

Green Industry 한병화 02)368-6171 bhh1026@ 허준서 02)368-6175 pos03066@

Climate Tech

Vol.1

탄소중립 달성을 위한 8가지 기술

CONTENTS

01/ Climate Tech 펀딩 글로벌 정책과 현황 05

02/ 수전해(SOEC 업체 중심) 13

03/ 암모니아 연료전지 21

04/ 화이트 수소 25

05/ LDES(Long Duration Energy Storage,장주기 ESS) 31

06/ DAC(Direct Air Capture, 직접 탄소 포집) 41

07/ 터빈 블레이드 리싸이클링 47

08/ 페로브스카이트 태양전지 51

09/ 하이브리드 선박 55

주목받는 Climate Tech

(탄소중립 달성을 위한 8가지 기술)

Executive Summary

by 한병화

글로벌 경제 시스템이 탄소중립을 중심에 두고 대전환기에 진입했다. 러시아의 우크라이나 침공과 IRA는 유럽과 미국의 에너지 전환 속도를 높이고 있고, 중국은 선도국가 지위를 유지하기 위해 박차를 가하고 있다. 클라이밋 테크 관련 PE와 VC들의 투자금액은 연간 500억달러 이상의 규모로 성장했다. 기후위기를 해결하기 관련 시장이 형성된 2000년 초반에는 재생에너지와 관련된 투자가 주를 이루었으나, 최근에는 이를 보완하기 위한 기술과 전기차 등 전동화, 수소, 에너지효율 등으로 투자범위가 확대되고 있다.

2023년 클라이밋 테크 투자금액은 511억 달러로 전년비 13% 감소했다. 고금리로 인해 VC/PE업계의 펀딩이 감소했기 때문이다. 또한 관련 업체들의 IPO 규모도 2022년 대비 1/3 수준으로 감소했다. 정책금리의 인하기가 시작되는 것을 감안하면 2024년 클라이밋 테크 투자금액은 턴어라운드를 시작하고, 내년에는 600억 달러를 돌파할 것으로 전망한다. 유럽의 REPowerEU, 미국의 IRA를 달성하기 위한 R&D 투자금액 집행이 본격화되고 있기 때문이다. 이에 연계된 VC/PE의 투자가 봇물을 이룰 것이다.

당사는 다양한 기술 중에 고온 수전해, 암모니아 연료전지, 화이트 수소, 장주기 에너지 저장장치, 직접 탄소 포집, 터빈 블레이드 리싸이클링, 페로브스카이트 태양전지, 하이브리드 선박을 8대 유망 기술로 선정했다. 탄소중립의 실현은 너무나도 어려운 과정이다. 하지만, 글로벌 경제 구조가 이를 기반으로 재구축되고 있기 때문에, 향후에도 다양한 기술이 시도되면서 난제를 극복하게 될 것이다. 직간접적으로 연계된 투자자들에게는 클라이밋 테크에 대한 이해도를 높여 큰 기회를 잡을 수 있는 시대가 왔다.

탄소중립 달성을 위한 연도별 목표 수치와 진척도

부문별 달성 수치와 연도별 목표 달성량에 따른 진척도

구분	기준연도	수치	목표연도		진척도 (2030, %)
			2030	2050	
발전량 중 재생에너지 발전량 비중(%)	2022	30.0	68.0	91.0	44.1
재생에너지 발전 신규 설치량(GW/yr)	2023	507.0	975.0	1,066.0	52.0
연간 태양광 발전 신규 설치량(GW/yr)	2023	375.0	551.0	615.0	68.1
연간 풍력 발전 신규 설치량(GW/yr)	2023	108.0	329.0	335.0	32.8
재생에너지 발전 위한 투자금($bil/yr)	2022	486.0	1,300.0	1,380.0	37.4
전력계통 안정성과 유연성 투자($bil/yr)	2022	274.0	605.0	800.0	45.3
에너지 소비량 중 재생에너지 비중(%)	2020	17.0	35.0	82.0	48.6
태양열 포집기 면적(mil m^2/yr)	2021	585.0	1,552.0	3,882.0	37.7
바이오에너지 소비량(EJ)	2020	21.0	46.0	53.0	45.7
지열 소비량(EJ)	2020	0.9	1.4	2.2	64.3
재생가능기반 지역 열 발전(EJ)	2020	0.9	4.3	13.0	20.9
재생에너지 최종사용과 열발전 투자금($bil/yr)	2022	13.0	290.0	210.0	4.5
에너지밀도 상향률(%/yr)	2022	1.7	3.3	2.8	51.5
에너지 보존과 효율을 위한 투자($bil/yr)	2022	295.0	1,780.0	1,525.0	16.6
최종에너지소비중 직접전력 비중(%)	2022	22.0	29.0	51.0	75.9
승용 전기차 대수(mil, PHEV 포함)	2023	13.7	360.0	2,180.0	3.8
충전기 인프라와 전기차 보조금 투자액($bil/yr)	2022	30.0	137.0	364.0	21.9
열펌프 투자($bil/yr)	2022	64.0	237.0	230.0	27.0
그린수소 생산량(Mt/yr)	2022	0.7	125.0	523.0	0.6
수전해 생산용량(GW)	2022	0.5	233.0	5,722.0	0.2
그린수소와 파생 인프라 투자액($bil/yr)	2022	1.1	100.0	170.0	1.1
CCUS 감축 탄소량(Gt/yr)	2022	0.04	1.4	3.2	2.9
BECCS 및 기타 감축 탄소량($GtCO_2$/yr)	2022	0.002	0.8	3.8	0.3
탄소제거 인프라 투자금액($bil/yr)	2022	6.4	38.0	107.0	16.8

자료 : Irena, IEA, Ember, EV-Volumes. 유진투자증권
주) 진척도는 기준년도수치를 목표연도(2030)로 나눈 값, 진척도 30%기준 이상은 푸른색(높을수록 진한 채도), 이하는 붉은색(낮을수록 진한 채도)

REPowerEU 실행 위해 유럽의 클라이밋 테크 펀딩 활성화

유럽의 REpowerEU 계획

비고	내용		
목적	▪ 에너지 공급처 다양화를 통해 러시아 의존도 종식. 재생 에너지 전환 가속화 ▪ 특히 러시아 의존도 하락 위해 2027년까지 2,100억 유로의 추가적인 투자 필요		
에너지절약	▪ Fit For 55에서 수립한 에너지 효율 목표를 9%에서 13%로 상향 ▪ 가스 및 석유 수요를 5% 줄일 수 있는 단기 계획 수립 ▪ 에너지 효율적인 난방 시스템, 건물 단열재, 가전 제품 등에 부가세 인하와 같은 장려 정책 실시		
공급다변화	▪ EU차원에서의 가스, LNG, 수소의 EU 차원에서의 공동 구매 플랫폼 구축 및 공동 구매 매커니즘 개발 ▪ 에너지 수급 다양화를 촉진하고 수소, 기타 녹색 기술에 대한 협력을 포함하여 에너지 공급 업체와 장기적 파트너십 구축 ▪ 지중해 및 북해에 주요 수소 시설 개발		
신재생에너지 보급가속화	▪ Fit For 55에서 수립한 재생에너지 비율을 40%에서 45%로 상향 ▪ 빠르고 간편한 허가 절차를 위한 'go-to area' 지정 등의 새로운 법률 및 권장 사항 수립. ▪ **히트펌프 설치 비율을 두배로 늘리고(1,000만개) 현대화된 지역 및 공동 난방 시스템에 지열 및 태양열 에너지 통합** ▪ 2030년까지 바이오메탄 35bcm 생산, 17bcm 가스 수입 대체 ▪ **2030년까지 풍력 510GW, 태양광 592GW 확보**		
	태양광	▪ 2027년까지 태양광을 통해 9bcm 가스 수요 대체 ▪ 인허가 과정을 최대 3개월로 한정하여 승인 절차 신속성 부여	
		지붕 태양광 패널	▪ 2026년까지 250m² 이상 신규 공공, 상업 빌딩
		설치 의무화	▪ 2027년까지 250m² 이상 기존 공공, 상업 빌딩 ▪ 2029년까지 신규 주거용 건물
		▪ 지붕 태양광 패널은 계획 첫 해 19TWh 전기 생산(Fir For 55보다 36% 많은 수치) ▪ 2025년까지 58TWh의 추가 전기 생성(Fit For 55보다 2배 이상)	
	수소	▪ 2025년까지 17.5GW 수전해 시설 설립 ▪ **2030년까지 유럽내 재생수소 1,000만톤 생산 및 1,000만톤 수입** ▪ 재생 가능한 수소의 정의 및 생산의 관한 두 가지 위임 법률 제정 계획 ▪ 수소 프로젝트 가속화를 위해 2억 유로의 추가 자금 연구에 배정 ▪ 2022년 여름까지 첫번째 EU 차원의 대규모 수소 프로젝트 승인	

자료 : EU. 유진투자증권

EU, Net-Zero Industry Act 등 IRA 대응 법안 입법

법안	Net Zero Industry Act: 탄소중립산업법
목적	**친환경 산업에 대한** 규제 간소화 및 기술개발 지원을 통한 **EU역내 제조역량 확대**
주요내용	1) EU역내 필요한 친환경 관련 기술 자체 조달 하한선 확보 2) 기술적, 행정적 지원안 포함
세부내용	대상기술 및 상품: 태양광, 풍력, 배터리, 열펌프, 수전해, 바이오메탄, 탄소포집 사용 및 저장, 그리드 등 8개 1) 대상 산업들에 대해 연간수요의 40%이상을 EU역내에서 제조할 수 있는 역량 확보 가이드라인 제시 - **EC 2030년 생산설비 목표: 태양광(30GW), 풍력(36GW), 열펌프(31GW), 배터리(550GWh), 수전해(100GW)** 2) 시행(예시)방안 - 규제 샌드박스를 통한 통한 혁신지원과 연간 5천만톤의 이산화탄소 저장공간 확보등 기술적 혁신 지원 - 프로젝트 지정 후 관련허가 처리기한 단축 및 원스톱 창구 지정 - 관련 인프라 구축, 일자리 교육 및 역량강화, 시장 모니터링 - 향후 탄소중립기술 관련 EU내 공공조달 입찰시 지속가능성 및 공급망 회복 기여도 고려한 가중치 부과(에너지 시스템 통합, 단일국가 65%이상 부품조달 여부 등 고려)

법안	Temporary Crisis and Transition Framework(TCTF): 한시적 위기 프레임워크
목적	EU 역외로의 기업 이탈 방지
주요내용	1) 기존 보조금의 지급 기한 연장, 상한 확대, 절차 간소화 2) Matching aid(매칭 보조금)
세부내용	1)보조금 지급 기한 연장, 상한확대, 절차간소화 - 보조금 지급 기한 2025년 12월 31일까지 연장 - 보조금 지원 요건 투자비용대비 일정 비율로 간소화 및 효율화 - 보조금 지급대상기술을 모든 종류의 신재생 에너지 및 수소 기반 산업공정전환등으로 확대 - 보조금 지급 상한 확대 2) Matching aid - 유럽경제지역(EEA)역외 이전의 위험이 높은 개별 기업에 대해 제 3국에서 받을 수 있는 보조금 액수에 상응하는 금액과 EEA내 투자를 유지하는데 필요한 금액 중 낮은 금액을 보조금으로 지급

미국의 IRA도 클라이밋 테크 펀딩의 기반

IRA와 인프라부양안이 만든 제도적 기반은 클라이밋 테크 펀딩에 우호적인 환경 조성

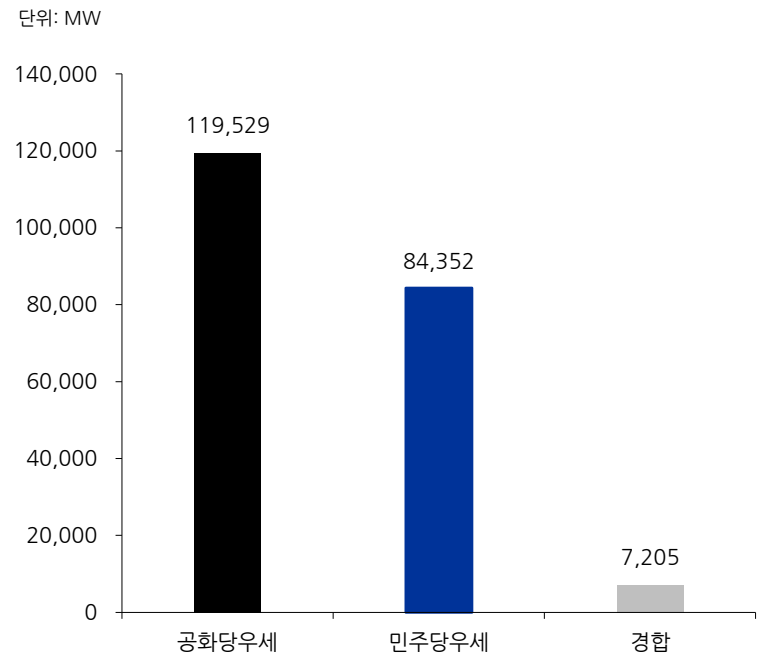
- 세액공제와 대출 등 다양한 형태의 보조금 총 4,400억 달러, 그린산업 활성화에 기여
- 재생에너지 설치량은 공화당 우세 지역이 민주당 우세지역보다 높아, 집권 정당 어디든 정책 연속성 확보 증명

IRA+인프라 부양안 4,400억 달러의 연방정부 예산 그린산업에 집행

IRA(인플레이션 감축 법안) 내용	예산액(십억달러)	인프라 부양 법안 내용	예산액(십억달러)
Wind/Solar/Storage Tax Credit	128	Grid Enhancement	28
Manufacturing Tax Credit	37	CCUS Demonstration	11
Residential Efficiency/Improvement	36	Hydrogen Hub	9.5
Nuclear Tax Credit	30	Clean Vehicle Procurement	7.5
Clean Hydrogen Tax Credit	13	Clean Vehicle Charging Infra	7.5
Clean Vehicle Tax Credit	12	Nuclear Credit	6
Biofuel Incentives	6	Plugging Orphanend Wells	4.7
CCUS Tax Credit	3.2	Advanced Reactor Program	3.2
USPS Clean Vehicle Procurement Fund	3		
Clean Vehicle Factory Retool Fund	2		
Grid Loan/Grant	2.86		
Clean Vehicle Refueling/Recharging	1.7		
Methan Monitoring/Mitigation	1.5		
Clean Vehicle New Factory Loan	20		
National Climate Bank Financing	27		

자료: Bloomberg, 유진투자증권

미국 정당 우세 지역별 풍력, 태양광 설치량



자료: Bloomberg, 유진투자증권

미국상장기업 기후위기 공시 의무화 확정도 펀딩 활성의 촉매제

SEC의 공시 의무 내용 상세

구분	내용
개요	▪ 상장 기업의 온실가스 배출량, 기후 리스크를 '지속적', '비교가능한' 정보 기준 표준화하고 의무적으로 공시 ▪ 상장기업들은 기후관련 리스크들이 사업, 전략, 전망에 어떻게 영향을 미치는지 공시해야함
과정	▪ 60일 동안 공개 의견 수렴 기간을 거쳐 최종 결정 예정 ▪ 기후관련 공시는 기업의 규모에 따라 여러 단계에 걸쳐 진행될 예정
기대 효과	▪ 현재 많은 회사들이 탄소 배출량, 기후관련 목표를 공시 자료에 첨부하고 있지만 기준이 달라 큰 차이를 보임 ▪ 공시를 '중요성'의 관점에서 '지속적', '비교가능한' 기준을 표준화 했다는 점에서 투자자들에게 유용한 정보 제공 ▪ 기업들의 모든 의사결정에 가장 중요한 요소로 탄소배출 등 기후변화 관련 리스크 대응이 자리잡게 될 것
필수 공시 정보	① 이사회와 경영진의 기후관련 위험에 대한 감독과 거버넌스에 대한 정보 ② 식별된 기후 관련 위험이 **사업 및 재무제표**에 중대한 영향을 미쳤거나 미칠 수 있는 가능성을 단기, 중기, 장기로 구분하여 제공 ③ 확인된 기후 관련 위험이 **회사의 전략, 비즈니스 모델 및 전망**에 어떤 영향을 미쳤거나 영향을 미칠 예정인지에 대한 정보 ④ 기후 관련 위험을 식별, 평가 및 관리하기 위한 프로세스, 프로세스 유효성 ⑤ **기후 위험 관리 관련 전환 계획**을 채택한 경우, 전환 위험을 식별,관리하는데 사용되는 관련 지표와 목표를 포함한 계획 ⑥ **시나리오 분석**을 사용하여 기후 관련 위험에 대한 **전략의 탄력성을 평가**하는 경우, 시나리오와, 가정, 예상되는 주요 재정적 영향 ⑦ 만약 회사가 **내부 탄소 가격 모델**을 사용하고 있다면, 가격과 측정 방법에 대한 정보 제공 ⑧ Scope1 배출, Scope2 배출에 대한 정보를 각각 절댓값으로 제공 ~~⑨ Scope3 배출 정보가 **'중요'**하면 공자, 회사가 Scope3 배출관련 타겟이나 목표를 설정했다면 관련 정보 제공~~ ⑩ 탄소관련 목표를 설정했으면, 배출 범위, 도달 방법, 진전 여부 공시. 또한 탄소 상쇄 또는 RECs를 사용한다면 관련 정보

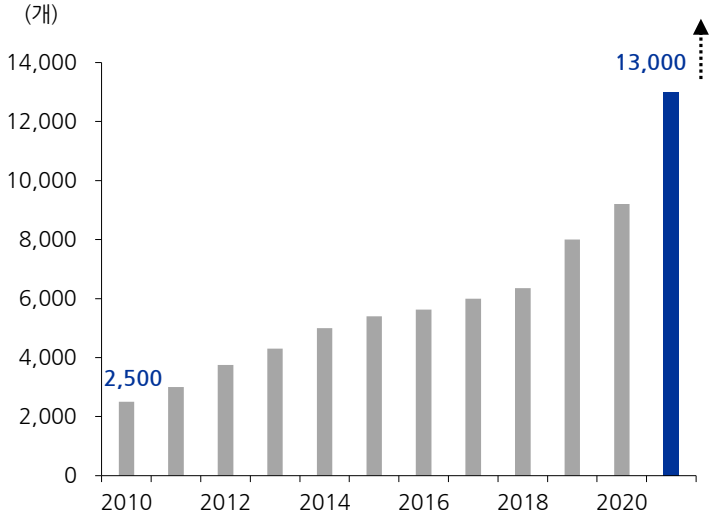
자료 : SEC. 유진투자증권

Scope 배출 정의

구분	내용
Scope 1	기업이 소유 또는 통제하고 있는 발생원에서 배출된 온실가스
Scope 2	기업이 구매하여 사용한 전기 및 다른 형태의 에너지로부터 발생한 온실가스
Scope 3	기업의 밸류체인 전반에서 발생한 간접적인 온실가스 배출

