

ESS로 이모작(二毛作)을 준비하는 전기차 배터리

박수항 수석연구원, 산업연구센터 (spark0326@posri.re.kr)

목차

1. 전기차는 죽어서 배터리를 남긴다
2. ESS로 생명연장을 꿈꾸는 전기차 배터리
3. 배터리 재사용 시장, 메이저 자동차사가 주도
4. 갈 길 먼 국내 전기차 시장,
배터리 재사용 사업도 아직은 준비단계
5. 전망 및 시사점

Executive Summary

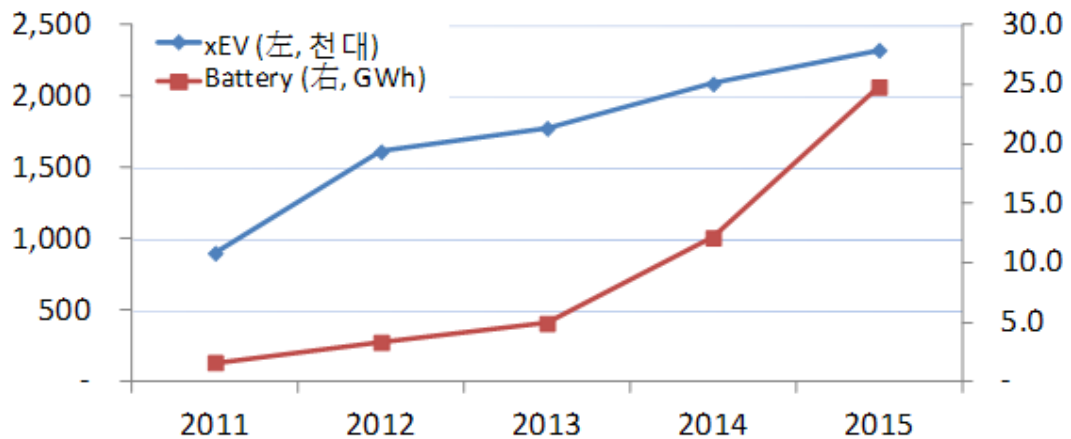
- 7~15년 운행한 전기차의 배터리, 초기 용량 70~80% 수준에서 재사용 가능하며 ESS로 용도 전환할 경우 추가적으로 10년 이상 사용 가능
 - 전기차 용도로는 주행거리 감소, 충/방전 속도 저하 등의 영향을 초래할 수 있지만, ESS 용도로는 큰 문제 없이 사용 가능
 - 獨 재생에너지협회, 전기차가 본격적인 성장 궤도에 진입함에 따라 2030년 재활용 가능한 배터리 용량이 누적 기준 1TWh까지 증가할 것으로 전망
- 배터리 상태, 가공 설비 규모, 신규 배터리 가격 등 전제조건 별 편차 존재하나, 재생 배터리 공급가는 신품 比 30~70% 수준 가능(美 NREL)
 - 중고배터리 매입 비용과 인건비가 전체 가공 비용의 80%를 차지함에 따라 판매고가 높은 전기차 모델이 배터리 재생 사업에도 유리
- 메이저 자동차사들은 주력 전기차의 중고 배터리를 기반으로 상업용/가정용 ESS 제품, 자체 구축 ESS 기반의 서비스 개발 등 초기 사업성 확인 중
 - Nissan과 BMW는 각각 전기차 Leaf와 i3 중고 배터리를 활용한 가정용/상업용 ESS 제품 출시 예정이며, Tesla의 선도 제품과 경합 예상
 - ESS 설계/제작/운영, 전력 수요관리 및 제어 등 내부적으로 미비한 역량 확보 위해 관련 기업들과 협력 모델 구축
- 국내에선 최근 정부/지자체 중심으로 관련 인프라 구축 계획을 발표했으나, 전기차 시장의 더딘 성장과 대표 모델 부재로 기반 형성에 상당 기간 소요
 - '15년 말까지 국내 전기차 누적 판매량은 약 0.4만 대로 각각 40만 대, 31만 대의 미국, 중국과 큰 차이가 있으며, 자체 목표인 '20년 20만 대 달성도 요원
- 재생배터리 활용 사업은 핵심 정보를 보유한 해외 메이저 자동차사들과의 긴밀한 협업 관계 구축이 핵심요건으로 작용할 것
 - 배터리 물량 확보, 정확한 배터리 상태 분석을 위한 운행 정보 등 가공 비용 최소화 위한 핵심 정보를 대부분 자동차사들이 보유
- ESS 사업의 장기적인 경쟁력은 최적 설계/운영, 비즈니스 모델 차별화 등 소프트웨어적인 영역으로 이전될 가능성이 높으므로 변화에 대비해야 함
 - ESS는 배터리 특성에 따라 최대 80%까지 수익성 편차 발생(McKinsey), 재생배터리 등 핵심 설비 선택 다양화는 이러한 편차 증폭 가능

