구하며 수출을 제한하고 있다”고 덧붙였다.

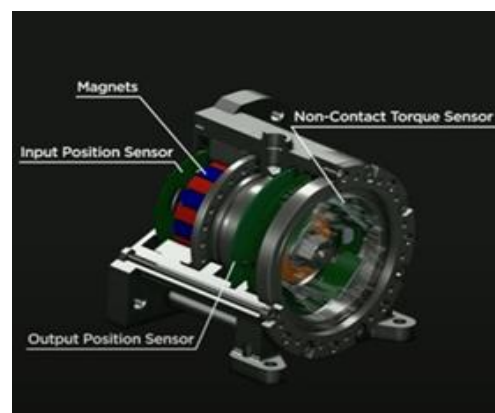
고토크와 에너지 효율이 필수적인 휴머노이드 로봇에는 영구자석의 일종인 네오디뮴(NdFeB) 자석이 핵심 역할을 한다. 추정에 따르면 옵티머스 로봇은 프레임리스 토크 모터 28개와 코어리스 모터 34개를 사용하며, 로봇 한 대당 4.5kg의 네오디뮴 자석이 필요하다. 만약 연간 1만대를 생산한다면 4,500kg의 네오디뮴 자석이 필요한 것이다. 이 네오디뮴 자석에는 희토류 원소인 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr) 등 희토류 원소가 필요하다.

네오디뮴(NdFeB) 자석



자료: Google

Rotary actuator (outer layer)



자료: Tesla

희토류를 중국에 의존하는 상황에서 미국 정부와 기업은 자립화를 위한 투자를 단행하고 있으며, 관련 기업의 주가상승으로 이어지고 있다.

대표적으로 미국의 희토류 광산 업체인 MP materials 는 미국 국방부와 파트너십을 발표한 당일 주가가 +50.1% 상승했다. 국방부가 희토류 공급을 보장받기 위해서 지분투자, 희토류 최저가격 보장 등 파격적인 조건을 제시했기 때문이다.

중국이 희토류 공급망을 틀어쥐고 있기에 기초적인 희토류 원소부터, 희토류 채굴 및 정제, 영구자석까지 집중해서 분석했다. 이를 근거로 앞으로 미국 정부의 관심과 자금이 어디에 몰릴지 예측할 수 있기 때문이다.

희토류, 영구자석 단계별 생산국 현황				
구분	채굴	분리	제련	자성 합금 제조
중국	58%	89%	90%	92%
미국	16%	-	-	<1%
미얀마	12%	-	-	-
호주	7%	-	-	-
마다가스카르	3%	-	-	-
인도	1%	1%	-	-
러시아	1%	-	-	-
태국	1%	-	~3%	-
말레이시아	-	7%	-	-
에스토니아	-	1%	~2%	-
일본	-	-	-	7%
베트남	-	-	~3%	1%
라오스	-	-	~2%	-
독일	-	-	-	<1%
슬로베니아	-	-	-	<1%
필란드	-	-	-	<1%
영국	-	-	<1%	-
기타	1%	2%	<1%	<1%

자료: DOE(2022)

2. 희토류 원소부터 영구자석까지 뜯어보기

(1) 희토류 기초

희토류는 주기율표의 란타넘족 15 원소(원자번호 57~71), 스카듐(Sc), 이트륨(Y)을 포함한 17 개 원소 바스켓을 의미한다. 이 중에서 경희토류(Light REEs, LREEs)는 주로 원자번호가 낮은 쪽, 중희토류(Heavy REEs, HREEs)는 원자번호가 높은 쪽과 이트륨(Y)을 포함한다.

중희토류가 경희토류보다 희소하고 이를 전략적으로 활용한다는 점을 기억해야 한다. 상대적으로 경희토류는 매장량이 풍부하고 중국 외에서 생산이 가능하다. 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr) 등이 대표적이다. 반면 중희토류는 중국 남부지역에 편중되어 매장되어 있으며 정제 난이도가 높아 전략자원으로 평가된다. 디스프로슘(Dy), 터븀(Tb), 가돌리늄(Gd), 루테튬(Lu) 등이 이에 속한다.

예를들어 중희토류 중 하나인 디스프로슘(Dysprosium)의 어원은 “접근하기 어렵다”라는 그리스어에서 기원한다. 1886 년 프랑스의 화학자인 폴 에밀 르쿠크 드 보아보드랑은 산화물에서 디스프로슘을 32 번의 분별침전을 반복해서 추출했다. 실제로 디스프로슘은 자연에서 단독으로 존재하지 않고 희토류 광물에 섞여있어서 정제하기 까다롭다.

경희토류 vs. 중희토류

구분	경희토류(LREEs)	중희토류(HREEs)
주요 원소	La, Ce, Pr, Nd 등	Dy, Tb, Gd, Lu, Y, Sc 등
매장량	풍부, 전 세계 광범위 분포	제한적, 특정 지역 편중
정제 난이도	비교적 용이	복잡, 다단계 공정 필요
산업 수요	EV 모터, 풍력터빈, 가전	방산(레이더-유도무기), 고성능 자석, 의료
공급망	다변화 가능, 안정성 높음	중국 집중, 공급 리스크 심각
투자 관점	안정적 성장 산업(전기차/재생에너지)	전략자원, 지정학 리스크에 따른 프리미엄

자료: SK 증권

희토류 원소

다양한 희토류 원소가 있지만 영구자석을 중심으로 산업에 접근하는 것이 투자목적에 적합하다. 영구자석의 최종 사용처가 전기차, 로봇, 풍력, 드론 등으로 다양하게 뻗어가기 때문이다. 영구자석의 주요 원소로 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr)이 사용되며 첨가원소로는 터븀(Tb), 디스프로슘(Dy)가 사용된다.

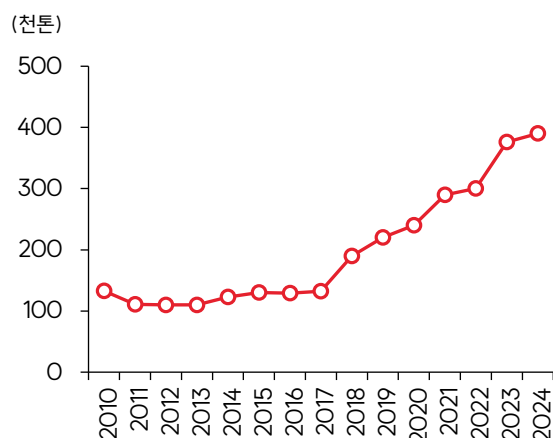
(1) 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr)

네오디뮴(Nd)은 희토류 원소 중에서 가장 인지도가 널리 알려졌다.

네오디뮴의 어원은 그리스어 neos(새로운) + didymos(쌍둥이)에서 유래했다. 1841년 스웨덴 화학자 칼 모세란더는 세륨 광석에서 새로운 원소를 발견했다고 생각하며 디디뮴(didymium, 쌍둥이)이라고 명명했다. 당시에는 하나의 원소라고 생각했으나, 실제로는 네오디뮴(Nd)과 프라세오디뮴(Pr)의 혼합물이었다. 이후 1885년 오스트리아의 카를 아우어 폰 벨스바흐가 디디뮴을 분리해서 초록색의 프라세오디뮴(초록 쌍둥이), 그 나머지를 네오디뮴(새로운 쌍둥이)라고 명명했다.

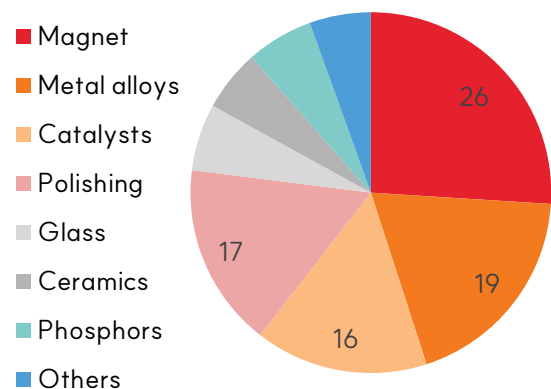
어원의 유래처럼 네오디뮴(Nd)은 프라세오디뮴(Pr)과 합금형태로 영구자석 제조에 사용된다. 원자재 시장에서도 네오디뮴만 따로 거래되지 않으며 네오디뮴-프라세오디뮴 산화물(NdPr) 형태로 시장이 형성되어 있다.

전세계 희토류 생산량



자료: USGS

희토류 원소 사용 용도



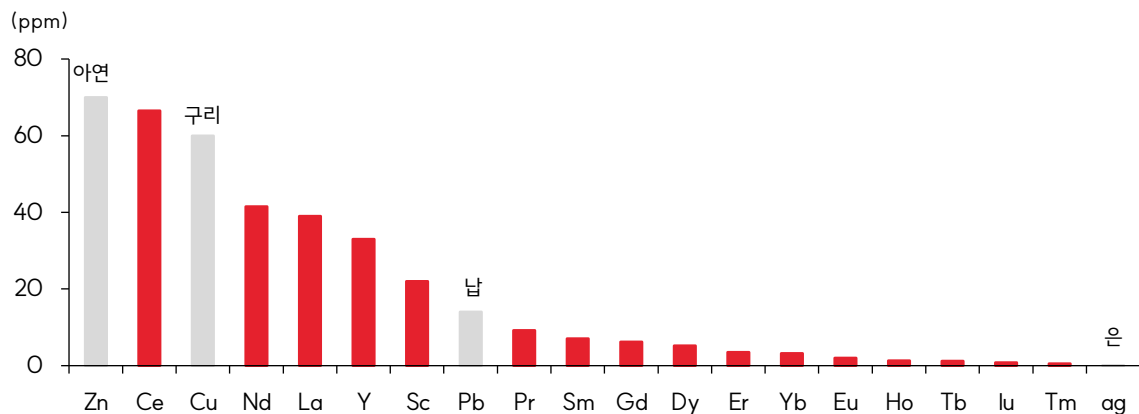
자료: CRS (2019)

희토류(Rare Earth)라는 이름과 달리 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr)은 지각 내 존재량 자체는 드물지 않다.

지각 내 평균 농도(Abundance in Earth's Crust)라는 개념이 있다. 이는 지구 지각 내에 평균적으로 특정 원소가 얼마나 포함되어 있는지 나타낸 값이다. 네오디뮴은 (Nd) 약 38ppm, 프라세오디뮴(Pr)은 약 9ppm 인데 이는 흙 1,000kg 에 각각 38g, 9g 이 들어있다는 의미다. 참고로 구리 60ppm > 네오디뮴 38ppm > 납 14ppm > 프라세오디뮴 9ppm > 은 0.07ppm 순서이다. 절대적인 존재량으로만 본다면 풍부한 편이지만, 문제는 화학적 성질이 비슷하기 때문에 희토류를 정제, 분리하기 까다롭다는 것이다.

네오디뮴 원소는 자연 상태에서 단독으로 존재하지 않고, 주로 란타넘족 원소와 섞여서 발견된다. 순수한 형태의 네오디뮴은 은색을 띠고 있으며, 반응성이 높아서 공기중에 빠르게 산화된다. 프라세오디뮴 역시 산소와 쉽게 반응하여 표면에 녹색 산화막을 형성한다. 때문에 네오디뮴 자석은 산화를 막기위한 특수코팅이 필수적이다.

지각 내 평균 농도 비교



자료: SK 증권

(2) 터븀(Tb), 디스프로슘(Dy)

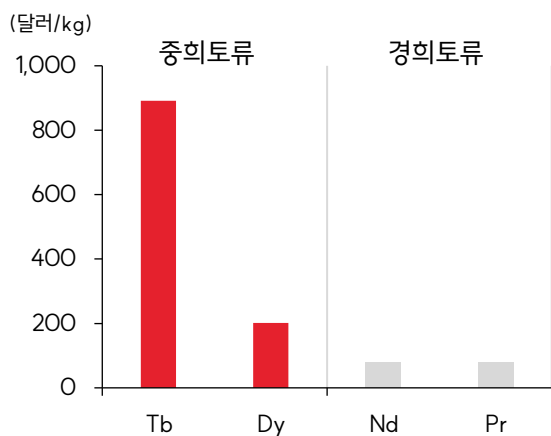
터븀(Tb), 디스프로슘(Dy)은 네오디뮴 자석에 소량만 첨가하더라도 효과가 크기 때문에 사용량은 작지만 단가가 높은 전략자원으로 주목받고 있다.

NdPr 만을 사용한 자석은 실온에서 강력한 자성을 띠고 있으나, 150°C를 넘어가면 보자력이 급격히 저하되는 단점을 가지고 있다. 경희토류 기반 자석은 고온에서 입계(grain boundary) 미세구조가 불안정해진다. 이는 고속회전하는 전기차 모터에서 성능한계를 만들게 된다. 그러나 여기에 중희토류인 터븀(Tb), 디스프로슘(Dy)를 첨가하면 열 안정성이 개선되며 200~250°C 이상에서도 자성을 유지할 수 있다.

중희토류인 터븀(Tb), 디스프로슘(Dy)은 경희토류 대비해서 더 희소하다. 지각 내 평균 농도는 디스프로슘(Dy)이 약 5.2ppm, 터븀(Tb)이 1.2ppm 을 차지하고 있다. 즉 터븀(Tb) > 디스프로슘(Dy) > 프라세오디뮴(Pr) > 네오디뮴(Nd) 순서로 희귀하다.

