



압축공기 저장 및 발전방법

대한민국특허 10-1162319

공기를 압축하여 저장한 후 압축된 공기로 터빈을 돌려 발전하는 압축공기 저장 및 발전방법에 관한 기술이다.

연구원(류동우박사)은 해양풍력발전에너지의 잉여전력으로 공기를 압축하여 저장한 후 압축된 공기로 터빈을 돌려 발전하는 압축공기 저장 및 발전방법을 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 / 042)868-3805

I. 기술소개

1 기술개요

- ▣ 공기를 압축하여 저장한 후 압축된 공기로 터빈을 돌려 발전하는 압축공기 저장 및 발전방법에 관한 기술임
- ▣ 해양풍력으로 발전된 잉여전력으로 외부 공기를 흡입하여 공기를 압축한 뒤 압축공기로 터빈을 돌려 발전함
- ▣ 정압식 저장방식과 변압식 저장방식의 장점을 취합하여 효율적임

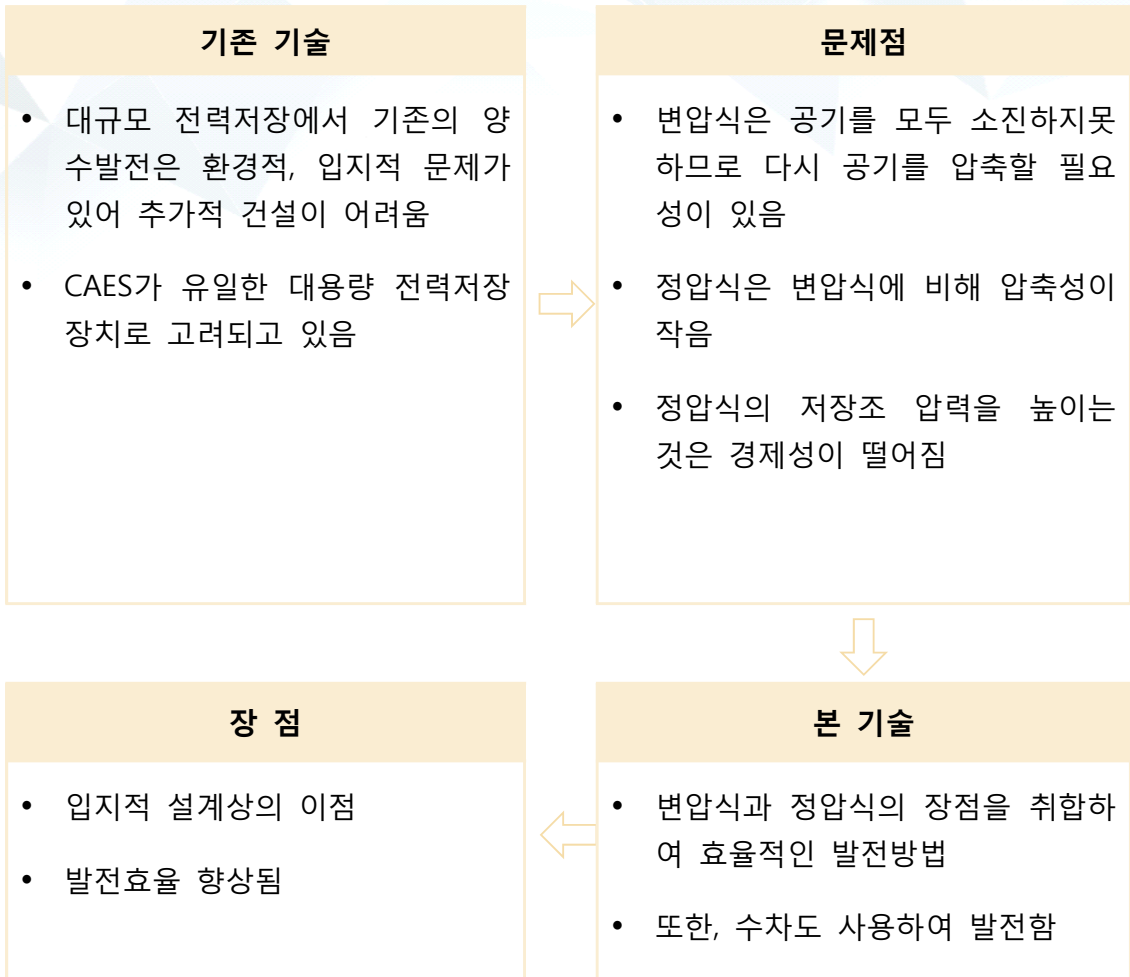
2 기술특징

▣ 경쟁기술현황

- 기존의 대규모 전력저장 및 발전에서 큰 부분을 차지하던 양수발전이 환경적인 문제 및 입지의 문제로 더 이상의 추가적 건설이 불가능한 점을 고려하면 CAES가 거의 유일한 대용량 전력 저장장치임
