



한국형 공기압축기에너지저장 발전기술 개발 개요



백형평
한국중부발전(주) 발전처 동반성장추진팀 차장

1. 개황

지구 온난화에 대응하기 위해 촉발된 전 세계적인 온실가스 감축 노력은 에너지 효율 향상, 신재생에너지,

이산화탄소 포집 및 저장(CCS ; Carbon Capture and Sequestration) 등을 중심으로 각국의 실정에 맞게 중장기 로드맵에 따라 이루어지고 있다. 그 결과 에너지 산업계 전반의 패러다임 변화에 따라 신재생에너지 붐

(Renewable Boom), 원자력 르네상스(Nuclear Renaissance) 그리고 스마트그리드 시대(Smart Grid Era)의 도래를 앞당기게 되었다. 후쿠시마 원전사태는 각국의 원자력 중심 에너지 정책 개편에 제동을 거는 양상으로 변화될 조짐이 있지만 국내 여건상 원자력의 대안을 찾기 쉽지 않은 실정이다. 이러한 전력에너지 환경 변화로 인해 전력저장기술의 중요성 및 경제성이 재조명되고, 관련 기술 개발 역시 과거 어느 때 보다 활발하게 이루어지면서 가시적인 성과들이 나타나고 있다.

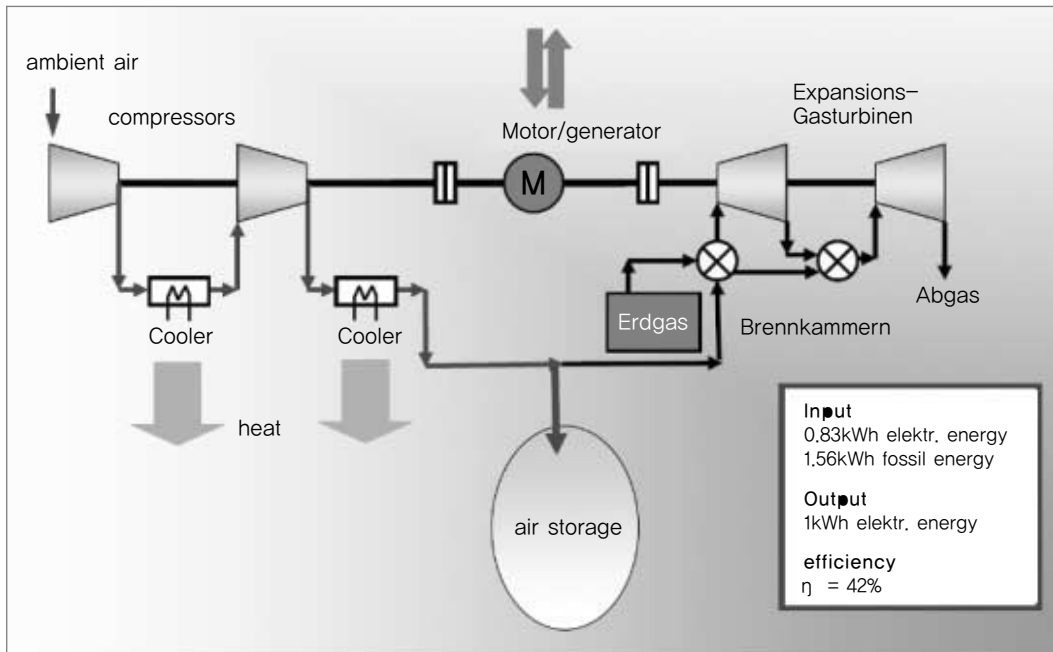
한편, 신재생에너지 보급과 국가에너지 효율성 제고 측면에서 대용량 전력에너지 저장 장치로서 지하공간은 재평가 받기에 충분한 여건이 형성되었다. 전력에너지 저장의 기본 원리는 전력에너지를 저장 가능한 다른 물리적 혹은 화학적 형태로 변환하여 저장하였다가 필요 시 전기에너지로 변환하는 방식이기 때문에 지하공간의 역할은 변환된 물리적 혹은 화학적 형태의 물질 즉, 물 · 수소 · 압축공기 등을 대용량으로 저장하는 것이다.