1. 전기차는 죽어서 배터리를 남긴다

□ 전기차 핵심 부품 배터리, 본격적인 성장 궤도에 진입한 전기차와 함께 동반 성장 중

○ 2013년을 기점으로 BEV가 PHEV 판매량을 초월함에 따라 배터리 규모도 빠르게 팽창 중

〈글로벌 xEV 및 배터리 시장 추이〉



자료: SNE Research (2016. 4.)

○ 주행거리에 대한 소비자의 요구 증대와 기술 향상에 따른 에너지밀도 증가, 가격 하락으로 전기차 1대당 배터리 용량도 증가 추세

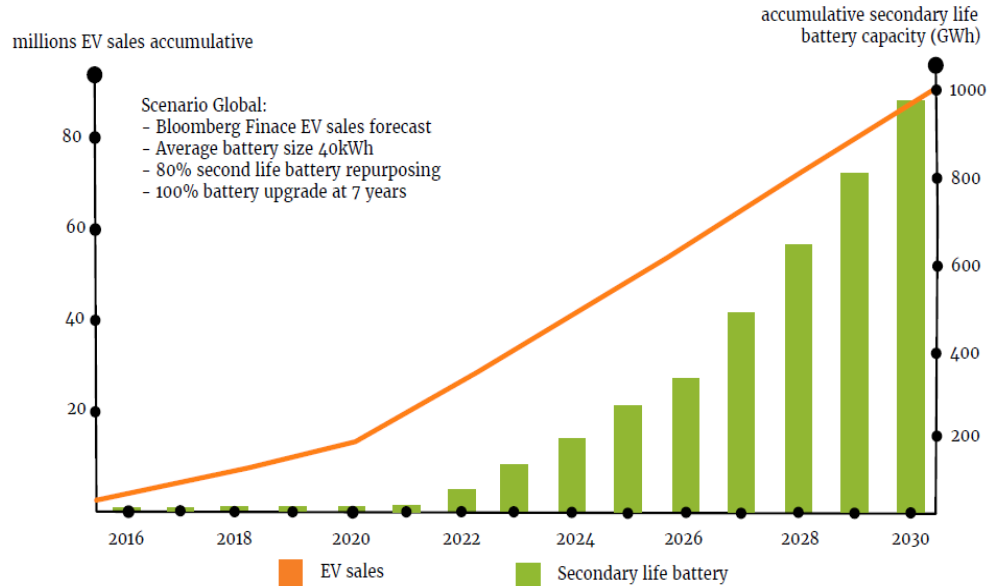
- Tesla Model3, GM Bolt 등 소위 ‘2세대 전기차’는 차량 1대당 배터리 기본 용량 60KWh 이상으로 설계
- Nissan Leaf, BMW i-series 등 현재 운행 중인 1세대 전기차들도 연식에 따른 모델 체인지, 애프터 마켓 등을 통해 배터리 용량 확대 추세
 - Nissan Leaf (초기) 18kWh → (신형) 24kWh → (애프터 마켓) 48kWh
 - BMW i3 (초기) 14kWh → (신형) 33kWh

□ 전기차용 배터리의 유통이 급격히 확대됨에 따라 전기차 수명 이후의 배터리 활용 방안에 대한 논의 확산

○ 獨 BEE(재생에너지협회), 2030년까지 전세계적으로 재활용 가능한 전기차 배터리 용량이 누적 기준 1TWh까지 증가할 것으로 전망

- 기본 가정: 2030년 누적 전기차 판매 88백만 대*, 전기차 1대 당 배터리 용량 40KWh, 배터리 1차 사용기간 7년

〈글로벌 전기차 누적 판매 및 재활용 가능한 전기차 배터리 규모 전망〉



자료: 獨 BEE(2016. 4.)

