

# 태양광 발전용 축전지의 연구 개발 현황

김인곤\* · 강홍열\*\*

(\*한국표준 연구소 전기화학연구실 선임연구원,

\*\*한국과학재단 이사장)

## 1. 태양광발전 시스템에서의 축전지의 역할 및 요구조건

태양광발전 시스템에서 축전지는 일조 시간에 태양 전지에 의해 충전된 전력을 일몰 후와 같이 태양 전지로 부터의 출력이 없을때나 흐린날, 우천시와 같이 태양 전지의 출력이 부족할 때 방전하여 부하에 전력을 공급하게 된다. 이와 같이 축전지는 태양광발전 시스템에서 필수적이며 중요한 역할을 하는데 이 경우 축전지는 태양광발전 시스템이라는 특별한 용도에 사용되기 때문에 일반적인 용도와는 달리 매우 가혹한 사용 조건하에서 가동 된다. 즉, 축전지의 충전량은 기후 변화에 의해서 좌우되므로 과충전, 부족충전이 발생하기 쉬우며 특히 부족 충전 상태에서 방전 할 경우 과방전을 초래하게 된다. 이와 같은 불규칙적인 과충전, 부족충전, 과방전이 진행 되면 축전지의 노화 즉, 용량 감소는 급격히 일어나게 된다. 물론 최적의 충전 상태를 유지하기 위해서 충전기를 개량하거나, 부조일을 감안하여 축전지의 용량을 설계하거나, 디젤 보조발전기를 사용하여 일사량이 적은 경우에 충전 전기량을 보충하는 등 여러가지 개선책이 있지만, 불규칙적이며 가혹한 사용 조건은 자연 현상에 의한 것이므로 근본적인 해결책은 될 수가 없다. 이와 같은 상황을 고려하여 일반적인 태양광발전 시스템에 사용되는 축전지가 갖추어야 할 요구조건은 다음과 같다.

- (1) 사이클 수명 : 경제성을 감안하여 약 10년
- (2) 자기방전 특성(에너지 효율) : 자기방전이란 축전지를 사용하지 않더라도 스스로 방전하여 용량이 감소되는 현상이다. 특히, 충전 부족한 경우 그 속도는 매우 빠르다. 태양전지의 가격이 매우 높은 경우 축전지의 자기방전에 따른 전력손실이 작아야 하는 것은 당연하다. 따라서 태양전지의 이용 효율에 역점을 두게 되면 자기방전을 고려하여 축전지의 용량도 커지게 되므로 태양전지 개발 초기에는 축전지의 자기 방전율이 월 3% 이하가 요구되었다. 그러나 태양전지의 가격이 낮아지면서 현재에는 상대적으로 축전지의 가격이 비싸므로 축전지의 사용 용량을 줄이기 위해 태양전지의 출력을 크게 해주는 시스템 설계가 많다. 이 경우 축전지의 자기방전 특성은 전자에 비해서 중요하지 않게 된다.
- (3) 보수유지 및 점검 : 태양광발전 시스템이 설치되는 곳은 일반적으로 산간 벽지나 낙도 등의 오지에 설치되기 때문에 축전지의 보수 및 점검 특히, 전해액의 보충 간격은 길수록 좋다. 따라서 무보수의 축전지가 바람직 하지만 아직까지 실용화 되지 않고 있으며 경제성을 감안한 보수 기간은 최소한 1년 이상이 요구된다. 특히 신뢰성이 요구되는 시스

템에서는 축전지의 상태 즉, 전압, 전류, 전해액의 양, 전해액의 비중, 온도, 용량 보유 상태 등을 원격지에서 항시 감시할 수 있는 장치가 요구된다.

- (4) 경제성 : 태양광발전 시스템의 개발은 최근 10년 동안 급속히 진행되어 왔다. 특히, 태양전지의 가격 하락으로 실용화에 접근하고 있으나 현재에는 축전지의 가격이 큰 문제로 대두되고 있다.

그러나 이상과 같은 요구조건을 전부 만족하는 축전지는 없으며 태양광발전 시스템의 사용목적 및 경제성을 고려하여 축전지는 위의 요구사항들 중 부분적으로 역점을 두게 된다.