대용량의 전력에너지를 저장 가능한 상태로 변환하고 다시 전력에너지로 환원하기 위한 설비의 기술 수준과 환경적 · 경제적 측면을 고려할 때 가까운 시일 내에 상용화가 가능한 방식은 압축공기에너지 저장 발전(CAES ; Compressed Air Energy Storage)일 가능성이 높다. 이에 따라 본고에서는 국내외 전력에너지 저장과 관련한 CAES 시장 및 제도 분석, 신재생에너지 연계형 CAES의 가능성 등에 대해 소개하고자 한다.

2. 동향

가. CAES 기술 개요

CAES 기술은 잉여전력(심야전력, 풍력/태양광 등 신재생에너지)을 이용하여 압축공기를 저장하고 저장된 압축공기는 필요 시 LNG 연료와 함께 터빈을 구동하여 전력을 발생하는 전력저장과 발전의 하이브리드 개념 이라고 할 수 있다.



[그림 1] 독일 Huntorf CAES 발전소 구성도

일반 가스터빈 발전의 경우 LNG 연료의 약 60%가 공기 압축에 소요되지만 CAES의 경우 소비되지 않는 잉여전력을 활용하여 공기를 미리 압축해 놓기 때문에 60%의 연료비를 잉여전력으로 대체할 수 있다. 최근에는 발전 시 압축공기 가열원으로 다양한 열원(폐열, 태양열, 신재생연료 등)을 활용한 CAES와 압축 시 압축열을 팽창 시 재활용함으로써 연료를 사용하지 않는 AA-CAES (Advanced-Adiabatic CAES)도 제시되고 있다. 또한 공기 압축 시 압축열을 난방열로 팽창 시 냉각효과를 함께 활용하는 CAES 시스템 등 여러 가지 기능이 결합된 CAES가 제시되고 있다.

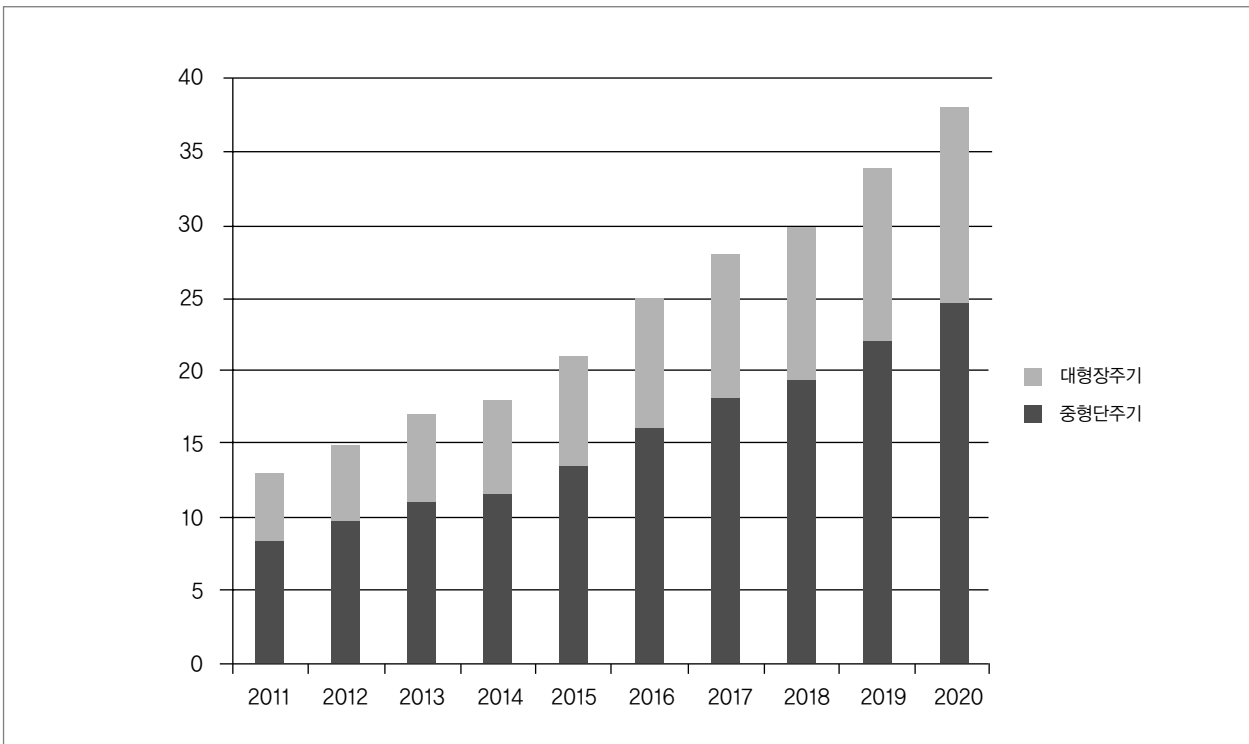
CAES 기술은 20MW급부터 수백MW급까지 대용량 에너지저장이 가능하며, 장주기용 Time Shift, 대규모 신재생에너지의 Renewable Leveling, 비상용 대기 전원인 Reserve Capacitor용으로 사용이 가능하다.

