

# 유럽에서의 電力貯藏의 開發

## 1. 머리말

한마디로 電力(또는 에너지)貯藏이라고 해도 그 저장의 형태가 각양각색으로 電氣에너지(電池), 電磁에너지(超電導코일), 壓力에너지(壓縮空氣) 熱에너지(顯熱 및 潛熱 蓄熱), 化學에너지(가령 金屬水素化合物에 의한 水素貯藏), 運動에너지(프라이호일)등 多岐에 걸친 연구개발이 추진되고 있는 것은 주지의 사실이다.

유럽에서도 이같은 저장기술의 개발이 추진되고 있으며 여기서는 세가지(電池, 超電導코일, 壓縮空氣)에 대하여 최근에 조사된 바를 간단히 그 動向에 대하여 설명하기로 한다. 또한 紙面관계로 각기술의 상세한 사항에 대해서는 생략했다.

## 2. 新型 電池 開發의 現狀

電池의 歷史는 오래 되었는데 그 주요한 것은 鉛電池인데 최근에 高性能의 새로운 타입의 電池, 이른바 新型 電池의 개발이 활발하다. 일본에서도 通產省工技院의 문라이트計劃의 일환으로서「新型電池, 電力貯藏시스템」의 연구개발이 추진되고 있다. 이 프로젝트는 夜間의 잉여전력을 저장하여 주간 전력수요의 피이크時에 방출하여 電力負荷의 평준화를 도모하는 이른바 로우드레벨링用으로서 新型電池를 개발하려고 하는 것으로 電池로서는 나트륨 硫黃電池, 亞鉛, 하로젠系電池, 레독스플로우 電池를 들고 있다.

한편 유럽에서는 電氣自動車用 新型電池의 개발이 主体로 電池로서는 에너지 密度가 높고 小型 輕量化가 가능한 나트륨, 硫黃電池가 주목되고 있다.

유럽의 나트륨, 유황전지개발 메이커는 CSPL社(Chloride Silent Power Limited 영국), CGE社(Compagnie Generale d'Electricite, 프랑스), BBC社(Brown Boveri & Cie 西獨)의 3社이다. 3社를 비교하여 표 1에 들었는데 모두가 電氣自動車用이 主体이다.

CSPL社는 나트륨, 유황전지, 개발전문인 벤처비즈니스會社로 표 1과 같이 美國 GE社와 공동으로 세계 최대의 600Ah셀(電力 저장용)을 개발하고 있다. 다만 이 會社는 완전히 셀메이커로 일관하고 電池시스템 全体에까지 손을 뻗을 의사는 없는 것 같으며 또한 셀의 大型化를 지향하고 있다.

이 점에서 BBC社는 입장이 전혀 반대로 대형의 셀을 개발한다는 것보다 오히려 容量은 小型(현재 40Ah셀)이라도 電池시스템으로서 종합하려고 하고 있다. 현재 14kWh集合電池 2대를 車載한 프리트메스트를 금년 2월부터 실시하고 있다. 美國의 포오드社에서는 같은 규모의 電池를 탑재한 프리트메스트를 상당히 이전부터 社內에서 실시중이라고 전해지고 있으며 BBC社도 약 120명이라는 연구원이 투입되어 포오드에 육박하고 있다. 또한 同社는 電氣自動車 전용의 直流모터도 개발하고 있으며 綜合電氣메이커의 특징을 발휘하여 電子機器를 포함한 電氣自動車의 全体시스템을 개발하려고 하는 자세가 엿보인다.

앞의 2社에 비하여 CGE社는 비교적 저조한 편이다. 同社는 70年代에는 美國 GE社의 위탁으로 나트륨, 유황전지의 연구를 실시하고 있었는데 별다른 성과를 얻지 못하고 GE社는 CSPL社와 제휴하게 되었다는 경위가 있다. 이같은 경위가 있기때문인지 CGE社의 연구원은 CSPL社와 GE社의 관

계에는 강한 관심을 가지고 있는데 同社는 아직 기초연구의 단계로 實力的으로 상당히 뒤지고 있는 것으로 판단된다.