## 2. 태양광 발전용 납축전지

현재 실용화 되고 있는 태양광 발전용 축전지는 특수용도를 제외하면 납축전지와 Ni-Cd의 두 종류이다. 그러나 가격, 신뢰성 면에서 납축전지가 현재 가장 많이 사용되고 있으며 다른 획기적인 축전지의 출현 가능성도 희박한 상태이므로 향후 20~30년간 납축전지가 주종을 이룰 것으로 전망된다.

납축전지의 용도는 다음과 같이 크게 세가지로 분류할 수 있으며 이들 전지의 사이클 수명은 표1에 열거한 바와 같다.

- (1) 자동차용 : SLI(Starting, Lighting and Ignition)
- (2) 산업용 : Motive Power
- (3) 고정용 : Stationary, UPS(Uninterrupted Power System)

이들 중 자동차용 납축전지는 가격은 매우 싸나 구조상으로 태양광발전 시스템에 사용하기에는 수명

이 매우 짧다. 그러나 현재 태국의 도서 지방에서는 기본적인 전원으로서 SLI를 사용하고 있다. 즉, 한 마을에 소규모의 태양전지를 설치하여(480Wp) 각 가정에서 자동차용 납축전지(12V, 100Ah)를 가져와서 충전한 후 TV, 라디오, 전등 등의 전원으로 사용하고 있는 실정이다.

비상 전원용의 고정용 납축전지는 원래 사용(방전)횟수가 매우 적으며 부동충전 상태에서 매우 긴 수명(20년)을 특징으로 한다. 따라서 방전 심도가 얕은 PV(Photovoltaic)시스템 즉, shallow discharge용에는 적합하게 사용될 수 있으나 deep discharge 용으로는 적합하지 못하다.

Fork-lift, 잠수함 등에 사용되는 산업용 납축전지는 방전 심도가 깊고 매일 사용하는 사이클 용도이므로 태양광 발전 시스템에 가장 적합하게 사용할 수 있다. 수명도 80%의 방전 심도에서 1,500~2,000회로서 매우 길지만 태양광발전 시스템에 사용하기에는 가격이 너무 비싼 것이 단점이다.

이와 같이 재래식의 납축전지를 태양광발전 시스템에 사용하기에는 단점이 있으므로 최근 이를 보완한 납축전지를 개발하여 사용하고 있다. 태양광발전 시스템용 납축 전지는 용도에 따라서 shallow cycle 과 deep cycle용의 두 가지로 구분된다.

### 2.1 Shallow Cycle용 납축전지

이 축전지는 하루에 사용하는 방전심도가 얕은 경우(최대 20%)에 사용된다. 이 종류의 축전지는 오지의 무선중계소, 철도 신호기, 항로표시 등의 용도에 사용되므로 일사량이 적은 경우나, 부조일이 장시간 지속되는 경우 축전지에 충전을 보충하는 비상

표 1. Lead Acid Battery Life[1]

Cell Type	Grid Type	Life	
		Years	Cycles(68% DOD)
SLI	Pb-Sb	2-5	150-200
SLI	Pb-Ca	2-5	20-50
Motive Power	Pb-Sb	5-15	1,000-2,000
Motive Power	Pb-Ca	10-20	750-1,500
Stationary	Pb-Sb	15	250-500
Stationary	Pb-Ca	15-24	100-500
Stationary	Plant'e	24-30	250-500

보조 발전기의 설치가 용이 하지 않다. 따라서 축전지는 최대의 부조일(5~20일)을 감안하여 용량을 결정하여야 한다.

또 이것은 적은 전류로 장시간 사용되므로 저율방전 특성 및 자기방전 특성(월 3%이하)은 아래에 말하는 심방전용의 납축전지보다 우수하여야 한다. 이 종류 축전지의 용량은 대개 500시간울에 대해서 나타내며, 경제성을 고려한 수명은 매일 10%의 방전 심도로 사용시 10년이 요구된다.

