



## 향상된 라이닝을 구비하는 압축공기 고압 유체저장조

대한민국특허 10-1321929

천연가스, 압축공기 등의 고압의 유체를 저장할 수 있도록 라이닝이 형성되어 있는 고압의 유체 저장조에 관한 기술이다.

연구원(류동우박사)은 신재생에너지의 잉여전력의 저장수단으로 기밀성과 안정성이 향상된 라이닝을 구비한 압축공기 에너지 저장용 고압유체저장조를 발명하였다.

연구원은 1MW급 압축공기 지하저장 실증을 통하여 풍력같은 신재생에너지의 가변적 전력 생산의 문제점을 해결하기 위해 본 연구를 수행하였다.

### [관련연구]

지하 암반내 복공식 에너지저장시스템 개발

### [개발자]

한국지질자원연구원 지하공간연구실 류동우 박사

### [Keyword]

신재생에너지, CAES

연락처 : 홍준영변리사 [jyhong@kigam.re.kr](mailto:jyhong@kigam.re.kr) / 042)868-3805

# I. 기술소개

## 1 기술개요

- ▣ 천연가스, 압축공기 등의 고압의 유체를 저장할 수 있도록 라이닝이 형성되어 있는 고압의 유체 저장조에 관한 기술임
- ▣ 캐번, 숏크리트층, 라이너, 백필재와 방수시트를 포함하여 구성됨
- ▣ 방수시트를 라이너와 백필층 사이에 설치해 방수성, 저장조의 안정성이 증가함