* Bloomberg New Energy Finance 전망 기준을 BEE에서 인용

○ 전기차 배터리의 추가적인 용도 개발을 통해 자원 효율성을 극대화시키는 동시에 신규 배터리 가격을 낮추는 경제적 선순환 구조 구축 노력

- 중고 배터리 거래가 점진적으로 활성화될 전망에 따라 관련 시장 규모는 '15년 U\$16백만에서 '35년 U\$30억으로 확대 예상 (美 Navigant Research)

[참고] 리튬이온 배터리의 재활용 트렌드 변화

- IT제품 등 소형 제품 중심으로 사용되어 왔던 리튬이온 배터리의 재활용 방법은 코발트 등 고가 원료의 시세에 따라 변화
- 코발트가 다량 사용되었던 기존의 소형 배터리들은 파쇄, 정련 등 물리적/화학적 과정을 거쳐 코발트 회수에 중점
- 스마트폰, 태블릿PC 수요 확대로 배터리 용량이 증가하면서 코발트 대신 니켈, 망간 등의 사용량이 늘어남에 따라 금속보다는 탄산리튬 또는 양극활 물질 형태의 회수 기술 개발 확대
- 전기차 등 고가의 대용량 배터리들은 생애주기(Life Cycle)를 최대한 늘려 활용함으로써 경제성 및 자원 효율 극대화 모색

2. ESS로 생명연장을 꿈꾸는 전기차 배터리

- 獨 BEE, 美 NREL 등 신재생에너지 연구기관, 7~15년 사용한 전기차 배터리도 초기 용량의 70~80% 수준에서 사용 가능할 것으로 분석
 - 배터리 기대 수명은 충/방전 횟수, 방전율, 사용온도, 운전자의 습관 등에 따라 편차가 큼
 - 차량 제조사는 급가속, 높은 온도 차이, 고속 충전 등 혹독한 사용 환경 하에서 배터리 성능을 보수적으로 설계하기 때문에 실제로는 더 오랜 기간 사용 가능
- 용량 저하된 배터리는 주행거리 감소, 충/방전 속도 저하 등 전기차 용도에는 영향을 초래할 수 있지만, 용도 전환 시 10년 이상 연장 사용 가능
 - 전력 수요자와 인접한 용도의 소규모 ESS는 시장 규모가 크고 성장성이 높은 반면, 비용에 민감한 특성이 존재해 재생 배터리 활용에 적합한 것으로 평가
 - 풍력/태양광 등 신재생에너지 출력보정, 피크시간 전력사용 조정(Time Shifting), 전력 피크량 저감(Peak Shaving) 등
 - 혹독한 전기차 사용 환경 대비 해당 용도의 ESS는 상대적으로 온화한 환경 하에서 사용 가능하기 때문에 10년 이상의 추가적인 사용 가능
- 배터리 재생은 크게 ①배터리 팩을 해체, 모듈/셀 단위 선별을 통해 재조립하거나, ②배터리 팩 그대로를 활용하는 방법으로 분류
 - 모듈/셀 단위로 선별 재조립하는 경우 불량 모듈/셀을 선별해내고 용도에 맞는 최적의 ESS를 재구성할 수 있는 반면, 추가 가공 시간 및 비용 소요
 - 안전 확보를 위한 까다로운 작업 환경이 필요하며, 작업자의 숙련도와 공정 단계 및 규모에 따라 비용 편차 발생
 - 팩 단위로 재생하는 경우 프로세스 단축을 통한 비용 저감이 가능한 반면, 배터리 팩 비표준화로 용량 확대를 위해서는 설계적인 제약 존재
 - 전기차용 배터리 팩은 자동차 Segment, 크기, 주행 특성 등에 따라 모양과 탑재 위치가 천차만별

- 종합적인 면을 고려하면 효율 극대화과 비용 최소화의 기본 전제가 단일 차종의 모듈 단위 이상의 배터리를 가공하는 것이므로, 결국 판매고가 높은 전기차 모델이 배터리 재사용 사업에도 유리

〈차종별 상이한 디자인의 배터리 팩〉



자료: 각 사

〈배터리 재사용 방법에 따른 장/단점 비교〉

직접 재사용(Direct Re-use)		분해/조립 (Module Configuration)	
Pros	Cons	Pros	Cons
간편한 공정	용도별 최적화 어려움	용도별 최적화 가능	추가 가공시간 소요
부품 대부분 재사용	Communication Interface 추가 필요	BMS 및 냉각 시스템 최적화 가능	신규 환경설정 필요
저렴한 비용	팩 단위 확장	모듈/셀 단위 확장	상대적 고비용

자료: ResearchGate, "A cost analysis of electric vehicle batteries second life businesses", 2014. 7.