## 2.2 Deep Cycle용 납축전지

이 축전지는 하루에 사용하는 방전심도가 매우 깊은 경우(최대 80%)에 사용된다. 이 종류 축전지는 태양광 발전소 및 전력부하 평준화 등의 용도에 사용되며 하루의 방전심도가 깊어서 최대의 부조일이 5일 이하인 장소가 적합하다. 축전지의 방전 심도는 때때로 80%까지 내려가며 또한 부조일까지 감안한다면 축전지의 충전을 보충하기 위한 비상보조발전기가 필수적이다. 따라서 shallow cycle용 납축전지와는 다른 특성이 요구되며 만일 shallow cycle용의 축전지를 deep cycle용도로 사용한다면 그 수명은 매우 짧게 될 것이다.

이 축전지에서 요구되는 자기 방전율은 월 15% 이내로서 shallow cycle용에 비해서 자기방전은 그리 중요하지 않다. 그 이유는 보조발전기를 통한 충전이 가능하기 때문이다. 용량은 대개 10시간울에 대해서 나타내며 충방전 사이클 수명은 80%의 방전심도에서 약 3년이 요구된다.

## 3. 시판 태양광발전용 납축전지 현황

선진 각국에서는 PV system의 용도를 감안하여 여러 형태의 납축전지를 개발하여 사용하고 있으며 국내의 경우 PV system의 응용 역사가 짧아서 축전지는 산업용 및 고정용의 납축전지를 개발하여 사용하고 있는 실정이다. 선진국의 사용 현황은 다음과 같다.

### 3.1 호주(2,3)

BP(British Petroleum) Solar 사는 심방전용으로

양극 기판에 저안티몬 합금을 사용하는 축전지를 개발하였다. 저안티몬 합금은 심방전 사이클 용도에는 적합하지만 물손실이 따르므로 전해액 양을 많이 함으로써 보수 간격을 향상시켰다. 또한 오지에 설치되는 것을 감안하여 납축전지의 크기도 제한하여 필요에 따라서 직렬, 병렬로 연결사용하도록 하였다. 10시간울의 용량은 95~506Ah범위이며 6가지의 종류가 있다.

얇은 방전 즉, 방전 심도가 10%를 넘지 않는 경우에는 순연을 양극 기판으로 사용함으로써 월1% 이하의 매우 적은 자기 방전율을 가진 납축전지를 개발하였다. 이는 특히 오지의 무선 중계에 매우 유용하게 사용되고 있다. 480시간울의 용량은 67~4,290Ah 범위이며 20종이 있다.

### 3.2 서독(2)

Sonnenschein사는 태양광 발전용으로써 A600, Solar Dryfit납축전지를 개발하였다. 이 축전지는 전해액을 thixotropic gel에 포함시킨 밀폐형으로써 전해액의 누출이나 보수가 필요 없으며, 또한 태양광 발전용 및 전력 부하 평준화와 같은 사이클 용도와 UPS의 부동충전 용도에 함께 쓸수 있는 것이 특징이다. 기판 합금은 Sb free로서 수소 발생을 억제하며 tubular양극 기판을 사용하였다. 전해액의 비중은 1.200으로서 일반적으로 밀폐형에 비해서 매우 낮기 때문에 기판의 부식 특히 고온에서의 부식을 최소화 하였으며, 용량은 200~1,500Ah 범위이다.

### 3.3 미국(4,5)

태양광 발전용 납축전지 회사는 C&D Batteries, ESB Inc., Gates Energy Products, Inc., Eagle-Picher Industries, Inc., Exide Power Systems, Glove-Union, Inc., Gould, Inc., 등이 있다.

Gates Energy Products사는 60%의 방전심도 및 사이클 당의 충전 시간을 16시간으로 사용 하였을 때 600회의 사이클 수명을 갖는 밀폐형 납축전지를 생산하고 C&D batteries사는 방전심도가 10% 일때 10년, 80% 일때 5~7년의 수명을 갖는 납축전지를 생산하고 있다.