〈표-1〉 유럽에서의 新型 電池의 開發狀況

項目	會社名	CSPL (英)	CGE (佛)	BBC (西獨)
開發豫算		11.55억인 (49%가 정부보조)	6억인	42억인 (40%가 정부보조)
개발에종사인원		약 30명	약 15명	약 120명
他社와의 관계		英國GE社와 LL用 (BEST시 적용)으로 공동개발	-	-
電池集合規模		-	-	14kWh×2台
單體容量		200Ah (EV用) 600Ah (LL用)	260Lh (EV用)	최대110Ah (EV用), 단, 현재는 EV용으로 로서 40Ah를 집중적으로 개발중
에너지 密度		160Wh/kg (200Ah) 360Wh/ℓ 셀	245Wh/kg (260Ah셀)	210Wh/kg (110Ah셀)
壽命 (사이클)		max 3,316	74 운전중	AV 700
効 率 (%)		70~80	68.7	
用 途		EV	EV	EV(LL)

(주) EV: 電氣自動車, LL: 료우트메널링

또한 이밖에 西獨의 지멘스社는 太陽電池用 례독 스플로우電池, 프랑스의 SAFT社는 電氣 自動車用 니켈 카도미, 니켈 鐵電池를 개발하고 있다.

### 3. 超電導코일 開發의 현상

超電導코일 기술관계는 8th International Conference on Magnet Technology (약칭 MT-8로 개최지는 그르노블), 西獨의 카루스루에 原子力研究센터 및 지멘스社에서 超電導코일 개발의 현상, 초전도 코일에 의한 전력저장에 대한 사고방식 등이 논의되었다.

大型 超電導코일 개발은 核融合裝置用의 LCT (Large Coil Task)프로젝트로 대표될 것이다. 이 프로젝트는 IEA協定下에서 美國 에너지省 (DOE)이 추진하고 있으며 內徑2.5×3.5m의 D型 트로이달코일을 6개 배치하여 美國 오크리지 國立研究所에서 1984년부터 시험하게 되어 있다. 6개의 코일 전체의 축적 에너지는 약 900MJoule이 되며 현재는 세계 최대의 규모이다. 6개의 코일중 3개는 美國 (GE, WH, GD (General Dynamics)의 3社)일본, 유라툼 스위스가 각각 1개씩 제작을 담당했다.

일본의 대표는 MT-8회의에서 超電導코일에 의한 전력저장에 관한 논문을 발표했는데 美國의 위

스콘신大學, 로렌스바크레이研究所 등의 연구자가 관심을 보였다. 유럽의 연구자는 유럽에 限한다는 단서가 있었는데 超電導코일 전력저장 시스템에 대하여 부정적 의견이 대체를 점했다. 그들의 의견이나 후일에 방문한 카루스루에 原子力研究 센터나 지멘스社에서의 의견을 종합하면 다음과 같다.

① 夏期와 冬期, 夏期の 낮과 밤 등의 電力需要의 負荷率은 크게 낮지 않다.

② 유럽에서는 電力 融通을 위한 國家間的인 인터코넥션이 발달되어 있고 몇개의 融通조직이 있어 각 조직 내에서는 물론 각 조직 간에서도 彈力的으로 電力融通이 실시되고 있다.

③ 超電導코일에 의한 系統安全化도 美國에서는 예가 있으나 (BPA (Boneville Power Administration)과 로스아라모스研究所에서 共同開發된 電力振動抑制用 超電導코일) 유럽에서는 系統이 上述한 바와 같이 세밀한 네트워크로 되어 있으므로 필요가 없다.

이같은 의견으로 판단할 때 유럽에서도 전력저장 기술은 필요한데 超電導와 같은 장치의 기술을 현실점에서 전력저장용의 후보로 할 필요는 없다고 판단하고 있는 것으로 추정된다.

### 4. 壓縮空氣에 의한 電力貯藏

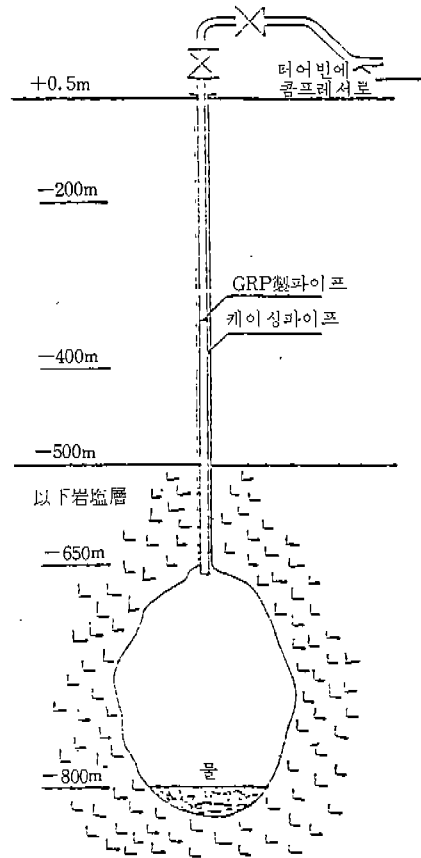
壓縮空氣에 의한 전력저장은 地下空洞이나 탱크 등의 密閉容器에 공기를 저장해놓고 필요한 때에 이것을 사용하는 것으로 적당한 저장용기만 얻을 수 있다면 현재의 기술로 제작이 가능하다. 그러나 현재 실제로 稼動하고 있는 플랜트는 西獨의 北西獨일電力會社의 폰토르프發電所 뿐이다.