□ 재생 배터리의 이론적인 판매 가격은 새 제품 대비 30~70% 수준 (美 NREL 경제성 분석)

- 전기차 운행 조건에 따른 배터리 상태, 가공 설비 규모, 신규 배터리 가격 등 변수에 따라 가격 편차 존재
 - 기본 가정: 전기차 25,000대/년 규모, 단위 모듈 5kWh, 배터리 상태 분석을 위한 데이터 확보 가능
- 중고배터리 매입 비용과 인건비가 전체 가공 비용의 80%를 차지
 - 신규 배터리 가격이 높을수록 중고 배터리 매입비가 높아지며, 작업자의 숙련도가 운영 효율에 큰 영향을 미침
 - 셀(Cell) 단위 분해 가공 시 효율 저하 및 인건비 급증 가능

〈Case별 재사용 배터리 가공 비용 및 판매가 분석〉

신규 배터리 가격 (U\$/kWh)	Second Use DOD*	Vehicle**	배터리 Health Factor	가공 완료된 배터리 판매 가격 (U\$/kWh)	배터리 구입비 (U\$/kWh)	가공비 (U\$/kWh)
250	60%	BEV75	0.33	83	51	32
		PHEV20	0.29	73	43	30
	50%	BEV75	0.72	180	131	49
		PHEV20	0.65	163	117	46
150	60%	BEV75	0.33	50	24	26
		PHEV20	0.29	44	19	25
	50%	BEV75	0.72	108	72	36
		PHEV20	0.65	98	64	34

자료: National Renewable Energy Laboratory(NREL), 2015. 2.

* DOD(Depth of Discharge): 방전심도. 비율이 높을수록 방전량이 많은 사용 환경

** BEV75 - 75mile range 전기차용 배터리, PHEV20 - 20 mile range PHEV용 배터리

3. 배터리 재사용 시장, 메이저 자동차사가 주도

□ 자동차사들은 배터리 리스, 교환 등 전기차 판매와 연계된 다양한 서비스를 통해 중고 배터리 확보가 가능하기 때문에 사업성 여부에 지속적 관심

사례) Nissan은 2014년부터 구형 Leaf 배터리 반납 조건으로 배터리 교체 서비스를 시행 중이며, 24kWh 반납된 배터리에 대해 U\$1천 가치 인정

○ ESS 설계/제작, 전력 제어 및 수요관리 등 자동차사에 없는 핵심 역량이 필요하기 때문에 대부분 독자 추진보다는 관련 기업들과 협력

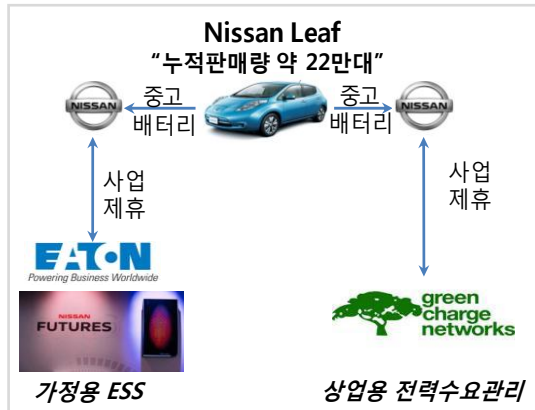
□ 가장 기본적인 사업모델은 가정용/상업용 ESS 제작 판매로, 시장을 주도 중인 Tesla 제품과 경쟁