이들 회사중 C&D사의 태양광발전용 납축전지를

소개하고자 한다. C&d사는 기판 합금으로써 재래의 안티몬 합금 대신 칼슘 합금을 사용함으로써 자기방전을 줄이고, 보수 간격을 증가시켰으며, 음극판으로의 안티몬 석출을 방지함으로써 충전 효율을 증가하였고, 균등 충전을 방지하였다. 또한 전해액 양을 증가함으로써 심방전시 황산 비중의 감소를 적게 하여 저온에서 황산이 어는 것을 방지 하였으며 또한 용량의 증가와 보수 간격도 증가시키는 효과를 얻었다. 활물질의 경우 기판으로 부터의 탈락을 방지하는 구조를 개발하였다.

그외 촉매를 사용하여 충전시 발생하는 산소와 수소가스를 물로 환원 시키는 장치라든지 전해액 내부의 농도차를 없애주는 전해액 순환 장치 등이 있다.

Shallow cycle용도의 납축전지는 480 시간울의 용량이 49~1,060Ah범위에서 12종이 있으며 deep cycle용도는 6시간울의 용량이 150~1,320Ah의 범위에서 15종이 있다.

### 3.4 일본

YUASA, Japan Storage Battery, FURUKAWA 등이 중심이 되어 태양광 발전용 납축전지의 개발을 주도하고 있다. 이들 회사 제품의 특징은 PV system의 용도에 따라서 납축 전지의 형태 및 종류를 세분화 하여 사용자의 능력에 맞게 선택할 수가 있게 한 점이다.

#### 3.4.1 YUASA(6,7)

현재 제품으로 생산되고 있는 태양광 발전용 납축전지의 성능 그리고 용도를 표2에 표시하였다. 이들 납축전지는 보수의 필요 여부에 따라서 개방형과 밀폐형으로 구분된다. 개방형의 경우 기판합금의 종류에 따라서 축전지의 성능 및 가격이 다르게 되는데 안티몬 합금을 사용한 경우(SC, CS, EF형)충방전 사이클 수명은 우수하지만 자기방전 특성이 떨어지고 보수간격이 짧은 것이 단점이다. 반면 칼슘합금을 사용하게 되면(KPS형)충방전 사이클 수명이 짧은 것이 단점이지만 자기방전 특성이 우수하고 보수간격이 길게 되는 장점이 있다. 또한 이들 두가지의 장점을 살린 SCS및 SCP형은 shallow 및 deep cycle 용도로 사용할 수 있는 것이 특징이며, YUASA의 대표적인 제품이므로 이들에 대해 자세히 소개하고

자 한다.

SCS형은 다음과 같은 특징을 가지고 있다. (1) 황산양을 활물질에 비해서 많이 채택 함으로써 저울방전 특성을 향상 (2) "Ymicron" separator를 zig-zag 구조로 구성함으로써 short를 방지 (3) tubular식 양극 극판을 채택하여 장수명화 (4) 양극기판은 Pb-Sb, 음극 극판은 Pb-Ca의 hybrid구조를 채택함으로써 자기 방전을 감소 및 보수기간 연장 (5) 투명전조 사용 (6) vent plug를 사용하여 방폭성 유지등이다. 또한 경제형인 SCP형은 SCS형과 성능이 비슷하나 전조를 SAN (Styrene-Acrylonitrile Copolymer)대신 PP(polypropylene)를 사용함으로써 가격도 싸지고 전조도 얇게 할 수 있어 에너지 밀도가 향상된 것이다.

밀폐형인 MSE, HSE형은 기판합금으로써 칼슘합금을 채용하며 보수가 필요없는 장점이 있으나 충방전 사이클 수명이 매우 짧다. 마지막으로 자동차용 납축전지는 전술한 바와 같이 가격은 매우 싸지만 충방전 사이클 수명 및 자기방전 특성이 태양광발전용 납축전지에 비해서 매우 떨어진다.

#### 3.4.2 Furukawa(8)

Shallow cycle용인 PS시리즈는 500시간울의 용량이 50~2,600Ah의 범위에서 용량별로 13종이 나와 있다. 이들의 특징은 (a) 특수기판 합금에 의해 자기방전율을 월 3% 이하로 하였고 (b) 전해액양을 많이 넣음으로써 저울방전 특성을 개선하였으며 (c) 낮은 극판을 사용하여 극판 상부의 전해액양을 증가함으로써 보수 간격을 연장(3~5년)하였고 (d) 수명은 10% 방전심도로 사용하였을 경우 약 10년이 되는 점 등이다.