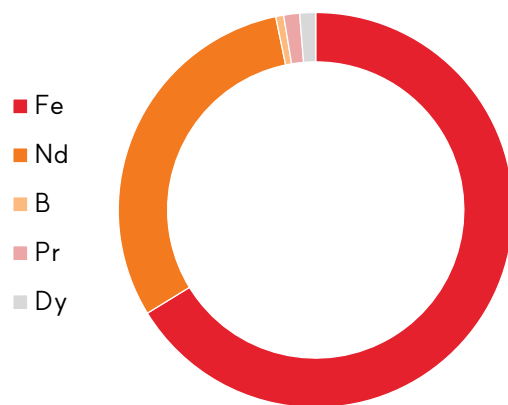
지정학 측면에서도 중희토류는 대부분 중국 남부지역에 존재한다. 미국 내 최대 희토류 광산인 마운틴패스 역시 중희토류 함량이 낮아서 경제적으로 중희토류를 채굴하기 어렵다.

희토류 산화물 가격비교



자료: SMM

영구자석 조성비



자료: 업계자료

희토류 원광 종류

자연상태의 희토류 원광의 종류는 모자나이트(Mozanite), 바스트네사이트(Bastnesite), 제노타임(Xenotime), 이온흡착형 점토광상(Ion-adsorption clay)으로 나뉜다.

모자나이트는 세륨(Ce), 란타넘(La), 네오디뮴(Nd) 등의 경희토류가 주성분이며, 함유된 라돈(Rn), 토륨(Th) 때문에 미량의 방사선을 띠는 경우가 많다. 모자나이트 원광은 가공과정에서 방사선이 누출되기 때문에 채광에 엄격한 환경규제가 적용되며, 이와 비례하여 채굴비용이 높다는 단점이 있다. 참고로 과거 라돈침대 사건에서 음이온 발생을 목적으로 매트릭스에 모자나이트 분말을 뿌려서 문제가 된 적이 있다.

바스트네사이트 역시 모자나이트처럼 경희토류가 주성분이다. 그러나 방사선 원료인 토륨(Th)의 함량이 비교적 적어서 환경부담 비용이 낮다는 장점이 있다. 때문에 경희토류 주요 공급원으로 바스트네사이트가 차지하고 있다. 다만 리스크 요인으로는 디스프로슘(Dy)와 같은 중희토류 공급에는 한계가 있다는 점이다. 바스트네사이트를 보유한 유명한 광산으로는 중국 내몽골 바야오보 광산, 미국 캘리포니아 마운틴 패스가 있다.

제노타임은 이트륨(Y)과 중희토류가 풍부하기 때문에 전략적 가치가 높다. 말레이시아, 인도네시아의 주석광산의 부산물로 채굴되고 있으나 의미있는 수준은 아니다.

마지막으로 이온흡착형 점토광산은 희토류 이온이 점토 표면에 약하게 흡착된 형태로 존재하는 타입이다. 여타 희토류 원광처럼 경질형태의 광물이 아니라 점토표면에 붙어있다는 차이점이 있다. 디스프로슘(Dy), 터븀(Tb), 이트륨(Y) 등 중희토류가 주요성분이라 전략적 가치가 높다.

그러나 지질학적 특징으로 이온흡착형 점토광산은 남중국(장시, 광둥, 광시 등)에서 90%이상 편중되어있다. 이는 고온 다습한 기후에서 화강암 등이 긴 세월을 걸쳐 풍화되면서 방사선 원소가 씻겨나가고 중희토류만 점토층에 흡착되어야 희토류 광맥이 형성되기 때문이다. 중국 남부지역 이외에 미얀마 카친주가 주목받고 있으나 소수민족인 카친족의 독립문제로 정치 불안정성이 높다는 문제가 있다.

희토류 원광 종류별 산화물 비중						
	산화물	기호	모자나이트	바스트네사이트	제노타임	이온흡착형 점토광산
경희토류	란타넘	La	21.5	33.2	1.24	1.82
	세륨	Ce	45.8	49.1	3.13	0.37
	프라세오디뮴	Pr	5.3	4.34	0.49	0.74
	네오디뮴	Nd	18.6	12.0	1.59	3.00
	사마륨	Sm	3.1	0.789	1.14	2.8
	유로퓸	Eu	0.8	0.118	0.01	0.12
	가돌리늄	Gd	1.8	0.166	3.47	6.85
중희토류	터븀	Tb	0.29	0.0159	0.91	1.29
	디스프로슘	Dy	0.64	0.0312	8.32	6.67
	홀뮴	Ho	0.12	0.0051	1.98	1.64
	에르븀	Er	0.18	0.0035	6.43	4.85
	툴륨	Tm	0.03	0.0009	1.12	0.7
	이터븀	Yb	0.11	0.0006	6.77	2.46
	루테튬	Lu	0.01	0.0001	0.99	0.36
	이트륨	Y	2.5	0.0913	61	65

자료: 희소금속의 제련과 리사이클링

희토류 광산

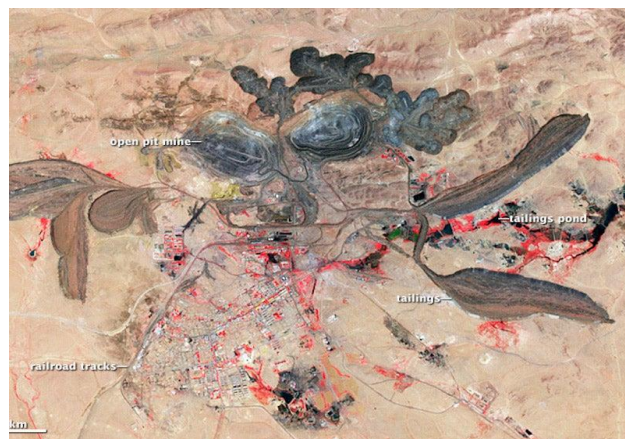
바이원오보(Bayan Obo): 중국 내몽골 자치구에 위치한 바이원오보 광산은 세계 최대 희토류 광산으로 꼽힌다. 매장량은 약 4,000 만톤으로 추정되며 이는 전세계 희토류 매장량의 약 40%를 차지한다.

TREO 는 3~6% 수준이다. 즉, 희토류 원광 1톤에 약 30~60kg 의 희토류 산화물이 함량되어있다. NdPr 비중은 약 15~20%(TREO 대비)를 차지하고 있다. 매장된 희토류 원광은 바스트네사이트, 모자나이트로 이루어져있어서 네오디뮴(Nd), 란타넘(La), 세륨(Ce)등 경희토류가 풍부하다.

1927년 최초에는 철광산으로 발견되었으나 1930년대에 희토류가 발견되며 본격적으로 희토류 광산으로 개발이 되었다. 1950년대는 소련의 대규모 지원으로 바오강(baogang) 제철단지가 국가 전략사업으로 건설되었다. 이때 바이원오보-바오강 일체형 (채굴 -> 정제) 공급망이 구축되었다. 지금까지도 바이원오보에서 채굴된 희토류 원광은 선광공정을 거친다음에 철도로 운송되어 바오강 제련단지에서 정제된다. 이후 1980~90년대에는 설비확충과 희토류 분리능력을 확대하면서 글로벌 희토류 생산점유율이 급증했다.

바이원오보(白云鄂博)는 하얀 구름 언덕이라는 의미를 가진다. 그러나 지금은 희토류 개발에서 나온 거대한 폐석, 폐수가 위성사진에서 보일 정도로 악명이 높다. 폐기물에서 발생하는 방사선으로 인해서 현지주민의 암, 기형 사례가 보고되며 강제이주 조치까지 이뤄지고 있다.

바이원오보 위성사진



자료: Baidu

마운틴패스 (Mountain Pass): 미국 캘리포니아주 모하비 사막에 위치한 마운틴패스 광산은 북미에서 유일하게 상업적으로 희토류를 채굴하는 광산이다. 약 1,800 만 톤의 희토류 원광이 매장된 것으로 추정되며 평균적으로 7~8% TREO 품위를 유지하고 있다. 바스트네사이트가 매장되어 있어서 경희토류가 주성분이며 희토류 원소의 구성은 세륨(Ce) ~50%, 란타넘(La) ~33%, 네오디뮴(Nd) ~12%, 프라세오디뮴(Pr) ~5%를 차지하고 있다. 바스트네사이트 특성상 중희토류는 거의 채굴되지 않는다.

마운틴패스 광산의 역사는 곧 미국 희토류 산업의 흥망성쇠를 보여준다. 1960~80년대 미국은 이 광산을 중심으로 세계 희토류 생산의 70% 이상을 차지하며 절대적인 공급자였다. 그러나 1980년대 중국이 본격적으로 희토류 시장에 진입하면서 저비용 생산체제에 밀려 원가 경쟁력을 상실했고, 생산량은 급격히 줄어들었다. 여기에 1990년대 방사성 폐수 유출 사고까지 겹치면서 환경 규제 부담이 커졌고, 결국 2002년에는 장기간 폐광에 들어가게 된다.

하지만 2010년대 들어 상황이 달라졌다. 중국과 일본 간 센카쿠(다오위다오) 분쟁으로 중국이 희토류 수출 제한 조치를 취하자, 미국은 희토류의 전략적 중요성을 절실히 깨닫게 된다. 그 결과 마운틴패스 광산의 재가동 논의가 본격화되었고, 2017년에는 MP materials가 인수하면서 미국 희토류 산업 부활의 상징으로 다시 자리 잡았다.

마운틴 패스 희토류 광산



자료: MP Materials

MP materials 희토류 플랜트



자료: MP Materials

마운트웰드 (Mount Weld): 호주 서부 레버턴(Laverton) 근교에 위치한 희토류 광산으로 세계에서 가장 고품위 희토류 매장지로 알려져 있다. 매장량은 약 2,000 만 톤 이상으로 추정되며 평균 8~10% TREO 의 품위를 유지하고 있다. 이는 마운틴 패스(7~8%) 바이원오보(3~6%)보다 높은 수준이다. 적은양의 희토류 원광에서도 많은 희토류 산화물을 얻을 수 있어서 경제성이 높다는 장점이 있다. 바스트네사이트 원광으로 주요 경희토류인 세륨(Ce), 란타넘(La), 네오디뮴(Nd)을 얻을 수 있다.

마운트웰드 희토류 광산은 호주의 라이너스(Lynas)가 소유 및 운영하고 있다. 과거 2010년대 초반 라이너스는 자금난으로 중국의 국영기업 China Nonferrous Metal Mining 으로부터 인수될 위기에 처했었다. 그러나 호주와 일본정부의 전략적 개입으로 중국의 인수를 막고 일본정부가 자금을 지원했다. 이 당시 센카쿠(다오위다오) 분쟁으로 중국이 일본향 희토류 수출을 제한했을 때 일본 정부는 라이너스에 자금을 지원하며 안정적인 공급망을 확보할 수 있었다.

마운트웰드에서 채굴된 희토류 원광은 호주에서 1 차로 가공한 이후, 말레이시아 쿠안탄(Kuantan)의 Lynas Advanced Materials Plant (LAMP)에서 최종 정련과정을 거친다. 지속적인 말레이시아 현지 환경단체의 반발을 겪고 있으나, 중국을 대체할 수 있는 유일한 희토류 공급망으로서 채굴 및 정제 과정을 이어가고 있다.

라운드탑 (Round Top): 미국 텍사스 서부에 위치한 라운드탑 광산은 미국내 유일한 중희토류 광산으로 주목받고 있다. 그러나 아직 탐사단계로 상업단계의 채굴작업은 시작되지 않았다. 현재는 USA 레어어스가 광산에 대한 지분을 인수한 후 경제성 재검토 및 대규모 개발을 추진하고 있다.