자료 : SEC, EPA. 유진투자증권

CDP에 기후관련 공시 기업 급증



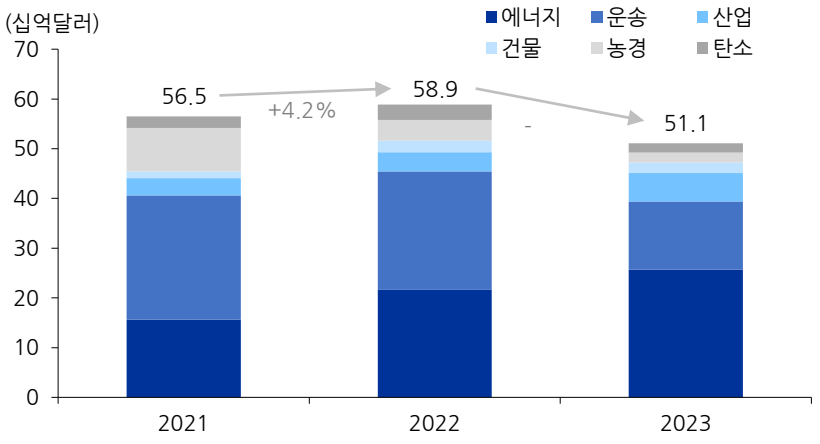
자료: CDP, 유진투자증권
주) CDP: 전 세계 온실가스 배출 정보와 쟁점에 관해 연구, 분석, 평가하는 범세계적 비영리 단체

2023년 글로벌 클라이밋 테크 펀딩 금액 511억 달러

전년비 13.2% 감소했지만 글로벌 펀딩 시장 감소세 대비 선방

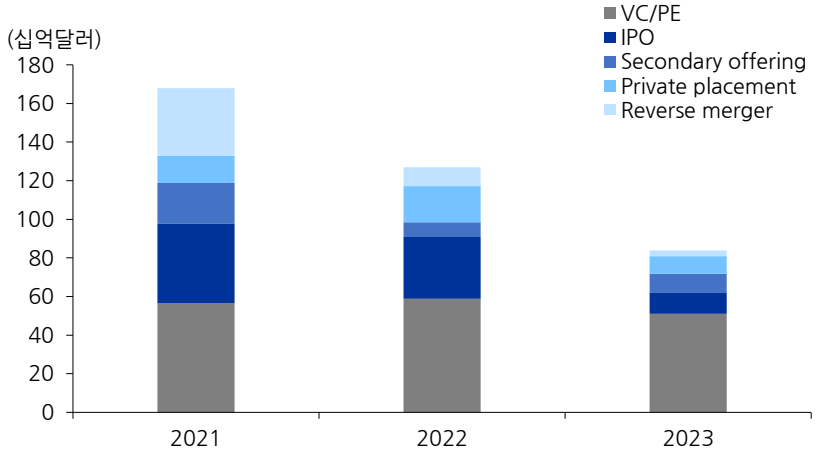
- 2022년 팬데믹 종료 이후 전년비 4% 증가했지만 2023년 고금리 기조에 13.2% 감소
- 글로벌 펀딩 시장 전체 27% 감소 감안하면 클라이밋 테크 분야 선방
- **두개 이상 딜에 참여하는 적극적 투자자 수는 26%증가**
- IPO 부문 펀딩 감소, IPO시장에서의 과소평가 피하기 위한 자기자본 조달이 원인

2023년 클라이밋 테크 VC/PE 펀딩 금액 511억 달러



자료: BNEF, 유진투자증권

IPO이후 시장 활동은 감소 추세



자료: BNEF, 유진투자증권

미국은 클라이밋 테크 펀딩에 가장 적극적

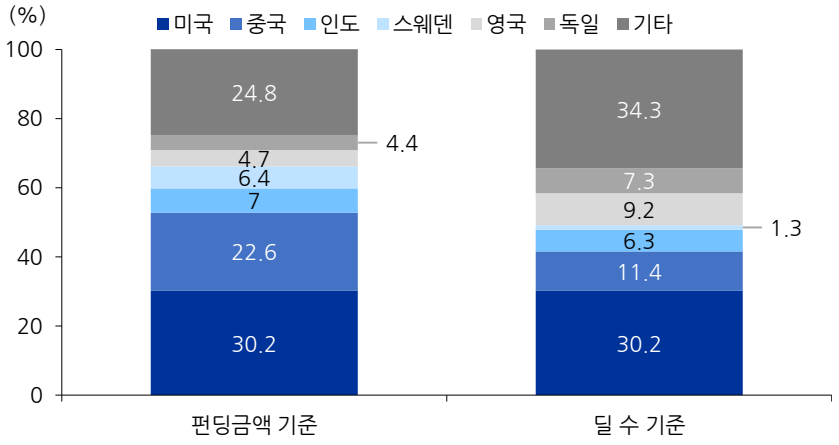
미국, 펀딩 금액과 딜 수 모두 30.2%로 글로벌 1위

- 미국은 클라이밋 테크 스타트업에 146억 할당, 주로 에너지개발사(Plus Power: 18억달러, Redwoodmaterials: 10억달러)
- 중국, 117억 달러, 주로 청정에너지와 전기차 제조에 집중
- 유럽, 108억 달러, 스웨덴과 독일이 주도하고 있으며 대표기업은 H2Steel과 NorthVolt

부문별 균형 있는 펀딩 필요

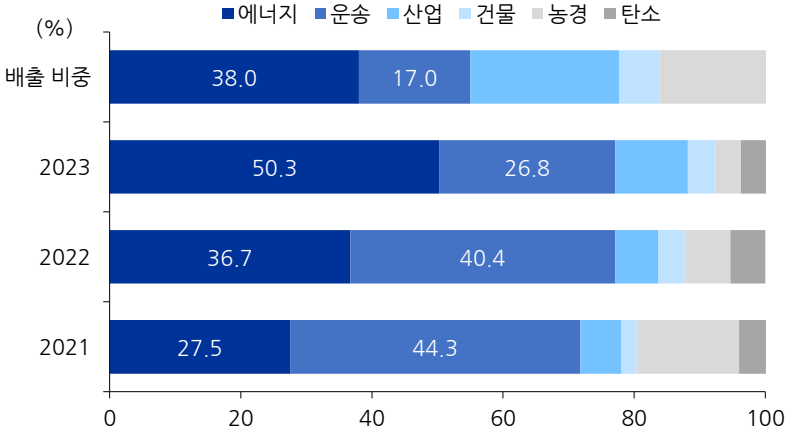
- 부문별로는 운송 부문이 과반수 차지, 글로벌 전기차 선두주자의 가치 등 요인으로 2021년부터 지속적으로 2020년 배출량 기준 과잉 조달
- 풍력, 태양광, ESS등 에너지 부문은 2023년 첫 과잉 조달, 건물과 농경, 탄소 부문 등 부문별 균형적인 조달이 필요

펀딩 금액과 딜 수 모두 미국이 가장 높아



자료: BNEF, 유진투자증권

부문별 펀딩 금액 비중



자료: BNEF, 유진투자증권
주) 탄소 배출 비중은 2020년 기준

한눈에 보는 클라이밋 테크

다양한 클라이밋 테크 기술과 글로벌, 국내 기업들

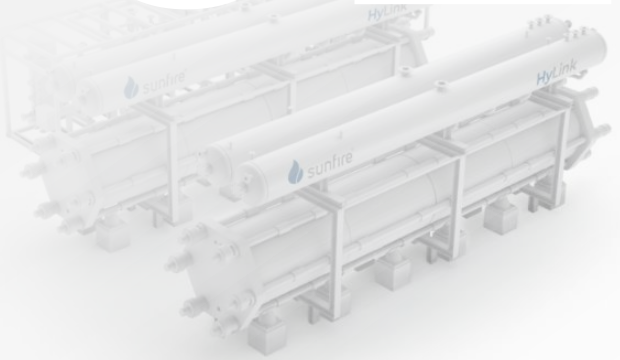
구분	기술	설명	대표 해외 관련 기업	대표 국내 관련 기업
1	수전해	▪ 전기에너지를 사용해 물을 수소와 산소로 분리시키는 기술 ▪ 재생에너지를 사용하면 가장 친환경적인 에너지원인 그린 수소를 생산할 수 있음 ▪ 사용하는 전해질의 종류에 따라서 AEC, PEM, AEM, SOEC 네가지 방식으로 나뉨	- PlugPower - Nel - Bloom Energy - Nucera - Siemens Energy - SunFire	- 현대차 - 두산퓨얼셀 - 상아프론테크(멤브레인)
2	암모니아 연료전지	▪ 암모니아에서 수소를 추출하는 기술 ▪ 수소 연료전지와 함께 사용할 경우 암모니아 연료전지로 사용 가능 ▪ 이미 구축된 암모니아 유통망을 활용 할 수 있다는 장점이 있음 ▪ 소형화 기술로 인해 드론, 트럭, 선박등에 사용, 범용성 증가	- AMOGY(소형) - Linde Engineering (대형) - Johnson Matthey	- SK이노베이션(AMOGY 투자) - 고려아연(AMOGY 투자) - 두산에너빌리티(JM 협업)
3	천연수소채굴	▪ 자연상태로 존재하는 천연 수소를 채굴하여 에너지원으로 사용 ▪ 수소에너지를 얻기 위한 별도의 가공이 필요하지 않은 것이 최대 장점 ▪ 철이 풍부한 암석 지대와 방사성 붕괴가 일어나는 지역에 매장 되어있을 확률이 높음 ▪ 주요 선진국 중심으로 매장량 조사 및 채굴관련 프로젝트 지원 중	- KOLOMA(미국) - Gold Hydrogen(호주)	없음
4	LDES: 장주기 에너지 저장장치	▪ 방전지속시간이 길어 전력을 오랜 시간 동안 흘려 보낼 수 있는 장주기 ESS ▪ 리튬이온전지의 제한된 방전지속시간(4시간)의 한계를 보완, ESS의 효율성 극대화 ▪ 방전 지속시간에 따라서 Inter day LDES와 Multi day LDES 로 분류 ▪ 전기 화학식, 가열식, 기계식, 화학식등 다양한 방식 기술 개발 중	- Sumitomo electric(VRFB, 일본) - Form Energy(Iron-air, 미국) - Hydrostor(압축공기, 캐나다)	- **에이치투(VRFB)** - 포스코 홀딩스(신사업 검토, 에이치투 3대 주주) - 한화솔루션(에이치투 2대주주) - 롯데케미칼(신사업 추진 중) - 상아프론테크(멤브레인)
5	DAC: 직접탄소 포집	▪ 공기중 탄소 직접 포집 기술, CCUS 기술 중 하나 ▪ 방식에 따라 고체흡착방식과 액체 흡착방식으로 분류 ▪ 이미 배출된 탄소도 포집할 수 있다는 장점 있어 가장 선도 기술로 분류 ▪ 운영 비용 높아 경제성 확보는 숙제 지만 국가별 지원정책과 글로벌 기업들 투자 진행중	- Climeworks - Carbon engineering - Carbon capture	없음
6	터빈 블레이드 리싸이클링	▪ 향후 터빈 설치량과 크기 증가를 근거로 재활용 시장은 기하급수적으로 성장할 전망 ▪ 터빈의 재활용률은 95%에 달하지만 복합물인 블레이드는 재활용에 어려움 있어 ▪ 기계적 재활용과 열 재활용 방식으로 유리섬유 추출, 시멘트등 건자재 제조에 사용	- Veolia - Siemens Gamesa - GE - LM WindPower - Vestas	없음
7	페로브스카이트 태양전지	▪ 이론한계발전효율 44%로 기존 기술인 실리콘 전지(26%)보다 높아 ▪ 실리콘 탠덤 구조를 활용한 LONGI의 페로브스카이트셀 광전환 효율 33.9% ▪ 태양광 발전의 효율성 증대와 향후 시장의 헤게모니를 이끌 기술	- LONGI - CubicPV - Enecoat Technologies	- 한화솔루션(한화큐셀) - 현대차(차량용 연구개발중) - 유니테스트
8	하이브리드 선박	▪ 대형 선박에 동력 보조장치로 돛 설치 ▪ 선박이 사용하는 연료 감축에 직접적으로 도움되며 넷제로 달성 이후에도 필요한 기술 ▪ 글로벌 해운사(Cargil, Odfjell 등)에서 채택 ▪ 연료 감축 비용으로 5~10년 내 설치비용 회수 가능	- Bound4blue - Bar Technology	없음

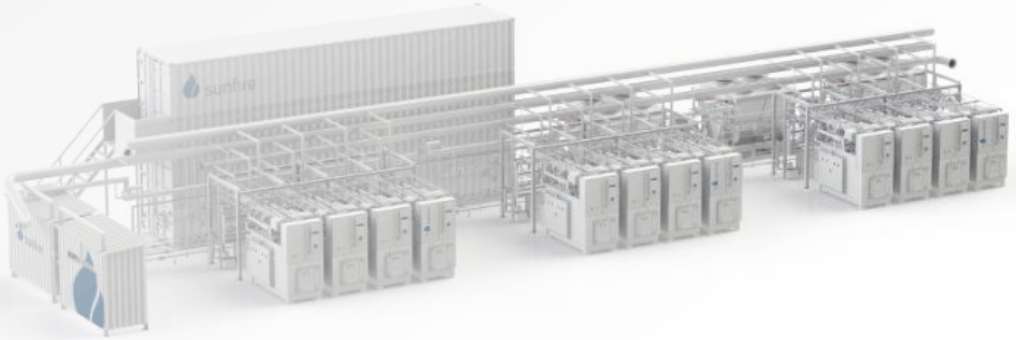
자료: 언론 종합, 업계 자료, 유진투자증권

02

수전해

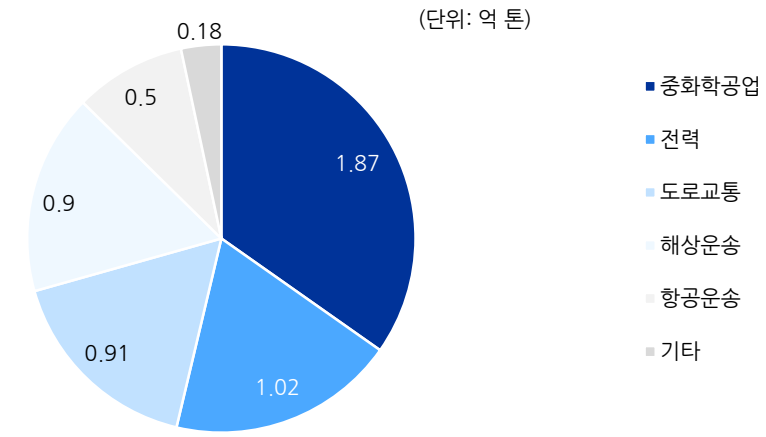
- SOEC 업체 중심





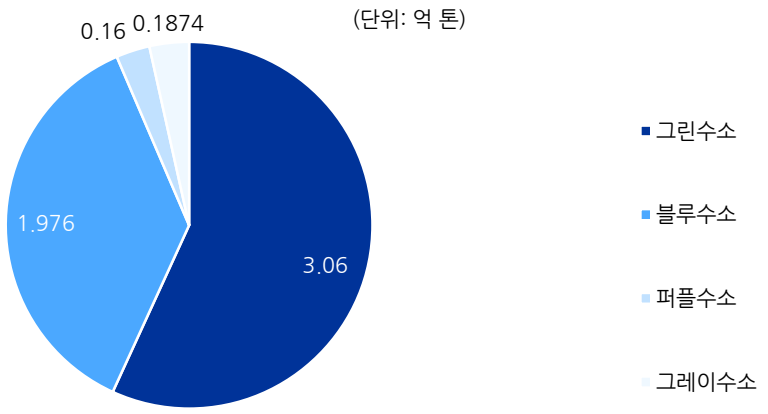
30년간 수소 생산설비 1만배 증가 예상(IEA)

산업별 수소 사용량(2050년)



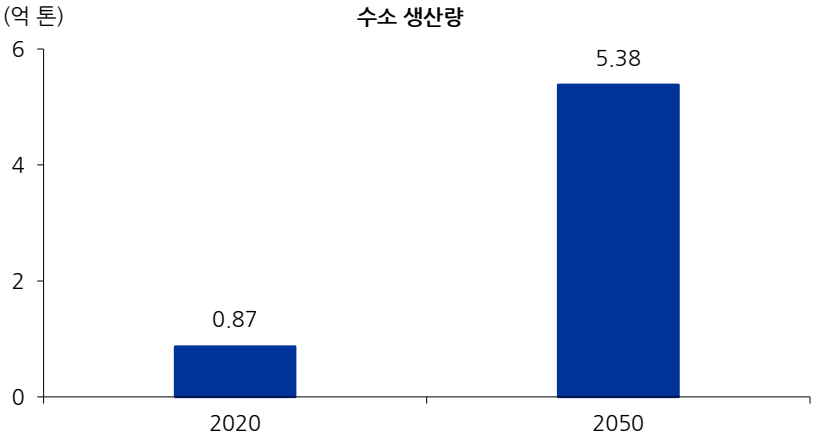
자료: IEA, 유진투자증권

수소 종류별 생산량(2050년)