Deep cycle용은 CSL시리즈로서 10시간울의 용량이 130~2,100Ah의 범위에 걸쳐 용량별로 15종이 있다. 이들의 특징으로는 (a) tubular식 양극판을 채용함으로써 심방전 사이클 수명을 향상한 점 (b) 낮은 극판을 사용하여 극판 상부에 전해액양을 증가함으로써 보수 간격 연장(3~5년)한 점 (c) 자기 방전율은 월 15%이하인 점 그리고 (d) 수명은 하루에 25%의 방전 심도로 사용 하였을 때 약 10년되는 점 등이다.

마지막으로 소규모 시스템용으로 설치 경비가 문제가 되는 경우에 대비하여 싼 가격으로 설치 가능

표 2 Types of Storage Battery for the Solar Photovoltaic Systems[7]

종류 *	용량 범위 (Ah)	기판 합금	예상수명(회) [75% D.O.D]	자기방전율 (%/월 25°C)	가격	신뢰도	보수	용도
SC	200 ~ 250	Pb-Sb	1200	15	○	◎	◎	Watches, Street lights, Small power supply system
CS	15 ~ 2400	Pb-Sb	1500	6	△	◎	○	Communications (microwave transmission optic communications), Power generation system, Solar village, Bangalows
EF	2500 ~ 8000							
SCS	200 ~ 2500	Pb-Sb (+)	1500	4	△	◎	◎	
SCP	200 ~ 1100	Pb-Ca (-)	1300					
KPS	200 ~ 1100	Pb-Ca	400	1	△	◎	◎	
MSE	50 ~ 3000	Pb-Ca	400	3	△	◎	불필요	
HSE	30 ~ 100				○			
NP	0.7 ~ 65	Pb-Ca	300	3	◎	○	불필요	Traffic signals, Small power supply system
Auto-motive	2 ~ 200	Pb-Sb	100	15	◎	△	△	Watches, Street lights, Small power supply system

Symbols show relativeness ◎:Superb, ○:Ordinary, △:High(가격), Low(신뢰도), Much(보수)

\* 종류란 Symbol들은 제작가 (YUASA) 명명 제품임

한 12CT-200형이 있다. 이 형의 전압은 12volt이며 100시간을 용량이 200Ah로서 한 종류만 나와 있다. 자기 방전율은 월 15%이하, 수명은 하루에 30%의 방전 심도로 사용하였을 때 약 5년이며, 보수 간격은 1~2년이다.

### 3.4.3 Japan Storage Battery(9)

Deep cycle용으로 불규칙한 충방전에 견디며, 충방전 효율이 우수하고 보수가 용이한 점등에 역점을 두고 SLB형을 개발하였다. 용량은 50~2,500Ah의 범위에 걸쳐 11종이 나와 있다. 특징으로는 양극 기

판은 tubular형으로 납-안티몬 합금을, 음극 기판은 plate형으로 납-칼슘 합금을 사용하였고, 또한 투명한 전조를 사용하였다. 전해액의 순환 장치도 개발하였다.

성능은 75% 방전심도에서 1,500회, 충방전 효율 85%, 1년의 보수간격, 월 3%의 자기방전율이다.

## 4. 태양광발전용 납축전지의 개발현황

현재 각국에서 개발하고 있는 납축전지의 목표는 서두에 언급한 축전지의 요구 조건에 벗어나는 것은

없다. 즉 수명이 길어야 하고 값이 싸며 보수 및 유지가 쉬워야 한다. 이러한 목표를 달성하기 위한 개발 현황은 기존의 개방형을 보다 개량 하는 것과 수명이 다 할때 까지 보수 유지가 필요없는 밀폐형을 개발하는 두가지로 나누어 논의할 수 있다. 또 이절에서는 외국의 PV 시스템용 납축전지 개발 현황도 논의 하고저 한다.

