



ESS(에너지저장시스템) 보급 로드맵 및 수익모델 방안



마 삼 선
KEPCO 전력연구원 그린에너지연구소 수석연구원

1. 개 황

에너지는 일을 할 수 있는 능력으로 저장된 에너지가
 많을수록 생명활동의 제약요소인 시간과 공간을 확장

시키며 인식의 지평 또한 확대해 나간다. 역사적으로
 에너지의 활용을 살펴보면 18세기 중엽부터 19세기에
 이루어졌던 1차 산업혁명은 증기기관과 석탄을 동력으로
 삼아 에너지 변환 방법의 혁신을 이루었고, 20세기의

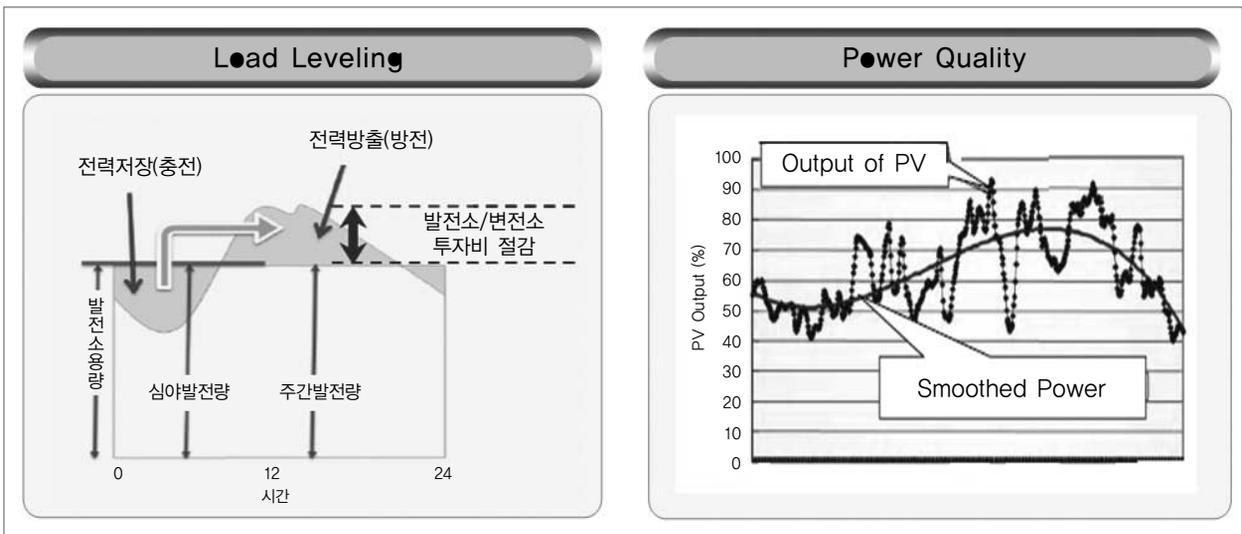
2차 산업혁명은 석유를 기반으로 효율적인 에너지 이용 방법을 고안하였다. 21세기와 함께 준비해야 할 3차 산업혁명은 화석에너지를 넘어 에너지의 독립으로 갈 수 있는 비전을 담고 있다. '3차 산업혁명'이란 책을 낸 미국 펜실바니아대 와튼스쿨의 Jeremy Rifkin 교수는 새로운 에너지체제와 커뮤니케이션을 접목하면 새로운 산업 혁명도 이루어 낼 수 있다는 주장을 하였다. 그가 꼽은 3차 산업혁명의 핵심요소로는 ▲산업에너지를 재생 가능한 에너지로 전환 ▲수요지 현장에서 신재생 미니 발전소 운영 ▲에너지저장장치(ESS : Energy Storage System) 기술보급으로 불규칙적 에너지의 보존 ▲에너지 공유 네트워크로 구성된 광범위한 유통망 조직 ▲수소 에너지 활용 및 공유망 활성화 등이 있다. 신재생에너지와 수소에너지를 근간으로 한 전기에너지를 저장하여 네트워크로 공유하는 방법을 찾는 것이 새로운 에너지혁명이다. 이를 위하여 전력계통에서는 스마트그리드를 추진하고 있지만 에너지저장장치가 뒤따르지 않아 현재 까지 가시적인 성과를 이루어내지 못하고 있다. 수요와 공급이 일치해야 하는 전기적 특성 때문에 전기사업자는 수직계열의 거대산업으로 운영하고 있다. 만일 전기

저장 방법이 보편화된다면 현재 전력유통 패러다임을 혁명적으로 바꿀 수 있게 된다. 근대자본주의의 융성이 잉여가치에 근거하듯이 전기저장의 확대는 전력산업에 거대한 잉여가치를 가져올 수 있다. 이러한 잉여가치의 확장은 에너지자유화 곧 에너지독립을 이룰 수 있게 된다. 이렇게 에너지산업의 대변혁을 이루어 낼 에너지저장장치가 경제성을 가지고 우리 곁에 점점 가까이 다가오고 있다.