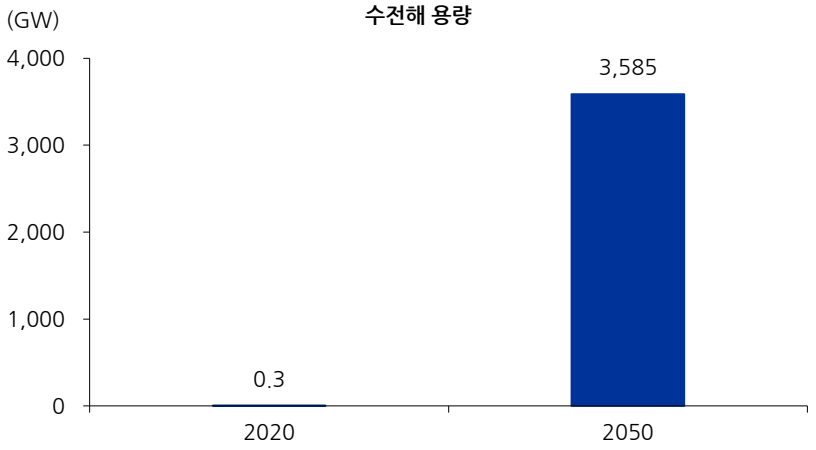
자료: IEA, 유진투자증권

수소 생산량 전망



자료: IEA, 유진투자증권

수전해 장비 용량 전망



자료: IEA, 유진투자증권

유럽, IPCEI통해 수소 보조금 지급 중

2022년 Hy2Tech, Hy2Use에 이어 Hy2Infra 69억 유로 승인

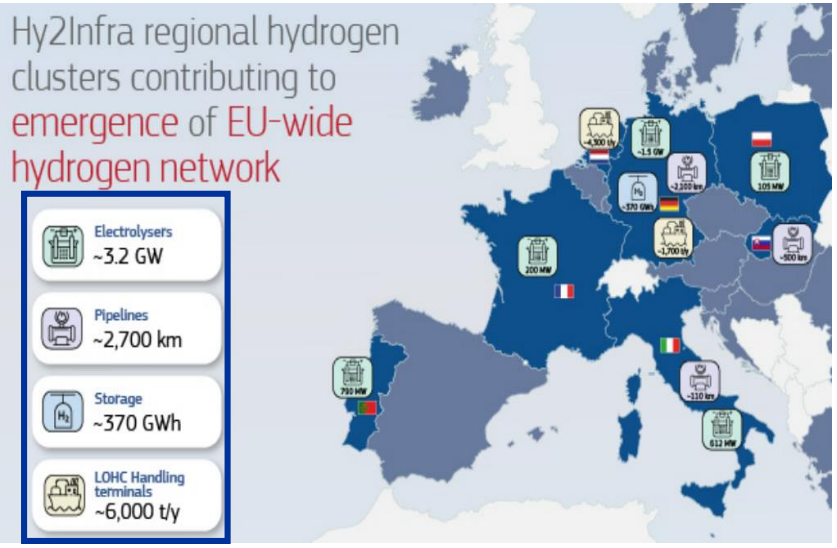
- 69억 유로 7개국(프랑스, 독일, 이탈리아, 네덜란드, 폴란드, 포르투갈, 슬로바키아)에 지원, 54억 유로의 민간투자 유도 기대
- 3.2GW의 수전해 설비, 2,700km의 수소 전용 파이프라인, 370GW의 저장 설비, 연간 6,000톤의 수소를 처리할 수 있는 항만 건설에 투입
- Hy2Infra는 세번째 IPCEI, 2022년 7월 첫번째 IPCEI인 Hy2Tech집행, 2022년 9월 두번째 IPCEI, Hy2Use집행

유럽은 IPCEI를 통해 수소 보조금 지급

구분		보조금	내용
IPCEI	Hy2Tech	54억유로	▪ 엔드 유저 위한 수소기술에 초점 ▪ 88억유로 민간투자 유도
	Hy2Use	52억유로	▪ 수소생태계 산업에 적용에 초점 ▪ 70억유로 민간투자 유도
	Hy2Infra	69억유로	▪ 수소인프라 투자에 초점 ▪ 54억유로 민간투자 유도
	Hy2Move	미정	미정
합		175억유로	

자료: IPCEI, 유진투자증권

Hy2Infra 수소 보조금 집행 내용



자료: IPECI, 유진투자증권

Hy2Infra 참여 기업

수전해	파이프라인	저장
AIR LIQUIDE	AquaDucts	EWE Gasspeicher
Energle Salentine	Creos	RWE Gas storage
Enertrag	Custream	VNG
EWE Hydroen	EWE NETZ	항만
Fusion Fuel	Gasnets Hamburg	Hydrogenlous
GHS	Gasunie	Vopak
HGH	Nowega	
HYdroHub Fenne	OGE	
Lhyfe	Ontras	
Linde	SNAM	
Lingen	Thyssengas	
Polenergia		
Rostock EnergyPort		
RWE		
SAIPEM		
Winpower		

자료: IPCEI, 유진투자증권

영국, 첫 수소 생산 입찰

HAR(Hydrogen Allocation Round)1단계

- 총 125MW의 수전해 설비 설치 운영에 향후 15년간 MWh당 241파운드 보조금 보장
- 총 20억 파운드를 상회하는 보조금을 11개 프로젝트에 투입
- 2단계 875MW도 입찰 확정, 2025년까지 1GW 그린 수소 생산 목표

HAR(Hydrogen Allocation Round)1에 입찰된 11개 프로젝트 세부 정보

Project Name	Lead Developer	Location	Capacity (MW)
Barrow Green Hydrogen	Carlton Power	North West	21
Bradford Low Carbon Hydrogen	Hygen	Yorkshire	24.5
Cromarty Hydrogen	Scottish Power and Storegga	Scotland	10.6
Green Hydrogen 3	HYRO (RES/Octopus)	South East	10.6
HyBont	Marubeni Europower	Wales	5.2
HyMarnham	JG Pears and GeoPura	East Midlands	9.3
Langage Green Hydrogen	Carlton Power	South West	7
Tees Green Hydrogen	EDF Renewables Hydrogen	North East	5.2
Trafford Green Hydrogen	Carlton Power	North West	10.5
West Wales Hydrogen	H2 Energy and Trafigura	Wales	14.2
Whitelee Green Hydrogen	Scottish Power	Scotland	7.1
합			125.2

자료: EU, 유진투자증권

미국, 수소 허브 건설 확정, 글로벌 수소 산업의 분기점

미국 에너지부(DOE), 수소 허브 7개소 규모와 위치 확정

- 총 70억 달러 지원, 7개소 수소 허브로 연간 300만톤의 수소 생산(2030년 목표치의 1/3)
- 산업, 상업, 발전, 교통용으로 사용할 계획
- 연방정부 투자로 인해 기대되는 민간부문 투자 400억달러 기대

확정된 미국 그린수소 허브 프로젝트 상세안

프로젝트 명	위치	정부 분담 비용	내용	우선협상자
Appalachian Hydrogen Hub	웨스트버지니아, 오하이오, 펜실베니아	최대 $ 925 million	지역 내 천연가스 활용해 청정 수소 생산 및 탄소 포집	Battelle
California Hydrogen Hub	캘리포니아	최대 $ 1,200 million	재생에너지와 바이오매스로 수소 생산 운송 및 항만 운영의 탈 탄소화 지원	Alliance for Renewable Clean Hydrogen Energy Systems (ARCHES) LLC
Gulf Coast Hydrogen Hub	텍사스	최대 $ 1,200 million	천연가스와 재생에너지로 수소 생산.연료전지트럭, 산업공정, 암모니아, 정유 및 석유화학제품, 해양 연료에 사용	HyVelocity, Inc.
Heartland Hydrogen Hub	미네소타, 노스다코타, 사우스다코타	최대 $ 925 million	농업부분의 비료생산 탈 탄소화 및 지역사회 에너지소비 감축	Energy & Environmental Research Center (EERC)
Mid-Atlantic Hydrogen Hub	펜실베니아, 델라웨어, 뉴저지	최대 $ 750 million	석유 인프라 재활용, 대형운송수단과 제조 및 산업공정개선, 열병합 발전 등 활용	Mid-Atlantic Clean Hydrogen Hub, Inc.
Midwest Hydrogen Hub	일리노이, 인디애나, 미시간	최대 $ 1,000 million	철강 및 유리 생산, 발전, 정제, 대형 운송 및 항공연료 등의 전략적 수소 사용 예정	MachH2
Pacific Northwest Hydrogen Hub	워싱턴, 오레곤, 몬태나	최대 $ 1,000 million	수전해로 수소 생산, 대형 운송을 주력으로 농업, 산업, 항구, 항공 등에 활용	Pacific Northwest Hydrogen Association
합		**최대 $ 7,000 million**		

자료 : DOE, 유진투자증권

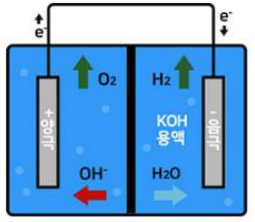
수전해(Electrolysis)

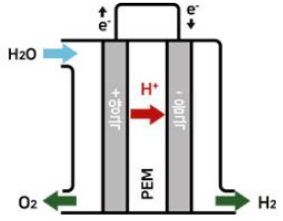
물을 전기로 분해해 그린 수소를 생산하는 설비

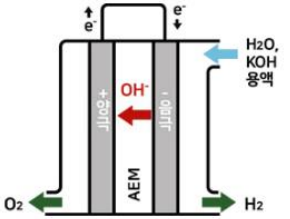
- 생산된 수소는 수소연료전지를 구동하거나 철강, 비료, 화학 등의 생산공정에 사용
- 수소는 생산 방식에 따라 그레이 수소, 블루 수소, 그린 수소로 나뉨.
- 재생에너지로 생산한 전기로 물을 분해해 생성하는 그린 수소가 탄소 중립에 가장 가까운 방식.

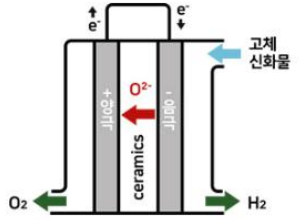
생산 방식에 따라 구분되는 수전해 설비

구분	AEC(Alkaline Electrolysis)	PEM(Polymer Electrolyte Membrane)	AEM(Anion Exchange Membrane)	SOEC(Solid Oxide Electrolysis Cell)
원리(그림)	양극: $4OH^- \rightarrow 2H_2O + O2 + 4e^-$ 음극: $4H_2O + 4e \rightarrow 2H_2 + 4OH^-$	양극: $2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$ 음극: $4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2$	양극: $4OH^- \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^-$ 음극: $4H_2O + 4e \rightarrow 4OH^- + 2H_2$	양극: $2O^{2-} \rightarrow O_2 + 4e^-$ 음극: $2H_2O + 4e^- \rightarrow 2H_2 + 2O^{2-}$
전해질	알칼리 전해액	양이온 교환막	음이온 교환막	고체산화물
작동 온도(℃)	60~90	50~80	35~50	700~900
작동 전류밀도(mA/cm²)	250~450	2,000~3,000	〉450	1,000~2,000
스택 효율(%,LHV*)	63~71	60~68	〉82	100
시스템 효율(%, LHV)	51~60	46~60	〉67.5	〉80
시스템 용량	~20MW(단일 10MW) (~8,000kgH₂/day)	~30MW(단일 3MW) (~13,000kgH₂/day)	1MW(단일 2kW) (410kgH₂/day)	- (50kgH₂/day)
초기 설치비용(유로/kW)	800~1,500	1,400~2,100	500~600	2,800~5,600
수소생산 압력(bar)	7~30	20~50(350)	35	1~15
내구성(kh)	55~120	60~100	~35	8~20
장점	- 非귀금속 촉매 사용으로 낮은 비용 - 높은 기술 성숙도(상용화)	- 고순도 수소와 높은 에너지 밀도 - 고압 충전	- 非귀금속 촉매 사용으로 낮은 비용 - 고순도 고압 수소 - 모듈형설비로 높은 공간 효율성	- 非귀금속 촉매 사용으로 낮은 비용 - 고체전해질활용으로 내부식성 높음 - 전해액 보충 필요 없어 유지보수 용이
단점	- 부식 환경 - 저순도 수소 및 저밀도 에너지 - 수소와 산소 혼입 위험성 존재	- 귀금속(백금)촉매 사용으로 높은 비용 - 스택과 시스템 가격 높음	- 기술 한계로 촉매와 전해질 성능 낮음	- 높은 운전 온도 - 상용화 기술 개발 필요 - 낮은 내구성









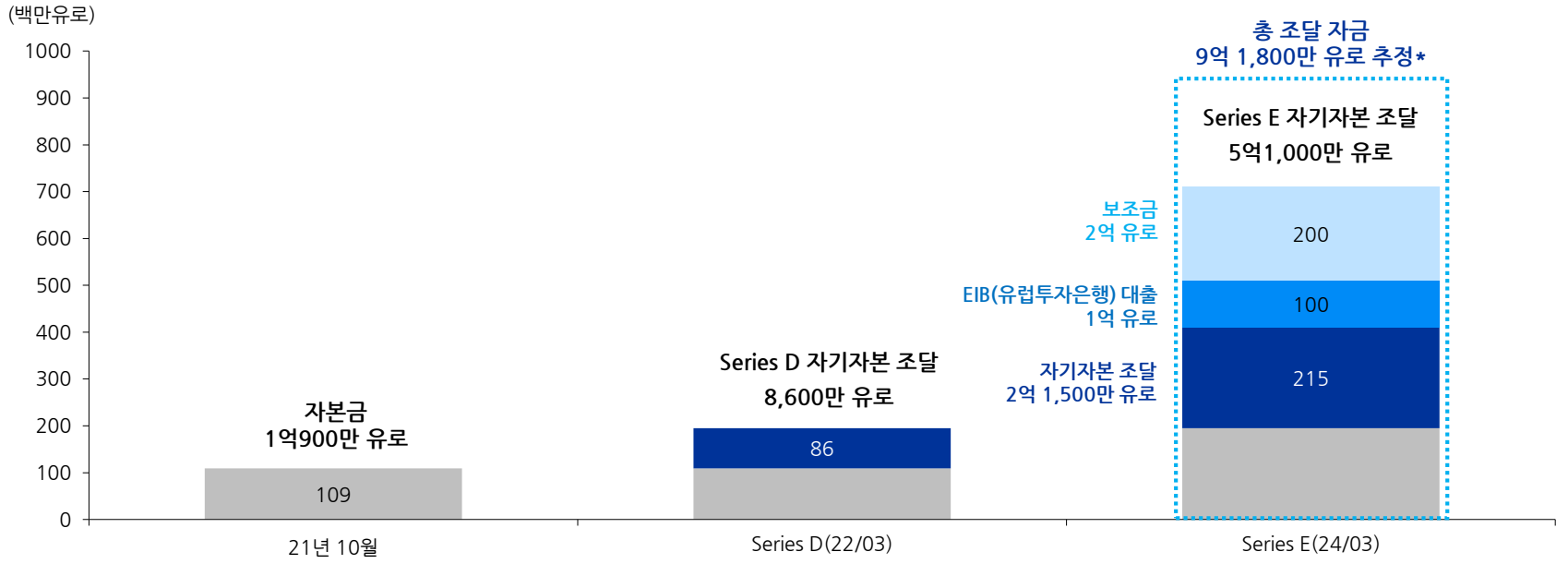
자료: Sk에코플랜트, 언론종합, 유진투자증권
주) LHV(Low Heating Value: 저위 발열량), 증발열을 고려한 발열량, 고려하지 않은 발열량은 HHV(High Heating Value), 일반적으로 LHV가 HHV보다 높은 수치를 보임

Sunfire, 아마존이 투자한 수전해 장비 업체

Series E 자기자본 조달 라운드에서 총 5억 유로 이상의 자금을 조성

- SOEC(고체산화물)방식과 AEC(알카라인)방식의 수전해 설비 제작 업체(독일)
- 2022년 아마존의 기후서약기금을 시작으로, 24년 3월 5일 Series E 기준 총 5억 유로 이상의 자금 조달
- 2021년 225kW급 SOEC 전해조 개발(시간당 5.7kg 그린 수소 생산), 2023년 4월 2.6MW급 SOEC 전해조 설치(시간당 60kg 이상 그린 수소 생산)
- 2024년 말까지 1GW의 AEC방식 수전해 설비와 2027년까지 500MW의 SOEC방식 수전해 설비 생산 예정

Sunfire 펀딩 내역



자료: Sunfire, 유진투자증권
주) 한화 약 1조 3천억, 총 조달자금은 crunchbase 추산, 아마존 기후서약기금 등 포함

편집상의 공백페이지입니다

03

암모니아 연료전지



AMOGY, 암모니아 크래킹 기술로 암모니아 연료전지 개발

질소산화물 없이 암모니아에서 수소 생산

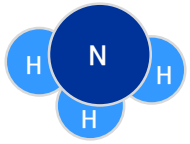
- 기존의 암모니아 연료전지는 암모니아를 연소시키기 때문에 질소산화물을 생성
- 크래킹 기술 사용 시 촉매제와 열을 활용해 질소산화물 없는 수소 생산 가능, 수소연료전지와 함께 사용해 에너지 생산
- 암모니아의 특성으로 인해 암모니아 연료전지 활용 시 선박과 같은 장거리 운송수단에 활용 가능

AMOGY의 암모니아 연료전지



자료: AMOGY, 유진투자증권

에너지원으로서 수소와 암모니아 비교표

구분	암모니아(NH_3)	액화수소(H_2)
분자구조		
에너지밀도	높음	낮음
끓는점(℃)	-33.3	-252.9
운송비용(kg/€)	0.7	0.9
특징	▪ 하버,보쉬법으로 제조(110년) ▪ 수소에너지 사용 위해 몰당 30.6kJ의 에너지 가 필요 ▪ 600℃ 이상의 가열 위해 열에너지 필요	▪ 수소 자체를 다른 물질로 변환하지 않음 ▪ 끓는점이 낮고 별도의 화학반응 필요 없어 수소에너지 추출 용이

자료: 유진투자증권

AMOGY, 실증 사업 로드맵

연도	실증규모	용도	비고
2021년	5kW	드론	
2022년	100kW	트랙터	
2023년	300kW	대형트럭	액체 암모니아 연료 사용 완충: 7분 주행가능거리: 800km
2024년	미정	선박	실증 예정