## 4.1 개방형

### 4.1.1 양극판

a) 기관 : 기관의 종류는 안티몬 합금과 칼슘 합금 그리고 순연이 있다. 안티몬 합금(4~5%)를 사용하면 심방전 사이클 특성이 좋은 반면 양극의 안티몬이 음극판으로 이동하여 음극판에서의 수소 발생을 용이하게 하므로 물손실이 많아져서 보수 간격이 짧아지는 단점이 있다. 따라서 안티몬의 심방전 사이클 특성을 유지하면서 수소 발생을 억제하는 대체 합금 원소가 필연적이나 아직까지 발견하지 못한 상태이다. 보수 간격을 향상 시키기 위해서 안티몬 대신에 칼슘 합금을 사용하지만 심방전 사이클 수명의 감소를 초래하는 단점이 있다. 또한 안티몬 함량을 낮추는 전안티몬 합금 및 안티몬 합금과 칼슘 합금을 함께 쓰는 hybrid형태 등의 여러가지 방법을 채택하고 있는 실정이다. 순연은 기계적 강도가 낮아서 특수 용도외에는 사용되지 못하고 있다. 합금의 종류 이외에 기관의 두께, 기관 형태 즉, tubular 혹은 paste형등 구조적으로 고려해야 할 중요한 사항들도 있다.

b) 활물질( $PbO_2$ ) : 충방전시 황산과 직접적인 전기화학 반응을 일으키는 물질로서 활물질의 탈락이 충방전 사이클 수명에 가장 큰 원인이 된다. 탈락 방지를 위해서  $PbO_2$ 의 제조변수를 바꾸거나 완성 후 외부에서 압력을 가해주는 방법이 있다. 예를 들면 CBS battery사는 활물질의 출발 물질인 마이크로 이하의 입자 크기를 가진 연분( $PbO$ )대신 granular 형태의 연분을 사용하였으며, 일본의 Yuasa사는 2,500Ah급 납축전지의 극판을 polyester band로 압박함으로써 활물질의 탈락 방지에 현저한 효과를 보고 하였다. 또한 양극 활물질에 여러 가지 첨가제에 대한 영향도 중요한 연구 대상이다.

### 4.1.2 음극판

앞서 언급한 수소 발생을 억제하는 기관 합금 개발 그리고 태양광발전 시스템에서는 전해액의 성층화 현상으로 음극판의 하부는 충전 반응 속도가 느리기 때문에 음극판의 sulfation에 의한 파손이 문제점으로 지적되고 있다. 특히 불완전한 충전 상태에서 충방전이 계속 될 경우 음극판의 sulfation속도는 가속화 된다. 따라서 극판 전체에 걸쳐 충전 반응이 균일하게 일어나게끔 전극 구조 및 음극판을 설계하거나 첨가제(carbon)을 가하여 개선하는 방법도 제시가 되고 있다.

### 4.1.3 극판군의 구성

극판군의 구성은 용량에는 큰 영향을 주지 않으나, 전해액의 농도차 방지를 주목적으로 연구되고 있다. 극판간의 간격, 전해액의 비중 및 양이 주요 변수이다. 또한 전해액의 농도차를 유발하는 separator의 종류 및 특성에 관한 연구도 진행되고 있다.

### 4.1.4 전해액의 농도차

납축전지는 충방전시 전조내에서 상,하부의 전해액의 농도 구배가 생기므로 air pump등을 사용해서 주기적으로 전해액을 섞어주는 것이 가장 효과적이지만 보조 수단없이 농도차를 줄이는 것이 과제이다.

### 4.1.5 기본구조

생산성 및 경제성을 고려하여 단위전지 및 극판 크기의 용량 결정 및 극판군의 배치, 고정방법 그리고 전조의 재질등의 문제를 포함한다.

## 4.2 밀폐형

납축전지는 충전시 전해액에 포함된 물이 전기분해하여 없어지기 때문에 사용중 물보충을 해주어야 한다. 따라서 개방형을 사용하는 이상 보수 기간을 연장(1년 이상)하는 것이 목표이며 보수를 전연 안하는 것은 불가능하다.