○ Nissan은 2016년 전력 관리 기업 英 Eaton Energy와 협력하여 가정용 ESS 'xStorage'를 제작 판매하는 사업 개시

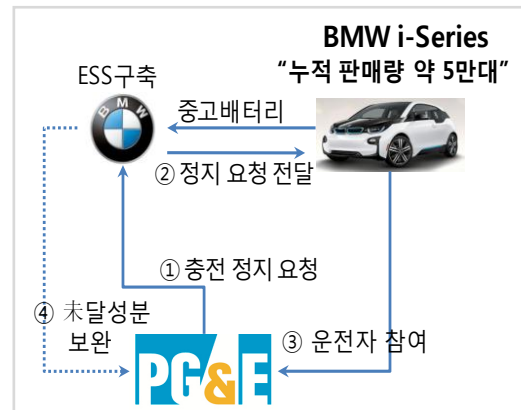
- xStorage는 중고 Leaf 배터리 모듈 12개를 재가공하여 ESS 제작
 - 가정용 태양광 발전과 연계한 전기 저장과 UPS 기능을 결합시킨 제품을 초기 타겟으로 설정, 이후 사업 모델 확장 계획
 - BMW도 중고 i3 배터리 활용한 가정/상업용 ESS 시장 진출 계획을 발표(2016년 6월)
 - 22kWh, 33kWh 두 가지 용량의 제품 출시 계획으로, 獨 Beck Automation이 배터리 가공 및 재조립을 담당
 - 제품에 사용된 배터리 가격 수준을 공개하진 않고 있으나, 시장 전문가들은 Nissan leaf의 재생배터리 공급가격을 U\$100/kWh 내외 수준으로 추정
 - Tesla의 상업용 ESS ‘Powerpack’과 가정용 ‘Powerwall’ 가격은 각각 U\$250/kWh과 U\$350/kWh 수준
 - 상용 제품 판매 외에도 자체 구축 ESS를 활용한 전력 관리, Smart Grid 연계 서비스 등 다양한 시범 프로젝트 통해 초기 상품성 확인 중
 - Nissan은 美 전력 관리 Start-up 기업인 Green Charge와 협력하여 Leaf 중고 배터리를 활용한 상업시설의 전력관리 서비스 개시
 - 사용자측에 ESS를 무상 설치해주고 전력비용 절감 중 일부를 수익으로 회수
 - BMW는 스웨덴 발전기업 Vattenfall, 독일 Bosch와 공동으로 i3 배터리를 활용한 2MWh 규모의 ESS를 구축하고, Grid 연계한 필드 테스트 진행 중
 - 동 설비 구축에 i3 100대분 이상의 배터리가 소요
 - (BMW) 중고 배터리 공급, (Bosch) 배터리 가공 및 ESS 설비 구축, (Vattenfall) ESS 설비 운영 형태로 역할 배분
 - BMW는 또한 美 PG&E*와 협력한 DR** 시범 프로젝트 ‘BMW i ChargeForward’를 지원하기 위해 100kWh 규모의 ESS 설비 구축/운영
 - 캘리포니아 지역 i3 운전자 100명을 대상으로 한 시범 프로젝트
 - 피크시간 PG&E 요청에 따라 운전자들이 충전을 미뤄 피크 수요를 저감하는 개념으로, 사전 협의 수준을 달성 못할 경우 ESS를 활용해 미달성분 보조
- * Pacific Gas and Electric Company, 중/북부 캘리포니아 전력 서비스 기업
 ** Demand Response, 전력 상황에 따른 실시간 수요 통제 프로그램

□ 그 밖에도 GM, Toyota, Daimler 등 다수의 전기차 생산 기업들이 유사한 사업을 시행 또는 준비 중

〈Nissan의 재생 배터리 사업 모델〉



〈BMW I ChargeForward Project〉



자료: 포스코경영연구원 종합

4. 갈 길 먼 국내 전기차 시장, 배터리 재사용 사업도 아직은 준비단계

□ 국내 전기차 시장은 중국, 미국 등 메이저 시장 대비 더디게 성장하고 있어 7~10년 뒤 활용 가능한 배터리 유통 미흡한 상황

○ 2015년까지 국내 전기차 누적 판매량은 약 4,300대 수준으로, 2020년 목표인 20만 대 달성이 어려운 상황

- '16년 상반기 판매량은 768대로 전년 동기(860대) 대비 오히려 하락

〈주요국 전기차* 누적 판매량〉

* BEV+PHEV 기준

	미국	중국	일본	한국	전세계
누적판매량(천대)	404.1	312.3	126.4	4.3	1,257
비중(%)	32%	25%	10%	0.3%	100%