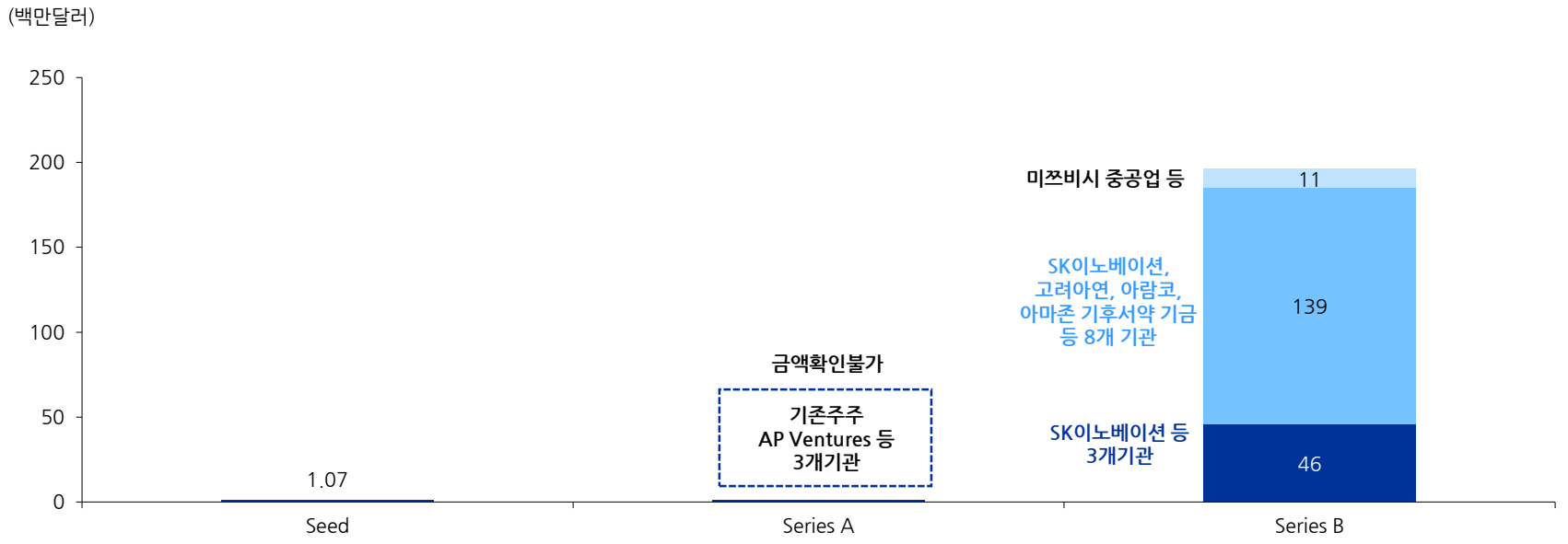
자료: AMOGY, 유진투자증권

AMOGY, 글로벌 기업들이 주목하는 암모니아 연료전지 스타트업

Seires B, 총 조달자금 약 2억 2천만 달러

- 영국 수소 전문 VC, AP Ventrues의 투자로 시작, 2년 만에 아람코, SK이노베이션, 고려아연 등 총 6개국에서 투자 유치
- 조달자금으로 암모니아 연료전지 소형화 연구 개발, 루테늄 기반 자체개발 촉매 사용으로 질소산화물 없애고 설비 크기 1/100 감소
- 드론, 트랙터, 트럭 실증사업 성공, 2024년 선박용 암모니아 연료전지 실증 사업 예정
- 세계 탄소배출 10% 감축 목표

AMOGY, 펀딩 내역



자료: AMOGY, 유진투자증권

편집상의 공백페이지입니다



04

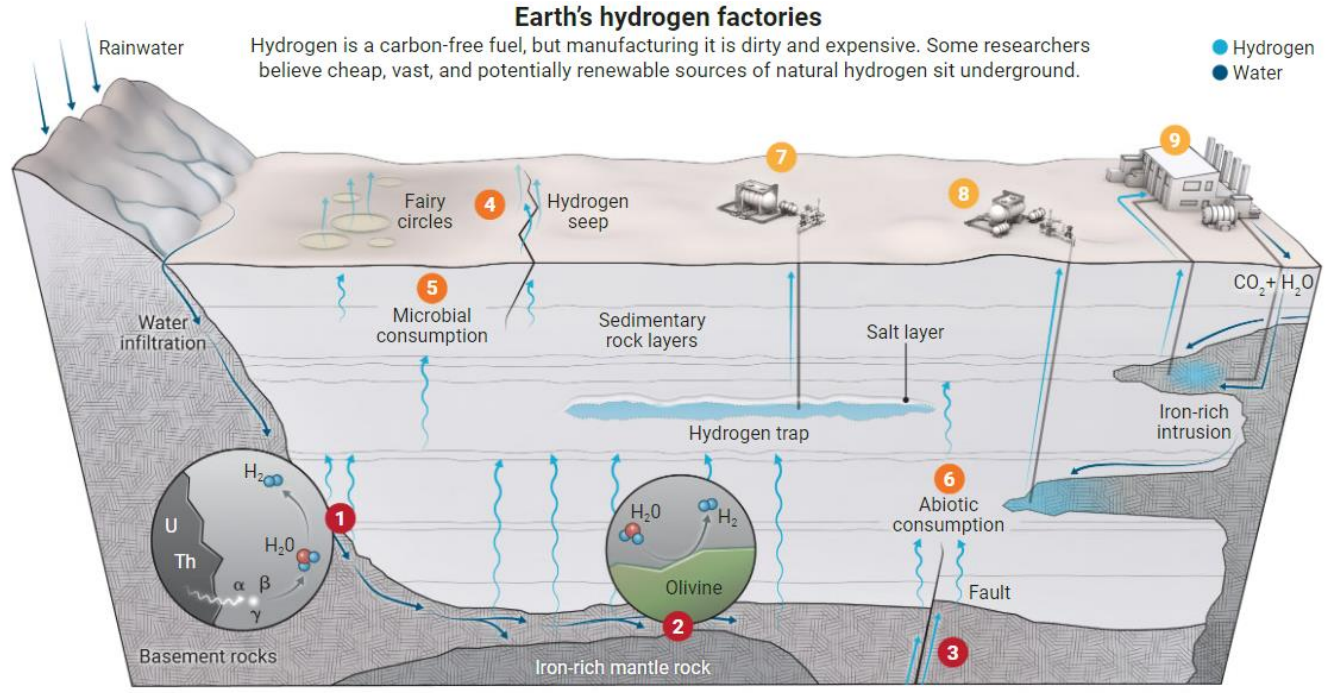
화이트 수소

화이트 수소, 자연상태로 지하에 매장된 수소 에너지원

자연상태의 수소 채굴

- 1987년 말리에서 수자원 탐사 도중 발견된 고순도 수소로 실용성 주목
- USGS, 최소 5조 톤의 천연 수소 매장 가능성 제기
- 철 성분 지각에서 물과 반응해서 생성. 순도에 따른 메탄 등 여타 가스 분류와 매장 규모에 따른 경제성 확보가 난제

천연 수소 생성과 소멸, 추출 방식 모식도



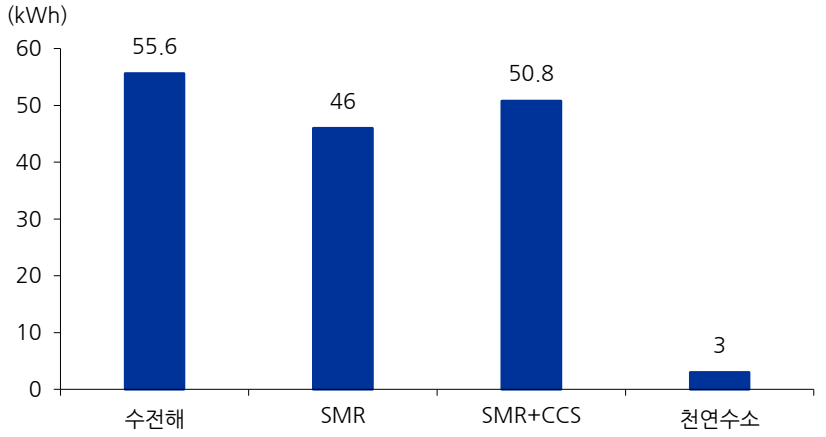
자료: Science, 유진투자증권

가장 환경친화적인 에너지원

탄소배출량, 물 사용량, 추가 전력 소모량 관점에서 우위

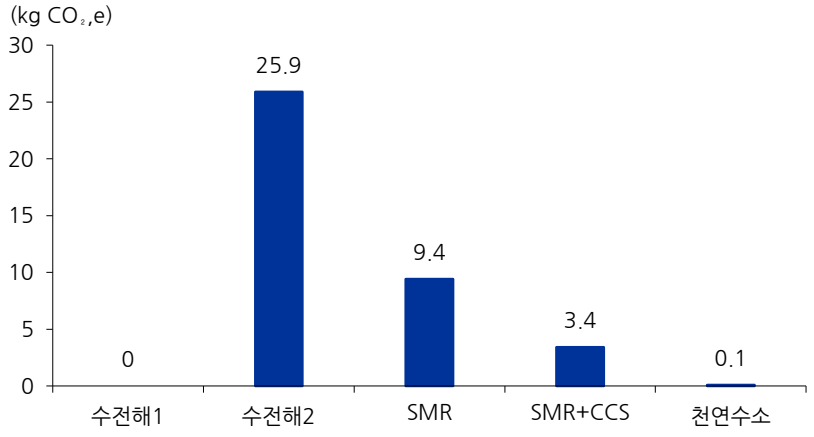
- 1kg 수소 생산에 소요되는 탄소배출량은 재생에너지원을 사용한 수전해와 유사한 수준
- 물 사용량, 전체 수소 생산 방식에서 가장 낮음(수전해 단점 극복)
- 추가 에너지원의 투입 없어 전력 부담 없음

수소 생산 방식 별 수소 1kg 생산에 소모되는 추가 전력



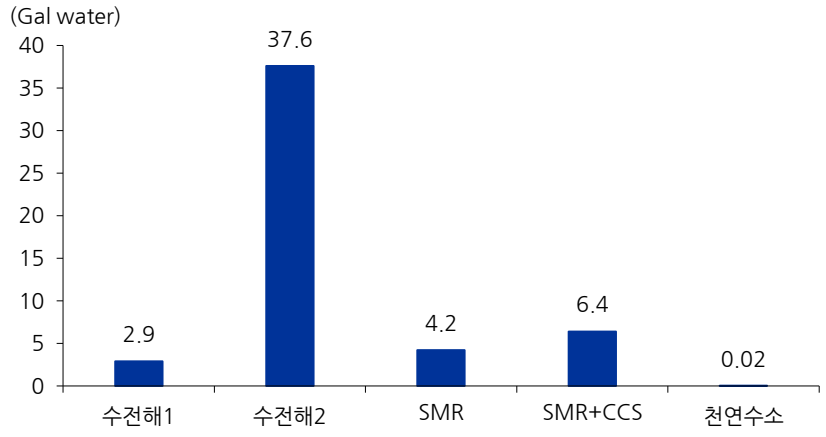
자료: KOLOMA, 유진투자증권

수소 생산 방식 별 수소 1kg 생산에 소모되는 탄소 배출량



자료: KOLOMA, 유진투자증권
주1) 수전해 1은 재생에너지 전력 사용한 수전해
주2) 수전해 2는 그리드 전력 사용한 수전해

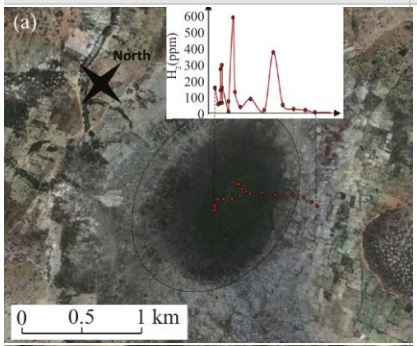
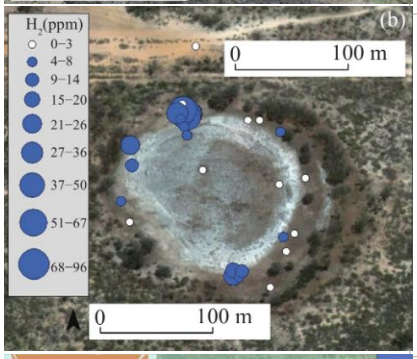
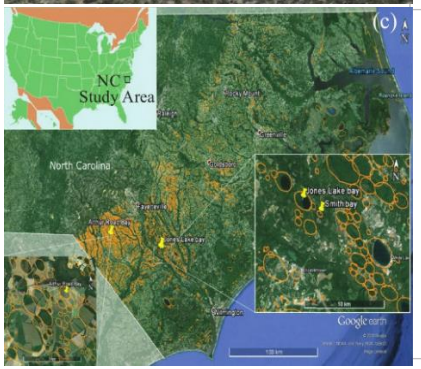
수소 생산 방식 별 수소 1kg 생산에 소모되는 물 사용량



자료: KOLOMA, 유진투자증권
주1) 수전해 1은 재생에너지 전력 사용한 수전해
주2) 수전해 2는 그리드 전력 사용한 수전해

세계 각지에서 자연상태 수소 생성된 이력 있어

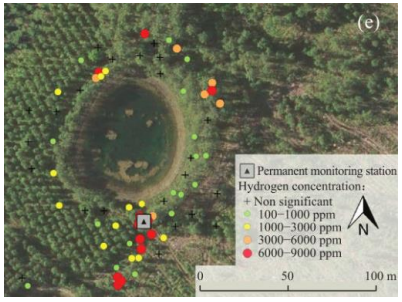
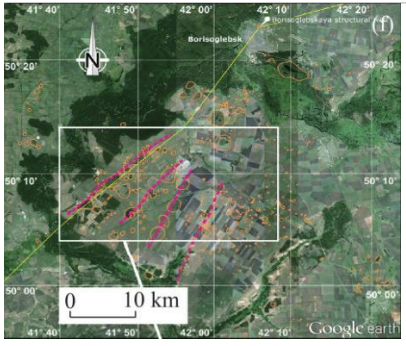
자연 상태 수소가 발견된 국가별 사례

사진	최초 발견 연도	국가	지역	내용
	1987	말리	부라케 부고우	▪ 수자원 시추 중 폭발사고 발생, 순도 98%의 수소가스 발견 ▪ 2012년 캐나다 회사 '페트로마' 탐사로 표면 구조에서 수소 방출 측정 ▪ 2017년 ~ 2018년까지 연구 수행, 메탄, 질소, 헬륨과 수소의 매장이 관련 있다 밝혀 ▪ 화석연료와 수전해로 생성한 수소 대비 2~10배 저렴하다는 평가
	2021	호주	웨스턴 오스트레일리아	▪ DEM(에너지 광산부) 남호주에 천연 수소 프로젝트 시작 ▪ Gold Hydrogen, 캥거루 섬과 요크 반도 남부에서 최대 90%순도 수소 발견 ▪ DEM으로 부터 라이선스 허가, 잠재 지역에서 추가적인 지질조사 수행 중 ▪ Gold Hydrogen, Ramsay 프로젝트 통해 천연 수소 탐사 중 ▪ 시추 활동과 지진 조사 방식 활용, 요크 반도 남부에서 진행
	2019	미국	캔자스	▪ 최초의 수소 유정 미국 캔자스에서 발견, 수소 함량 91% ▪ 2013년 수소 탐사 전문회사 Natural Hydrogen Energy LCC 설립 ▪ 미국은 DOE산하 기구인 ARPA-E에서 자연 수소 관련 보조금 지급 중 ▪ 추정 매장량 1톤 이상의 프로젝트에 보조금 지급, 총 예산 2천만 달러(2023/09) ▪ 2022년 10월 USGS(미국 지질 조사국)에서는 석유 매장량 추산과 같은 접근법으로 지질 수소 매장량 탐구, 수 조톤 이상의 수조 매장 가능성 존재 밝혀 ▪ 천연 수소 개발 기업 KOLOMA, 빌게이츠의 breakthrough energy ventures 통해 9,100만달러 투자금 유치

자료: Science, 유진투자증권

세계 각지에서 자연상태 수소 생성된 이력 있어

자연 상태 수소가 발견된 국가별 사례

사진	최초 발견 연도	국가	지역	내용
	2018	브라질	상 프란시스코	▪ 7개의 분지에서 가스 모니터링 분석기 통해 수소 모니터링 ▪ 0.004%~0.020% 까지 다양한 함량 모니터링 됨 ▪ 연구 지역 깊은 지하에 수소 생성원 있을 것으로 추정
	2020	프랑스	브레세 그라벤 서부	▪ CVA그룹, 브레세 그라벤 서부에서 수소 누출 확인(탐사면허 신청, 2022) ▪ 이외에도 피레네 산맥 서쪽에서 천연수소 조사 수행 ▪ 천연 수소는 멘틀 암석의 석영화에서 생성 ▪ 주요 단층대를 따라 수소 이동 가능성 존재
	2005	러시아	중부	▪ 2005년부터 2011년까지 수소 누출 있는 지표면 함몰부 약 562개 발견 ▪ 직경 100m에서 수km까지 다양 ▪ 주변부, 하얀 토양과 비정상적 식물 성장 특징 ▪ 지표면 토양 가스 구성 추정에 따르면 하루 누출 수소량 24,000m^3

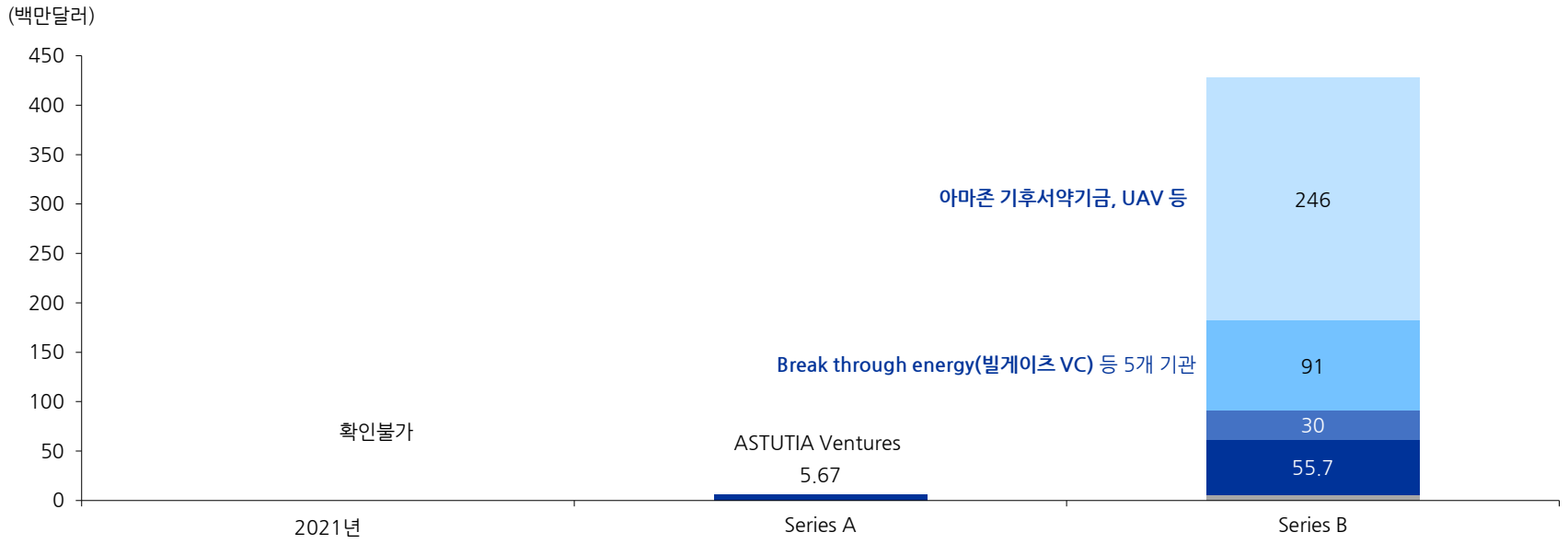
자료: Science, 유진투자증권

KOLOMA, 빌 게이츠가 투자한 화이트 수소 채굴 업체

Series B 단계 총 조달자금 약 5억달러 예상

- 미국 에너지부(DOE)의 천연수소 탐사 지원금 2천만달러 예산 중 90만 달러 배정
- 빌 게이츠의 에너지부문 벤처캐피탈인 Breakthrough energy를 포함한 5개 기관 9,100만달러 투자
- 가장 최근 라운드에서 아마존 기후서약기금, UAV등 투자자들로부터 2억4,600만달러 펀딩 하며 자기자본 포함한 총 투자금 약 5억달러 이상 추정
- 석영화로 인한 천연 수소 생성대 연구중, 이론적으로 연간 2,300만톤 공급 가능한 천연 수소 채굴 가능