- 변압식 CAES는 저장조가 일정압력 이하로 저하되면 나머지 공기는 사용하지 못하고 다시 공기를 압축할 필요성 있음
- 정압식 CAES는 변압식에 비해 압축할수 있는 공기량이 적음

▣ 경쟁기술대비 특징 및 장점

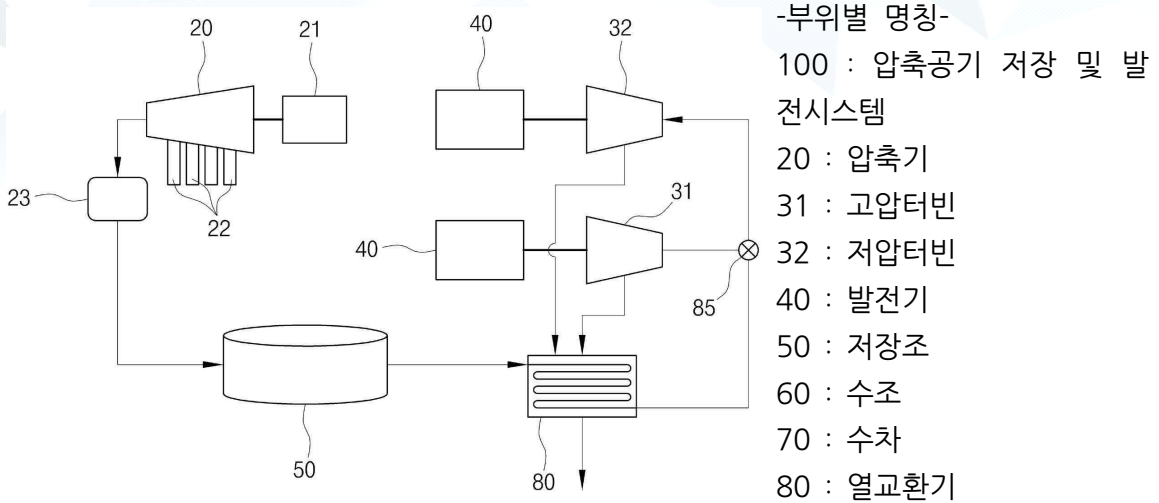
- 입지적 환경적인 문제가 없어 양수발전에 비해 설계상의 이점이 있음
- 압축공기 저장시 변압식의 장점인 압축성과 공기를 모두 소진될 때까지 발전 가능하므로 발전효율이 뛰어남
- 저장조에 수조의 물이 채워지고 빠지는 과정에서 수차를 양방향으로 회전시켜 발전효율이 상승됨



3 기술구성

▣ 기술의 상세 내용

- 풍차를 회전시켜 전기를 발생시키도록 해상에 설치되는 풍력발전기
- 외부의 공기를 흡입하여 압축시키는 압축기
- 압축된 공기를 저장하며 공기의 압력변화에 따라 해수가 유입 및 유출될 수 있는 메인탱크
- 메인탱크로부터 배출된 압축공기에 의하여 구동되는 터빈으로 구성됨