3대 희토류 광산 비교			
항목	바이원오보 (Bayan Obo)	마운틴패스 (Mountain Pass)	마운트웰드 (Mount Weld)
위치	중국 내몽골 바오터우 인근	미국 캘리포니아주 모하비 사막	호주 서부 래버턴 인근
운영 기업	바오강 그룹(중국 Northern Rare Earth)	MP Materials(NYSE: MP)	Lynas Rare Earths(ASX: LYC)
매장량	약 4,000 만 톤 이상(세계 최대)	약 1,800 만 톤	약 2,000 만 톤
TREO 품위	3~6%	7~8%	8~10%
주요 광석	바스트네사이트, 모나자이트	바스트네사이트	바스트네사이트
NdPr 비중	약 15~20%	약 15~20%	약 22~24%
HREE(중희토류)	매우 낮음	거의 없음	낮음
동반 자원	철, 니오븀, 형석, 토륨	바륨, 방사성 원소 소량	토륨 소량
전략적 의미	중국의 글로벌 희토류 패권 기반	미국 내 유일 대형 광산, 국방/공급망 전략 핵심	중국 외 유일 대규모 상업 생산/정련 기업, 일본과 서방의 전략적 지원
기타	세계 최대 REE 광산 탄생, 오염 문제로 악명 높은 테일링스 댐	중국 Shenghe가 아직도 지분 보유	일본 정부가 투자/지원해 중국 인수를 저지, 말레이시아 정련소 환경 논란
역사	1927년 철광 발견 > 1950년대 소련 지원 > 세계 최대 REE 광산	1949년 발견 > 1960~80년대 세계 생산 70% > 환경사고/중국 부상으로 몰락 > 2017년 MP Materials 부활	1980년대 탐사 > 중국 외 공급망 확보 위해 일본/호주 지원 > Lynas가 상업 생산

자료: SK증권

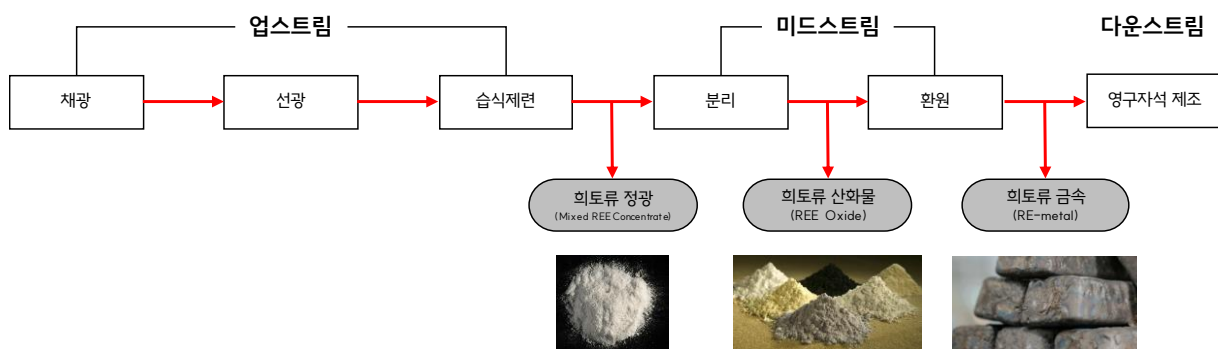
(2) 업스트림

국제희토류산업협회(REIA)에 따르면 희토류 가치사슬은 상류(Upstream), 중류(Midstream), 하류(Downstream) 3 단계로 나눌 수 있다. 투자목적으로 위의 3 단계 방식으로 분석하는 것이 목적에 적합하다.

그 이유는 ① 정책 모니터링: 미국은 정부차원에서 희토류 공급망을 재건하고 있는데, 중국이 장악한 공급망에 우선해서 정책지원이 이뤄질 것으로 전망한다. 따라서 희토류 생산과정을 따라가면서 이해하면 정책발표가 기대되는 수혜 기업을 쉽게 좁혀서 판단할 수 있다. ② 경영전략: 희토류 기업마다 펼치는 전략이 상이하다. MP materials 는 희토류 채굴부터 영구자석 전과정을 수직계열화 하고 있다. 반대로 Lynas Rare Earths 는 희토류 채굴에 집중하며 영구자석 생산은 제이에스링크와 협업하고 있다. 각각의 전략의 성공가능성을 판단하기 위해서는 희토류 생산과정을 이해할 필요가 있다.

아래 그림에서 희토류 가치사슬을 공정 순서대로 한 눈에 볼 수 있다. 광산에서 채굴한 희토류 원광이 전처리를 거쳐서 희토류 정광(mixed REE concentrate)까지 생산하는 단계를 업스트림이라고 한다. 이후 특정한 희토류 원소로 분리하기 위해 희토류 정광을 분리, 환원 과정을 거쳐서 금속상태의 희토류를 생산한다. 이를 미드스트림이라 한다. 마지막으로 다운스트림에서는 최종 제품인 영구자석 제조까지 이어진다.

희토류 채굴부터 영구자석까지



① 채광 (Mining/Extraction)

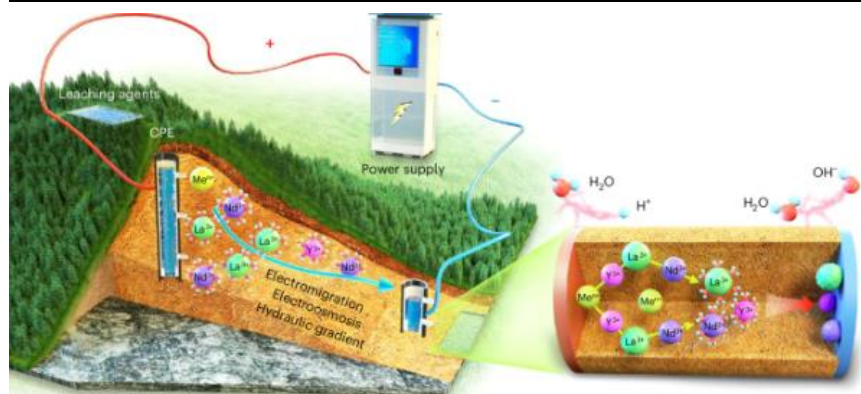
노천 채굴(Open-pit mining): 지표에서 돌출된 광체를 향해 갱도를 파내서 내려가는 방식이다. 시추, 채굴장비, 폭약을 사용해서 상부의 토사와 암석을 제거하며 광석을 채취하는 방식이다.

채굴 경제성 분야에서 박토비(stripping ratio)라는 개념이 있다. 이는 유용한 광석 1톤을 채굴하기 위해 제거해야하는 폐석의 양을 나타내는 비율로 박토비가 높을수록 광석을 얻기 위해 제거해야 할 불필요한 토사가 많다는 뜻이다. 노천채광은 지표면에 광체를 덮고 있는 암석을 제거해야하기 때문에 광체가 깊을수록 박토비가 기하급수적으로 증가한다. 초기에 노천채광이 경제성이 높지만, 채굴이 깊어질수록 경제성이 떨어지게 된다.

지하 채광(Underground mining): 희토류가 지하에 매장된 경우 갱도를 뚫어서 지하에서 채취하여 지상으로 운반하는 방식이다. 지하 채굴도 시추, 발파, 굴착장비 등 노천광과 비슷한 기술을 사용하지만 목표 지점에 보다 정밀하게 접근하여 필요한 곳만 굴착한다. 지하광산의 박토비는 일반적인 노천광보다 훨씬 낮다. 그러나 노천광에 비해서 상부 토사와 폐석 발생량이 적어서(보통 노천광의 1/10~1/80 수준) 환경에 미치는 영향이 작다는 장점이 있다.

용액추출채광(In Situ Leach, ISL): 용액추출방식은 화학물을 지하에 주입해서 암석에 포함된 금속을 녹인 다음에, 금속이 용출된 용액을 지상으로 추출하는 방식이다. 지하수 오염 가능성이 있어서 미국에서 희토류 채굴에 용액추출채광이 사용될 가능성은 매우 낮다.

용액추출채광(ISL)



자료: Nature

② 선광(Benefication)

자연상태에서 채굴한 희토류 원광에 붙어있는 진흙이나 부수 광물과 희토류 광물을 분리하는 과정이다. 가장 먼저 광석을 파쇄하여 입자크기를 줄인 다음에 부유선광, 자기선광, 중력선광 등 물리적인 과정으로 분리작업을 거친다. 광산에 따라서 다양한 선광방법을 조합하거나 혹은 단독으로 사용된다. 예를 들어 바오윈오보 광산은 자기선광을 거친 다음 부유선광을 거쳐서 분리작업을 실시한다. 한편 이온흡착점토는 선광단계를 거치지않고 곧바로 습식제련 공정을 거친다.

부유선광(Flotation): 물에 기포를 만들어서 희토류 광석만 특정해서 분리하는 방법으로 가장 일반적으로 사용된다. 먼저 물리적으로 파쇄된 광석가루를 물에 섞어서 진흙 같은 슬러지를 만든다. 이 슬러지에 기포제등 화학약품을 첨가해서 희토류 광물만 거품에 잘 붙을 수 있도록 한다. 그 다음에 공기를 넣으면 작은 기포가 생기는데, 희토류 광물이 기포 표면에 달라붙게 된다. 기포는 가벼워서 위로 떠오르게되며, 필요한 점토는 물탱크 안에 가라앉는 방식이다. 마지막으로 거품층을 걷어내면 원하는 희토류 광물만 선택해서 분리할 수 있다.

자기선광(Magnetic separation): 광물의 자화율 차이를 이용해 자성을 띤 입자만 자석으로 끌어당겨 분리하는 과정이다. 부유선광처럼 화학약품을 사용하지 않으며 단순히 선광할 수 있다는 장점이 있다.

중력선광(Gravity Separation): 비중 차이를 이용해 무거운 입자를 가볍고 유동성이 큰 매질에서 침강시켜서 분리하는 방식이다.

Flotation Circuit



자료: Lynas Rare Earth

③ 습식제련 (Hydrometallurgy)

선광된 희토류는 산성 또는 알칼리용액으로 처리되어 선택적으로 용해시킨다. 주로 적용하는 공정은 용출(Leaching), 용매추출(Solvent extraction), 이온교환(Ion exchange) 침전(precipitation)이 사용된다. 습식제련까지 거치면 다양한 희토류 원소가 혼합된 정광(mixed REE concentrate)을 생산할 수 있다.

용출(Leaching): 광석에 함유된 희토류 금속을 화학 용액에 녹여내는 방법이다. 황산, 염산, 질산과 같은 강산을 사용하는데, 고체 광물에 있던 희토류가 액체(용출액)로 옮겨지는 과정이다. 이를 통해 희토류 광석을 액체 상태로 만들 수 있다. 비유하자면 커피콩을 뜨거운 물에 우리듯이, 희토류 성분을 산성용액에 우려내는 과정이라고 할 수 있다.

원광에 종류에 따라서 사용하는 용액의 종류가 달라진다. 바스트네사이트 원광은 황산용액을 500°C에서 수 시간 가열하는 황산 소성법을 사용한다. 이 과정에서 불소가스가 환경오염을 유발한다. 모자나이트 원광에는 방사선을 띠는 토륨의 높은 함량이 문제가 된다. 때문에 고온에서 황산 또는 수산화나트륨 용출(leaching)이 선호된다. 현재 상업적으로 60~70% 수산화나트륨 용액에서 140~150°C로 모자나이트를 처리하는 방식이 주로 사용된다. 이 공정에서는 희토류뿐만 아니라 광물에 포함된 인산도 회수할 수 있다.

용매추출 (Solvent Extraction): 용출액에는 희토류뿐 아니라 철, 알루미늄 등 불필요한 불순물이 섞여있다. 여기서 불순물을 제거하고 희토류 용액을 얻는 과정이 용매추출 방식이다. 참고로 미드스트림 단계의 용매추출공정과 차이가 있다. 업스트림단계의 용매추출공정은 단순히 불순물을 제거하는 과정이라 몇단계의 사이클만 거치는 반면에 미드스트림에서 용매추출공정은 희토류를 분리하는 목적이거나 수십번의 추출단계를 거쳐야 한다.

이온교환(Ion Exchange): 이온교환 수지나 교체 매질을 사용해 용액 속에 녹아있는 희토류 이온을 선택적으로 흡착시킨 뒤, 다른 용액으로 추출하는 방식이다. 예를 들어, 희토류 이온이 들어 있는 용액을 수지층에 통과시키면, 수지 표면에 결합된 양이온이나 음이온과 자리바꿈을 하면서 희토류 이온이 수지에 흡착된다. 이후 재생 용액(산, 염기, 염 용액 등)을 흘려보내면 수지에 붙어 있던 희토류 이온이 다시 용액으로 떨어져 나오게 된다.

(3) 미스트림

④ 분리(Separation)

다양한 희토류가 섞여있는 희토류 정광(Mixed REE Concentrate)에서 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr)등 개별 희토류 산화물로 분리하는 공정이다. 희토류 정광이 분리공정을 거치면 각각 희토류 원소는 산화물 형태로 분리된다.

희토류 원소의 원자번호가 증가할수록 이온 반경이 조금씩 줄어든다. 하지만 그 차이는 수 pm(피코미터) 수준으로 극히 미세하다. 이 작은 차이를 활용해 희토류 원소를 분리해야 하므로, 단일 분리공정으로 희토류 원소를 구분하기 어렵고, 수십~수백 단계의 반복공정을 거쳐야 한다. 아래의 사진은 라이나스(Lynas)의 말레이시아 희토류 정제공장으로 수백 단계의 공정이 이어져 있다.

공정 특성상 희토류 공급망에서 가장 기술적으로 까다로우며 환경규제를 강하게 받는 단계다.

라이나스 말레이시아 정제공장 전경

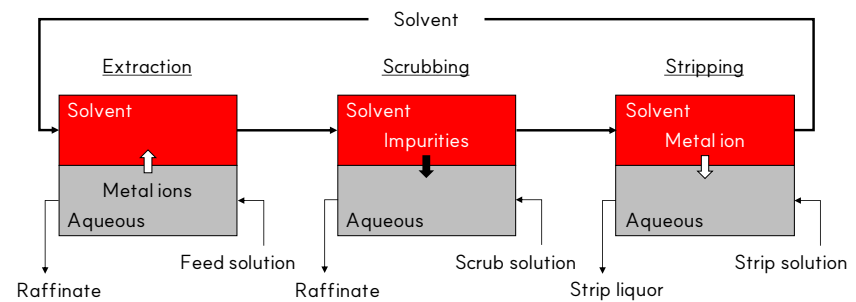


자료: Lynas Rare Earth

희토류를 분리하기 위한 다양한 방법 중에서 용매 추출법(solvent extraction) 방식이 주류를 이룬다. 희토류 용액과 유기용매를 접촉시켜 각 원소의 미세한 분배계수 차이를 이용해서 조금씩 분리하는 방식이다. 희토류 원소가 함유된 용액과 유기용매를 혼합하면 유기용매에 희토류 원소가 옮겨지며 분리된다.