2. 현황

가. 기술별 원리 및 특징

에너지저장시스템이란 남은 전기를 전력계통(Grid)에서 저장한 후, 필요한 시점에 이를 이용함으로써 에너지를 효율적으로 이용하는 것을 말한다. 일반적으로 야간 경부하시에 유희전력을 저장하여 주간 중부하시 이용, 부하평준화(Load Leveling)와 주파수제어를 통한 전력품질의 최적화에 기여하는 것이다. ESS는 최근 활발하게 개발되고 있는 신재생에너지를 고품질 전력으로 전환 후



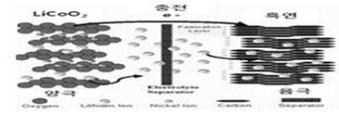
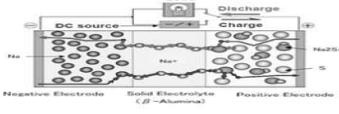
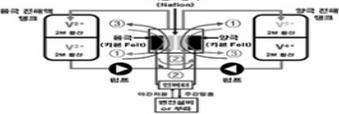
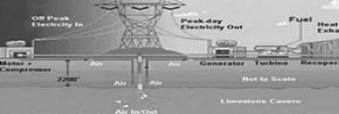
[그림 1] 에너지저장시스템의 전력계통 내 적용 효과

전력망에 연계하는데 핵심적인 역할수행이 기대되고 있다. 특히 출력변동성이 큰 풍력발전과 태양광발전 시스템을 계통에 연계할 때 필요한 장치이다.

에너지저장의 원리는 전력계통으로부터 전기에너지를 받아 이온화, 운동에너지화, 물리적 압축 및 화학적 에너지로 저장하였다가 필요한 시기에 전기에너지로 변환하여 전력계통에 공급하는 것이다. 중대형 에너지 저장장치는 표 1과 같이 6가지로 분류할 수 있다. 리튬

이온 전지는 대표적인 이차전지로서 양극과 음극 사이에 분리막과 전해질이 있어 리튬이온이 이동하면서 에너지를 저장하고 방전한다. 출력특성과 효율이 양호하나 아직은 경제성에 문제가 있다. 나트륨황 전지는 나트륨이온전도가 가능한 고체전해질을 고온에서 가동하며, 대용량 ESS 구성에 유리하다. 레독스 흐름 전지는 전기화학적 환원/산화 전위차를 이용하여 에너지를 저장하며, 대용량 장시간 사용에 필요한 조건을 갖추고 있다. 초고용량 커패시터는 신속한 응답성이 장점으로 수송기계 분야의

[표 1] 에너지저장장치의 원리 및 특징

종류	작동 원리 및 특징
 <p>LiB(리튬이온 전지)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● (원리) 리튬이온이 양극과 음극을 오가며 전위차 발생 ● (장점) 고에너지밀도, 고에너지효율 ● (단점) 안전성·수명 未검증, 고비용
 <p>NaS(나트륨황 전지)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● (원리) 300~350°C의 온도에서 용융상태의 Na 이온이 전해질을 이동시켜 전위차 발생 ● (장점) 고에너지밀도, 저비용, 대용량화 용이 ● (단점) 고온 시스템 필요, 저에너지효율
 <p>RFB(레독스 흐름 전지)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● (원리) 전해액 내 이온들의 산화·환원 전위 차를 이용하여 전기에너지를 충·방전 ● (장점) 저비용, 대용량화 및 장시간 사용 가능 ● (단점) 저에너지밀도, 저에너지효율
 <p>Super Capacitor (초고용량 커패시터)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● (원리) 소재의 표면에 대전되어 전력 저장 ● (장점) 고출력밀도, 긴 수명, 안정성 ● (단점) 저에너지밀도, 고비용
 <p>Flywheel(플라이휠)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● (원리) 전기에너지를 회전하는 운동에너지로 저장했다가 다시 전기에너지로 변환 ● (장점) 고에너지효율, 긴 수명 ● (단점) 초기 구축비용 과다, 저에너지밀도
 <p>CAES(압축공기저장시스템)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● (원리) 잉여 전력으로 공기를 동굴이나 지하에 압축하여 저장한 후 압축된 공기를 가열하여 터빈을 가동 ● (장점) 대규모 저장 가능, 낮은 발전단가 ● (단점) 초기 구축비용 과다

제동에너지회수 및 신재생에너지의 단주기 출력변동 완화에 적용되고 있다. 이외에 기계적 저장 방식인 플라이휠과 압축공기저장장치도 기계적 에너지저장 ESS로 주목을 받고 있다.