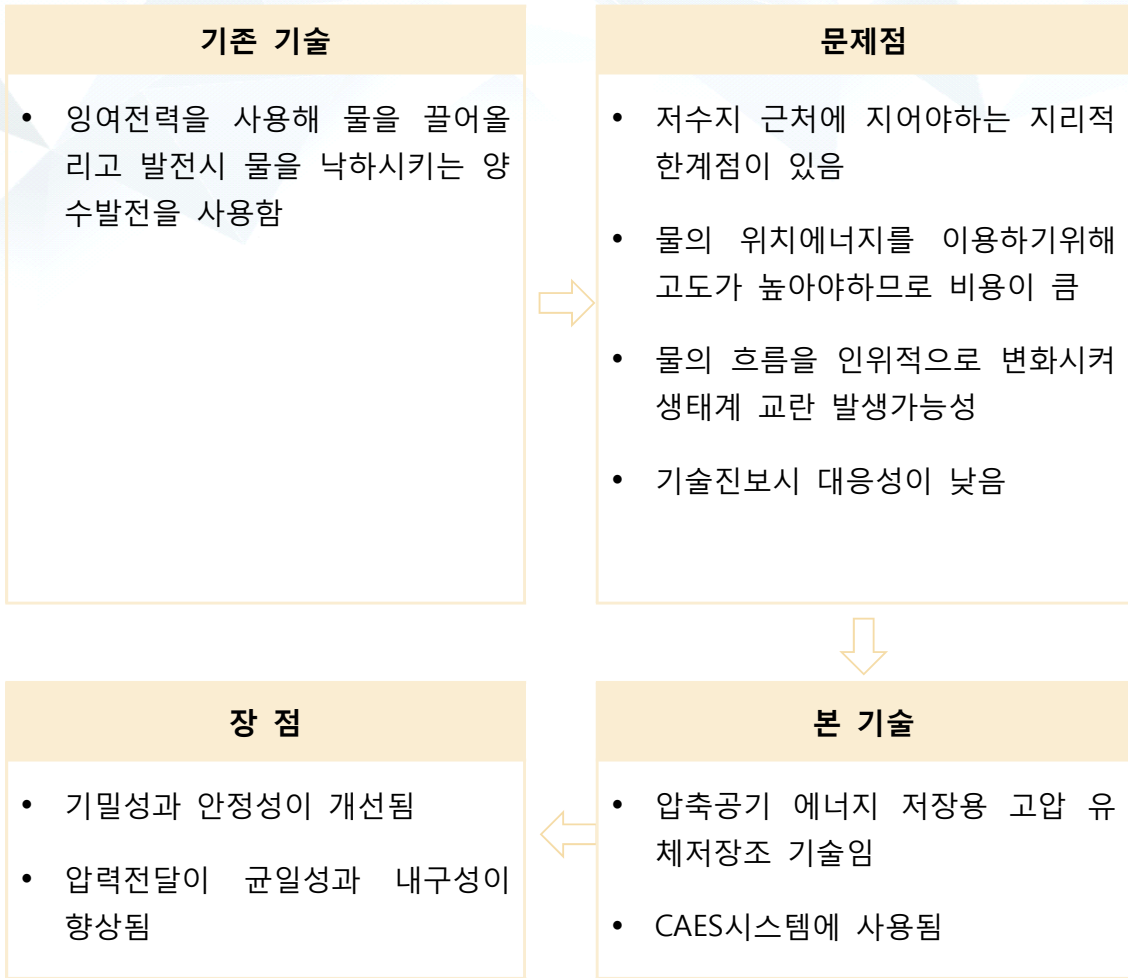
## 2 기술특징

### ▣ 경쟁기술현황

- 잉여전력 저장수단으로 사용되는 양수발전은 잉여전력으로 물을 끌어올리고 발전시 물을 낙하하는 방식을 사용함
- 물이 존재하는 곳에 발전소를 지어야 하므로 지리적 한계점이 있음
- 자연의 물을 끌어다 사용하므로 생태계 교란이 발생할수 있음
- 정해진 물의 저장용량을 넘을 수 없어 기술진보시 대응성이 부족함

### ▣ 경쟁기술대비 특징 및 장점

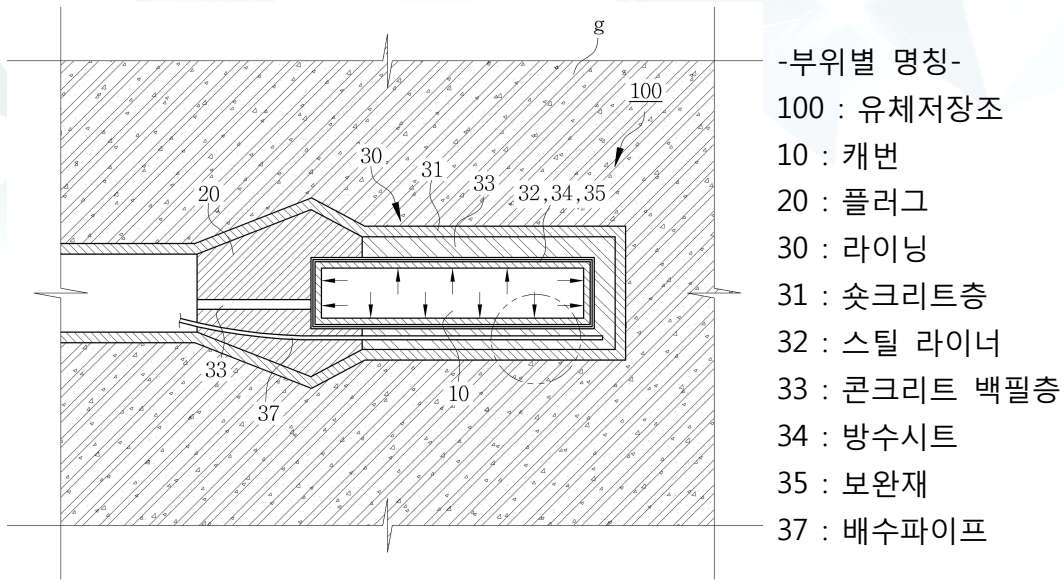
- 개선된 라이닝 설계기술로 유체저장조의 기밀성과 안정성이 높음
- 방수시트 설치시 균일성 저하 문제를 해결하여 안정성과 내구성 향상됨
- 공기를 압축하므로 적당한 지하 암반터널을 이용하기에 편리함
- 물저장탱크에 비해 유체저장조는 유체의 부피를 압력변화로 조절하므로 기술진보시 압축성이 좋아지므로 확장성이 뛰어남