용매 추출 공정은 추출(extraction) – 세정(scrubbing) – 역추출(stripping)의 세 가지 공정으로 구성되어 있다. 추출은 희토류 용액과 유기용매를 혼합, 접촉시켜 목표하는 희토류 원소를 유기용매로 추출하는 공정이다. 세정은 유기용매를 세정하여 추출된 불순물을 제거한다. 마지막으로 역추출은 유기용매에서 추출된 희토류 원소를 산 등을 사용하여 수상으로 역추출하는 공정이다.¹⁾ 이 과정에서 믹서 세틀러, 로터리 디스크 칼럼, 원심추출기 등을 사용하며, 대량의 산, 가성소다, 물이 소모된다.

용매 추출 공정도



자료: 희소금속의 제련과 리사이클링

원심분리기 (De-center)



자료: Lynas Rare Earth

황산 제거장치 (Sulphate removal pump)



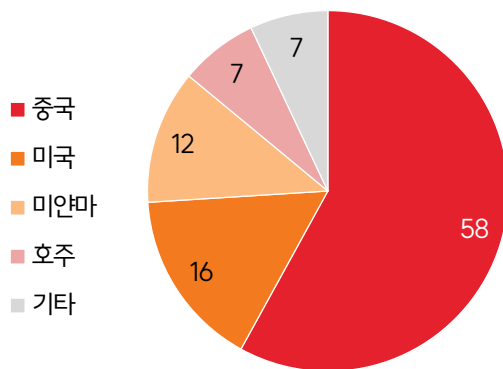
자료: Lynas Rare Earth

¹ 희토류 금속의 제련과 리사이클링(경북대학교출판부, 손호상)

중국이 희토류를 장악할 수 있었던 이유 역시 이 용매추출공정을 대규모, 저비용으로 운용할 수 있었기 때문이다. 용매추출법 기술은 전 세계에 알려져 있다. 그러나 중국은 1980~90년대부터 용매추출공정을 대규모로 운용하며 노하우를 쌓았다. 그 결과 전세계 분리공정의 90%는 중국에서 이뤄지고 있다.

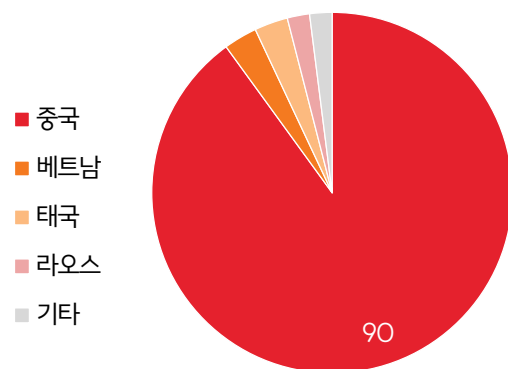
실제로 미국, 호주, 유럽은 희토류 채굴이 가능하지만 용매추출은 중국에 의존하고 있다. 미국의 MP Materials 는 미국에서 채굴한 희토류 원광을 중국에서 분리공정을 했었다. 호주의 라이너스(Lynas)가 유일하게 말레이시아 쿠안탄에서 분리공정을 진행하고 있다. 결론적으로 미국이 희토류 공급망을 재건하기 위해서는 바로 이 용매추출공정에 시간과 자금을 투입해야 한다.

희토류 채굴



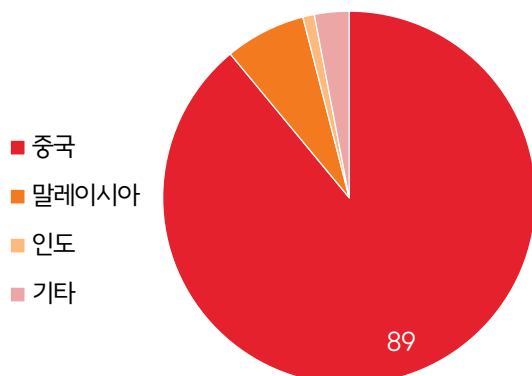
자료: DOE(2022)

희토류 분리



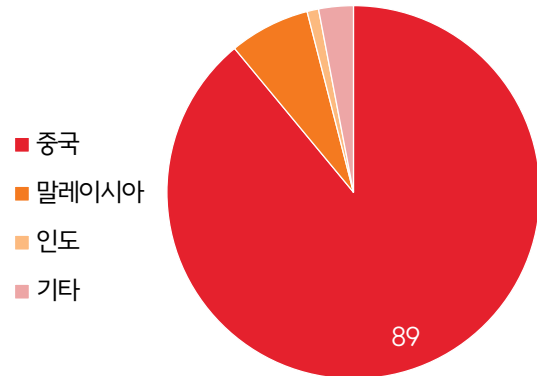
자료: DOE(2022)

희토류 제련



자료: DOE(2022)

영구자석 생산



자료: DOE(2022)

⑤ 환원 (Reduction)

환원공정은 희토류 산화물을 금속 형태로 환원하는 과정이다. 희토류 산화물을 영구 자석 등 제품으로 활용하기 위해 금속형태를 띄어야하기 때문에 환원공정을 거쳐야 한다.

가장 보편적으로 전해채취(electrowinning) 그리고 나트륨 환원(sodium reduction) 방식을 사용하고 있다. 전해채취 방식은 희토류 산화물을 전기분해해 금속으로 만드는 방식이다. 탱크 안에 양극과 음극을 넣고, 특수한 전해질을 사용한다. 나트륨 환원방식은 희토류 염화물에 나트륨 금속을 넣어서 화학적인 방식으로 환원시키는 방식이다.

(4) 다운스트림

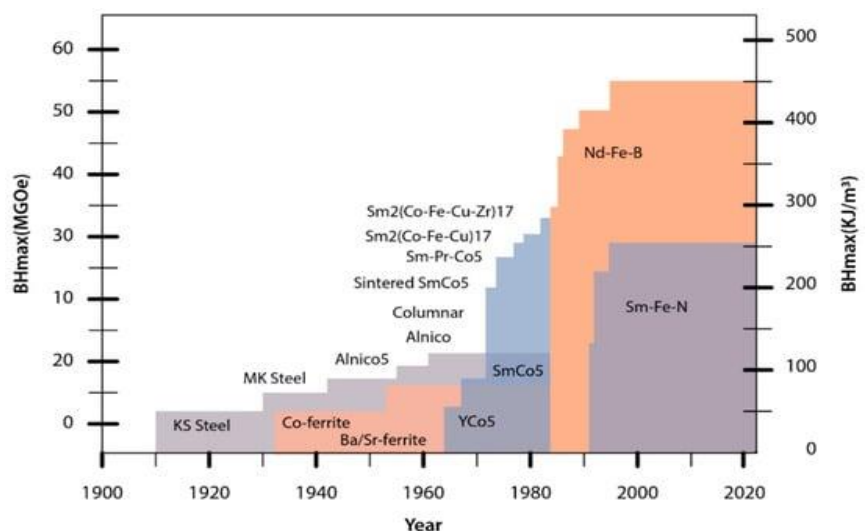
영구자석 종류

영구자석의 성능은 시간순서대로 철강계 - > 페라이트계 - > 희토류계로 발전했다. 아래의 그림은 20 세기동안 영구자석의 성능 발전 과정을 보여주는 그래프이다. 세로축은 자석의 성능을 나타내는 최대에너지값으로 값이 클수록 단위밀도당 더 강한 자력을 의미한다.

1920~40 년대에는 철강계, 알니코(Alnico) 영구자석 기술개발이 있었으나 시간이 지나고 기술이 축적 되더라도 성능에 한계가 있었다. 이후 희토류 계열의 영구자석이 개발되면서 획기적으로 성능개선이 나타났다.

1960~70 년대에 개발된 희토류계 영구자석인 사마륨-코발트(SmCo)의 등장으로 이전 세대보다 자력이 향상되었다. 그러나 원재료인 코발트 수급의 문제로 대량생산이 어렵기 때문에 대체 영구자석에 대한 기술개발이 일어났다. 이후 1980 년대에는 코발트를 사용하지 않는 네오디뮴(NdFeB) 영구자석이 개발되면서 현재까지 가장 강한 영구자석으로 사용되고 있다.

영구자석 성능 발전과정



자료: DOE

다양한 영구자석에 대한 원재료, 강점, 사용처는 다음과 같다.

알니코(Alnico): 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 코발트(Co) 합금을 이용한 영구자석이다. 고온에서 안정성이 뛰어나서 500 도 이상에서 자기력이 유지되는 장점이 있다. 그러나 보자력(coercivity)이 낮아서 외부 자기장에 의해 쉽게 탈자되는 단점이 있다. 보자력이란 외부에서 반대 방향의 자기장을 가했을 때, 자석이 자기력을 잃기까지 필요한 자기장의 세기를 의미한다. 알니코계 영구자석은 주로 고온환경에서 사용하는 계측기, 전자기기, 센서에 사용된다.

사마륨-코발트(SmCo): 1970 년대에 상업화에 성공해서 네오디뮴 자석보다 먼저 개발된 희토류계열 자석이다. 네오디뮴(NdFeB)보다 자력은 약하지만 내식성, 내열성이 강하다. 300 도 이상 고온환경에서 자력이 유지되어 우주항공, 군수산업, 고온 센서, 의료기기에 사용된다. 단점으로는 원재료인 코발트(Co) 역시 전략자원으로 공급망이 취약하며 가격변동성이 크기 때문에 대량생산이 어렵다.

네오디뮴(NdFeB): 1982 년 Sumitomo Special Metals 에서 개발되었다. 이름 그대로 네오디뮴(Nd), 철(Fe), 붕소(B)를 기본원소로 사용한다. 영구자석 중에서 가장 자력이 강하지만 산화, 부식에 취약해서 코팅이 필요하다. 강한 자력이 전기차 모터, 풍력발전기에 사용되어 에너지전환에 있어서 필수부품으로 떠오르고 있다. 그러나 80~200 도 이상에서는 자력이 떨어진다. 이를 해결하기 위해 중희토류인 디스프로슘(Dy), 터븀(Tb)을 소량 첨가해서 고온에서도 성능을 유지한다.

영구자석 종류별 비교

구분	알니코(Alnico)	사마륨-코발트(SmCo)	네오디뮴(NdFeB)
개발 시기	1920~40년대	1960~70년대(상업화 1970s)	1982년(Sumitomo Special Metals)
구성 원소	Al, Ni, Co, Fe (+Ti, Cu)	Sm, Co (+Fe, Cu, Zr)	Nd, Fe, B (+Pr, Dy, Tb, Co, Cu, Nb 등)
자력(BHmax)	5~10 MGOe(낮음)	20~30 MGOe	35~60 MGOe(가장 강력)
보자력(Coercivity)	낮음(외부 자장에 쉽게 탈자)	높음(우수한 자기 안정성)	매우 높음(첨가 원소에 따라 강화)
온도 특성	500°C 이상까지 자기력 유지	~300°C까지 안정	80~200°C에서 성능 저하, Dy/Tb 첨가로 개선
내식성	보통	우수	취약(코팅 필수)
강점	고온 안정성, 내구성	내열성/내식성 우수, 자기 안정성	가장 강한 자력, 소형화 가능
약점	보자력 낮음, 쉽게 탈자	원재료(Co) 가격 변동성, 고가	고온 취약 Dy/Tb 의존도, 부식에 취약
큐리온도	~800°C	800°C	350°C
주요 사용처	계측기, 센서, 고온 전자기기	우주항공, 군수산업, 의료기기, 고온 센서	전기차 모터, 풍력발전기, HDD, 가전, 로봇
원재료 리스크	Co 가격 영향	Co, Sm 공급망 취약	Dy, Tb 등 중희토류 확보 리스크

자료: SK 증권

영구자석 등급

영구자석의 성능은 2 가지 기준으로 나타낸다. 자기장의 세기를 나타내는 잔류자속 밀도(Br), 그리고 외부 자력에 대항해 자력을 지켜내는 보자력(Hc)이다. 그리고 잔류자속밀도와 보자력의 곱의 최대치를 최대자기에너지곱(Bhmax)라고 정의해서 영구자석의 성능을 나타낸다.

영구자석은 N35, 44H 와 같은 등급(grade)에 따라서 성능을 나눌 수 있다. 여기서 숫자가 클수록 자석의 세기가 강해지며, 알파벳은 자석이 견딜 수 있는 고온환경을 의미한다. 전기차 모터, 발전기처럼 온도상승에 노출되는 환경이라면 N42SH, N38EH 같은 고온용 등급의 영구자석을 사용해야 한다. 그러나 이와 비례해서 디스프로슘(Dy)를 더 첨가하거나 또는 입계확산(GBD)공정이 필요해서 원가상승 요인이 된다.