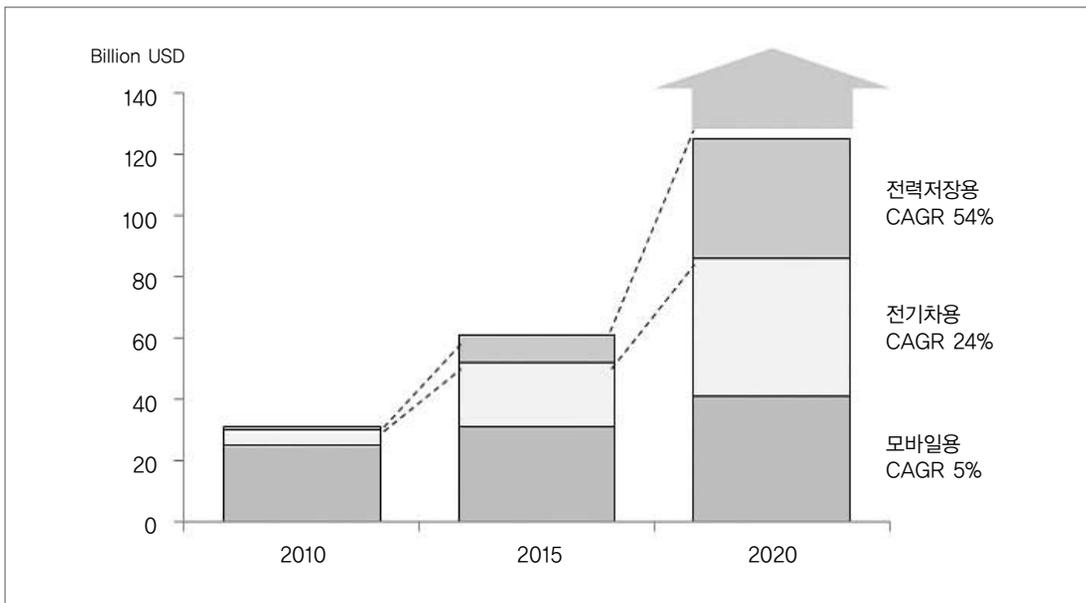
나. 국내·외 시장동향

ESS 시장현황은 미국, 일본 등 선진국을 중심으로 초기 시장형성 단계에 있다. 전력계통용 시장은 미국이 전 세계의 78% 정도를 차지하며 가장 큰 시장을 형성하고 있다. 2011년 기준으로 전력계통용 전체 용량은 약 120만 kW이다. 이 중 전력계통용이 80%이고, 무정전전원장치(UPS) 등 보조서비스용이 20%를 차지한다.

시장전망을 살펴보면, 전 세계적으로 신재생에너지 도입 및 전력수요 증가에 따라 시장전망은 아주 양호한 것으로 예측된다. Pike리서치에 의하면 2조 원(2010년) 이던 시장규모가 47조 원(2020년) 규모로 약 25배 성장할 것이며, 저장용량은 110만kW(2010년)에서 2,010만kW(2020년)로 약 18배 증가할 것으로 전망되고 있다. 이가

운데 가장 많이 활용될 것으로 보이는 리튬이온전지의 시장도 그림 2와 같이 2015년부터는 ESS 비중이 확대될 전망이다. 리튬이온 전지의 가격은 현재 양산기준으로 100만 원/kWh 수준이지만, 시장 확대로 2020년이면 20만 원/kWh까지 하락할 것으로 예측된다.

세계 주요국들의 ESS 적용 동향을 살펴보면, 미국 전력회사인 ASE사가 ESS 전문회사인 AES Service라는 자회사를 설립하여 MW급 기술개발 및 실증사업을 수행 중에 있다. 캘리포니아주는 ESS 설치 의무화제도 법안을 마련하여 2014년부터 공급전력의 2.25%, 이후 2020년에는 5% 이상의 ESS를 설치할 수 있도록 일정 보조금을 지급하고 있다. EU에서는 태양광주택에 적용하는 Solion 프로젝트를 중심으로 신재생 연계 리튬이온전지 ESS 연구를 수행중이다. 후쿠시마 원전사고 이후 원전정책이 퇴보되면서 전력부족이 심화되고 있는 일본은 리튬이온 전지 산업의 주도권 확보를 위해 대규모 보급 사업을 추진하면서 ESS 설치 보조금을 지급하고 있다.