### 3 기술구성

#### ▣ 기술의 상세 내용

- 압축공기를 저장하기 위한 공동인 유체저장조
- 유체저장조에 공기를 압축하여 저장하기 위한 압축기
- 공급받은 고압의 공기를 이용하여 발전을 하는 터빈
- 압축기 및 터빈과 캐번을 연결하기 위한 연결라인 및 열교환기
- 상기된 내용으로 CAES 시스템을 구성함



<그림> 유체저장조가 채용된 CAES 시스템의 개략적 도면

## 4 기대효과

### ▣ 기밀성과 안정성 상승

- 압축공기 저장조의 경우 최소 50bar 이상의 고압으로 유체가 저장되기 때문에 개선된 라이닝 설계기술로 기밀성과 안정성이 상승된 유체저장조는 국가에너지 개발계획에 중요한 요소임

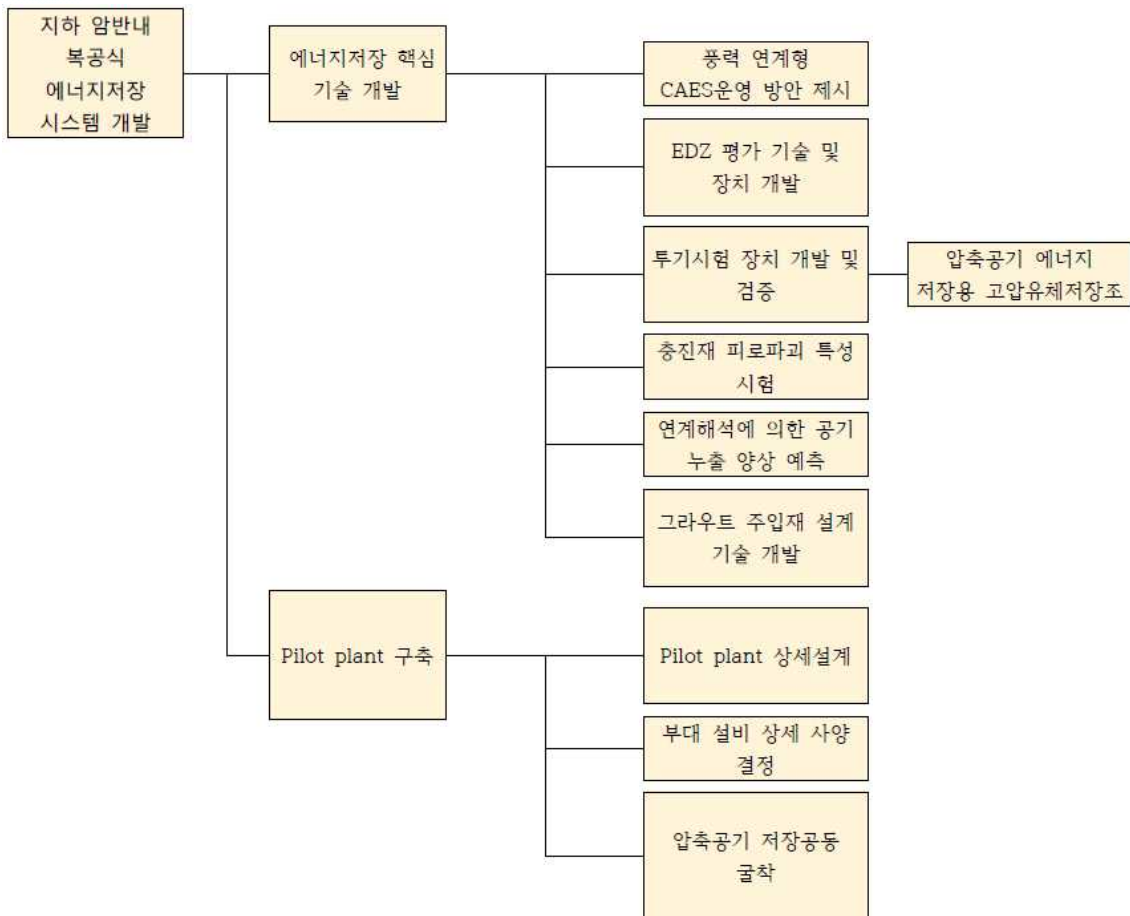
### ▣ 방수성 및 내구성 향상

- 방수시트를 라이너와 백필층 사이에 설치하여 라이너의 부식을 방지하고 캐번의 방수성을 강화하는 한편, 역청과 같은 보완재가 지하수에 의해 씻기는 문제도 해결함

### ▣ 잉여전력 저장 효율성 상승

- 유체의 유출을 최소화 할 수 있는 개선된 유체저장조를 국내외 관심이 높아지는 CAES 시스템에 사용할 경우 기존의 양수발전을 대체할 수 있어 잉여전력의 저장 효율성이 상승됨

## II. 관련연구 현황



- 친환경 지속가능한 지하공간의 창출과 이용
- 지반·지하공간 분야 글로벌 리더그룹으로서의 위상 확보
- 터널 및 지하공간 개발
- 지하암반내 에너지 지하저장

## Ⅲ. 산업동향 및 시장분석

### 1 산업동향

#### ▣ 국내 대용량 전력에너지저장기술의 개발현황

- 양수발전소는 일정 시간동안 첨두부하(최대 전력 수요)에 대응할 수 있는 전력을 공급하기 위한 시설임