장주기 및 대용량 에너지저장을 위한 기술로써 양수 발전이 현재 전 세계 설비용량의 시장점유율 90% 이상을 차지하고 있으나, 높은 투자비용, 고낙차의 지형요구 조건, 대형 담수시설 건설에 따른 환경문제 등으로 인해 향후 장주기 및 대용량 에너지저장 기술로써 CAES 기술이 가장 유망할 전망이다.

나. CAES 시장 전망

■ 해외 시장

전 세계적인 신재생에너지의 보급 확산으로 2015년 이후 시장 수요가 급증하여 2020년에는 약 38조 원의 시장 규모가 형성될 것이다. 단주기/중대용량(1시간 이하, 50MW이하) 저장 시장이 65%로 약 25조 원, 장주기/대용량(1시간 이상, 50MW 이상) 저장 시장이 35%로 약 13조 원으로 구분되어 형성될 것으로 전망된다.

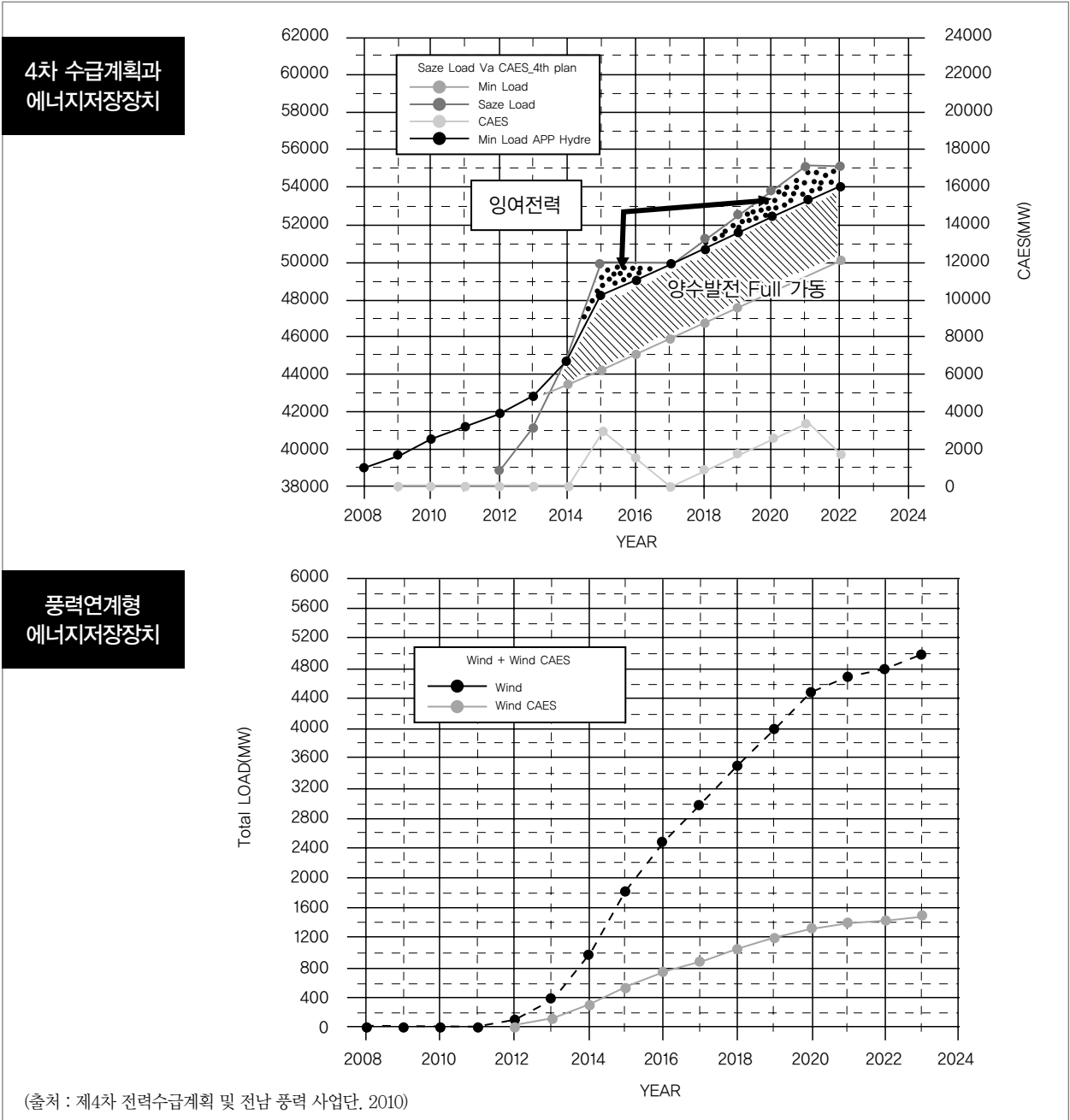


[그림 2] 전력 계통형 에너지 저장 세계 시장 규모(단위: 10억 불)

■ 국내 시장

국내 중대형 에너지 저장 시장 중 계통전력 에너지 저장 장치 시장은 2015년부터 원자력발전 및 기력발전설비 증가로 기존 양수발전 설비용량을 초과하는 유휴전력이 발생함으로써, 2022년에는 약 3.4조 원의 시장이 형성

될 것으로 예상된다. 2022년까지 전체 발전량 중 10%를 신재생에너지로 대체하기 위한 RPS(Renewable Portfolio Standard) 계획이 수립되고, 지자체를 중심으로 수 GW 단위의 대규모 풍력 건설 사업이 추진됨으로써 발생하는 계통 불안정을 보완하기 위해 중대형



[그림 3] 국내 중대형 전력저장 시장규모-CAES 중심으로

에너지 저장장치 시장이 급팽창할 것으로 전망된다. 전라 남도에 5GW 풍력단지가 건설될 경우, 2023년 중대형 에너지 저장 시장은 약 1.6조 원 가량으로 형성될 전망이다.

다. 전력저장관련 제도

전력저장의 필요성과 별도로 국내외 전력저장과 관련하여 조기 시장 창출을 위한 제도적 기반을 조성하기 위해 전력저장 설치 의무화, 보조금 지원, 가격 인센티브, 가정용 전력요금 개편과 같은 다양한 방안이 고려되고 있다.

현재 국내에서 고려할 수 있는 방안 중 하나로 전력 저장 시설의 설치 의무화를 들 수 있다. 100kW 또는 1MW 이상의 신재생에너지 발전 사업자들을 대상으로