[그림 2] 리튬이온전지 세계시장 전망

3. 대용량 ESS 보급 촉진 로드맵

삶의 질 향상과 IT 서비스 고도화 등에 따라 전력 의존도가 심화되고 기후변동의 영향으로 전력수급에 애로가 많았던 지난 7월, 정부는 '대용량 전력저장장치 보급 촉진방안' 을 발표하였다. 그동안 여러 기관에서 만들었던 ESS 보급 촉진 로드맵을 현실적으로 통합, 수정한 것이다.

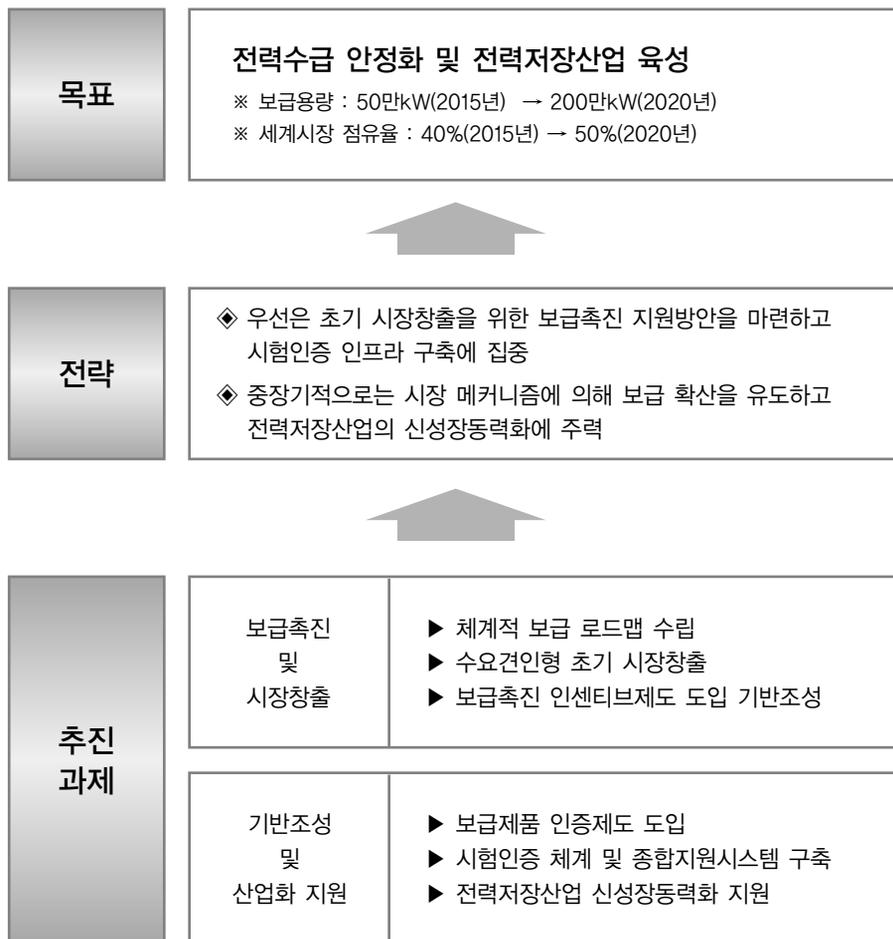
추진전략으로는 국내보급 확대로 전력수급 안정화 및 전기저장산업 발전기반을 조성하는 것이다. ESS 국내

보급 목표는 50만kW(2015년)와 200만kW(2020년)로 역동적인 보급을 추진하는 것이다.

시장상황에 능동적으로 대처하기 위하여 보급 로드맵은 2년 주기로 보완할 예정이다.

민간보급은 전력피크의 주요 요인이 되는 상업용 건물 등 전력다소비 수용가를 중심으로 보급을 확대할 예정이다. 데이터센터나 무선통신기지국 등 적용이 용이한 전력다소비 시설의 ESS 보급을 촉진시키기 위해 보조금, 융자, 세제지원 등을 제공하고, 일정규모(1,000kW) 이상의 대규모 전력사용 신축건물에 대해 ESS 설치

[표 2] 에너지저장장치 보급 목표



[표 3] 연도별 보급 목표

구분	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2020년
연도별 보급용량(만kW)	10	15	25	30	30	30
누적 보급용량(만kW)	10	25	50	80	110	200

[표 4] 보급 로드맵

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
수용가	대구시 100가구 실증 (3kW급)		대형 건물 실증 (300kW급)							
			10kW~200kW급 상업용 보급							
							300kW급 이상 상업 및 산업용 보급			
							10kW급 가정용 보급			
송배전망 및 발전소	제주도 조천 변전소 4MW급		실증 고창 변전소 50MW급 실증							
							송배전망용 단계적 보급			
			발전원 연계 100MW급 실증				발전소용 단계적 보급			

의무화를 검토하여 2015년부터 시행할 예정이다. 초기 투자비용이 높아 시장 활성화가 늦어지는 점을 개선하기 위하여 ESS를 에너지절약시설 용자사업 지원 대상에 포함시켜 금융조달을 활성화하는 방안도 추진된다.