- 여유전력이 발생하는 동안 지하 저수지로부터 1,000~2,000m 높이에 위치해 있는 상부 저수지로 물을 양수한 후 주간의 부하기간 동안 물을 낙하하여 발전함
- 지하 양수발전소는 일반적으로 1,000~3,000MW의 발전용량, 1,000~2,000m의 수위차, 최대 전력 수용 시 8~10시간의 저수지 가용 용량의 규모를 가지도록 설계됨

<표> 국내 지하 양수발전소 현황

	청평	삼랑진	무주	산청	
발전용량(MW)	400 (200×2)	600 (300×2)	600 (300×2)	700 (350×2)	
공사 기간	1973 ~ 1980 1979 ~ 1985	1989 ~ 1995 1993 ~ 1999	1989 ~ 1995	1994 ~ 2000	
수두(m)	473	345	589	429	
수로 터널의 전체 길이(m)	3,478	2,620	2,051	1,820	
발전 공동 정보	암종	편마암	응회암질 유문암	화강편마암	편마암
	심도(m)	350	150	280	250
	형상	버섯형	버섯형	버섯형	계란형
	규모(m)	22.5×46×88	21.5×43×92	23×47.5×100	25×49.5×116



<무주 양수발전소 조감도>

▣ **국외 대용량 전력에너지저장기술의 개발현황**

- 독일 Huntorf 발전소는 1978년 세계 최초로 건설된 압축공기를 이용한 가스터빈(CAES-G/T) 발전소로 발전용량은 290 MW이며 현재도 가동 중임
- 공동은 평균직경 55m, 높이 150m의 원통형으로 내부용적은 150,000 m<sup>3</sup>에 달함