영구자석 등급

N42SH

Intrinsic coercivity level "Super High" initial letters($H_{ci} \geq 20kOe$)

Maximum energy product $((BH)_{max} 42 \text{ MGOe})$

Initial letter of "Neodymium"

자료: SMM

디스프로슘(Dy) 비중이 증가할수록 고온 환경에 적합

Grade suffix	Max operating temp.(°C)	Approx. Dy content(wt.%)	Approx. NdPr content(wt.%)	Example applications
No suffix	80	<0.5%	29.5%	Toys, games, advertising, etc.
M	100	1.4%	28.6%	Hard disk drives, CD/DVD. MRI, machines, sensors, refrigeration, etc.
H	120	2.8%	27.2%	Gauges, hysteresis clutch, magnetic separation, etc.
SH	150	4.2%	25.8%	Wind Power generators , electric bicycles, energy storage systems, magnetic braking, industrial motors, general automotive applications, etc.
UH	180	6.5%	24.5%	Commercial and industrial generators, wave guides, undulators, etc.
Ehz/AH	200/220	8.5%-11%	19%-21.5%	Hybrid and electric traction drives , high temp. motors and generators, etc.

자료: DOE

응용 분야별로 요구되는 자석의 특성은 상이하다. 전기차 구동 모터의 경우, 내부 온도가 150~200°C 까지 상승하고 장시간 운전 조건을 견뎌야 한다. 따라서 단순히 높은 잔류자속밀도(Br)를 제공하는 N52 보다는, 고온 보자력이 강화된 N42SH, N38EH, N35AH 와 같은 고온형 등급이 선호된다.

풍력터빈, 특히 영구자석 동기 발전기(Permanent Magnet Synchronous Generator)에서는 장시간 운전과 고온·고습 환경이 문제가 되므로 N42H, N38SH, N35UH 와 같은 중·고온 안정성 중심의 등급이 사용된다. 해상풍력의 경우 염분과 습기에 따른 부식 문제를 해결하기 위해 다층 코팅과 내식성이 병행 확보되어야 한다.

반면 산업용 액추에이터나 로봇용 구동 장치에서는 상대적으로 온도 부담이 낮고 소형화와 고출력이 핵심이므로 N48, N52 같은 상온 고성능 등급이 선호된다. 다만 고온에 노출될 가능성이 있는 경우 N42H 같은 보강형 등급이 선택된다.

정리하면, 전기차 모터와 풍력터빈에서는 고온 안정성과 보자력이 최우선 고려 대상이기 때문에 접미사가 붙은 고온용 등급이 주로 채택된다. 반면 액추에이터와 정밀 제어용 기기에서는 높은 잔류자속밀도와 에너지 밀도를 우선시해 숫자가 높은 고 Br 등급이 선호된다. 따라서 자석의 등급 선택은 단순히 최대 세기만 보는 것이 아니라, 응용 환경의 온도, 내구성, 비용 요인을 종합적으로 고려한 최적화 과정이라고 할 수 있다.

영구자석 수요 구분

	미국	글로벌
소비자 전자제품 (스마트폰, 스피커 등)	45%	29%
산업용 모터	30%	30%
전기차	11%	6%
해상풍력	0%	14%
차량내 구동계	9%	8%
기타 소형자석	1%	5%
본드 자석(Bonded magnets)	4%	7%

자료: DOE(2020)

생산공정

(1) 스트립 캐스팅(Strip Casting): 인덕션 용해로에 녹인 합금을 회전하는 실린더에 주입한후 급랭 응고시키는 공정. 이 과정에서 생성되는 결정립의 미세구조가 자석의 성능을 좌우한다. 결정립이 너무 크면 자석이 고온에서 쉽게 탈자되며, 결정립이 너무 작으면 잔류자속밀도(Br)이 떨어진다. 네오디뮴 영구자석은 일반적으로 수백 나노미터(200~500nm) 수준의 결정립이 이상적이다.

(2) 수소파쇄(Hydrogen Decrepitation): 합금 덩어리에 수소를 주입하면 희토류 원소가 수소를 흡수하면서 부피가 팽창하며 입자 내부로부터 잘게 부서지게 된다. 합금을 분쇄기로 갈면 입자가 불균일하며 결정립이 손상될 위험이 커진다. 수소파쇄는 입자 내부에서 부서지기 때문에 균일한 분말을 얻을 수 있다.

(3) 미분쇄(Jet Milling): 고온가스압력으로 분말 입자끼리 충돌시켜 더 잘게 만드는 공정. 수소파쇄를 거친 균일한 입자 덩어리를 초미세 입자로 다듬기 위함이다.

(4) 자장성형(Pressing in magnetic field): 미분쇄를 거친 입자를 강한 자기장을 이용해서 정렬시키고, 동시에 압축하는 공정이다. 입자마다 자화가 잘 되는 특정 방향이 존재하기 때문에 입자들이 제각각 다른 방향을 바라보면 자기장의 합이 상쇄가되어 자석의 힘이 분산된다. 이를 해결하기 위해 자기장으로 입자를 정렬시킨다.

(5) 소결 및 열처리(Sintering and Heat treat): 소결은 미세분말을 녹는점 이하의 온도에서 가열하여 입자를 치밀한 고체 덩어리로 만드는 공정이다. 미세 분말을 치밀화해 기계적 강도와 자석의 구조를 만드는 단계다.

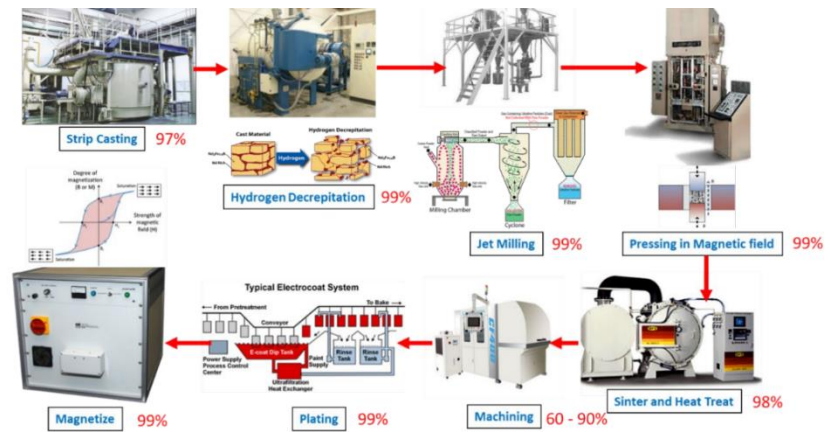
(6) 절단 및 가공(Machining): 자석을 원하는 모양으로 가공하는 공정

(7) 입계확산(Grain Boundary Diffusion): 영구자석에 중희토류를 첨가하는 공정이다. 소결이 끝난 영구자석 표면에 디스프로슘(Dy)과 같은 희토류 원소를 코팅한 뒤, 열처리를 통해서 이들이 결정립계(grain boundary)를 따라서 자석 내부로 확산하는 공정이다. 중희토류 사용량을 획기적으로 절감할 수 있었다. 원재료 절감 및 영구자석 성능을 끌어올릴 수 있기 때문에 가장 핵심공정으로 평가됨.

(8) 표면처리(Plating): 산화를 방지하기 위해서 표면을 코팅한다

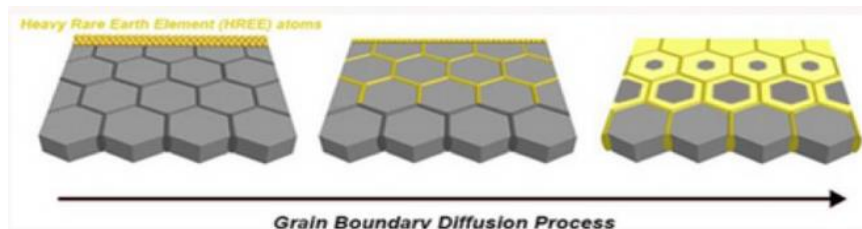
(9)자화(Magnetizing): 외부에서 강한 자기장을 걸어서 자석 내부의 자구(magnet domain)을 정렬시키는 과정.

영구자석 생산 공정 및 수율



자료: DOE(2020)

입계확산 공정(Grain Boundary Diffusion)



자료: SDM Magnetics

3. 창을 든 중국, 방패를 든 미국

(1) 정책모멘텀이 기대되는 희토류

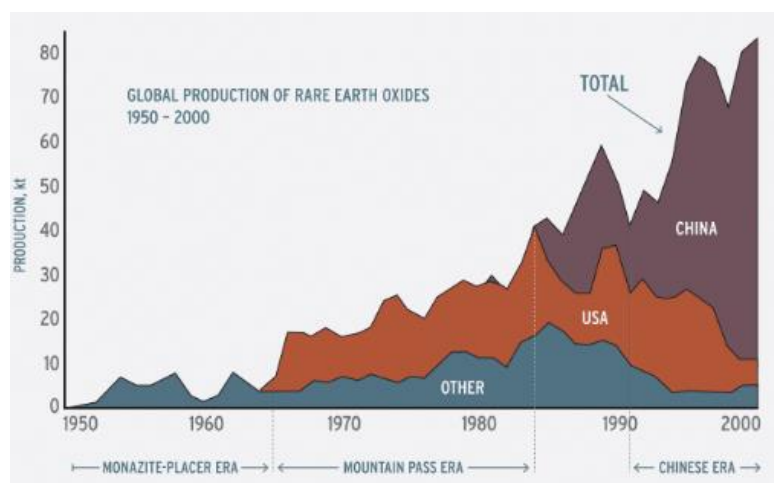
희토류를 확보하기 위한 미국과 중국의 정책발표가 이어지고 있다.

중국은 2020년 12월 수출통제법을 제정한 이후부터 전략자원에 대한 수출 통제를 실시했다. 동 법안은 그동안 파편화된 행정규칙을 통합하여, 중국이 전략자원을 무기로 활용하기 위한 기반이 되는 법률로 평가된다. 법안을 제정한 목적은 (1) 제품, 기술, 서비스 등 전략물자에 대한 수출통제 강화, (2) 국가안보를 위협하는 외국기업 및 개인을 제재 (3) 수출금지대상 리스트를 도입하기 위함이다.

실제로 수출금지 대상 리스트에 올라간 품목을 대상으로 활발하게 수출통제를 하고 있다. 시간순서대로 23년 7월 갈륨, 저머륨 -> 23년 10월 흑연 -> 23년 12월 희토류 정제, 영구자석 제조기술 -> 24년 8월 안티몬 수출통제를 발표해왔다.

트럼프는 애국적 자본주의(patriotic capitalism) 전략을 꺼내 들었는데, 전략산업을 시장에 맡기지 않고 정부가 직접 개입하겠다는 정책이다. 희토류, 반도체, 방산, 에너지 등 국가안보와 직결되는 산업에서 미국정부가 투자자, 최대고객, 위험보장 역할을 맡는다는 것이다. 중국이 희토류를 협상수단으로 사용하는 만큼 미국정부도 특정 기업(ex. MP materials)에 집중해서 지원해서 공급망을 재건하겠다는 것이다.

희토류 산화물 생산 추이



자료: EIA

(2) 25년 4월: 중국 희토류 수출통제

중국 상무부는 25년 4월 4일 희토류에 대해서 수출을 통제한다고 밝혔다. 트럼프 행정부에서 대중국 상호관세를 추가 34% 물리겠다고 발표하자, 이에대한 보복차원에서 발표한 것이다. 특히 F-35 전투기 등 방위산업에 필요한 희토류 원소가 규제대상에 포함되어 있어 희토류 수출 통제를 수단으로 미국의 공급망을 압박하는 것으로 판단한다.

수출통제는 수출 금지가 아닌 수출허가 절차가 추가되면서 중국 상무부의 수출허가를 받아야 한다. 희토류 수출은 중국 내 등록기업만 신청 가능하며 무역회사가 아니라 실제로 희토류 채굴, 가공 자격을 갖춘 기업만 허용된다. 또한 최종용도와 최종사용자를 기재해야하며 군수 및 핵관련 제재대상 기업으로 희토류 유출 위험이 있다면 승인을 거부했다.

수출통제 대상은 중희토류인 디스프로슘(Dy), 사마륨(Sm), 가돌리늄(Gd), 터븀(Tb), 루테튬(Lu), 스칸듐(Sc), 이트륨(Y) 7종에 대한 수출을 금지했다. 중국은 디스프로슘(Dy)과 터븀(Tb) 공급량의 100%를 통제하기 때문에 이 두 원소에 대해서는 수출통제 품목에 추가했지만, 중국을 제외한 대체공급원이 있는 네오디뮴(Nd)에 대한 수출은 제한하지 않았다.

기존까지 희토류의 가치가 전기차, 풍력등 에너지전환에 맞춰져 있었으나, 중국의 수출 통제조치로 인해서 방위산업에서 전략물자로 가치를 인정받게 되었다. 또한 영구자석이 필요한 전기차 기업은 오랜기간 중국이 공급망을 장악했다는 사실을 알면서도 영원히 공급될 것이라고 가정한 채로 공급망을 설계했는데, 이제 그 가정이 깨지게 되었다. 결론적으로 수출통제 조치는 비중국 희토류 기업의 재평가 시점으로 판단한다.

이후 25년 5월 미국과 관세협상으로 중국은 희토류 통제를 포함한 비관세 조치를 유예하기로 합의했다. 이에 대해 미국은 일부 반도체와 중국 유학생 비자 관련 규제를 완화했다.