설치비용의 10%에 상당하는 금액을 소득세 또는 법인세에서 공제하는 방안도 추진 중이다. 또한 전력저장장치의 활용도를 높이기 위해 전기요금제도를 개선할 예정이다. 고압전력 소비자를 대상으로 계시별 요금제를 단계적으로 확대하기 위해서 현재 300kW 이상의 고압전력 소비자군을 100kW 이상으로 하면 약 16만의 고객이 요금제도에 반응하게 된다.

이와 함께 최대피크 발생일과 시간대에 고율의 할증

요금을 부과하고 평시요금을 할인해주는 선택형 최대 피크요금제의 도입도 추진 중이다.

공공보급을 촉진하기 위해서는 기존 공공건물은 ESS 설치를 권고하며, 성과에 따라 단계적으로 확대할 예정이다. 그 외 교육시설이나 도로 교통시설 등도 ESS 장치의 설치를 추진하고 있다. 이와 함께 ESS 장치를 실시간으로 모니터링하여 피크관리 및 활용 지원을 위한 종합지원시스템을 구축할 예정이다.

이차전지를 기준으로 양방향 통신시스템을 구축하면 전력사용을 모니터링하여 요금을 정산하고 피크이전 제어가 가능하다.

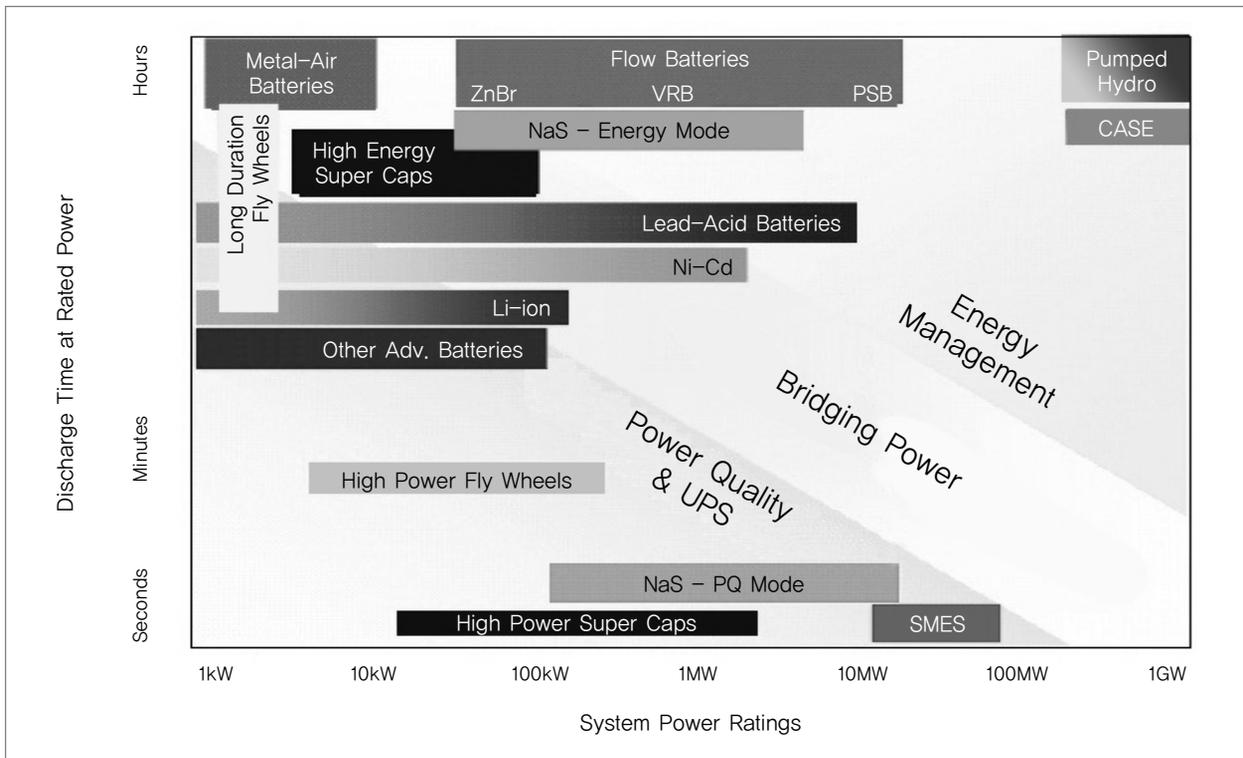
4. 기능에 따른 활용방법

ESS는 특성에 따라 적용분야가 달라지기 때문에 시장도 크게 2가지로 생각해 볼 수 있다. ESS 시장은 계통보조 서비스 등 계통제어 용도의 단시간대용 시장과 전력저장을 통한 피크이동 용도의 장시간대용 시장으로 구분할 수 있다. 단시간대용은 용량이 20MW 이하로 비교적 소규모로 응용시간이 빠르고 순간출력이 크다. 전력계통의 제어, 주파수제어, 신재생전력품질조정, 지역용 전기저장 등에 사용되고 출력지속시간은 2시간 이내다. 주로 고급납축 전지나 플라이휠 저장장치가 사용되며 최근에는 리튬이온 전지가 부상하고 있다.