<그림> 전체 발전과정을 설명하기 위한 모식도

4 기대효과

▣ 입지적, 환경상의 이점

- 양수발전은 근처에 물이 있어야하고 물을 끌어올리기 위해 고도가 높은 곳에 발전소를 지으므로 입지적인 문제가 있으며 경제성이 떨어지나, 압축공기 CAES시스템의 경우 공기를 압축하므로 입지적, 환경상의 이점이 있음

▣ 발전효율 향상

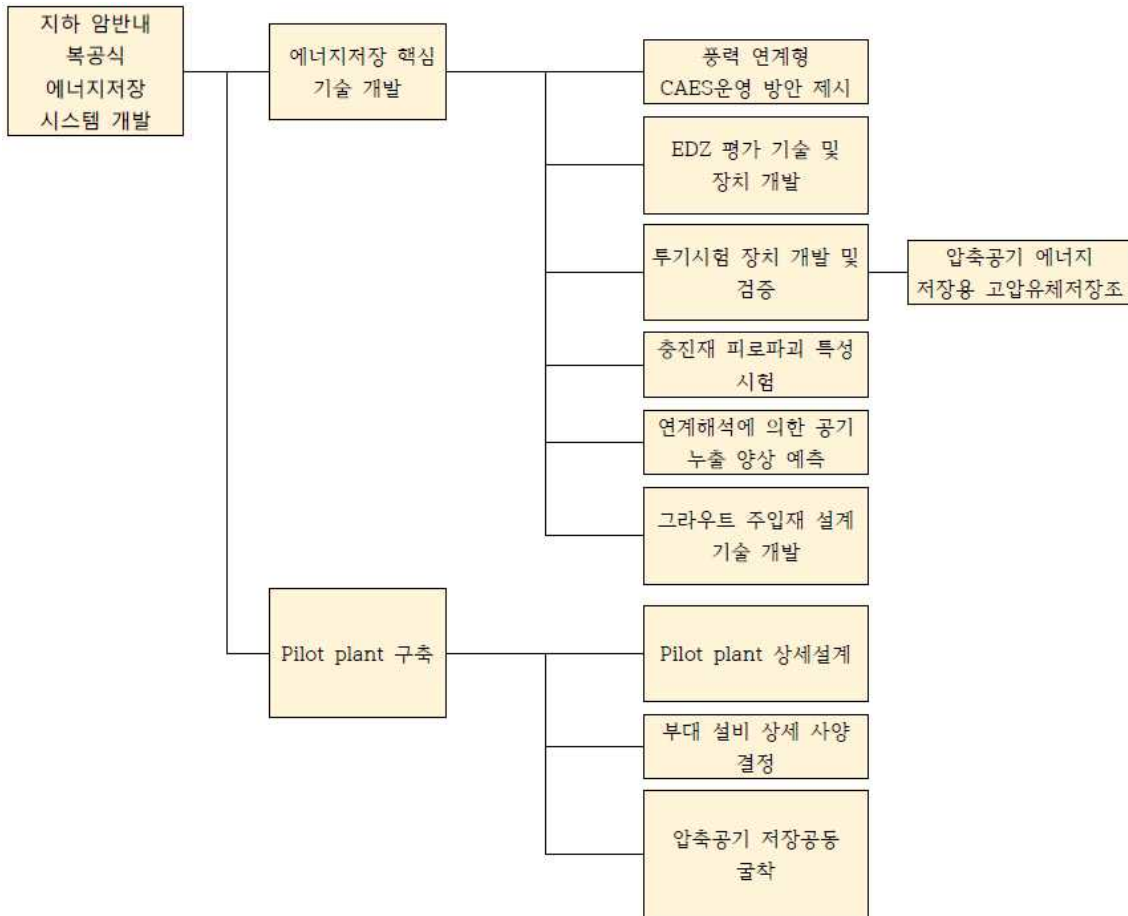
- 변압식의 장점인 저장조 내의 공기압을 상승시켜 많은 공기를 저장한다는 점과, 정압식의 장점인 공기가 모두 소진될 때까지 발전을 수행할 수 있다는 점이 모두 달성되어 발전효율이 향상됨
- 또한, 저장조에 수조의 물이 채워지고 빠지는 과정에서 수차는 양방향으로 회전하며 발전을 수행하므로 발전효율은 더욱 상승됨