(3) 25년 7월: 미국 국방부-MP Materials 파트너십

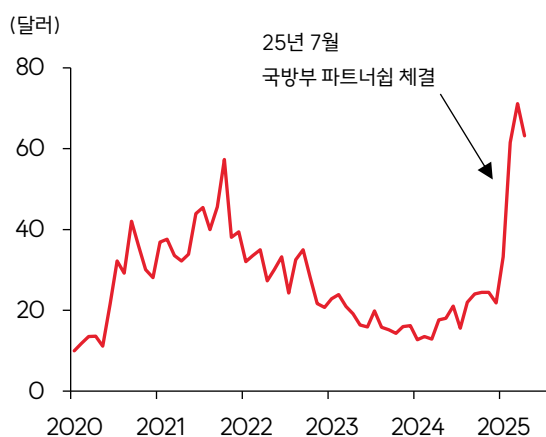
희토류 자립 가속화를 위해서 미국의 국방부는 MP materials사와 파트너십을 발표했다. 파트너십의 내용에는 ① 국방부가 MP materials의 최대주주로 지분을 확보하며 ② 미국 정부에서 10년간 NdPr의 가격 하한(Price Floor)을 보장할 것이며 ③ 10X 영구자석 제조시설을 구축이 담겨있다.

국방부는 전환우선주 형태로 \$400M을 MP materials에 투자할 예정이다. 전환가격은 주당 \$30.03, 전환시 발행주식수의 약 11%에 해당한다. 여기에 주당 \$30.03에 10년간 행사 가능한 워런트를 취득하며, 전량 행사시에 발행주식 기준으로 약 15%의 지분을 확보하게 된다. 또한 국방부는 희토류 분리 시설 확장을 지원하기 위해 \$150M 규모의 12년 고정금리 대출을 제공한다.

기존에 최대주주는 Jim Litinsky(창업자겸 경영진)으로, 그는 본인 스스로를 우연히 광산업자가 된 사람이라고 소개한다. 그는 2015년 Molycorp(MP Materials의 전신) 파산 당시에 채권투자자였는데 파산 이후에는 마운틴패스 광산에 대한 권리를 확보하고 MP materials를 설립했다. 전통적인 광산업자는 자본시장과 연결고리가 약한 경우가 많은데, Jim Litinsky는 헤지펀드 경력을 활용하여 MP Materials를 SPAC 상장을 통해 자금 조달을 할 수 있었다.

주요 주주로는 Shenghe Resources(중국의 희토류 기업)가 희토류 확보를 목적으로 8~9% 지분을 확보하고 있었다. 그러나 이번 국방부와 계약 이후에 대중국 판매중단을 선언했다.

MP materials 주가



자료: Bloomberg

미국 국방부-MP materials 파트너십 내용

- 1 미국 국방부 최대주주 지분확보
- 2 NdPr 최저가격 보장 (\$110/kg)
- 3 10X영구자석 제조시설 구축

자료: SK 증권

또한 국방부는 MP Materials 와 10 년간 NdPr 가격 하한(Price Floor) 계약을 체결하여 최소 \$110/kg 가격을 확보할 수 있도록 했다. 시장가격이 하한 아래로 떨어질 경우에 국방부는 그 차액을 분기단위로 현금지급을 약속했다. MP Materials 가 판매하거나 비축하거나 동일하게 가격 하한선을 보전하는 계약이다.

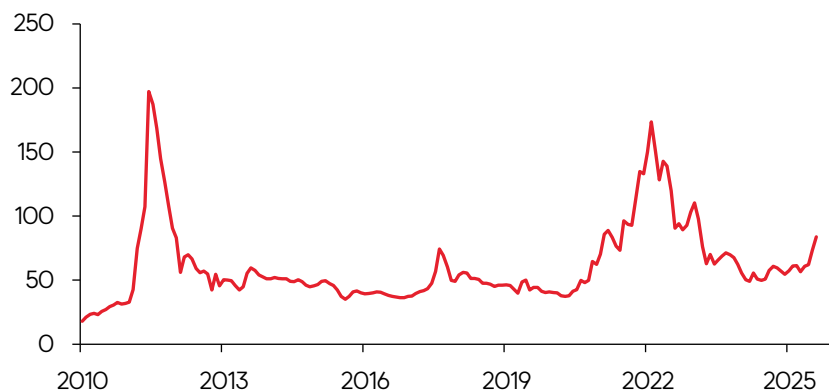
희토류 가격은 중국이 공급을 좌지우지하는 특성상 가격 급락 리스크가 크다. 과거 Molycorp 역시 희토류 가격 상승기에 공격적인 M&A 를 한 이후에 가격이 급락하면서 파산 했었다. MP materials 는 이번 계약으로 가격 하락 리스크를 제거하는 이득을 꾀할 수 있다.

이 계약에는 수익공유(Upside sharing) 구조역시 포함이 되어있다. 신규 영구자석 생산시설인 '10X'가 연간 7,000 톤 생산목표에 도달하면, 국방부는 NdPr 시장가격이 \$110/kg 초과하는 이익의 30%는 국방부가 배분 받기로 결정했다. 납세자의 세금으로 지원하는 만큼 가격 급등시 이익을 공유함으로써 정치적인 정당성을 확보하는 목적으로 평가된다. 또한 MP Materials 의 입장에서는 국방부와 공동의 이해 관계를 구축함으로써 희토류를 국가전략 자산으로 확정할 수 있는 효과를 노린 것으로 판단된다.

가격하한 계약은 25 년 4 분기부터 시작하며 10 년간 유지된다.

NdPr 산화물 가격

(달러/kg)



자료: Bloomberg

Appendix.

Q) 희토류 공정은 왜 환경을 파괴할까?

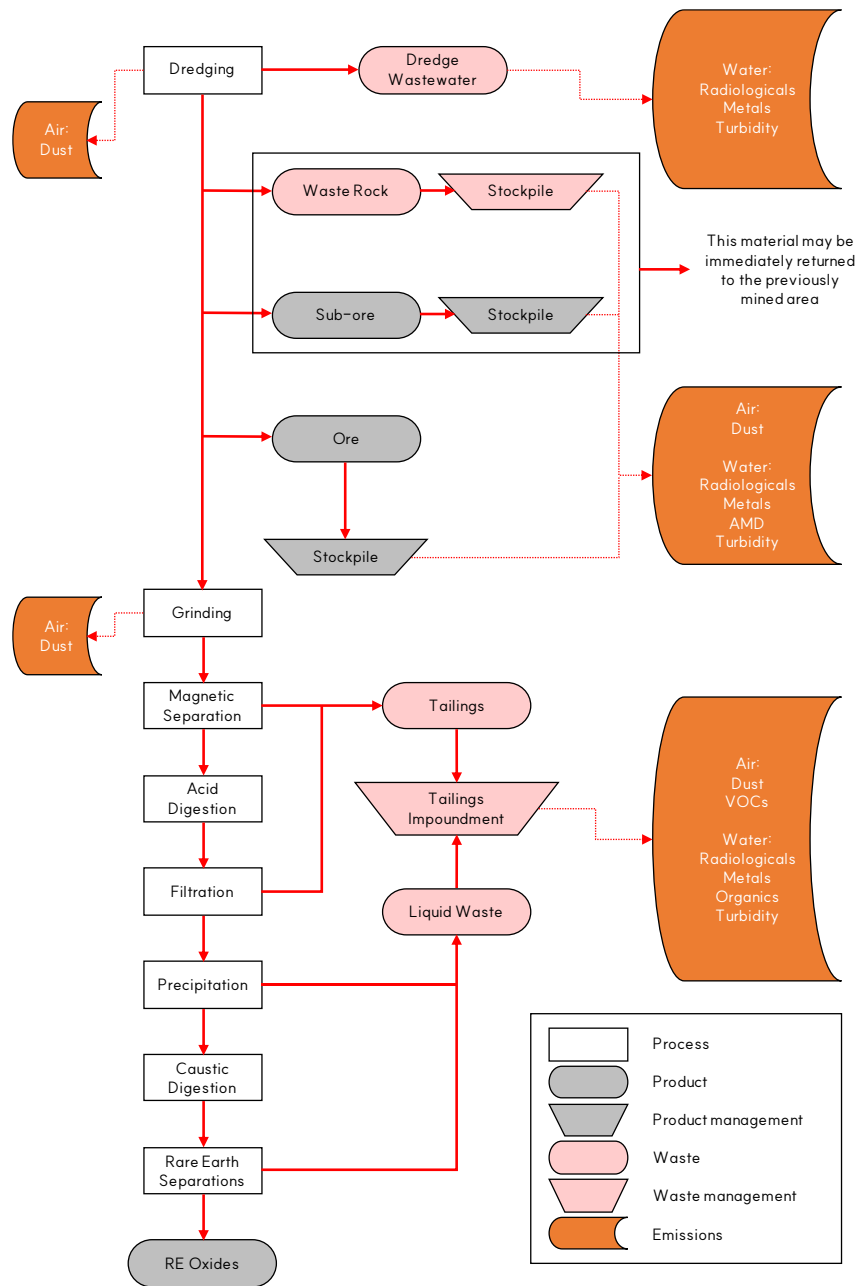
아래는 전형적인 사광상 광상의 희토류 원광처리 공정을 볼 수 있다. 사광상 광산이란 하천, 호수, 해안에 쌓인 모래나 자갈 속에서 유용한 광물을 채취하는 광산을 의미한다. 암석속의 광물이 물에 의해 운반되고 무겁고 단단한 광물(금, 주석, 희토류 등)이 하천 바닥이나 퇴적층에 쌓이는 구조다. 채굴이 비교적 단순하며, 초기 생산속도가 빠르지만 장기적으로는 생산 안정성이 떨어진다는 단점이 있다.

원광처리 공정은 각 단계별로 공정이 진행되며, 각 단계에서 잠재적인 배출원이 표시되어 있다. 예를들어 분쇄(griding) 및 자기분리(magnetic separation) 과정에서는 미세먼지가 발생하며, 산성용액을 이용한 분리 과정(acid digestion)에서는 휘발성 유기화합물(VOCs)이 공기 중으로 유출될 수 있다. 공정 전 과정에서 발생하는 용액과 폐수에는 방사선 물질, 중금속이 포함될 수 있어서 이를 처리하지 않으면 환경에 영향을 줄 수 있다. 공정에서 가장 환경위험이 높은 부문은 광미(광석 찌꺼기) 처리에 있다. 희토류 광미는 폐수, 공정 약품을 함유하고 있어서 노출 시 대기, 토양, 지하수를 오염시킬 가능성이 높다. 특히 광미 적치장은 장기간 외부에 노출되어서 바람, 강우에 의해서 오염물질이 주변 환경으로 이동할 수 있다.

경암 광산(hardrock)역시 비슷하다. 경암 광산이란 단단한 암석 속에 매장된 광물을 지하갱도나 노천 채굴 방식으로 캐내는 광산을 의미한다. 화성암, 변성암 등 단단한 암석 구조에 광맥 형태로 광물이 고정되어 있다. 특징으로는 채굴, 제련 공정이 복잡하지만 장기적으로 대규모 생산이 가능하다는 장점이 있다.

노천채굴로 나온 상부토사와 폐석은 폐기물 관리 구역으로 운반되고, 채굴된 희토류 원광이 공정에 투입된다. 부유선광(flotation) 단계에서는 시약을 사용해서 희토광물을 띄워서 분리된다. 산성 용해 공정에서는 강산을 사용하여 정광을 용해하고, 이후 침전(Thickening), 희토류 분리(용매 추출) 단계를 거친다. 사광상의 경우와 마찬가지로 미세먼지, 유기화합물, 방사선물질이 각 단계별로 발생한다.

사광산 광상 공정에 따른 오염원



자료: EPA

Q) 중국을 제외한 지역에서 희토류 및 영구자석 생산 현황은?

희토류 산업은 업스트림과 미드스트림은 동시에 같은 기업이 담당하는 경우가 많지만, 다운스트림은 별도로 전문 기업이 성장했다. 이러한 산업 구조 분화에는 몇 가지 요인이 작용한다.

첫째, 기술적 성격이 다르다. 업·미드스트림은 채굴, 화학처리, 용매추출 등 화학 엔지니어링 역량이 중심이지만, 다운스트림은 미세구조 제어, 합금 설계 등 재료공학 기술이 핵심이다. 따라서 기업이 두 영역을 커버하기보다 각자 분화해 나갔다.

둘째, 환경 및 규제 리스크 때문이다. 업·미드스트림은 방사성 폐기물, 황산 배출 등 환경 부담이 크기 때문에 중국이나 호주 같은 자원국에서 집중되었고, 상대적으로 일본은 환경부담이 적은 다운스트림에 주력해왔다. 또한 일본내에는 도요타처럼 영구자석의 주요 수요처가 있었기 때문에 다운스트림이 발달한 것으로 보인다.

마지막으로 국가 전략적 요인도 작용했다. 중국은 국영기업 중심으로 업·미드스트림을 통제하는 한편, 영구자석은 민간 상장사를 통해 경쟁 체제로 육성했다. 일본은 호주에서 희토류 산화물을 수입하며 자국내 영구자석 제조업체가 성장했고, 미국의 경우에는 정부 주도로 업스트림에서 다운스트림으로 통합을 추진하고 있다.