자료: IEA, “Global EV Outlook 2016”, 2016

- 시장을 주도하는 'Killer App' 전기차 모델 부재로 재생 배터리 가공비 최소화를 위한 기본 요건인 '단일 차종 & 모듈 단위 배터리' 공급 기반 형성도 아직 요원
 - 국내 모델 별 판매량은 19대 ~ 235대 수준에 불과('16. 1월 ~ 5월 누적)
 - 동 기간 Model S, Leaf는 미국에서만 각각 8,400대와 4,700대가 판매
- 정부 및 지자체 중심으로 사업 지원과 관련 인프라 구축 계획을 발표하고 있으나, 대부분 기획 또는 준비단계로 구체적인 사업성 확인 또는 실질 효력 발생에는 상당 시일이 소요될 것으로 예상
 - 산업통상자원부, 2018년까지 3년간 'xEV 폐배터리를 이용한 ESS(500kWh급) 기술 개발 및 실증 사업' 지원 시행 발표 (2015년 末)
 - 총 60억 원의 사업비 지원, 배터리 잔존가치를 등급별로 산정해 합리적인 거래 기준을 마련하는 것이 주요 목적
 - 제주도는 폐배터리 재활용센터를 포함한 13만㎡ 규모 'EV 타운' 조성 계획을 구상 중이나, 부동산 가격 급상승에 따른 경제성 확보 여부 및 대규모 재원 소요 등 선결 이슈 산재
 - 2021년까지 약 1,600억원 투자하여 부지 內 안전검사, 유지보수, 충전 및 폐배터리 재활용센터 등 관련 기능을 모은 클러스터형 타운 계획 중
 - IT 중심 도시첨단산업단지 조성 계획이 부지조성 원가 상승으로 보류된 최근 사례를 고려 시 대규모 부지 조성에 난항 예상

5. 전망 및 시사점

- 전기차 배터리 재생사업의 초기 단계에서는 해외 메이저 자동차사들과의 긴밀한 협업 관계 구축이 핵심요건으로 작용
 - 배터리 확보, 상태 분석을 위한 운행 정보 등 비용 최소화를 위한 핵심 정보의 상당 부분을 자동차사가 보유
 - 배터리 진단 킷의 설치 여부, 모듈 크기 등 전기차 설계 조건에 따라 재생배터리의 활용 가치 변화

- 전기차 보급 부진 및 전기차 핵심 모델의 부재 등으로 국내 시장의 본격적인 배터리 재생 사업 여건 확보는 장기간 소요될 전망이나, 정부 주도의 시범 사업 참여 등으로 초기 사업 여건 Tapping 가능

- 국내 대기환경보전법상 구매 보조금을 받는 전기차 폐차 시 배터리를 정부 및 지자체에 반납하게 되어 있어, 수거된 배터리를 기반으로 하는 시범 사업을 통해 Risk 최소화 및 시장 여건 탐색 가능

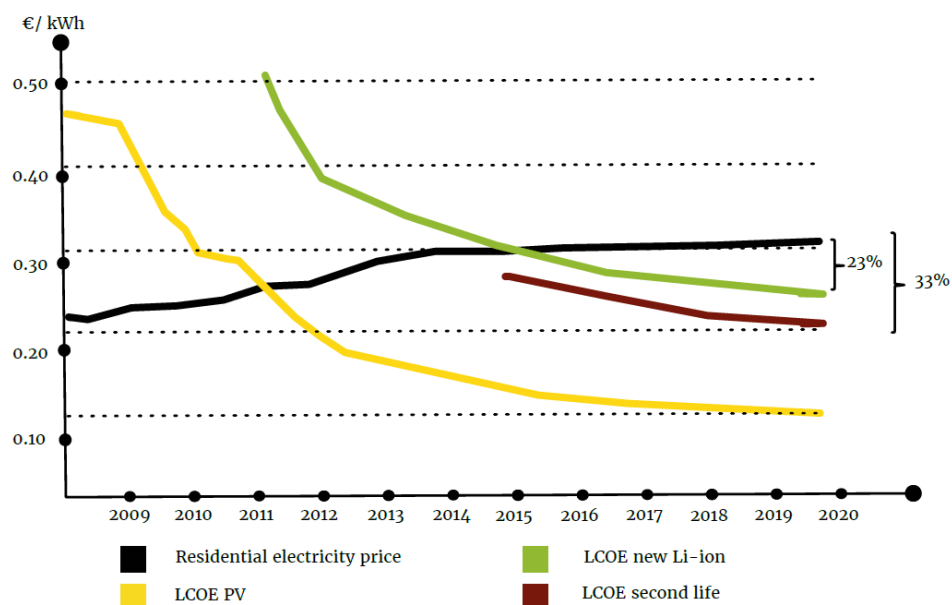
□ 재생 배터리의 보급 및 활용 확대는 ESS 확산의 걸림돌로 작용해왔던 배터리 비용의 문턱을 더욱 낮춰줄 수 있을 것으로 전망