▣ 에너지의 효율적 관리

- 신재생에너지 발전량이 많아져 잉여전력에 따른 에너지 손실 또한 커지는 상황에서 양수발전이 환경적인 문제로 추가적인 건설이 어려우므로 기존의 방법보다 개선된 CAES시스템으로 잉여전력을 효율적으로 관리할 수 있음

지하 암반내 복공식 에너지저장시스템 개발(2010)

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

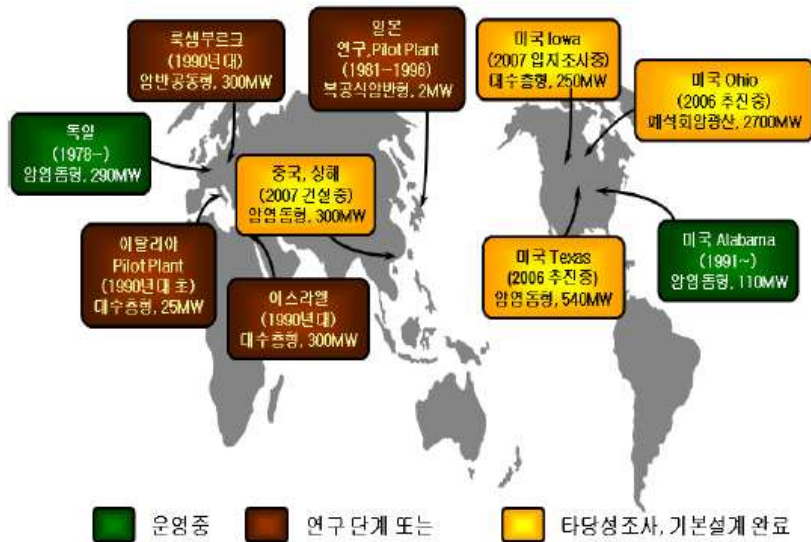
- 양수발전소는 일정 시간동안 첨두부하(최대 전력 수요)에 대응할 수 있는 전력을 공급하기 위한 시설임
- 여유전력이 발생하는 동안 지하 저수지로부터 1,000~2,000m 높이에 위치해 있는 상부 저수지로 물을 양수한 후 주간의 부하기간 동안 물을 낙하하여 발전함
- 지하 양수발전소는 일반적으로 1,000~3,000MW의 발전용량, 1,000~2,000m의 수위차, 최대 전력 수용 시 8~10시간의 저수지 가용 용량의 규모를 가지도록 설계됨

<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 | 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 |