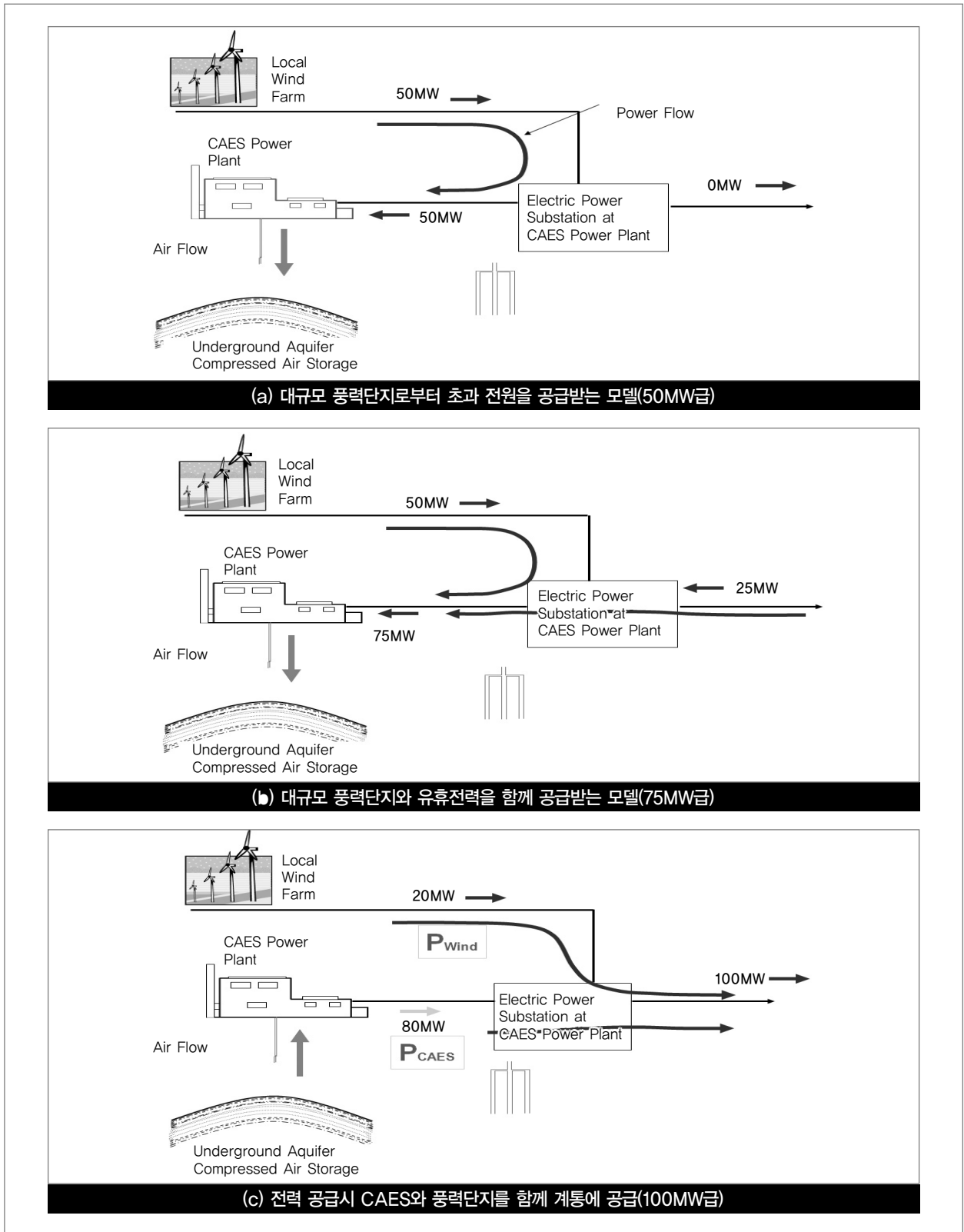
발전량의 10%에 해당하는 전력저장 시스템 설치를 의무화 하는 제도이며, 이는 전력저장 없이 전력량의 10% 이상이 신재생에너지로 발전되어 전력망에 연계될 경우, 전력 품질에 심각한 피해를 초래할 수 있기 때문이다.

또 다른 제도로써 보조금 제도를 고려할 수 있다. 이는 신재생에너지 단지, 주택·건물 등에 에너지 저장장치 설치 시, 정부가 일부 보조금을 지원하여 국내 보급 확산을 촉진하는 제도로 단주기 소형 전력저장 장치에 해당 된다.

해외 전력저장 관련 법규 분석 결과, 전력저장은 송전 기술의 하나로 인식되고 있으며, 계통 안정화 및 신재생 에너지 부하 기여도 증대를 목적으로 의무조항으로 전환하는 경향을 보이고 있다.