KOLOMA, 펀딩 내역



자료: KOLOMA, 언론 종합, 유진투자증권

05

LDES(Long Duration Energy Storage)

- 장주기 ESS

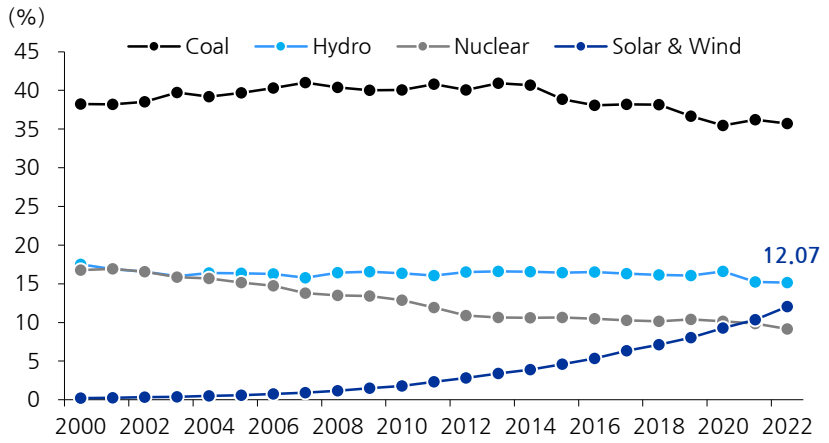


글로벌 시장은 재생에너지가 중심, 에너지저장장치 필수 시대

재생에너지, 신규 발전시장 장악

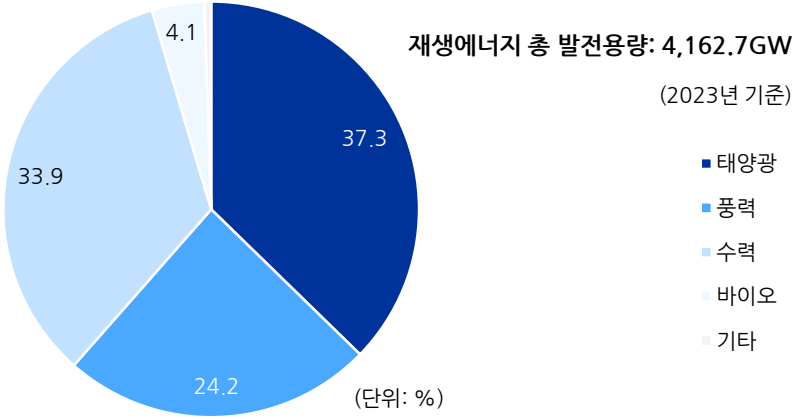
- 신규 발전 설비 중 재생에너지 비중 80% 상회
- 글로벌 전역에서 풍력, 태양광 설치 급증
- 단주기인 저장장치에서 장주기 저장설비 늘어야 전력망 안정 담보 가능

풍력/태양광 전력 생산 비중 원전 역전



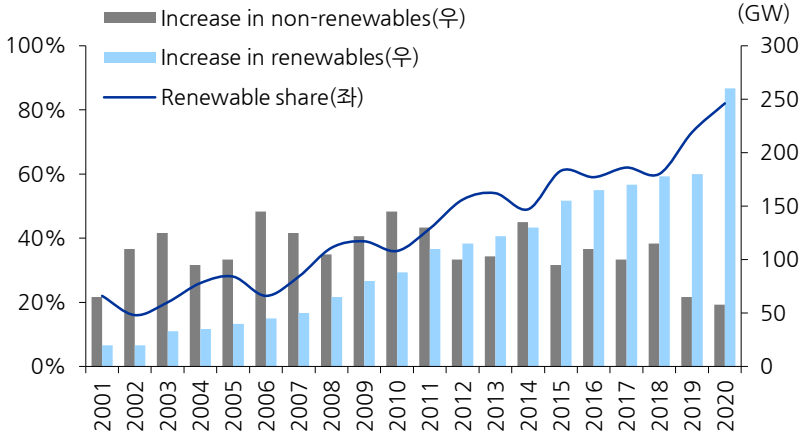
자료: EMBER, 유진투자증권

2023년 재생에너지 발전원별 비중(총 발전량 4,162.7GW)



자료: IRENA, 유진투자증권

Renewable share of annual of power capacity expansion



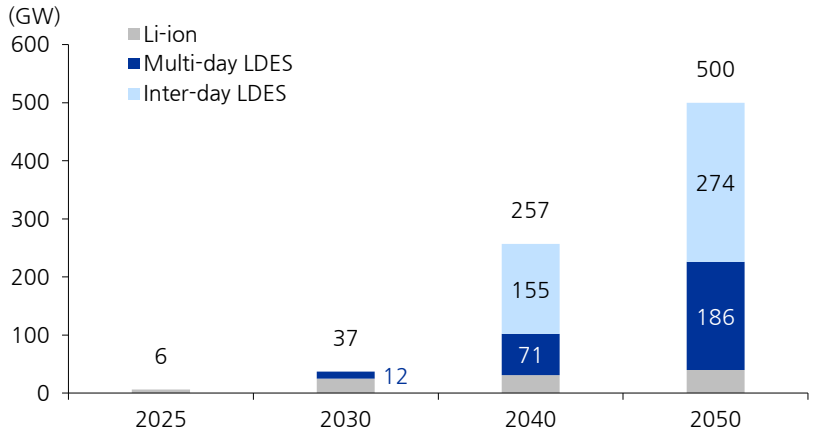
자료: IRENA, 유진투자증권

LDES(Long Duration Energy Storage: 장주기 ESS)

LDES로 ESS의 효율 극대화

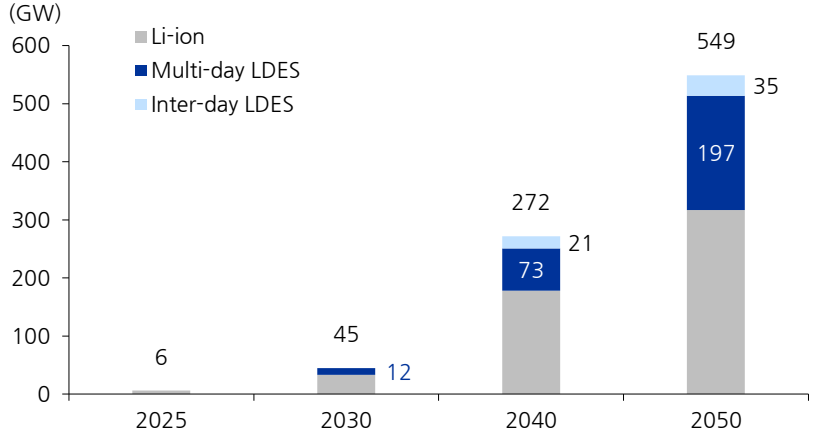
- ESS용 리튬이온배터리의 방전지속시간은 4시간으로 ESS용도로는 효율성에 한계가 있음
- 향후 리튬이온전지의 배터리 효율성 향상 정도를 공격적으로 가정해도 장주기 ESS시장 확대 불가피(미국한정으로도 200GW 이상 시장)
- 화재 안정성이나 에너지 효율성, 편의성 등에서 강점
- DOE, 방전지속시간 8시간 이상 장주기로 분류, 국내는 방전지속시간 4시간이상 장주기로 분류

리튬이온전지 성능 향상 보수적 가정 시 장주기 ESS설치 전망



자료: DOE, 유진투자증권

리튬이온전지 성능 향상 공격적 가정 시 장주기 ESS설치 전망

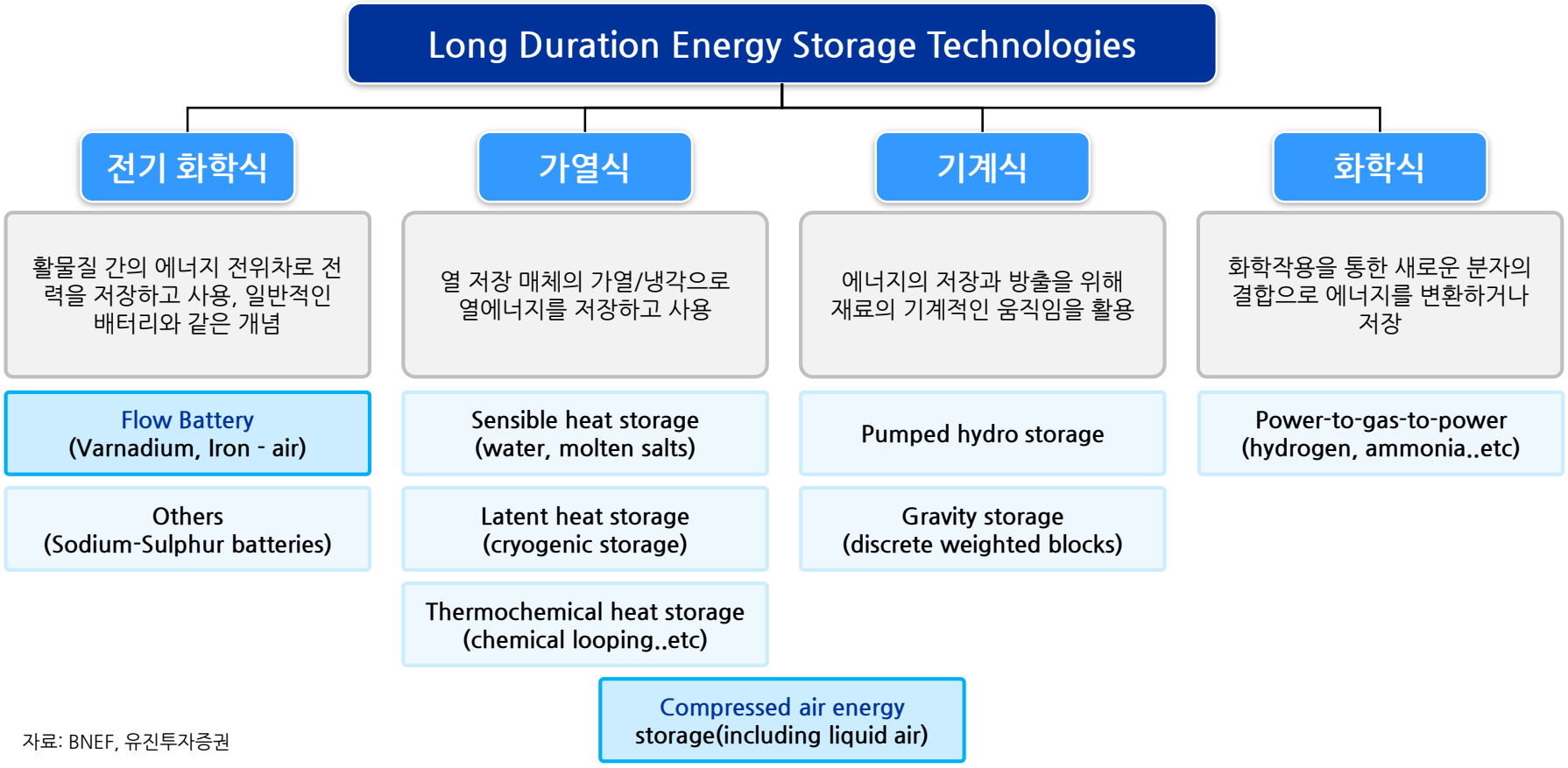


자료: DOE, 유진투자증권

LDES에 적용되는 다양한 기술

크게 전기 화학식, 가열식, 기계식, 화학식 4가지 기술로 분류

- 전기화학식의 'Flow Battery' 기술이 가장 상용화에 가까우며 전해질 종류에 따라 2차 구분
- 바나듐 사용하는 'VRFB', 공기와 철의 산화작용을 활용하는 '금속 공기 배터리' 방식 주목
- 이외에도 가열식과 기계식 방식을 혼합한 '**공기압축식**' 주목



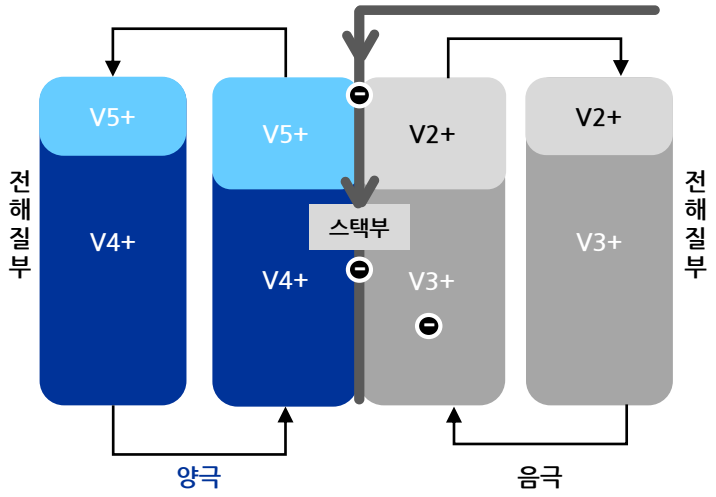
자료: BNEF, 유진투자증권

VRFB(Vanadium Redox Flow Battery: 바나듐 레독스 플로우 배터리)

바나듐의 산화 환원 반응을 통해 충/방전

- Redox는 환원(Reduction)과 산화(Oxidation)을 동시에 칭하는 말
- 레독스 흐름전지는 양극과 음극의 전해질 간 산화, 환원 반응을 이용해 전기를 충/방전
- 전해질에 사용되는 물질로 현재는 바나듐이 가장 보편적, +2에서 +5까지의 4개 이온 상태를 가짐
- 리튬이온 전지보다 낮은 화재 위험성, 긴 수명, 낮은 충방전주기가 비교우위지만 큰 부피 때문에 ESS사용에 적합

레독스 흐름전지의 구조와 충전 시 반응(예시)



자료: 유진투자증권

국가별 현황

국가	현황
호주	▪ 바나듐 자원 풍부 ▪ 퀸즐랜드주, 2032년까지 총 5.3GW규모 장주기 ESS 구축 필요 판단 ▪ 바나듐 공급망 전체에 걸친 주정부 차원의 투자 집행중
미국	▪ 캘리포니아주 공공사업위원회 2026년까지 1GW 규모 장주기 ESS구축 승인(VRFB)
중국	▪ 상하이 일렉트릭, 롱케전력, VRB에너지 등 내수시장 활성화
한국	▪ 에이치투, VRFB 상용화 기업 ▪ 2021년 국내 발전 공기업, 연구소와 컨소시엄 ▪ 미국 캘리포니아 20MWh 규모 플로우 배터리 실증 수행 중 ▪ 스페인 8.8MWh 플로우 배터리 프로젝트 수주 완료 ▪ Series C 누적 투자자금 260억원, 총 투자유치 500억원 이상 추정

자료: 언론 종합, 유진투자증권

Sumitomo Electric Industries, VRFB의 글로벌 선두 업체

납품 포트폴리오 용량 162MWh, FY2025까지 100억엔(7,410만 달러) 매출 목표

- 2001년 세계 최초 VRFB 상용화, 현재까지 납품한 누적 설비들 총 용량 162MWh
- 2025년 VRFB 배출 100억엔 목표, 북미시장 타겟으로 현지공장 2024년 가동 목표
- 캘리포니아 전력시장(CAISO) 운영 효율화 위해 진행한 프로젝트에서 20년간 90%이상의 에너지효율 유지 가능하다는 평가
- 평균점수 2.6점(A-3, B-2, C-1)으로 기술 상용화 정도 증명

Sumitomo Electric Industries의 VRFB 글로벌 설치 현황

규모	고객	국가	지역	출력전압 (MW)	용량 (MWh)	지속 시간	용도	운영시작	비고
Grid - Scale	Hokkaido Electric Power Network	일본	미나미현	17	51	3시간	162MW 풍력터빈 전력 컨트롤	2022년 4월	내용연수 21년
Grid - Scale	Hokkaido Electric Power Network	일본	미나미현	15	60	4시간	-	2015년 12월	상업운용 2019년
Grid - Scale	Utility in Californica	미국	샌디에고	2	8	4시간	CAISO 전력시장 운영 유연성 확보	2017년 3월	2015년~2021년 4년간 실증
Project	UNIDO/MASEN	모로코	와르자자트	0.125	0.5	4시간	마이크로 그리드 운영 실증	2019년 7월	고온건조환경 운영테스트
Project	John Cockerill	벨기에	세라잉	0.5	1.7	3.4시간	마이크로 그리드 운영 실증	2018년 10월	
Project	Tiwan Power Research Institue Project	대만	타이페이	0.125	0.75	6시간	마이크로 그리드 운영 실증	2017년 2월	
Project	Obayashi corporation	일본	도쿄	0.5	3	6시간	초과재생에너지 관리	2015년 1월	
Project	Yokohama Works	일본	요코하마	0.5	5	5시간	초과 전력 운영, 공장 전력원 관리	2015년 6월	
				0.25		5시간			
				0.25		5시간			