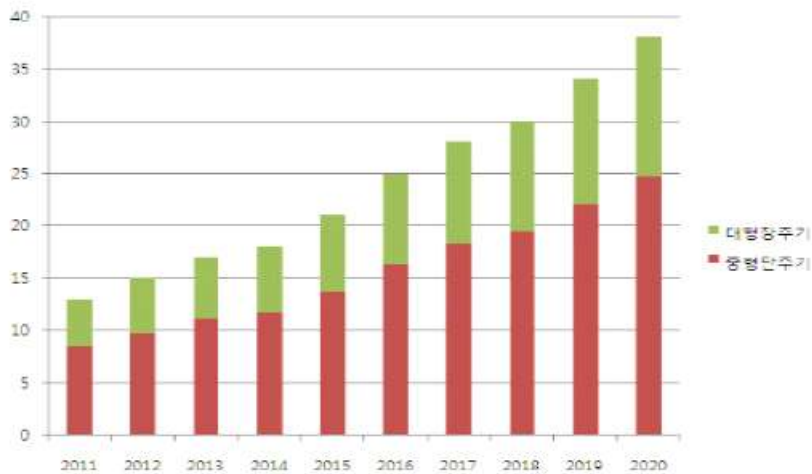


<전세계 CAES시스템 개발 현황>

- 독일 Huntorf 발전소 사례로부터 공기 압축 및 팽창과정에서 발생하는 폐열회수시스템을 개량하여 약 25%의 연료사용량을 저감한 CAES 발전소가 1991년에 미국 Alabama McIntosh 지방에 건설됨

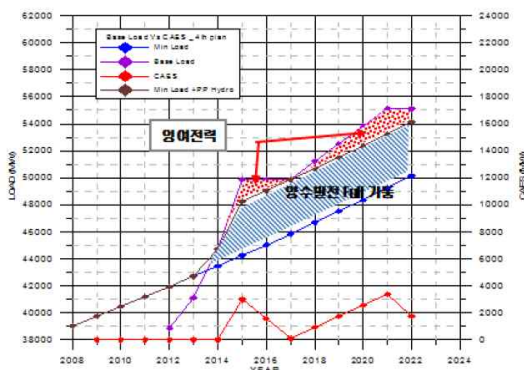
- 저장용량은 500,000m<sup>3</sup> 정도로 발전량 100 MW에 해당하고, 최대 저장압력은 74bar로 토출공기압력은 45bar임
- 이외에도 미국의 Norton, Ohio에서는 2700 MW급 CAES 발전소가 건설중임

▣ 국내·외 에너지 저장 시장현황

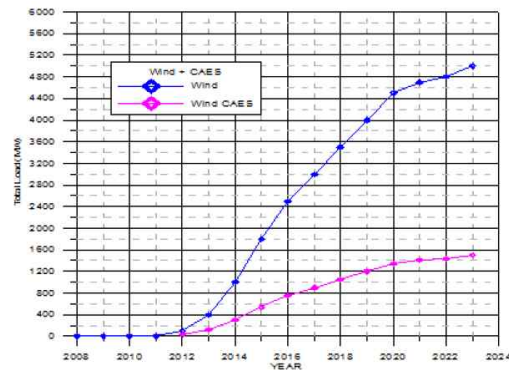


<전력 계통형 에너지 저장 세계 시장 규모 (단위: 10억kWh)>

- 전 세계적으로 신재생에너지의 보급 확산으로 세계시장은 2015년 이후 시장 수요가 급증하여 2020년에는 약 38조원의 시장 규모가 예상됨
- 단주기/ 중대용량(1시간 이하, 50MW이하) 저장 시장이 65%로 약 25조원, 장주기/대용량(1시간 이상, 50MW이상) 저장 시장이 35%로 약 13조원으로 구분되어 형성될 전망이다



<4차 수급계획과 에너지 저장장치>



<풍력연계형 에너지저장장치>

(출처: 제4차 전력수급계획 및 전남 풍력 사업단, 2010)



- 국내 에너지 저장장치 시장은 2015년부터 원자력발전 및 기력발전설비 증가로 기존 양수발전 설비용량을 초과하는 유휴 전력이 발생함으로써, 2022년에는 약 3.4조원의 시장이 형성될 것으로 예상됨
- 2022년까지 전체 발전량 중 10%를 신재생에너지로 대체하기 위한 RPS계획이 수립되어 중대형 에너지 저장장치 시장이 급팽창할 것으로 전망됨
- 전라남도 5GW 풍력이 건설될 경우, 2023년 중대형 에너지 저장 시장은 약 1.6조원 가량 형성될 전망임