[표 1] 미국의 에너지 저장관련 법령 현황

법령	연도	주요 내용	비고
EPACT 05	2005년	에너지 저장을 진보된 송전 기술 중의 하나로 지정/등록됨	Energy Policy Act of 2005(FERC : 연방에너지 규제 위원회)
EISA 2007	2007년	에너지 저장 기술과 관련된 시스템, 법규제, 기술 장벽 등을 평가하기 위해 에너지 저장 자문 위원회 설립 및 향후 5년간 개발 계획 수립 활동	Energy Independence and Security Act 2007
ARRA	2009년	에너지 저장 프로젝트에 300만 달러, 스마트 그리드 프로젝트에 45억 달러(그리드에너지 저장 프로젝트 1억8천5백만 달러 포함), 그린에너지 프로젝트에 23억 달러를 지원함	American Recovery & Reinvestment Act of 2009
STORAGE Act, S. 1091	2009년	Storage Act는 ITC(Investment Tax Credit) 인센티브 등을 포함	ITC Max 30%
	2010년	재생에너지의 RPS와 유사하게 발전사업자가 발전용량 대한 일정 비율의 저장장치를 의무적으로 갖추도록 하는 SPS(Storage Portfolio Standard) 제정 필요성 언급	Power storage conference에서 STORAGE Act, S. 1091 법안을 수정 제안함
Energy Storage Bill AB 2514	2010년	발전사업자에게 의무적으로 에너지저장시스템을 조달하도록 함. 2015년 1차 목표, 2030년 2차 목표를 할당하여 달성하도록 규제함.	미국 캘리포니아 주정부, 신재생에너지 효율성 제고 목적



[그림 4] 풍력발전 단지와 연계된 CAES의 기능

3. 신재생에너지 연계형 CAES

국내 전력 시스템은 실시간으로 수요와 공급이 일치하는 중앙 집중형 시스템으로 전력사업자가 수요를 예측해서 공급 계획을 수립하면, 발전소에서 일괄적으로 전기를 생산해서 소비자에게 즉각 공급하는 방식이다. 따라서 중앙 집중형 전력 시스템에서 가장 중요한 사안은 정확하게 수요를 예측하고, 적시에 발전을 가동하는 일이라고 할 수 있다.

일정 규모 이상의 설비용량을 가진 신재생에너지 발전단지의 경우 전체 전력 계통에 영향을 미치며 송전망 확충 등 계통관련 설비투자가 필요한 단점이 있다. 대단위 풍력단지와 같이 신재생에너지 도입으로 수급여건이 실시간으로 일치하지 않을 경우, 전압 및 주파수(국내의 경우, 전압 220V, 주파수 60Hz 기준)에 이상이 발생하게 되고 이는 전체 전력 시스템의 품질 저하로 이어질 수 있다.

또한 신재생에너지원의 불확실한 발전량으로 인해 송전망 확충 등 계통관련 과도한 설비투자를 초래할 수

있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 전력저장 장치와의 연계를 고려할 수 있다. 즉, 전력계통에 영향을 미치지 않는 범위에서 기존 계통에 연결하여 전력을 공급하고 과출력 시 전력저장 장치에 저장 후 출력 저하 시 전기를 생산하여 안정적으로 전력계통에 공급하는 방식이다. 출력 유지 시간 및 용량 측면을 고려했을 때 대단위 풍력단지 연계용 대용량 전력저장장치로서 CAES를 고려할 수 있다.

풍력단지와 연계한 CAES의 운영 전략은 대규모 풍력단지로부터 생산전력 전체를 공급받는 형태와 풍력단지와 계통으로부터 함께 공급받는 경우로 구분할 수 있다. 또한 풍력단지에서 생산된 전력 중 일정 출력 수준을 넘어설 경우 잉여부분(저장 장치가 없는 경우 버려지는 부분인, Curtailment)만을 저장하고 나머지는 계통으로 공급하는 경우도 상정할 수 있다. 공급 시에는 풍력단지에서 나오는 출력부분과 CAES에서 나오는 출력부분을 함께 계통으로 공급하는 경우를 고려할 수 있다.

풍력단지에서의 출력이 부족할 경우 이를 매워주는 형태로 CAES가 전원공급을 할 수 있는 경우도 상정할 수 있다. KEA