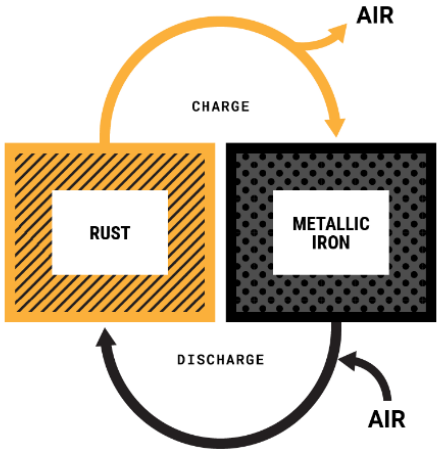
자료: Sumitomo electric, 유진투자증권
주) 배경 그래픽은 Sumitomo electirc의 VRFB 설비

금속 공기 배터리(Iron-air battery)

공기와 철의 산화/환원 반응을 이용해 충/방전

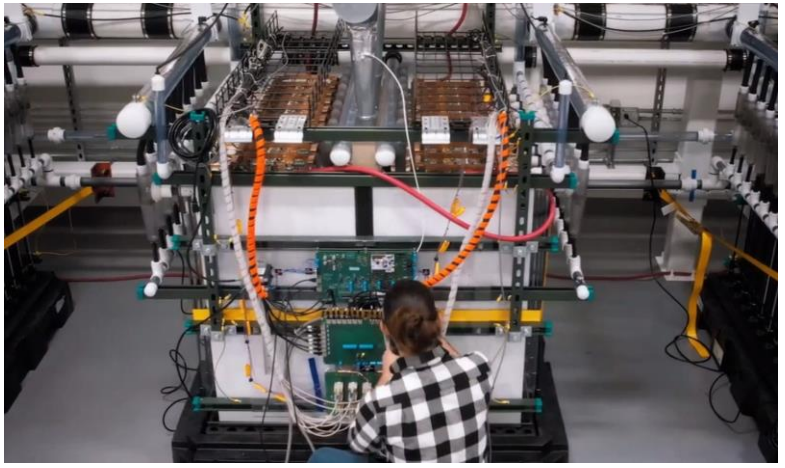
- 핵심 기술은 **Reversible rusting**, 금속을 음극으로, 공기를 양극으로 사용
- 충전 시 산화철의 **Reversible Rusting**으로 충전
- 철의 산화작용에서 생성되는 전력으로 방전, 방전 주기 최대 100시간(10MW의 출력으로 1GWh 용량 방전 가능)
- 철 사용으로 가격 경쟁력 확보, 리튬이온전지 가격의 1/10
- 느린 충방전 속도가 장점이자 단점, 리튬이온전지와 함께 사용해 효율성 극대화

금속 공기 전지의 작동 구조



자료: Form energy, 유진투자증권

Form Energy의 Iron - air 배터리 셀



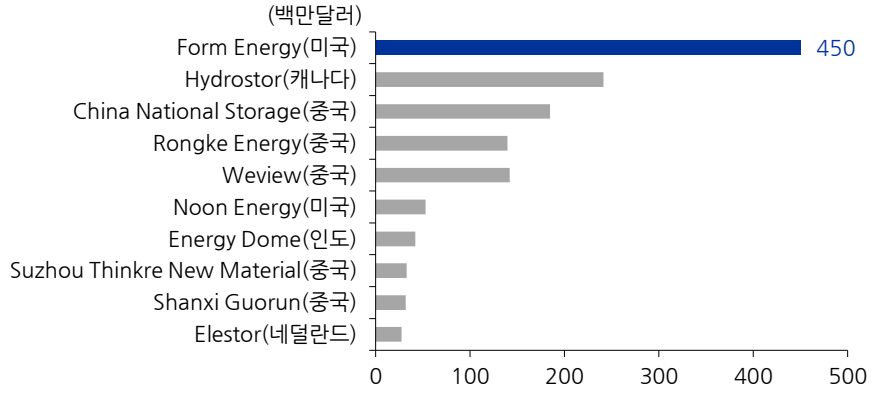
자료: Form energy, 유진투자증권

Form Energy, LDES 스타트업 중 가장 많은 펀딩 기록

2022년 Series E 투자로 4억 5천만 달러 조달

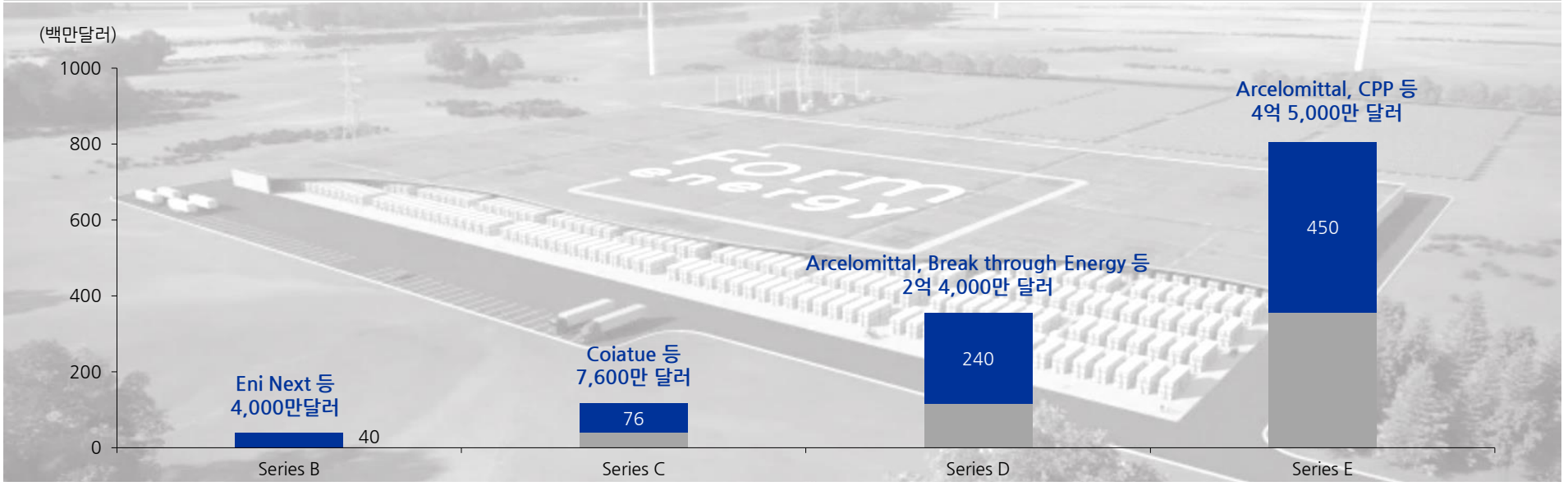
- 빌 게이츠 에너지 VC인 **Break through energy** 참여한 Series D 2억 4천만 달러 이어, 기존투자자인 세계 최대 철강회사 **Arcelomittal** 등 참여한 Series E에서 4억 5천만 달러 조달
- 웨스트버지니아에 iron-air 배터리 셀 제조 공장 건설 중, IRA영향 받아 7억 6천만달러 투자(750개 일자리 창출 예정)

Form Energy, 지난 2년간 LDES 스타트업 중 가장 많은 펀딩 금액 기록



자료: BNEF, 유진투자증권
주) 대상기간: 2022 ~ 1H2023

Form Energy 펀딩 내역



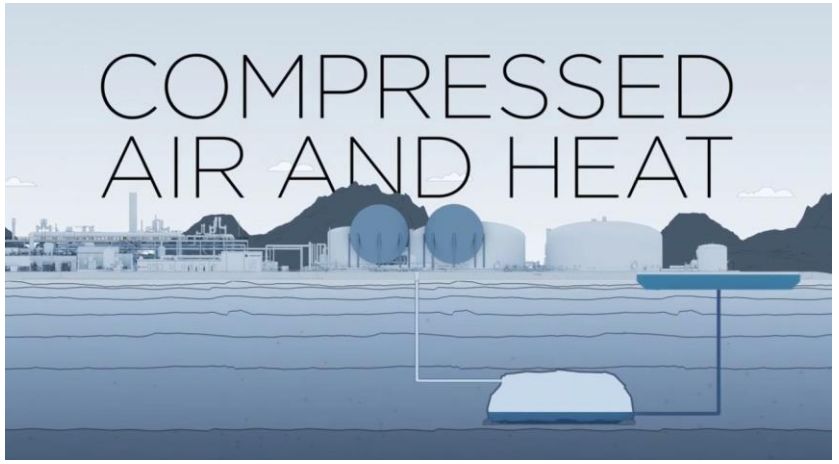
자료: Form Energy, 유진투자증권
주) 배경 그래픽, Form Energy ES

CASE(Compressed Air Energy Storage: 압축공기 ESS)

이미 입증되고 성숙한 기술, ESS수요 확대로 재조명

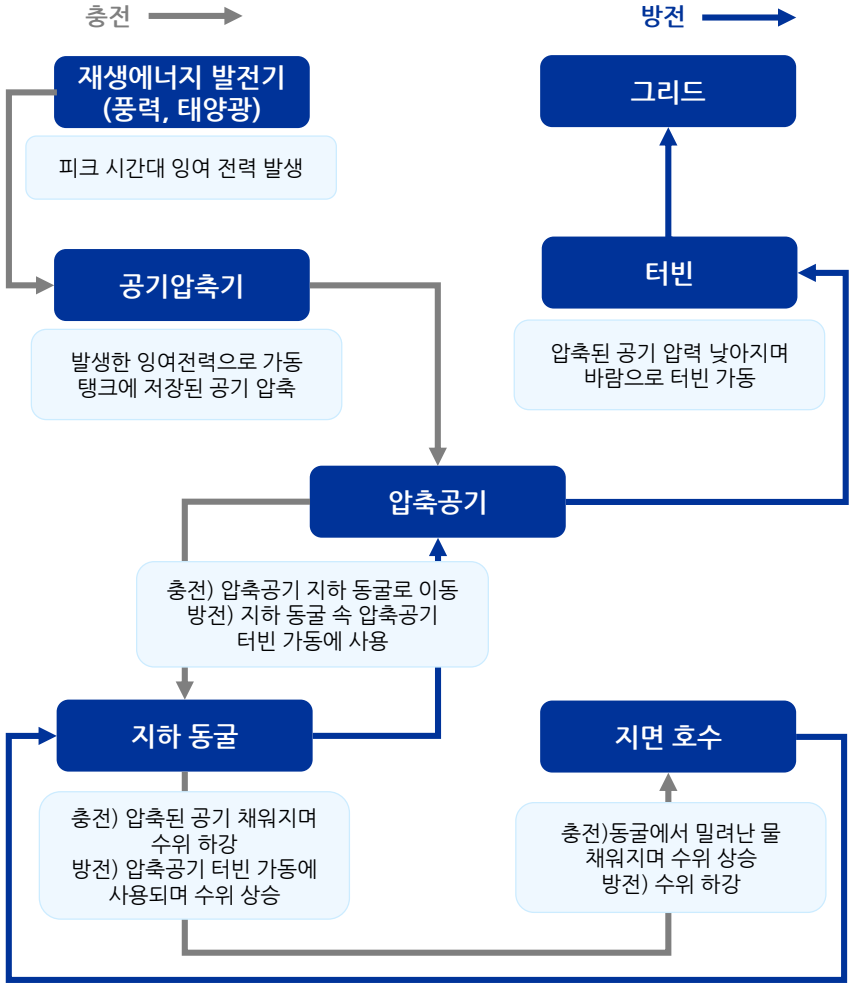
- 1970~80년대에 수백MW 규모로 이미 설치된 기술
- 생성된 전기로 공기압축기 가동, 압축된 공기를 저장 후 전력 필요시 터빈 가동에 사용해 전력 생산
- 압축 공기 변환과정에서 생성되는 열을 보존하는 것이 중요
- 압축 공기 저장 방식에 따라 지질 조건 활용과 인공구조물 활용으로 구분
- 충전 규모 200~500MW, 방전 지속 10시간 이상으로 장주기 ESS에 적합

압축공기 ESS 모식도



자료: Hydrostor, 유진투자증권

압축공기 ESS 충/방전 원리



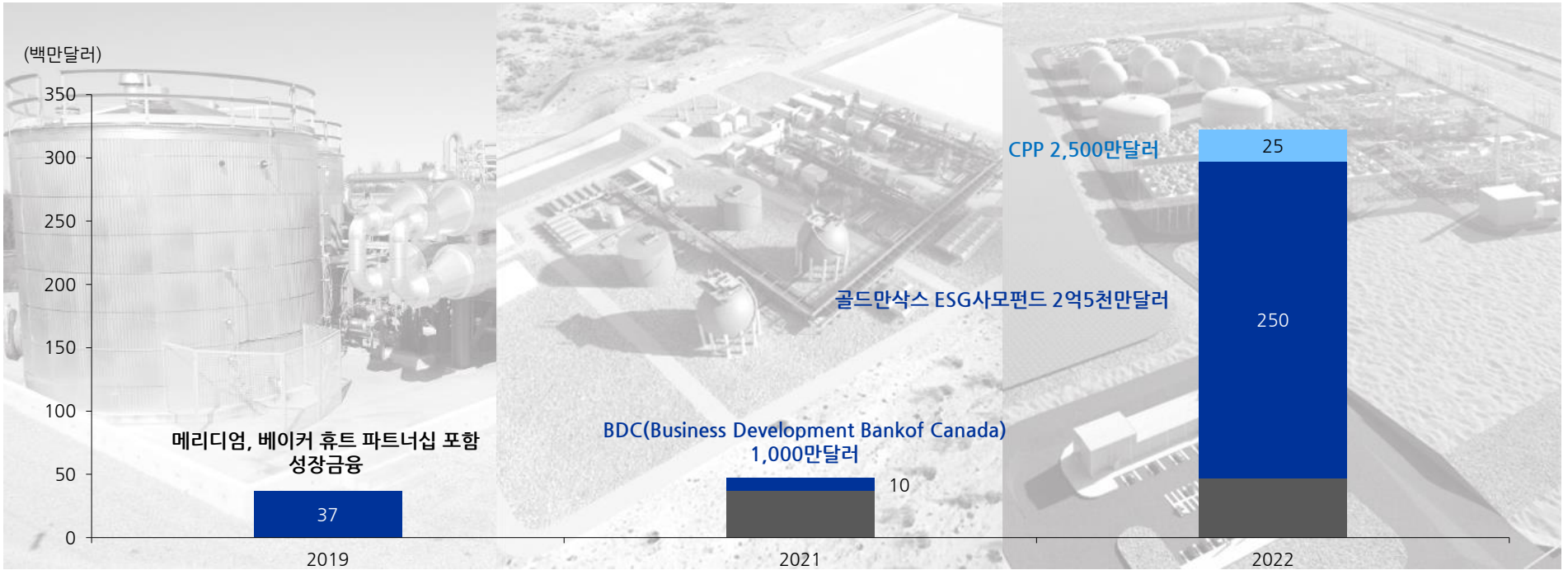
자료: 유진투자증권

Hydrostor, 압축 공기 ESS의 단점 극복

공기 팽창 위한 추가 열 조달 문제점 극복

- 기존 압축공기 에너지 저장 방식의 단점은 방전 시 공기의 팽창을 위해 추가적인 열원이 필요하다는 것
- 열 조달을 위해 천연가스를 연소하는 등 친환경적이지 못한 방식, Hydrostor는 공기를 압축할 때 생성되는 열을 보관하고 팽창 시 그대로 사용
- 골드만삭스 사모펀드, 2022년 2억 5,000만달러 투자, A-CASE(Advanced CASE)프로젝트의 개발과 건설에 사용
- 전세계에서 총 15개의 CASE LDES 프로젝트 진행 or 협의 중, 전체 잠정 규모 약 4GW

Hydrostor 펀딩 내역



자료: Hydrostor, 언론종합, 유진투자증권
주) 배경그래픽은 왼쪽부터 순서대로 Goldenrich Energy Storage(운영중), Silver City Energy Storage Center(모식도), Will Rock Energy Storage Center(모식도)

06

DAC(Direct Air Capture)

- 직접탄소포집

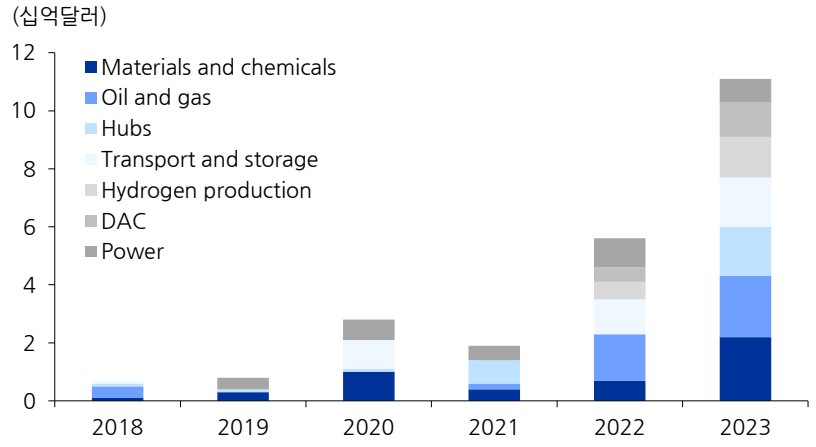


CCUS(Carbon Capture Utilization & Storage)

탄소를 포집해 저장하거나 활용하는 기술

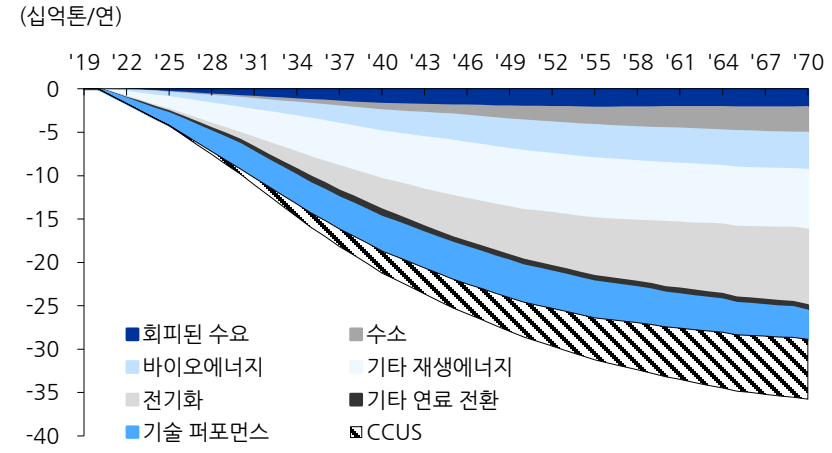
- 탄소포집 후 저장하는 CCS(Carbon Capture Storage)와 활용하는 CCU(Carbon Capture Utilization)로 구분
- 탄소발생 에너지원의 사용을 촉진한다는 논란이 존재하지만 무탄소 경제로 나가기 위한 효율적인 에너지원
- 특히 화석 연료 기업들의 탄소 감축에 CCUS는 효율적인 방안으로 대두되고 있으며 2023년 기준 관련 투자금액은 100억달러를 초과
- IEA, '2070 글로벌 탄소중립' 에 Net-zero 달성 위해 CCUS 필수적이며 전체 감축량 기여도를 15% 수준으로 제시