장시간대용은 용량이 MW급부터 GW급까지 다양하며 출력지속시간은 2시간 이상 12시간 이내다. 적용되는 주요기술로는 나트륨황 전지, 레독스흐름 전지, 압축공기 에너지저장장치 등이 있다. 그림 3은 ESS시장 구분을

정리한 것이다. ESS의 성능을 표시할 때는 가로축에 출력 크기를 세로축에 방전시간을 좌표로 한다. 출력크기와 방전시간을 조합하여 출력은 적지만 빠른 방전을 할 수 있는 ESS는 계통출력의 품질유지와 무정전전력공급(UPS)용으로 사용한다.

다음 단계로 높은 출력은 순동예비력(Spinning Reserve)용으로 사용하며 응용시간은 적지만 큰 출력 특성을 가진 ESS는 에너지관리용으로 사용한다. ESS 성능의 또 다른 표기방법은 출력(Power)과 에너지이다. 단위로써 출력은 kW를 사용하고, 에너지는 kWh를 사용한다. 출력 및 에너지의 적용범위를 표 5에 나타냈다. 초단위의 응용성이 빠른 경우 출력을 적용하며 주로 전력품질과 전압제어에 사용한다. 반면에 응용성은 느리지만 저장량이 큰 것은 수요관리나 피크이동 등에 사용한다.



[그림 3] 출력과 방전시간별 ESS의 적용 범위

[표 5] 출력 및 에너지적용 범위

	출력 →		← 에너지
부하 ↓	전기품질 제어 정밀기기 제어	부하추종	피크이동 수요관리
계통 ↑	전압 제어 순시전력 제어	신재생 급전 소규모 전력 제어	송전손실 완화 차익 거래
	초	분	시간