희토류 기업별 현황								
국가	기업명	티커	채광	선광	습식제련	분리	환원	영구자석
중국	중국희토(中国稀土集团)	국영	Current	Current	Current	Current	Current	-
	북방희토(北方稀土)	600111.SS	Current	Current	Current	Current	Current	-
	중과삼환(中科三环)	000970.SZ	-	-	-	-	-	Current
	JL Mag	300748.SZ	-	-	-	-	-	Current
한국	LS 에코에너지	229640.KS	-	-	-	-	Planned	-
	LS 에코첨단소재	비상장	-	-	-	-	-	Planned
	제이에스링크	127120.KQ	-	-	-	-	-	Planned
	포스코인터내셔널	047050.KS	-	-	-	-	-	Planned
	성림첨단산업	비상장	-	-	-	-	-	Current
서구	MP Materials	MP	Current	Current	Current	Current	Current	Planned
	Lynas Rare Earth	ASX:LYC	Current	Current	Current	Current	-	-
	USA Rare Earth	USARE	Planned	-	-	-	-	-
일본	Hitachi Metals	비상장	-	-	-	-	-	Current
	Shin-Etsu Chemical	TSE:4063	-	-	-	-	-	Current
	TDK Corporation	TSE:6762	-	-	-	-	-	Current

자료: SK 증권

Compliance Notice

작성자(나민식)는 본 조사분석자료에 게재된 내용들이 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭없이 신의성실하게 작성되었음을 확인합니다.

본 보고서에 언급된 종목의 경우 당사 조사분석담당자는 본인의 담당종목을 보유하고 있지 않습니다.

본 보고서는 기관투자가 또는 제 3자에게 사전 제공된 사실이 없습니다.

당사는 자료공표일 현재 해당기업과 관련하여 특별한 이해 관계가 없습니다.

종목별 투자의견은 다음과 같습니다.

투자판단 3 단계(6개월기준) 15%이상 -> 매수 / -15%~15% -> 중립 / -15%미만 -> 매도

SK 증권 유니버스 투자등급 비율 (2025년 09월 12일 기준)

매수	91.72%	중립	8.28%	매도	0.00%
----	--------	----	-------	----	-------

LS 에코에너지 (229640/KS)

해저케이블 그리고 희토류

SK증권 리서치센터

매수(유지)

목표주가: 48,000 원(상향)

현재주가: 38,950 원

상승여력: 23.2%



Analyst
나민식

minsik@sk.com.kr
3773-9503

Company Data

발행주식수	3,062 만주
시가총액	1,179 십억원
주요주주	
LS전선(외11)	69.68%
국민연금공단	6.04%

Stock Data

주가(25/09/11)	38,950 원
KOSPI	3,314.53 pt
52주 최고가	50,800 원
52주 최저가	22,650 원
60일 평균 거래대금	7 십억원

주가 및 상대수익률



투자포인트 중간 점검

기존 동사의 투자 포인트는 (1) 베트남 전력수요 성장으로 동사의 고전압 해저케이블 사업의 수혜 (2) 미-중 무역분쟁의 영향으로 베트남이 중간생산기지 역할로 옮겨지면 서 북미향 전력/통신 케이블 수출증가 (3) 희토류 사업이 진행되며 가치 재평가, 3 가지로 나눌 수 있다. 이 중에서 해저케이블 및 북미 수출은 순항하고 있다. 25년 8월 동사는 베트남 국영 에너지기업 페트로베트남 그룹과 공동개발협약(JDA)을 체결했으며, 올해 안에 JV 설립이후 사업이 진행될 것으로 보인다. 또한 AI 데이터센터 수요가 폭증 하면서 Arista networks 를 비롯한 미국의 통신장비, 케이블 업체들의 매출액 성장이 가속화되고 있다. 시차를 두고 동사 역시 수혜를 받을 것으로 전망한다. 다만 기존 희토류 산화물 공급업체로 선정된 베트남의 흥틴 미네랄(Hung Thinh Mineral)의 경영진 문제로 동사의 희토류 사업 진행속도가 다소 더뎠다.

베트남 정부차원의 희토류 산업 육성

전세계적으로 중국 외 지역에서 희토류 공급을 다변화하는 기조에 맞춰서, 베트남 역시 정부차원에서 전략자원으로 육성 계획을 세우고 있다. 23년 베트남 정부는 '천연자원 개발, 탐사 마스터 플랜'을 발표하여 베트남 북부 지역을 희토류 산업의 중심지로 발전 시킨다는 청사진을 제시했다. 단순한 희토류 원자재 공급이 아니라 부가가치가 높은 정제 산업을 육성하는 방향이다. 또한 25년 8월 한국-베트남 양국정상은 핵심광물 공급망 협력을 주제로 합의를 맺었다. 베트남에 매장된 희토류 자원, 그리고 한국의 정제 및 영구자석 기술을 결합해서 공급망 안정화를 도모하기 위함이다.

목표주가 상향

기존 목표주가 44,000 원에서 48,000 원으로 소폭 상향했다. 실적추정치의 변동은 거의 없었으며, 희토류사업부의 Target PSR 을 기존 12 배에서 15 배로 상향했다. 최근 미국정부와 파트너십을 체결하면서 희토류의 전략적 가치가 부각 받으며 비교기업인 MP materials 의 주가상승을 반영했다.

영업실적 및 투자지표

구분	단위	2022	2023	2024	2025E	2026E	2027E
매출액	십억원	818	731	869	959	1,094	1,249
영업이익	십억원	27	29	45	66	66	111
순이익(지배주주)	십억원	-2	4	31	41	37	67
EPS	원	-63	135	1,020	1,334	1,201	2,178
PER	배	-116.5	155.0	30.4	28.9	32.0	17.7
PBR	배	1.5	4.3	5.1	5.8	5.1	4.0
EV/EBITDA	배	11.1	21.2	21.1	18.0	18.0	10.9
ROE	%	-1.3	2.8	19.0	21.3	17.1	25.6

실적추정 (십억원)												
Key Factors	1Q23	2Q23	3Q23	4Q23	1Q24	2Q24	3Q24	4Q24	1Q25	2Q25	3Q25E	4Q25E
LS-VINA OPM(%)	3.5	4.3	7.5	3.7	4.1	4.2	4.1	4.0	4.9	7.7	6.0	5.0
LSCV OPM(%)	0.9	-2.4	-0.9	1.8	5.2	7.0	5.7	-0.6	7.2	6.3	4.5	4.5
매출액	176	187	167	200	180	233	223	233	228	250	239	242
YoY	-9.8	-20.0	-13.8	2.9	2.0	24.2	33.4	16.6	26.9	7.6	7.0	3.7
LS-VINA	175	184	165	201	173	238	225	232	237	260	239	248
LSCV	50	54	54	60	63	68	74	68	61	72	77	72
LSGM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
지주부문	0	5	0	0	0	10	0	0	1	14	0	0
연결조정	-49	-55	-52	-61	-55	-83	-76	-67	-71	-96	-77	-78
영업이익	5	6	11	7	10	15	13	8	15	24	15	12
YoY	-22.8	-32.0	17.7	189.1	84.0	147.9	13.5	8.1	58.8	60.2	16.4	54.4
영업이익률	3.0	3.2	6.6	3.6	5.4	6.3	5.6	3.3	6.7	9.4	6.1	5.0
LS-VINA	6	8	12	8	7	10	9	9	12	20	14	12
LSCV	0	-1	0	1	3	5	4	0	4	5	3	3
LSGM	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
지주부문	0	4	0	0	0	9	0	0	0	14	0	0
연결조정	0	-5	0	0	0	-9	0	-1	-1	-14	-3	-4
	-4	-4	-7	-5	0	3	-2	2	-2	0	-4	-3
금융수익(비용)	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-2
기타 영업외손익	0	-1	-4	-3	1	5	-1	4	0	1	-2	-2
종속 및 관계기업관련	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
법인세	1	1	1	1	2	5	2	4	1	5	2	2
당기순이익	1	1	3	1	8	13	8	6	13	18	9	7
YoY	-85.0	-81.3	-14.0	흑전	1,239.2	2,002.0	226.7	1,094.6	60.7	40.0	3.0	14.6
순이익률	0.3	0.3	1.5	0.3	4.4	5.6	3.8	2.6	5.6	7.3	3.6	2.9

자료: SK 증권

Valuation						
	2026년 매출액 (십억원)	변경전 PSR (배)	신규편입	2026년 매출액 (십억원)	변경후 PSR (배)	상향
전선사업	1,052	0.7	736	1,044	0.7	731
히토류	50	12	600	50	15	750
목표 시가총액			1,336			1,481
발행주식수 (천주)			30,625			30,625
목표주가 (원)			44,000			48,000
현재주가 (원)			36,000			38,950
상승률			22.2%			23.2%

자료: SK 증권

재무상태표

12월 결산(십억원)	2023	2024	2025E	2026E	2027E
유동자산	308	385	422	501	626
현금및현금성자산	24	31	71	98	164
매출채권 및 기타채권	138	177	184	211	242
재고자산	129	153	159	182	209
비유동자산	100	104	94	94	88
장기금융자산	0	0	0	0	0
유형자산	48	48	42	42	37
무형자산	34	37	35	35	34
자산총계	408	489	516	595	714
유동부채	247	284	293	336	384
단기금융부채	163	171	177	203	233
매입채무 및 기타채무	59	73	96	110	127
단기충당부채	3	3	3	3	4
비유동부채	6	8	8	9	10
장기금융부채	2	2	2	2	2
장기매입채무 및 기타채무	0	0	0	0	0
장기충당부채	0	0	0	1	1
부채총계	253	292	301	345	394
지배주주지분	145	183	200	230	291
자본금	15	15	15	15	15
자본잉여금	90	90	90	90	90
기타자본구성요소	-2	-2	-2	-2	-2
자기주식	-2	-2	-2	-2	-2
이익잉여금	37	62	97	127	188
비지배주주지분	10	14	15	20	29
자본총계	156	197	215	250	320
부채와자본총계	408	489	516	595	714

현금흐름표

12월 결산(십억원)	2023	2024	2025E	2026E	2027E
영업활동현금흐름	38	19	26	18	47
당기순이익(손실)	4	35	46	42	76
비현금성항목등	33	24	23	25	33
유형자산감가상각비	7	7	6	5	5
무형자산감각비	1	1	1	1	1
기타	25	17	17	20	28
운전자본감소(증가)	18	-29	-23	-33	-38
매출채권및기타채권의감소(증가)	48	-24	-26	-27	-31
재고자산의감소(증가)	34	-13	-21	-23	-27
매입채무및기타채무의증가(감소)	-58	7	9	14	16
기타	-22	-19	-34	-26	-43
법인세납부	-5	-6	-14	-10	-19
투자활동현금흐름	-4	-4	-5	-10	-5
금융자산의감소(증가)	1	-3	1	-1	-1
유형자산의감소(증가)	-3	-1	-3	-5	0
무형자산의감소(증가)	-0	0	1	0	0
기타	-1	-0	-3	-4	-4
재무활동현금흐름	-35	-7	11	20	24
단기금융부채의증가(감소)	-28	1	20	26	30
장기금융부채의증가(감소)	-0	-0	-0	0	0
자본의증가(감소)	1	0	0	0	0
배당금지급	-8	-8	-9	-6	-6
기타	1	0	0	0	0
현금의 증가(감소)	-1	7	39	28	65
기초현금	25	24	31	71	98
기말현금	24	31	71	98	164
FCF	34	17	23	13	47

자료 : LS에코에너지, SK증권 추정

포괄손익계산서

12월 결산(십억원)	2023	2024	2025E	2026E	2027E
매출액	731	869	959	1,094	1,249
매출원가	674	797	864	997	1,138
매출총이익	57	72	95	97	111
매출총이익률(%)	7.8	8.2	9.9	8.9	8.9
판매비와 관리비	27	27	30	31	0
영업이익	29	45	66	66	111
영업이익률(%)	4.0	5.2	6.8	6.1	8.9
비영업손익	-21	3	-9	-14	-16
순금융손익	-12	-6	-5	-5	-5
외환관련손익	-2	3	0	0	0
관계기업등 투자손익	0	0	0	0	0
세전계속사업이익	9	48	57	52	95
세전계속사업이익률(%)	1.2	5.5	5.9	4.8	7.6
계속사업법인세	4	13	10	10	19
계속사업이익	4	35	46	42	76
중단사업이익	0	0	0	0	0
*법인세효과	0	0	0	0	0
당기순이익	4	35	46	42	76
순이익률(%)	0.6	4.1	4.8	3.8	6.1
지배주주	4	31	41	37	67
지배주주귀속 순이익률(%)	0.6	3.6	4.3	3.4	5.3
비지배주주	0	4	6	5	9
총포괄이익	5	49	26	42	76
지배주주	3	44	38	80	145
비지배주주	1	5	-12	-38	-69
EBITDA	37	52	72	72	117

주요투자지표

12월 결산(십억원)	2023	2024	2025E	2026E	2027E
성장성 (%)					
매출액	-10.7	18.9	10.4	14.1	14.1
영업이익	7.4	51.8	46.5	1.4	67.0
세전계속사업이익	흑전	459.6	18.3	-7.9	81.3
EBITDA	5.9	39.9	38.5	-0.1	61.8
EPS	흑전	656.4	30.8	-10.0	81.3
수익성 (%)					
ROA	0.9	7.9	9.2	7.5	11.6
ROE	2.8	19.0	21.3	17.1	25.6
EBITDA마진	5.1	6.0	7.5	6.6	9.3
안정성 (%)					
유동비율	124.7	135.6	143.8	149.4	163.0
부채비율	162.5	148.1	140.5	137.6	123.0
순차입금/자기자본	87.4	68.9	47.8	39.9	19.8
EBITDA/이자비용(배)	2.9	7.4	10.9	9.4	13.4
배당성향	146.9	19.4	14.8	16.5	9.1
주당지표 (원)					
EPS(계속사업)	135	1,020	1,334	1,201	2,178
BPS	4,814	6,056	6,583	7,586	9,565
CFPS	386	1,256	1,545	1,381	2,356
주당 현금배당금	200	200	200	200	200
Valuation 지표 (배)					
PER	155.0	30.4	28.9	32.0	17.7
PBR	4.3	5.1	5.8	5.1	4.0
PCR	54.2	24.7	24.9	27.9	16.3
EV/EBITDA	21.2	21.1	18.0	18.0	10.9
배당수익률	1.0	0.6	0.5	0.5	0.5

일시	투자의견	목표주가	목표가격	과리율	
			대상시점	평균주가대비	최고(최저) 추가대비
2025.09.12	매수	48,000원	6개월		
2025.03.07	매수	44,000원	6개월	-20.67%	0.00%



Compliance Notice

작성자(나민석)는 본 조사분석자료에 게재된 내용들이 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭없이 신의성실하게 작성되었음을 확인합니다.