北西獨일電力會社는 北獨일 일대 (인구는 약 460만명)에 電力을 공급하고 있으며 原子力의 比重이 높다는 것 (현재 보유設備容量의 45%) 공급구역이 平地이기 때문에 水力이 없고 피이크負荷用으로 가스터어빈을 많이 이용하고 있다는 (설비용량의 13%) 것이 특징이다. 폰토르프發電所는 同社의 특징을 살려 즉 피이크負荷에 대하여 原子力으로 저장된 에너지를 사용하는 것이 가스터어빈 플랜트 效率의 향상을 도모한다는 목적으로 1978년에 運開되었다.

同發電所의 주요시방은 표 2와 같으며 定格出力

〈표 - 2〉 폰토르프發電所의 주요시방

가스터어빈	
出力	290MW
速度	3,000rpm
空氣流量	417kg/s
高壓터어빈入口压/温度	40kg/cm <sup>2</sup> / 550℃
低壓터어빈入口压/温度	10kg/cm <sup>2</sup> / 825℃
低壓터어빈의排가스温度	395℃
熱消費量	1,393kcal/kWh
燃料	天然가스
發電機	
外觀出力	341/MVA
力率	0.85
電压	21kV
速度	3,000rpm
물란트(回轉子)	水素
콤프레서	
2台的所要電力	60MW
低壓콤프레서의 타이프	軸流
速度	3,000rpm
吸入温度/压力	10℃ / 1.03kg/cm <sup>2</sup>
空氣流量	108kg/s
高壓콤프레서의 타이프	幅流
速度	7,622rpm
壓縮 후의 상태	46~66kg/cm <sup>2</sup> / 50℃
中間쿨러數	3
아프터쿨러數	1



〈그림 - 1〉 폰토르프 發電所의 地下空洞構造

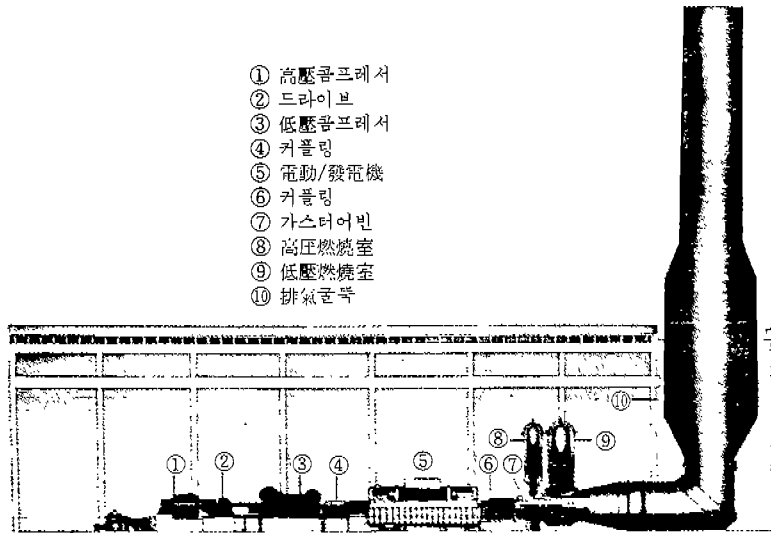
은 29만kW—2 시간이다. 가스터어빈, 電動/發電機는 BBC社, 콤프레서는 즐자社. 岩盤空洞은 KBB (Kavernen Ban-und Betriebs)社가 각각 제작을 담당했다.

建設費는 空洞까지 포함하여 1억3천만 독일 마르크(DM)로 運開年度가 1978년이라고 해도 상당히 저렴한 것으로 생각된다. 이것은 空洞의 건설비가 싸다는 것도 하나의 원인이다.