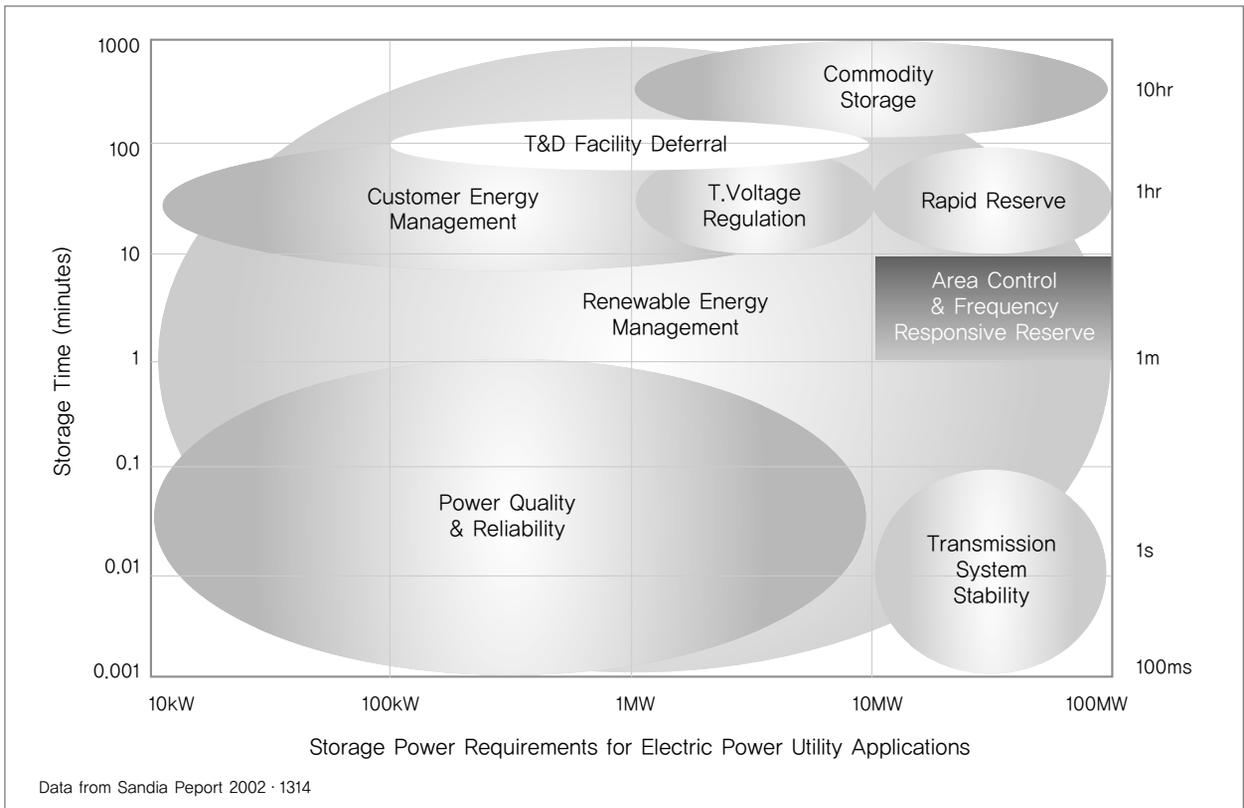
5. 수익원 분석

ESS의 보급을 확대하기 위해서는 수익원의 확대가 필요하다. ESS의 수익모델은 전력공급 분야, 전력시장 보조서비스 분야, 전력계통 분야, 전기사용자 분야 및

신재생에너지 통합운영 분야 등 5개로 분류하며, 기능에 따른 수익원 분포는 그림 4와 같다.

가. 전력공급 분야 수익원

전기에너지시간 이전(Electric Energy Time-Shift)



[그림 4] ESS의 기능에 따른 수익원 분포

: 주간시간의 전력피크량을 심야시간의 유휴전력으로 대체하는 것으로 심야요금과 주간피크요금의 차이가 심할수록 효과가 크다.

- 공급예비력(Electric Supply Capacity) : 전력요금은 변동비인 계통한계가격과 고정비인 용량요금으로 구성하는데, 이 중 공급예비력 확보를 위한 용량요금이 ESS 설치 시 수익원이 된다.

나. 전력시장 보조서비스 관련 수익원

- 부하추종(Load Following) : 교류전력은 특성상 수요와 공급이 일치해야 하기 때문에 수요인 부하 추종 능력에 따라 계통의 품질이 변한다. 정밀 부하 추종의 중요성은 IT기기의 보급이 확대될수록 커지고 있다.
- 지역급전(Area Regulation) : 분산전원 확대와 전력전자기술의 발달로 지역별 급전이 증가하고 있으며, 지역별 계통제어로 더 좋은 품질의 전력을 확보할 수 있어 점점 가치가 증가하고 있다.
- 무효전력공급원(Electric Supply Reactive Capacity) : 조상기 등 별도의 무효전력공급원을 대체할 수 있어 계통에 도움이 된다.
- 전압제어(Voltage Support) : 전력수요지가 많아 질수록 계통전압 유지의 중요성도 늘어난다. ESS는 계통의 전압안정에도 기여한다.

다. 전력계통운영 분야의 수익원

- 송전 보조(Transmission Support) : ESS를 송전선로에 설치하여 송전을 보조한다.
- 송전혼잡 완화(Transmission Congestion relief) : 발전과 수요 간의 불일치로 인한 송전혼잡을 적당한 송전선에 설치한 ESS가 완화한다.
- 송전선로 건설투자보류(T&D Upgrade Deferral) : 송전선로 건설을 늦출 수 있어 투자비 집행이

늦는 만큼 자산관리에 도움이 된다.

- 변전소 보조전원(Substation On-site Power) : 송전선로에 설치된 ESS가 변전소운영 전원역할을 함에 따라 불시 정전에도 비상대비 할 수 있는 장점이 있어 많이 활용된다.

라. 전기수용가측 수익원

- 시간대별요금의 에너지관리(Time-of-Use Energy cost Management) : 전력사용시간대별 요금에 의한 에너지요금관리가 가능하며 수익원이 된다.
- 수요관리요금(Demand Charge Management) : 점점 중요성이 증가하고 있는 수요관리제를 통한 수익원이 된다.
- 전력서비스신뢰성(Electric Service Reliability) : 전력신뢰도를 높일 수 있어 정밀제어전력기기를 가진 사업장에 많은 도움이 된다.
- 전력품질향상(Electric Service Power Quality) : 전력품질에 따른 가치 평가가 계속 확대됨에 따라 품질이 수익원이 된다.