- 전기차용 설비의 대규모 신증설 등으로 배터리 가격은 지속적인 하락세를 보이고 있으며, 재생 배터리도 동반 하락할 것
- BEE는 독일 내 가정용 태양광+ESS 연계 시스템에 재생 배터리를 활용할 경우 신규 배터리 대비 약 10%p의 추가적인 비용* 절감 가능할 것으로 분석 (2020년 기준)

* Levelized Cost of Electricity - 건설 및 운영비용을 포함한 kWh 당 비용

- 독일은 일조량이 많은 일부 지역 중심으로 2015년 태양광+ESS의 Grid Parity가 달성된 것으로 평가 (전기 자급률 65~70% 가정 기준)
- 2020년에는 태양광+ESS를 통한 조달 비용이 Grid 구매가보다 23% 저렴해질 전망이며, 재생배터리를 활용할 경우 33%까지 비용 절감 가능

〈독일의 가정용 태양광 + ESS 시스템 비용 추이 및 전망〉



자료: 獨 BEE, 2016. 4.

□ 향후 ESS 사업의 핵심 경쟁력은 수요가 패턴 정밀 분석과 이에 기반한 최적 설계 및 제어 등 소프트웨어적인 영역으로 이전될 가능성 높음

○ 시스템 비용 중 약 50%를 차지하는 배터리의 급격한 가격하락과 재생 배터리 등 설비 선택의 폭이 증가함에 따라 용도별 최적화가 경제성 차별화의 주요 변수로 작용

- 최근 McKinsey 조사 결과에서 동일 용도의 ESS를 운영하더라도 배터리 특성에 따라 최대 80%의 수익성 편차가 발생한 것으로 확인
- 재생 배터리 활용 경쟁력은 배터리의 정확한 상태 분석과 예상 수명 산출, 이에 기반한 최적 용도 매칭 등의 알고리즘과 경험 확보 여부가 될 것
- 일부 지역 중심으로 ESS의 경제성이 확보되기 시작했으므로 장기적으로는 설비 경쟁력 외 차별화된 수익 모델 개발이 핵심 경쟁력으로 부상 가능

Ex) Nissan-Green Charge 사업 모델(설비 무상 지원 + 절감 비용 배분) 등

○ ESS 사업의 장기적인 경쟁력 확보를 위해 관련 기업들은 고객별 사용 패턴 및 수요 예측에 기반한 맞춤형 ESS 설계 능력, 사업모델의 다양화 등 소프트웨어적인 역량 제고에 힘써야 함

이 자료에 나타난 내용은 포스코경영연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.

[참고자료]

[보고서/논문]

NREL, “Identifying and Overcoming Critical Barriers to Widespread Second Use of PEV Batteries”, 2015. 2

Bundesverband Erneuerbare Energie(BEE), “Second Life-batteries as Flexible Storage For Renewable Energies”, 2016. 4

ResearchGate, “A Cost Analysis of Electric Vehicle Batteries Second Life Businesses”, 2014. 7

easyLi, “Second Life Electric Vehicle Batteries: A Major Opportunity for Behind-The-Meter Energy Storage Systems”, 2015.10

SNE, “글로벌 전기차 시장의 폭발적 성장과 주요 이슈 분석”, 2016. 4

McKinsey & Co., “The New Economics of Energy Storage”, 2016. 8

IEA, “Global EV Outlook 2016”, 2016.

[홈페이지]

Navigant Research (<http://www.navigantresearch.com>)

[언론]

GreenTechMedia, “Nissan, Green Charge Networks Turn ‘Second-Life’ EV Batteries Into Grid Storage Business”, 2015. 6

GreenTechnica, “Nissan Reuses EV Batteries For Home Energy Storage - xStorage”, 2016. 5

InsideEVS, “Bosch Cooperates with BMW and Vattenfall in Second Life Battery Project”, 2015. 2

한국일보, “세계서 폭발적 성장 전기차, 한국만 ‘후진 중’”, 2016년 7월 13일자

서울경제, “시동 꺼진 국내 전기차 시장”, 2016년 6월 13일자

전자신문, “전기차 오너도 모르는 5가지 비밀…배터리 주인은 정부·지자체?”, 2016년 8월 6일자

뉴스원, “제주도, 전국 최초 전기차 타운 만든다”, 2016년 8월 7일자