岩盤空洞은 그림1과 같이 地下 650m (岩盤層은 地下 500m 이상이 아니면 존재하지 않는다는 것과 岩盤層의 耐壓 때문에 이같이 깊다)의 곳에 15만m<sup>3</sup>의 空洞이 2개 計 30만m<sup>3</sup>의 容積이 있다. 岩盤層은 食水를 주입하여 鹽을 녹이고 鹽水를 끌어 올리는 이른바 브라인工法으로 제작이 가능하며 掘削費가 매우 싸다(50DM/m<sup>3</sup> (4,600엔/m<sup>3</sup>)). 또한 岩盤은

自己修復性이 있으므로 空洞의 氣密性을 용이하게 유지할 수 있다는 利點이 있다. 空洞에서 地表까지는 直徑 50cm의 GRP製 파이프가 관통되어 있다. 그 外側의 케이싱파이프는 直徑 60cm의 스틸製로 케이싱파이프와 岩盤의 사이는 시멘트에 의하여 에어서일되고 있다. 壓縮空氣의 압력은 充塡時 70氣壓에서 放出時에는 最低 50氣壓까지 저하된다.

가스터어빈, 電動/發電機, 콤프레서는 그림2와 같은 배치로 주요시방은 그림2 중의 ⑥(이하의 번호는 모두 그림2 중의 번호에 대응된다)의 커플링이 벗겨지고 ④의 커플링이 연결되고 ⑤는 同期電動機가 되고 ① 및 ②의 2台的 콤프레서가 구동된다. 반대로 發電時에는 ④의 커플링이 벗겨지고 ⑥의 커플링이 연결되고 ⑤는 同期發電機가 되어 空洞에서 放出된 압축공기는 天然ガ스를 高壓 燃燒室 ⑧ 내에서 연소시키는데 사용되며 가스터어빈 ⑦을 구동시킨다. 이상의 전환운전은 약 100km 떨어진



(그림-2) 폰트르프發電所機器 配置圖

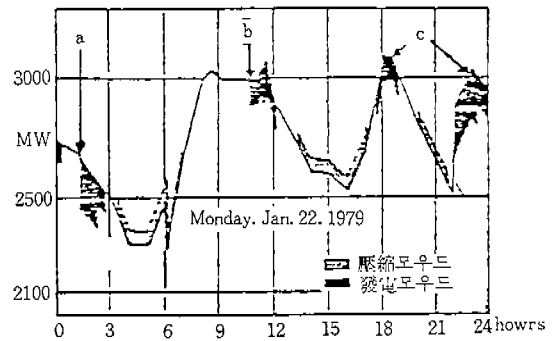
함브로그의 北西獨逸電力會社의 변전소에서 완전히 원격조작되고 있다.

發電時의 天然가스 消費熱량은 1,393kal/kWh (표 2)이며 가스터어빈의 외관상의 熱效率은  $860/1,393 = 62\%$ 로 상당히 向上되고 있으며 天然가스 消費量의 저감을 기하고 있다.

이 發電所의 운전에 (冬期)를 그림 3에 들었다. 그림 3에 의하면 電力需要의 피이크는 3회(점심식사 때(그림의 b, 저녁식사 때 및 22~24時頃의 히이터에 의한 夜間暖房時(그림의c)로 이에 맞추어 발전소가 가동되고 있다. 압축공기의 충전은 夜間의 오프피이크時は 물론 낮時間에도 수요의 골짜기에서는 실시하고 있다. 또한 그림의 a 는 다른 發電所의 事故時의 백업의 예로 사고가 발생한 발전소가 복구되기까지의 약 1시간반 운전이 되고 있다. 이 같은 긴급시에는 폰트르프發電所는 6분의 定格(3분에 同期 定格까지 33%/분의 비율)까지 도달할 수 있다는 것이다. 또한 통상 운전시에는 定格까지 11분을 쫓는다.

運轉回數는 1982년에는 180이었는데 發電時間은 최대가 2시간, 평균하면 1회 1時間 정도로 稼動率은  $180時間/8,760時間 = 2\%$ 로 상당히 낮다.

플랜트效率은 약 40%로 종래의 피이크用 가스터어빈 플랜트에 비하여 약 10%가 향상되고는 있어도 가령 揚水發電의 플랜트效率 약 70%에 비하면 결코 높지 않다. 그러나 플랜트效率 向上의 메리트



(그림-3) 폰트르프發電所의 運轉例

는 당연한 것이고 前述한 壓縮空氣 저장용에 發電單價가 저렴한 原子力을 이용하여 高價의 天然가스 消費量을 감소시키는 것은 의의가 있는 일이다. 또한 현재 低壓터어빈의 排가스溫度는 약 400°C 이며 이 유효한 이용을 할 수 있으면 더욱 效率이 向上될 가능성이 있다.