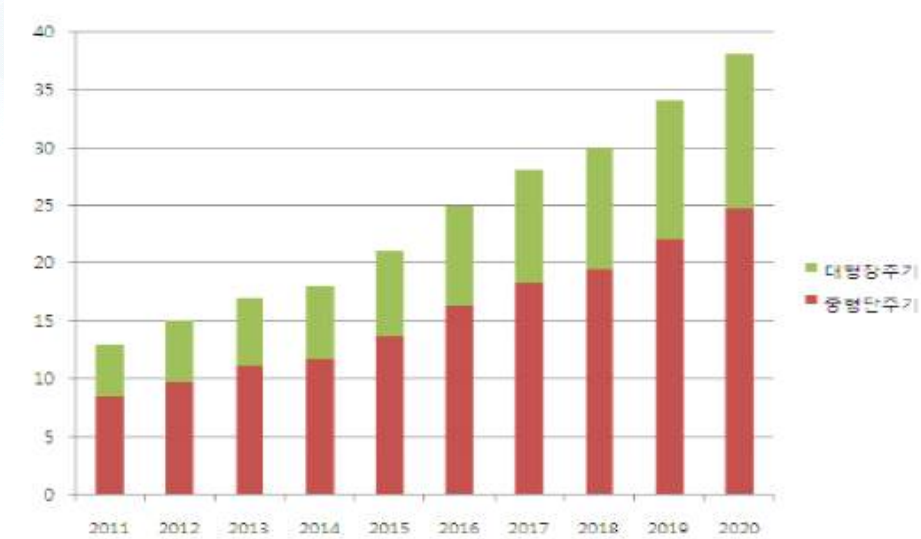
▣ 국외 대용량 전력에너지저장기술의 개발현황

- 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 m³에 달함
- 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 500,000m³ 정도로 발전량 100 MW에 해당하고, 최대 저장압력은 74bar로 토출공기압력은 45bar임
- 이외에도 미국의 Norton, Ohio에서는 2700 MW급 CAES 발전소가 건설중임



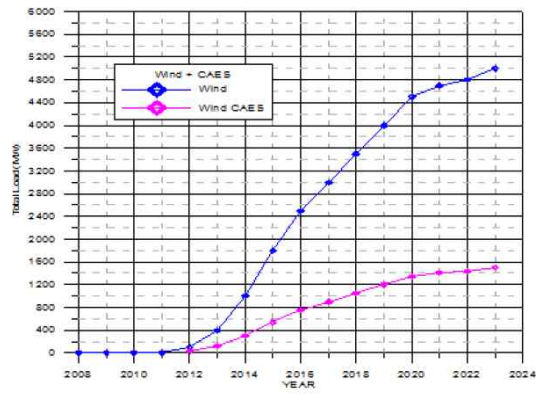
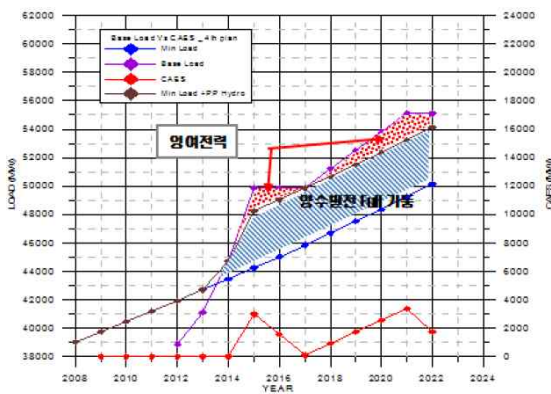
<전세계 CAES시스템 개발 현황>

□ 국내·외 에너지 저장 시장현황



<전력 계통형 에너지 저장 세계 시장 규모 (단위: 10억불)>

- 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 전망임



<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 전망이다

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

열에너지/CAES 지하저장 핵심기술 개발

열에너지/CAES 시스템 개발을 위한 지하 열에너지 저장

주변환경 변화 예측/대응 기술

열원경조에서 암반의 물성/균열 특성 평가

CAES 피일릿플랜트 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

인박/예산

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

KIGAM 한국지질자원연구원 25

LNG 지하공동 저장기술

GeoStorage LNG 지하공동 저장기술 개발

지하공동 굴착기술 + LNG 내조시스템 → 신 개념의 LNG 지하저장기술 개발

기술체계도

| | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 용융LPG 비확기타 저장용공 공동기술 지하공동, 수중진 내조시스템 기술 | <ul style="list-style-type: none"> 1차 내조 2차 내조 3차 내조 | <ul style="list-style-type: none"> 1차 내조: Cryo-station, 공명 붕괴 및 전파시험, 열안정 시험 2차 내조: 콘크리트양반 거동 규명, 배수시스템 설계, ICE Ring 형태 시뮬레이션 3차 내조: Containment 기술명 확인, 기화물확인, Air Ring 형성 확인, 실규모 시공 Process 내리 |
|--|---|--|

지하공동식 LNG 저장핵심기술

지하공동 저장기술

30m간 국내 용융LPG 지하 저장기공이 적용

Containment system

LNG 모순 상에서 지난 40년간 적용

배수시스템 & Ice ring

신개념

LNG 지하저장 Ice Ring 원리

KIGAM 한국지질자원연구원