마. 신재생에너지 통합운영 분야 수익원

- 신재생에너지 시간이전(Renewable Energy Time-Shift) : 태양광이나 풍력 등 연속적이지 않는 신재생발전량을 저장하여 필요시간에 활용하는 서비스이다.
- 신재생에너지 용량확보(Renewable Capacity Firming) : 에너지저장이 확대되면 신재생에너지의 용량제한도 없어지므로 수익원이 된다.
- 풍력발전계통 통합(Wind Generation Grid Integration) : 풍력발전의 계통연계시의 문제들을 ESS로 해결할 수 있어 풍력과 수반한 요소가 된다.

바. 기타 가능 수익원 항목

- 자산 활용성 증대(Increased Asset Utilization)
- 송배전손실 회피(Avoid T&D Energy Losses)
- 송전접속비용 회피(Avoid Transmission Access Charges)
- 송배전투자위험 저감(Reduced T&D Investment Risk)
- 계통운영 용이(Dynamic Operation Benefits)
- 역률보정(Power Factor Correction)
- 공해물질배출 저감(Reduced Air Emissions from Generation)
- 유연성 증대(Increased Flexibility)

사. 수익모델의 가치 산정

다양한 수익모델의 정량적 지표가 있으면 향후 사업 모델을 수립하는데 큰 도움이 된다. 미국 에너지성 산하 Sandia National Lab.에서 2010년 계산한 자료에 의하면 표 6과 같이 수익원의 정량적 가치를 추정할 수 있다.

단위수익으로 보면 변전소운영 전원과 지역급전이 유망하고, 부하추종과 풍력연계용도 우수하다. 경제성 측면에서는 시간대별 요금제에 의한 에너지관리가 가장 큰 수익을 나타내고 부하추종 및 신재생용량 확보도 좋으며, 수요관리와 피크부하 수평화도 주요 수익원으로 볼 수 있다.

[표 6] ESS 정량적 수익 추정

수익유형	단위수익(\$/kW)		경제성(\$Mil.)	
	Low	High	CA	U.S.
1. Electric Energy Time-Shift	400	700	795	10,129
2. Electric Supply Capacity	359	710	772	9,838
3. Load Following	600	1,000	2,312	29,467
4. Area Regulation	785	2,010	112	1,415
5. Electric Supply Reserve Capacity	57	225	90	844
6. Voltage Support	400	-	433	5,525
7. Transmission Support	192	-	208	2,646
8. Transmission Congestion Relief	31	141	248	3,168
9. T&D Upgrade Deferral	481	687	226	2,912
10. Substation On-site Power	1,800	3,000	47	600
11. Time-of-use Energy cost Mgnt	1,226	-	6,117	78,743
12. Demand Charge Management	582	-	1,466	18,695
13. Electric Service Reliability	359	978	483	6,154
14. Electric Service power Quality	359	978	483	6,154
15. Renewable Energy Time-Shift	233	389	899	11,455
16. Renewable Capacity Firming	709	915	2,346	29,909
17. Wind Generation Grid Integration	500	1,000	135	1,727

6. 전망

최근 국내·외적으로 ESS가 새로운 에너지 사업으로 인식되면서 많은 관심과 함께 새로운 사업모델이 등장하고 보급이 증가되는 추세이다. 신재생전원의 증가가 수요로 이어지고, 리튬이온 전지 같은 ESS 가격의 하락으로 경쟁력이 향상되어 사업의 가능성을 높여 주고 있다. 우리 정부에서도 체계적인 보급 로드맵과 수요 견인형 초기 시장진출 방안 및 보급촉진 인센티브제의 도입 계획을 수립하여 추진해 나가고 있다. 이와 함께 ESS 제품의 인증 제도를 도입하고 시험인증 인프라 및 종합 지원시스템을 구축할 계획이다. 전력저장 산업을 신성장 동력화하기 위해 비즈니스모델을 확산하고 전문 인력을 양성하는 등 연구개발에도 많은 자원을 투입할 계획이다.

전력계통과 전력산업에서 ESS의 포지셔닝은 장시간 용의 에너지시장과 단시간용의 파워시장을 비롯하여 전력공급, 전력시장 보조서비스, 전력계통, 전기사용자 및 신재생에너지 통합운영 분야로 구분할 수 있으며, 여기에서 25가지 이상의 수익원을 생각해 볼 수가 있다. 이러한 수익원에 대한 충분한 이해가 선행되면 연구개발 및 비즈니스모델 개발이 보다 효과적으로 대처할 수 있을 것으로 보인다. 제3차 산업혁명의 기반이라고까지 여겨지는 ESS는 시장형성이 아직 초기단계이지만 올바른 방향을 가지고 노력한다면 세계적인 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다. 따라서 ESS의 보급 확산에 대한 관심과 열정이 필요한 시점이다. KEA