## 2 시장동향

### ▣ 관련 시장의 한정

- CAES 시장

(단위: 조원, 조원)

연도	2011	2012	2013	2014	2015	2016	CAGR
세계CAES시장규모	13	15	17	18	21	25	5.8%
국내CAES시장규모	0.1	0.2	0.3	0.7	1.2	1.7	18.3%

(출처: 지하암반내복공식에너지저장시스템개발 보고서)

- 세계시장은 2011년 13조원 규모에서 2015년 이후 시장 수요가 급증하여 2015년 21조원, 2020년에는 약 38조원으로 연평균 5.8%의 성장세로 예상됨
- 국내 에너지 저장장치 시장은 2011년 0.1억원이며 2015년부터 성장세가 붙어 2015년 1.2억원, 2022년에는 약 3.4조원으로 연평균 18.3%의 높은 성장률로 추정됨

## IV. 연구인프라

### 1 연구실 소개

#### ▣ 연구실 : 지하공간연구실

#### ▣ 비전

- 청정에너지 사회 구현을 위한 에너지 지하저장 핵심기술 및 지하공간 활용 통합 솔루션 개발

#### ▣ 목표

- 친환경 지속가능한 지하공간의 창출과 이용
- 지반·지하공간 분야 글로벌 리딩그룹으로서의 위상 확보
- 터널 및 지하공간 개발
- 지하암반내 에너지 지하저장
- 고준위 방사성 폐기물 처분기술 연구
- 암반발파설계 및 구조물 발파해체
- 지반구조물 안전진단 및 유지관리
- 국가공인 KOLAS 인증 암석물성시험
- URL (Uunderground Research Lab) 기술 연구 및 지반특성 연구

## 2 연구현황

### 지하암반내 고온/고압 대응 LRC 저장기술

### GeoStorage 지하암반내 열에너지 저장기술 개발

[연구기간: 2012-2014년]

**연구 목표**

- 열에너지 및 CAES 지하암반저장 핵심기술 개발

암반공동 영상상계/요율분석 기술

열에너지/CAES 지하저장 핵심기술 개발

AA-CAES 시스템 개발을 위한 지하 열에너지 저장

주변환경 변화 예측/대응 기술

열환경조건에서 암반의 물성/균열 특성 평가

CAES 파일럿플랜트 운용기술 실증시험

**기대효과**

- 차세대 고효율 AA-CAES 시스템 개발 및 다목적 열저장 개념모델 설계기술 확보
- 대용량 지하 열저장을 통한 에너지 이용효율 증대
- 신재생에너지 등과 연계한 열에너지 지하저장 시장 창출 및 기술이전/보급

**인력/예산**

- 참여연구원 : 11.5 M/yr (2013년)
- 27.3억원 (2013년)

KIGAM 한국지질자원연구원 6

### LNG 지하공동 저장기술

### GeoStorage LNG 지하공동 저장기술 개발

지하공동 굴착기술 + LNG 내조시스템 → 신 개념의 LNG 지하저장기술 개발

**기술체계도**

<ul style="list-style-type: none"> <li>용융LPG 저류기/지하공동굴착기술</li> <li>지상탱크, 수송선 내조시스템 기술</li> <li>ICE Ring</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 단계</li> <li>2 단계</li> <li>3 단계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 단계: Dry-suction, 관부 형성 및 전처리, 불연성 시공</li> <li>2 단계: 콘크리트/암반 공동 구내 배수시스템 설계, ICE Ring 형성 시공예비선</li> <li>3 단계: Containment 기밀성 확인, 기밀용확인, Ice Ring 형성 확인, 실규모 시공 Process 대비</li> </ul>
--	--	---

**지하공동식 LNG 저장핵심기술**

지하공동 저장기술

Containment system

배수시스템 & Ice ring

LNG 지하저장 Ice Ring 원리

KIGAM 한국지질자원연구원