본 보고서에 언급된 종목의 경우 당사 조사분석담당자는 본인의 담당종목을 보유하고 있지 않습니다.

본 보고서는 기관투자자 또는 제 3자에게 사전 제공된 사실이 없습니다.

당사는 자료공표일 현재 해당기업과 관련하여 특별한 이해 관계가 없습니다.

종목별 투자의견은 다음과 같습니다.

투자판단 3 단계(6개월기준) 15%이상 → 매수 / -15%~15% → 중립 / -15%미만 → 매도

SK 증권 유니버스 투자등급 비율 (2025 년 9 월 12 일 기준)

매수	91.72%	중립	8.28%	매도	0.00%
----	--------	----	-------	----	-------

제이에스링크 (127120/KQ)

공격적인 영구자석 생산계획

SK증권 리서치센터

Not Rated

목표주가: -

현재주가: 17,770 원

상승여력: -



Analyst
나민식

minsik@sk.com
3773-9503

Company Data

발행주식수	3,142 만주
시가총액	520 십억원
주요주주	
주성씨앤에어(외5)	25.55%
자사주	

Stock Data

주가(25/09/11)	17,770 원
KOSDAQ	833.00pt
52주 최고가	18,380 원
52주 최저가	2,930 원
60일 평균 거래대금	4 십억원

주가 및 상대수익률



한국, 말레이시아, 미국에서 공장 건설 중

동사는 최대주주 변경 이후 총 7,000 톤 규모의 영구자석 생산을 목표하고 있다. (한국) 충남 예산군에서 연간 1,000 톤 규모의 영구자석 생산을 준비중이다. 25년 9월경 시범생산(pilot) 시작할 예정이며, 상업 생산으로 확대를 준비하고 있다. (말레이시아) 동사는 호주의 희토류 기업 라이너스(Lynas)와 업무협약(MOU)을 체결했다. 협약에 따라서 말레이시아 쿠안탄에 연 간 3,000 톤 규모의 영구자석 공장을 공동 개발할 예정이다. 라이너스는 희토류를 공급하며, 동사는 영구자석 제조를 담당한다. (미국) 조지아주 콜럼버스에 연간 3,000 톤 규모의 영구자석 공장 설립을 계획하고 있다. 25년 9월부터 시범운영 시작될 예정이며 초기 생산량은 연간 1,000 톤 규모이다. 이후 27년 말부터 연간 3,000 톤 규모까지 확장할 계획이다.

중국 외 영구자석은 프리미엄에 거래 중

미-중 분쟁의 결과 영구자석 가격이 상승하며, 비 중국 영구자석이 프리미엄을 인정받고 있다. 25년 4월 중국은 디스프로슘(Dy)를 비롯한 중희토류 수출제한 정책을 발표했다. 이 정책의 영향으로 포드를 비롯한 자동차 공장이 중단되었고 테슬라 또한 옵티머스 생산에 차질이 있었다고 언급했다. 미국은 자국내 희토류 공급망을 재건을 목표로 국방부는 MP materials 사에 NdPr 산화물 최저가격 하한가(\$110/kg)를 보장했다.

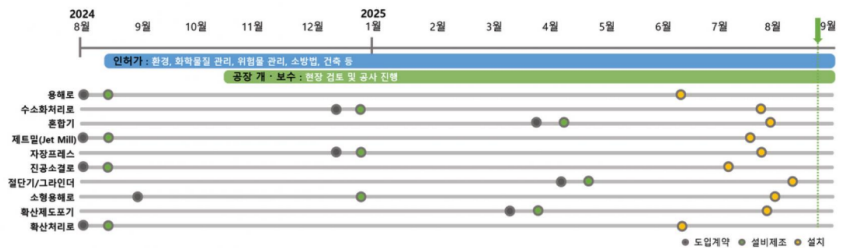
기업개요

25년 3월 최대주주 및 상호를 변경했다. 기존 최대주주 오르비텍(지분율 18.5%)에서 주성씨앤에어(17.6%)로 변경되었다. 주성씨앤에어는 미주 노선을 중심으로 물류주선(포워드) 사업을 영위하고 있다. 물류업을 영위하며 미국향 희토류, 영구자석 수요가 증가하고 있다고 판단하여 영구자석 사업에 뛰어들게 되었다. 사명 역시 기존 디앤에이 링크(DNA Link)에서 제이에스링크(JS Link)로 변경하며 바이오에서 영구자석 중심 기업으로 전환했다.

영업실적 및 투자지표

구분	단위	2019	2020	2021	2022	2023	2024
매출액	십억원	16	15	23	17	22	16
영업이익	십억원	-6	-8	-5	-5	-4	-9
순이익(지배주주)	십억원	-13	-13	-5	-8	-6	-11
EPS(계속사업)	원	-1,079	-935	-311	-462	-323	-537
PER	배	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
PBR	배	0.9	1.7	0.8	0.7	0.5	1.2
EV/EBITDA	배	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ROE	%	-89.6	-54.0	-14.3	-25.7	-20.7	-42.1

생산공장 주요 타임라인



자료: 제이에스링크

SC Alloy 대형 용해로 가동



자료: 제이에스링크

GBDP 용 소형 용해로 설치완료



자료: 제이에스링크

재무상태표

12월 결산(십억원)	2020	2021	2022	2023	2024
유동자산	47	33	19	14	14
현금및현금성자산	37	6	11	7	5
매출채권 및 기타채권	4	7	4	3	4
재고자산	4	2	3	4	3
비유동자산	5	8	25	24	40
장기금융자산	1	1	7	6	15
유형자산	3	6	7	7	23
무형자산	0	0	0	0	0
자산총계	53	41	44	39	54
유동부채	15	9	11	9	27
단기금융부채	3	1	1	1	18
매입채무 및 기타채무	2	2	2	2	1
단기충당부채	0	1	0	0	0
비유동부채	0	1	5	4	2
장기금융부채	0	0	5	3	1
장기매입채무 및 기타채무	0	0	0	0	0
장기충당부채	0	0	0	0	0
부채총계	15	11	16	12	29
지배주주지분	93	92	97	101	111
자본금	8	8	9	9	11
자본잉여금	86	86	88	92	100
기타자본구성요소	0	0	0	0	0
자기주식	0	0	0	0	3
이익잉여금	-56	-62	-69	-75	-86
비지배주주지분	-1	-2	0	0	0
자본총계	37	30	28	26	25
부채와자본총계	53	41	44	39	54

현금흐름표

12월 결산(십억원)	2020	2021	2022	2023	2024
영업활동현금흐름	1	-6	1	-5	-7
당기순이익(손실)	-14	-6	-8	-6	-11
비현금성항목등	9	7	6	3	4
유형자산감가상각비	2	2	2	2	2
무형자산감각비	0	0	0	0	0
기타	7	6	4	2	3
운전자본감소(증가)	5	-7	3	-3	-0
매출채권및기타채권의감소(증가)	0	-4	3	-1	-0
재고자산의감소(증가)	-0	1	-1	-1	1
매입채무및기타채무의증가(감소)	0	-0	1	-0	0
기타	-0	-0	0	-0	0
법인세납부	-0	-0	-0	-0	-0
투자활동현금흐름	2	-23	-3	-4	-19
금융자산의감소(증가)	0	-18	18	-0	-1
유형자산의감소(증가)	-1	-4	-5	-3	-16
무형자산의감소(증가)	-0	-0	-0	0	-0
기타	2	-1	-16	-1	-2
재무활동현금흐름	28	-2	7	5	24
단기금융부채의증가(감소)	0	-1	0	0	-1
장기금융부채의증가(감소)	-0	-1	5	-0	16
자본의증가(감소)	43	0	2	5	10
배당금지급	0	0	0	0	0
기타	-15	-0	-0	-0	-1
현금의 증가(감소)	31	-31	5	-4	-2
기초현금	6	37	6	11	7
기말현금	37	6	11	7	5
FCF	-0	-10	-4	-8	-23

자료 : 제이에스링크, SK증권

포괄손익계산서

12월 결산(십억원)	2020	2021	2022	2023	2024
매출액	15	23	17	22	16
매출원가	13	17	14	16	13
매출총이익	2	6	3	6	3
매출총이익률(%)	15.2	27.4	18.6	25.2	17.7
판매비와 관리비	10	11	8	10	12
영업이익	-8	-5	-5	-4	-9
영업이익률(%)	-52.7	-22.4	-30.3	-19.8	-57.3
비영업손익	-6	-1	-3	-1	-2
순금융손익	-0	0	0	0	-0
외환관련손익	-0	0	0	-0	0
관계기업등 투자손익	0	-0	0	-1	2
세전계속사업이익	-14	-6	-8	-6	-11
세전계속사업이익률(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
계속사업법인세	0	0	0	0	0
계속사업이익	-14	-6	-8	-6	-11
중단사업이익	0	0	0	0	0
*법인세효과	0	0	0	0	0
당기순이익	-14	-6	-8	-6	-11
순이익률(%)	-90.1	-26.9	-47.6	-25.5	-67.9
지배주주	-13	-5	-8	-6	-11
지배주주귀속 순이익률(%)	-85.5	-22.2	-45.8	-25.5	-67.9
비지배주주	-1	-1	-0	0	0
총포괄이익	-14	-7	-7	-7	-11
지배주주	-13	-6	-7	-7	-11
비지배주주	-1	-1	-0	0	0
EBITDA	-6	-3	-3	-3	-7

주요투자지표

12월 결산(십억원)	2020	2021	2022	2023	2024
성장성 (%)					
매출액	-1.8	50.4	-26.1	29.3	-27.5
영업이익	적지	적지	적지	적지	적지
세전계속사업이익	흑전	N/A	N/A	-100.0	N/A
EBITDA	적지	적지	적지	적지	적지
EPS	적지	적지	적지	적지	적지
수익성 (%)					
ROA	-35.1	-13.2	-19.1	-13.6	-23.2
ROE	-54.0	-14.3	-25.7	-20.7	-42.1
EBITDA마진	-38.7	-15.1	-19.2	-12.8	-47.0
안정성 (%)					
유동비율	325.2	357.6	178.0	162.3	52.6
부채비율	40.2	35.1	56.0	47.5	117.3
순차입금/자기자본	-92.3	-74.1	-18.5	-11.3	51.6
EBITDA/이자비용(배)	-11.1	-83.2	-55.0	-10.9	-13.1
배당성향	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
주당지표(원)					
EPS(계속사업)	-935	-311	-462	-323	-537
BPS	5,688	5,615	5,653	5,418	4,938
CFPS	-782	-208	-350	-235	-456
주당 현금배당금	0	0	0	0	0
Valuation지표(배)					
PER	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
PBR	1.7	0.8	0.7	0.5	1.2
PCR	-12.3	-22.7	-10.8	-12.4	-12.5
EV/EBITDA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
배당수익률	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

일시	투자의견	목표주가	목표가격	과리율	
			대상시점	평균주가대비	최고(최저) 추가대비
2025.09.12	Not Rated				



Compliance Notice

작성자(나민식)는 본 조사분석자료에 게재된 내용들이 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭없이 신의성실하게 작성되었음을 확인합니다.

본 보고서에 언급된 종목의 경우 당사 조사분석담당자는 본인의 담당종목을 보유하고 있지 않습니다.

본 보고서는 기관투자자 또는 제 3자에게 사전 제공된 사실이 없습니다.

당사는 자료공표일 현재 해당기업과 관련하여 특별한 이해 관계가 없습니다.

종목별 투자의견은 다음과 같습니다.

투자판단 3 단계(6개월기준) 15%이상 → 매수 / -15%~15% → 중립 / -15%미만 → 매도

SK 증권 유니버스 투자등급 비율 (2025년 9월 12일 기준)

매수	91.72%	중립	8.28%	매도	0.00%
----	--------	----	-------	----	-------