CCUS 유형별 글로벌 투자금액 추이



자료: BNEF, 유진투자증권

IEA, 지속가능 개발 시나리오에서 부문별 탄소 감축량



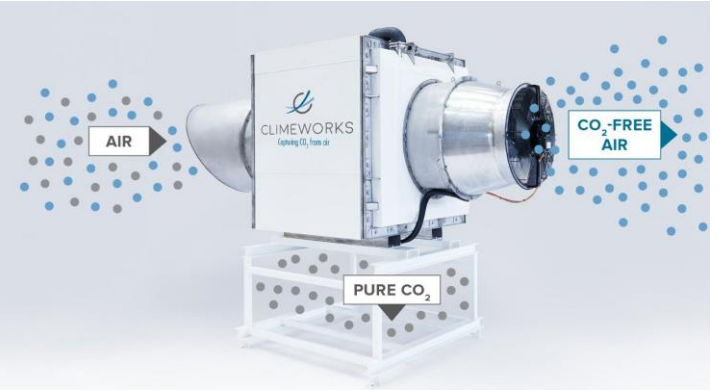
자료: IEA, 유진투자증권

DAC(Direct Air Capture), 가장 진보된 탄소 포집 기술

공기중에서 탄소를 직접 포집

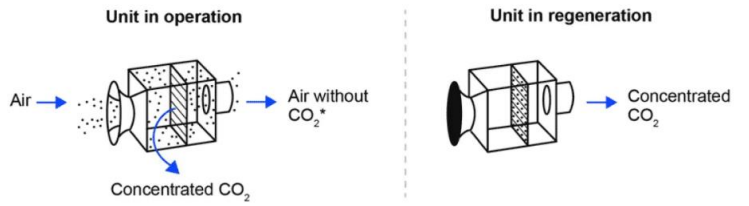
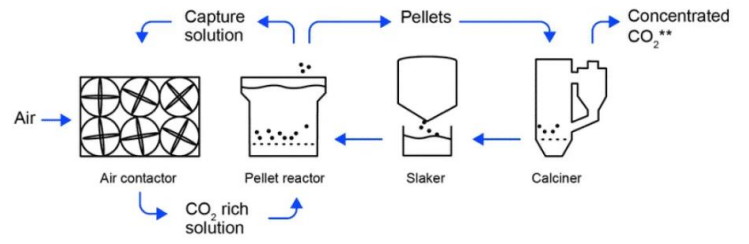
- 이미 배출된 탄소도 제거할 수 있고 운영 안정성 담보되어 주목
- 고체흡착방식(S-DAC)과 액체흡착방식(L-DAC)의 두 가지 방식 존재
- 고체흡착방식 대표 기업 ClimeWorks(스위스)
- 액체흡착방식 대표 기업 Carbon Engineering(캐나다)

DAC 장치 모듈과 작동 원리(Climeworks. S-DAC)



자료: Climeworks, 유진투자증권

직접탄소포집의 두가지 기술 비교

구분	설명	대표기업	원리
고체흡착 (S-DAC)	▪ CO_2와 결합하는 고체 흡착 필터 사용 ▪ 팬으로 공기 빨아들인 후 필터에서 CO_2흡착 ▪ 저장용량 가득차면 공기유입 차단 후 가열 ▪ 가열 후 저장과 사용 위해 CO_2방출 ▪ 모듈 설계로 필요한 만큼 유닛 사용 가능 ▪ 연간 약 4,000톤 이산화 탄소 포집 가능	ClimeWorks(스위스) ▪ 전세계에 총 15개의 DAC 플랜트 건설 ▪ 연간 4,000톤 이산화탄소 포집하는 Orca DAC 플랜트 아이슬란드에서 운영 중 ▪ 포집된 탄소를 지하에 영구 저장하는 방식(광물화)	
액체흡착 (L-DAC)	▪ 수산화칼륨 등 화학 용액 사용해 이산화탄소 포집 ▪ 팬으로 공기 빨아들인 후 CO_2 수산화 칼륨과 접촉 ▪ 흡착된 용액을 가열해 CO_2 방출	CarbonEngineering(캐나다) ▪ 2024년 연간 100만톤 탄소 포집 목표 ▪ 텍사스와 루이지애나에 DAC 설비 실증 진행중 ▪ 석유기업 옥시덴탈 페트롤리움이 11억달러에 인수	

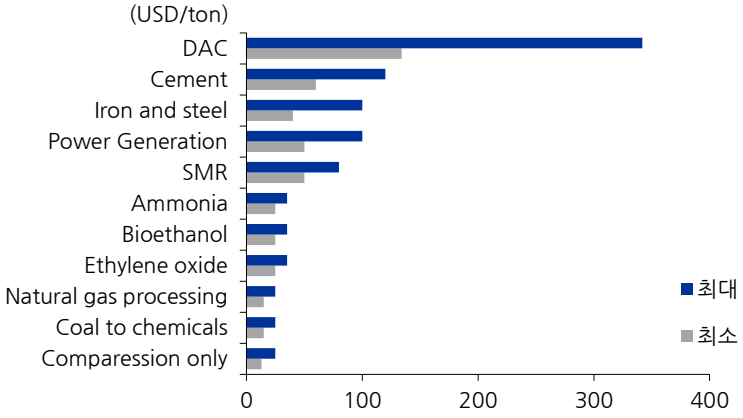
자료: 유진투자증권

운영에 필요한 에너지 크지만 안정성 측면에서 주목

높은 운영비로 인한 톤당 포집 비용 높은 것은 숙제

- 톤당 포집 비용 탄소 포집 기술들 중 가장 높아(최대 $342/ton)
- 포집 비용과 연동된 크레딧 가격도 비싸(지열을 사용하는 DAC를 운영하는 Climeworks, 크레딧 가격 $775/ton으로 책정)
- 높은 가격에 비해 마이크로소프트, 쇼피파이 등 글로벌 기업들은 자발적 구매중
- DAC운영에 필요한 에너지비용등을 고려한 톤당 포집 비용 국제적 기준 없지만 DAC 크레딧 수요는 매우 높음(시장에 나오기 전 매진)
- 정책 보조와 글로벌 기업들의 투자로 향후 포집 비용과 크레딧 가격은 낮아질 전망 (Climeworks, $775/ton -> $250/ton)

탄소포집 종류별 톤당 포집 비용, DAC가 가장 높아



자료: IEA(2021), 유진투자증권

국가별 DAC관련 보조금과 세제 혜택

국가	내용
미국	▪ IRA: 45Q 통해 톤당 $180 공제 ▪ 인프라부양안: 4개 대규모 DAC 허브에 **35억달러** 보조금 * IRA 이후 미궁에서 발표된 DAC 프로젝트 35개
캐나다	▪ 연방 예산으로 DACS장비에 60%의 투자세액공제 제공 (2022~2030)
영국	▪ 2050년 넷제로 목표, DAC로 연간 80톤 탄소 감축 목표 제시 ▪ 2023년 3월 예산안에 DAC포함 CCUS응용프로그램 대상 **200억 파운드** 자금 지원 명시
일본	▪ **2조엔** 규모의 녹색혁신기금 운용 ▪ 10개 이상의 DAC관련 R&D 지원
한국	▪ 2030 국가 온실가스 감축목표 확정하며 DAC 100대 핵심 녹색기술로 지정 ▪ 2050년 DAC 포집 목표 740만톤 ▪ 세제혜택 포함 **84억원** 투입해 R&D 지원

자료: 언론종합, 유진투자증권

미국, 45Q Tax Credit 조항으로 DAC에 높은 보조금 지급

연도	탄소 포집 및 격리(달러/톤)					탄소 포집과 활용(달러/톤)				
	과거 법안	IRA 산업적 포집		IRA DAC		과거 법안	IRA 산업적 포집		IRA DAC	
		Base	Bonus	Base	Bonus		Base	Bonus	Base	Bonus
2022	$37.86	$17.00	$85.00	**$36.00**	**$180.00**	$25.13	$12.00	$60.00	**$26.00**	**$130.00**
2023	$40.90	$17.00	$85.00	**$36.00**	**$180.00**	$27.59	$12.00	$60.00	**$26.00**	**$130.00**
2024	$43.94	$17.00	$85.00	**$36.00**	**$180.00**	$30.05	$12.00	$60.00	**$26.00**	**$130.00**
2025	$46.98	$17.00	$85.00	**$36.00**	**$180.00**	$32.51	$12.00	$60.00	**$26.00**	**$130.00**
2026	$50.00	$17.00	$85.00	**$36.00**	**$180.00**	$35.00	$12.00	$60.00	**$26.00**	**$130.00**
2027 +	인플레이션 조정 $50.00	$17.00	$85.00	**$36.00**	**$180.00**	인플레이션 조정 $35.00	$12.00	$60.00	**$26.00**	**$130.00**

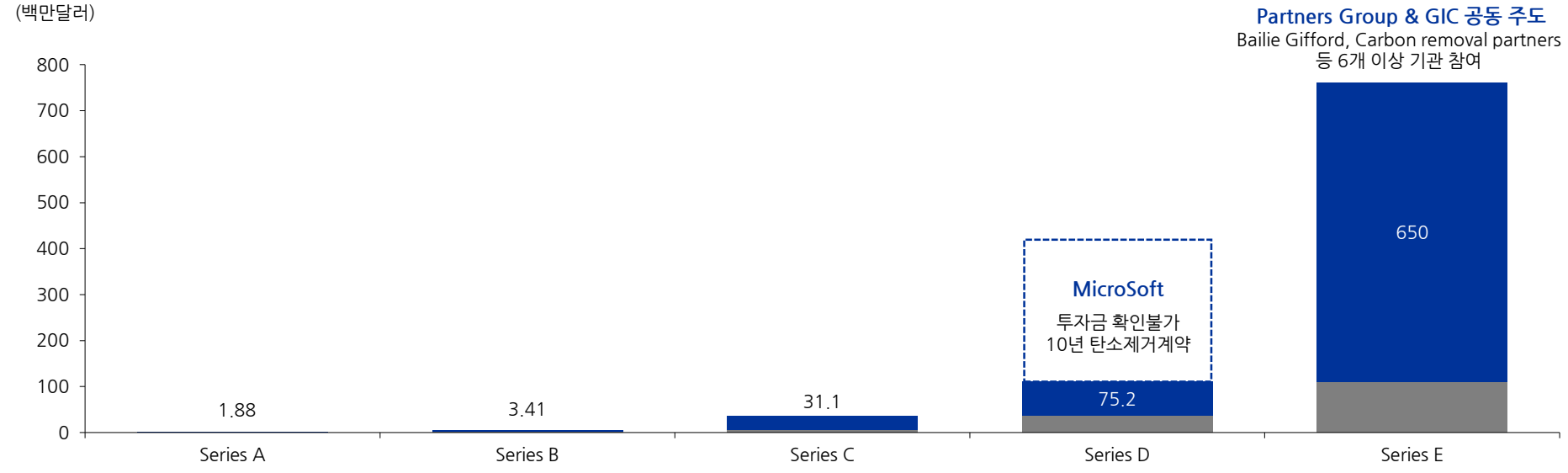
자료: DOE, 유진투자증권

ClimeWorks, Microsoft의 탄소 감축 파트너

Series E 조달자금 6억 5천만 달러, 총 조달자금 8억 달러 이상 추정

- 2009년 설립, 아이슬란드 DAC 플랜트 오르카(Orca) 운영 중, 연간 4천톤의 탄소 포집 중
- Series E 단계, 싱가폴 국부펀드 GIC와 Partners Group 공동 주관으로 6억 5천만달러 펀딩, 역대 최대 규모
- Series D에서 MicroSoft 조달 자금(금액 확인 불가) 고려 시 총 조달 자금은 8억달러 이상으로 추정

ClimeWorks 펀딩 내역



자료: ClimeWorks, 유진투자증권

편집상의 공백페이지입니다



07

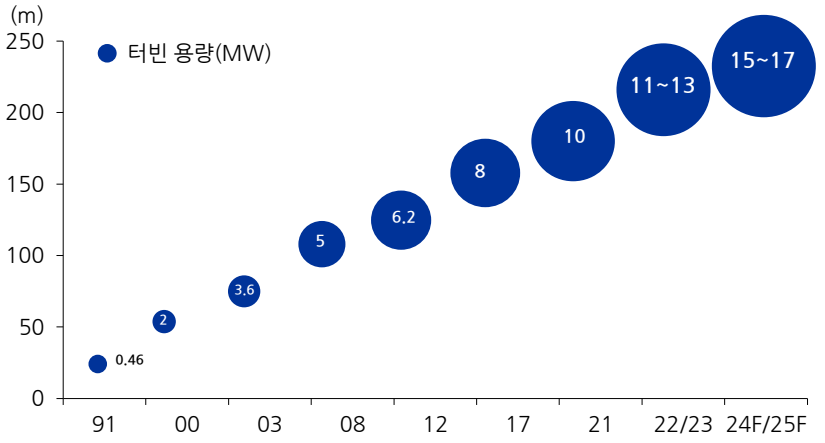
터빈 블레이드 리싸이클링

풍력터빈 블레이드 리싸이클링

풍력 설치량 증가, 터빈의 대형화로 블레이드 폐기 문제 발생

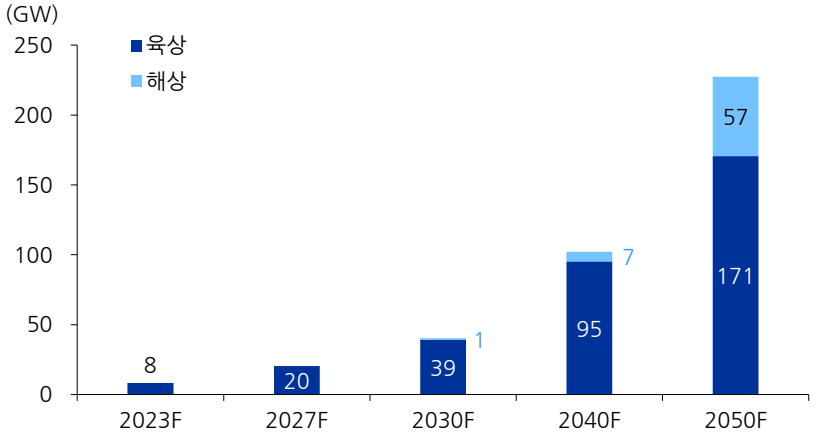
- 터빈의 대당 설치 용량이 증가하며 터빈의 대형화 이뤄지는 중
- 과거 2000년대 초반 육상 터빈 기준, 대당 평균 설치 용량 2MW 이하에서 2022년 3MW로 확대
- 대형 터빈의 해상 풍력을 중심으로 13 ~ 15MW급(Vestas)도 설치 중
- 터빈의 크기 증가에 따라 블레이드 규모도 커지는 중, 터빈 내용연수 20년 감안하면 폐기 블레이드는 급격하게 증가할 전망
- 복합물로 만드는 블레이드 리싸이클링에 어려워, 태울 경우 유해 물질 발생, 대부분 땅에 묻어서 처리

해상 터빈 설치 용량과 로터 직경



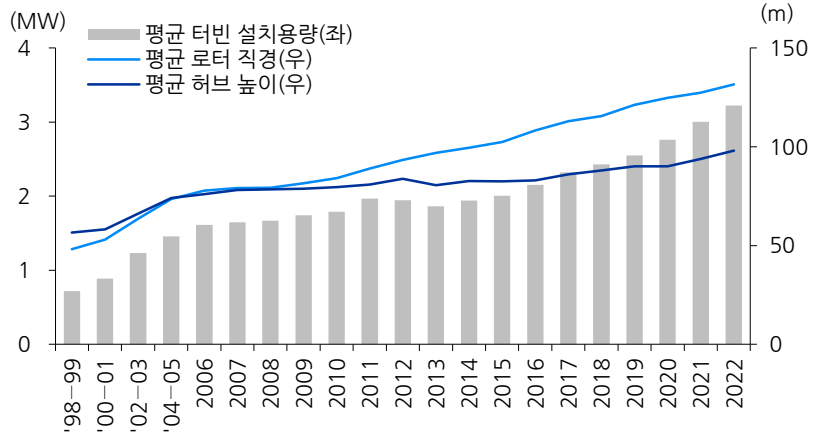
자료: GWEC, 유진투자증권

풍력 플레이드 폐기 전망



자료: GWEC, 유진투자증권
주) 육상 터빈용 블레이드 폐기 전망, 내용연수 20년 가정, 글로벌 신규 설치량 기준

육상 터빈 평균 설치 용량과 크기 추이



자료: DOE, ACP, BerkeleyLab, 유진투자증권
주) 로터는 터빈 블레이드가 그리는 원의 지름

풍력터빈 블레이드 리싸이클링

블레이드 리싸이클링으로 풍력터빈의 완전한 재활용 가능

- 풍력터빈의 현재 재활용률은 85~90%
- 가볍고 강한 복합물(유리, 카본, 아라미드 등의 강화섬유 등)로 만드는 블레이드는 재활용에 어려움이 있어 현재는 땅에 묻고 있음
- 기계적 재활용과 열 재활용 두가지 방식이 주목
- 기계적 재활용으로 생성한 스크랩에서 유리섬유 추출
- 재사용하거나 건자재로 사용

- Orsted와 Vestas, 탈탄소 해상풍력 개발 협력
- 저탄소강 풍력 타워와 재활용 블레이드 사용 등 풍력 단지내 탄소중립위한 선도기업들의 노력 주목

풍력블레이드 스크랩과 추출한 유리섬유





자료: 유진투자증권

Vestas와 Orsted, 친환경 풍력단지 건설을 위해 두가지 협약 체결

Ørsted Vestas

News release from
Vestas Wind System A/S and Ørsted

Aarhus, 07 June 2023

Ørsted and Vestas in industry-first pioneering partnership towards net-zero wind farms

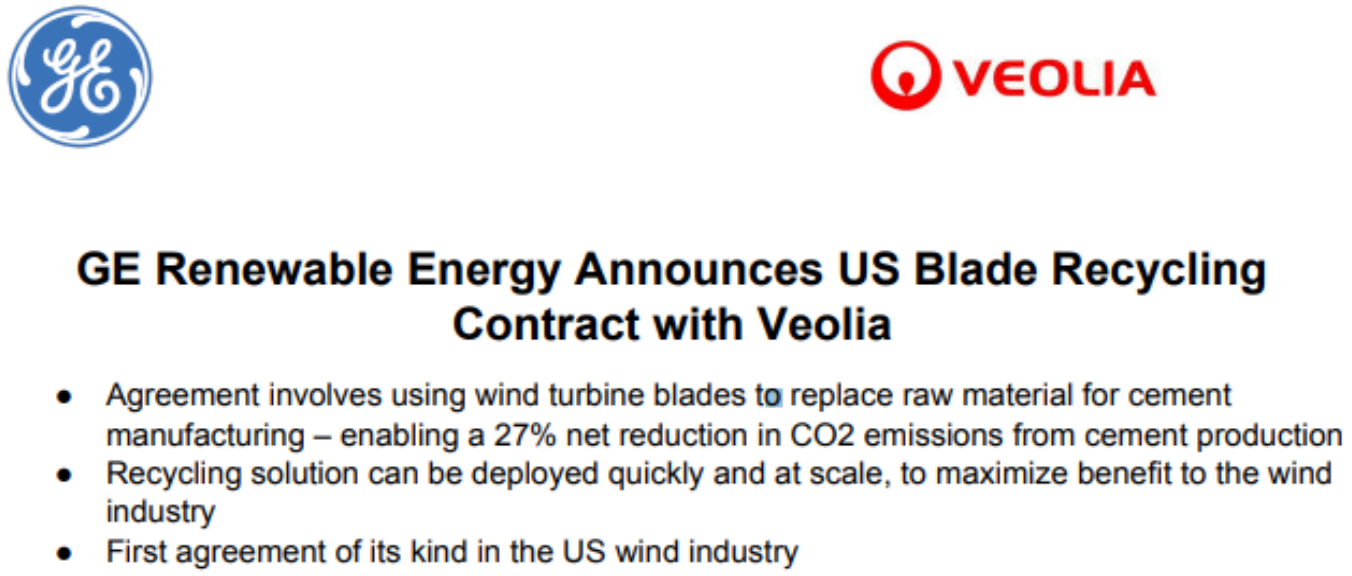
자료: Vestas, Orsted, 유진투자증권

Veolia, 非 터빈메이커지만 블레이드 리싸이클링 사업 영위

GE의 육상 풍력터빈 블레이드 리싸이클링 계약 체결

- 수자원/폐기물 관리, 에너지서비스등 공공부문 서비스를 제공하는 프랑스의 다국적 복합기업
- 전통적으로 블레이드 리싸이클링은 Siemens Gamesa, Vestas 등 터빈메이커들이 직접 수행
- **2020년 12월, 풍력 업계 최초로 GE와 Veolia(VNA: Veolia North America), 육상풍력터빈 블레이드 리싸이클링 계약 체결**
- GE의 폐기 블레이드, 미주리 공장에서 파쇄 후 시멘트 제조에 사용할 수 있게 가공, **시멘트 제조 과정에서 탄소배출량 27%감소 효과**

GE와 Veolia, 육상풍력터빈 리싸이클링 계약 체결



자료: GE, Veolia, 유진투자증권

08

페로브스카이트 태양전지

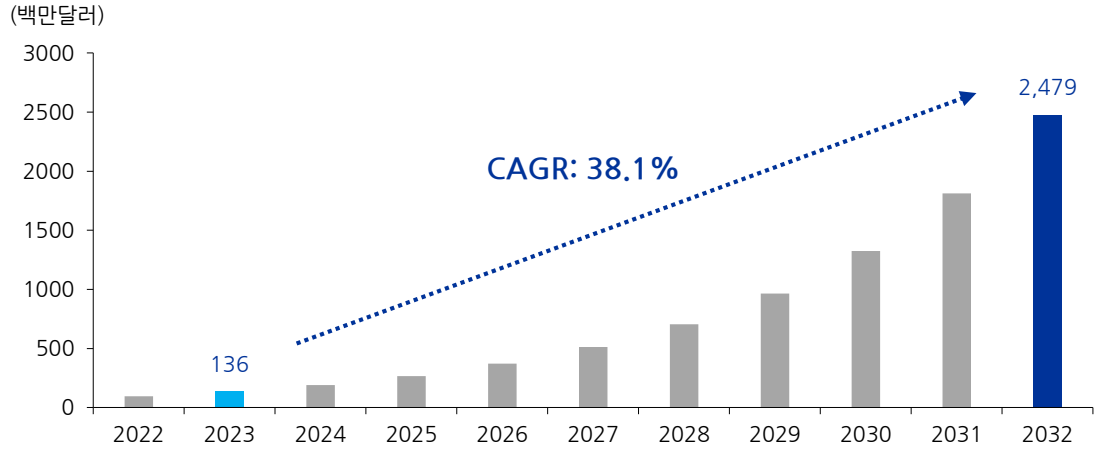


페로브스카이트 태양전지

미래 태양광 시장의 헤게모니를 좌우할 페로브스카이트 태양전지

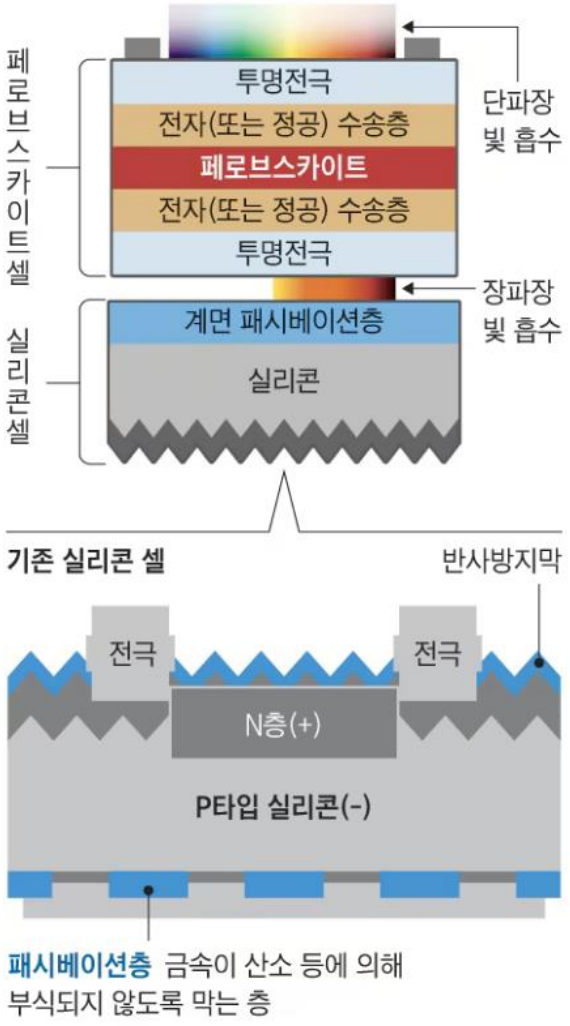
- 효율과 비용, 안정성 세가지 측면에서 실리콘 태양전지보다 우수
- 이론한계효율 44%로 높은 광전환 효율 가지고 있어 실리콘기반셀(29%) 대비 월등히 높아
- 현재 발전 효율 26.1%로 실리콘 셀 중 가장 높은 HIT셀(26.8%)에 근접, 실리콘 탠덤 구조로는 33.9%의 발전 효율 달성
- 실리콘 셀보다 제조공정 간단해 제조비용 저렴하지만 수분에 약한 성질때문에 안정성 확보는 남은 과제
- 페로브스카이트 태양전지의 2032년 예상 시장규모 248억 달러로 연평균 성장률 38%에 달해

페로브스카이트 태양전지 시장 규모



자료: Precedence Research, 유진투자증권

페로브스카이트 탠덤 셀 구조



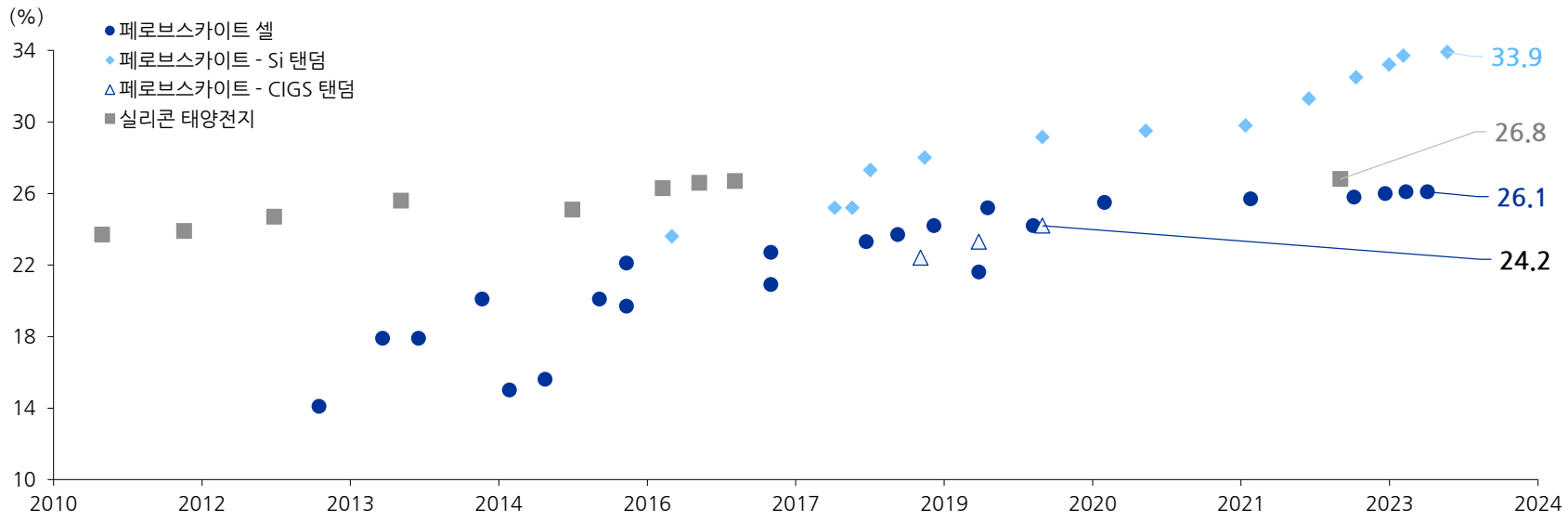
자료: 한화큐셀, 유진투자증권

중국 업체들과 한국업체들의 에너지 효율 전쟁

실리콘 셀에 이어 중국 업체들이 선도 중, 한화큐셀 필두로 국내업체들 추격 중

- 상업화 단계에서는 안정성 확보 위해 '페로브스카이트 - 실리콘 탠덤' 구조 R&D 활발
- LONGI, 2021년 2월 페로브스카이트 태양전지 개발 시작, 같은 해 6월 23%, 2022년 9월 25.7%, 2022년 말 29.55% 거쳐 2023년 11월 33.9%로 약 3년 만에 전세계에서 가장 높은 광 전환 효율 달성(NREL), 2024년 말 35% 목표
- 한화큐셀, 2025년까지 1조 5천억 투입, 2026년 하반기 탠덤 셀 양산 목표, 2023년 5월 기준 광전환 효율 29.3% 달성

페로브스카이트 태양전지 광 전환 효율 26.1%로 실리콘 셀 광 전환 효율에 근접, 탠덤 구조로는 33.9% 달성



자료: NREL, 유진투자증권

편집상의 공백페이지입니다

09

하이브리드 선박

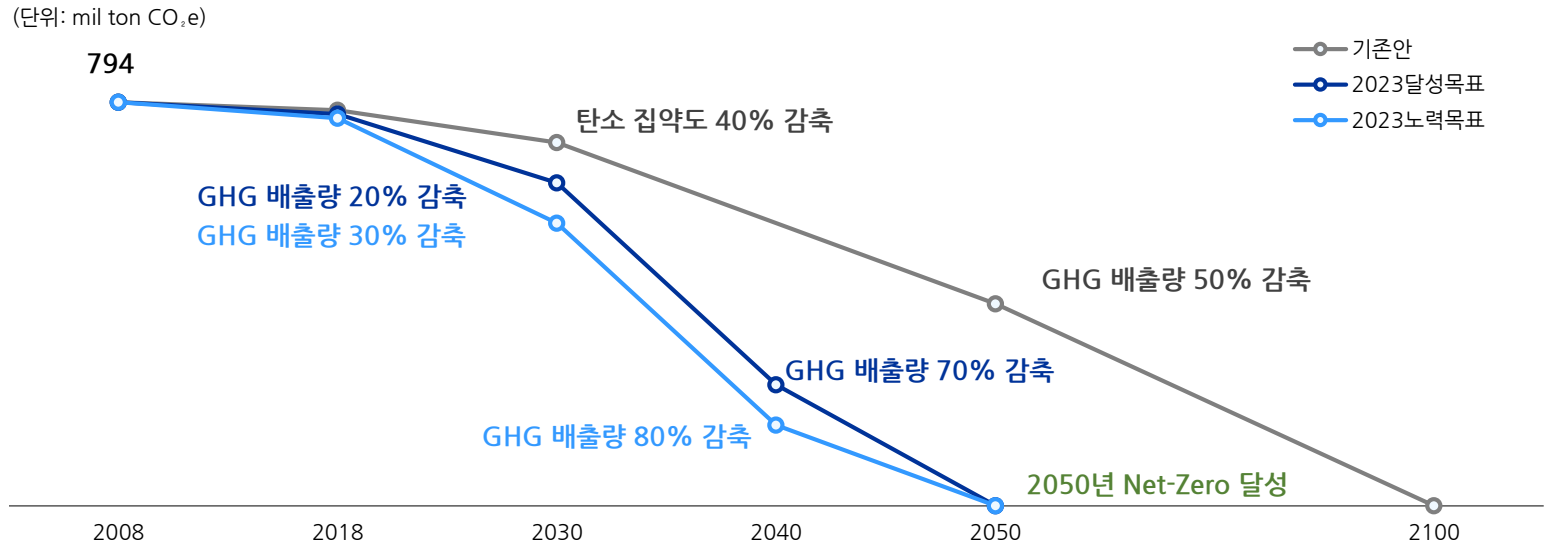


국제 해사 기구, 탄소 감축 목표 상향

IMO(International Maritime Organization: 국제해사기구), 2050년 Net-Zero 달성 목표

- 제 80차 해양환경보호위원회에서 탄소 감축 목표 상향
- 2050년 Net-Zero 달성으로 목표 상향하고 2030년까지 최소 20%, 2040년까지 최소 70%감축 가이드라인제시
  (기존: 2050년까지 2008년 배출량 대비 50%감축)
- 해운업 탄소배출량 9억 4천만톤 이상, 전세계 배출량의 3%이상 차지(2021년 기준)
- 상향된 목표로 친환경 연료에 대한 수요, 공급 넘어설 것, 탄소 감축 위한 여러 수단 고려 필요

IMO, 2023해양환경보호위원회에서 탄소 감축 목표 상향



자료: IMO, 유진투자증권

선박 탄소감축에 기여하는 돛 기술

대형 선박에 강철로 만든 돛 달아 연료 사용량 줄이고 탄소배출량 감축

- Cargill, Odfjell등 글로벌 대형 해운 기업들에게 채택
- 연료사용량과 탄소배출량 10%에서 최대 51% 감축, Net-Zero 달성 이후에도 사용 가능한 기술
- 날개 돛과 흡입 돛 두 가지 방식 사용 중

상용화 중인 두 가지 방식의 하이브리드 선박용 돛

제품명	eSAIL	WindWings
사진		
제조사	bound4blue	BarTechnology(유럽)
채택 해운회사	**Odfjell(오드펠):** 2014년부터 130개 넘게 설치	**Cargill(카길)**: 향후 WindWings 장착 선박 10대까지 확대
원리	**Suction Sail**(흡입 돛) 기둥 상부에서 공기 흡입으로 공기흐름 생성,	**WAPS**(Wind-Assisted Propulsion System: 풍력보조 시스템) (바람 방향에 따라 돛 방향 컨트롤, 반대방향 시 접어서 수평 보관)
연비 개선효과	연료 사용량 40% 감소	날개 하나당 10% 감소(2개 사용시 20%감소)
설치비용 회수	5년 이내	7 ~ 10년

자료: 각 사, 유진투자증권

Compliance Notice

당사는 자료 작성일 기준으로 지난 3개월 간 해당종목에 대해서 유가증권 발행에 참여한 적이 없습니다. 당사는 본 자료 발간일을 기준으로 해당종목의 주식을 1% 이상 보유하고 있지 않습니다 . 당사는 동 자료를 기관투자가 또는 제3자에게 사전 제공한 사실이 없습니다. 조사분석담당자는 자료작성일 현재 동 종목과 관련하여 재산적 이해관계가 없습니다. 동 자료에 게재된 내용들은 조사분석담당자 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭없이 작성되었음을 확인합니다. 동 자료는 당사의 제작물로서 모든 저작권은 당사에게 있습니다. 동 자료는 당사의 동의없이 어떠한 경우에도 어떠한 형태로든 복제, 배포, 전송, 변형, 대여할 수 없습니다. 동 자료에 수록된 내용은 당사 리서치센터가 신뢰할 만한 자료 및 정보로부터 얻어진 것이나, 당사는 그 정확성이나 완전성을 보장할 수 없습니다. . 따라서 어떠한 경우에도 자료는 고객의 주식투자의 결과에 대한 법적 책임소재에 대한 증빙자료로 사용될 수 없습니다

투자기간 및 투자등급/투자의견 비율

종목추천 및 업종추천 투자기간: 12개월 (추천기준일 종가대비 추천종목의 예상 목표수익률을 의미함)		당사 투자의견 비율 (%)
· STRONG BUY(매수)	추천기준일 종가대비 +50%이상	1%
· BUY(매수)	추천기준일 종가대비 +15%이상 ~ +50%미만	93%
· HOLD(중립)	추천기준일 종가대비 -10%이상 ~ +15%미만	5%
· REDUCE(매도)	추천기준일 종가대비 -10%미만	1%

(2024. 03. 31 기준)