그러나 1970년대에 출현한 밀폐형 납축전지는 수명이 다할 때까지 보수를 할 필요가 없으므로 태양광발전 시스템에 매우 적합한 축전지이다. 밀폐형

납축전지는 충전시 양극판에서 발생하는 산소를 음극판에서 물로 환원 시킴으로서 물의 손실을 막는 새로운 형태의 축전지이다. 그러나 아직까지 사이클 수명이 짧고(200~500회)내용량화의 문제점이 있으므로 현재 비상 전원용과 같은 stand-by용도로 사용되고 있다. 만일 이것이 해결 된다면 납축전지의 개발은 거의 최종 단계에 도달할 것으로 예상된다. 밀폐형의, 주요 연구 내용은 다음과 같다.

#### 4.2.1 산소재결합

충전시 양극에서 발생된 산소를 음극판에서 물로 환원되는 효율을 크게 하기 위한 연구로서 산소의 확산 속도가 매우 중요하다. 양극과 음극 사이에 있는 separator의 특성과 종류, separator에 포함되는 전해액량, 양극과 음극 활물질의 밀도, 표면적, 양극과 음극 활물질의 비율, 그리고 충전 방식 등이 복합적으로 관련된 분야이다.

#### 4.2.2 극판

개방형과 큰 차이는 없지만, 양극 기판은 심방전 특성이 우수하며, 음극판은 수소 발생을 가능한 한 억제하는 합금이 요구된다. 극판의 두께, 활물질의 밀도, 그리고 첨가제의 종류와 양도 관련된 분야이다.

#### 4.2.3 Separator연구

현재 보편적으로 사용되는 것으로서 Microfiber Glass Mat, Microporous Polyethylene Film, Polyester Mat Separator 등이 있다. 이들의 특성 및 design 즉 두께나 극판을 짜는 방법, 그리고 separator의 free volume의 양의 결정 등은 개방형과 달리 밀폐형의 수명 특성에 매우 중요한 역할을 한다.

#### 4.2.4 대용량화 연구

개방형과 마찬가지로 극판의 크기가 커지면 전해액의 성층화가 일어나므로 극판의 크기와 위치에 따른 성층화의 방지가 가장 큰 과제이다. 현재 실용화되고 있는 용량은 개방형 보다 훨씬 낮은 200Ah정도이다.

### 4.3 외국의 개발현황

#### 4.3.1 일본

일본의 경우 1974년 7월 통상 산업성에 의해 「Sunshine Project」가 시작된 후 1985년부터 신에너지 종합개발기구(NEDO)에 의해 태양광발전 시스템의 주변 장치의 저가화 기술의 개발을 시작하였으며 1989년 전체 연구비는 약 \$42million에 달했다. 축전지의 개발도 이때부터 시작되었으며 Yuasa, Japan Storage Battery, Furukawa등이 참여하였다. Yuasa의 경우 개방형으로서 2,500Ah급의 압박형의 축전지를 개발 하였으며(10) 수명은 25% 방전심도에서 3,600회, 보수 간격은 1년이다. 현재 수명 시험중에 있으며 가격 및 유지 비용 절감과 신뢰성에 대한 연구를 계속할 예정이다. Japan Storage Battery에서는 밀폐형으로서 500Ah급을 개발 완료하였으며(11)성능은 65%의 방전 심도에서 1,500회, 자기 방전율은 월 3%이다. 특징은 gel 형태이며 양극은 과충방전에 강한 tubular를, 음극은 충전 효율이 높고 부족 충전에서 사용시 sulfation을 방지하는 것으로서 plate형태를 채용하였다.

#### 4.3.2 미국

미국의 경우 에너지성 주관하에서 태양광발전 시스템에 대한 연구 개발을 해오고 있으며 대체에너지의 중요성으로 인해 90년의 연구비는 최근 10년만에 처음으로 \$35.5million에서 \$43.6으로 증가하였다. Sandia국립 연구소와 Gould사와 Eagle-Picher사는 1980년 부터 심방전 사이클 용도의 태양광 발전용 밀폐형 납축전지의 개발을 시작하였다. 목표는 80%의 방전 심도에서 2,000회의 수명, 용량은 6 volt, 100Ah급 이며 이를 위해 기관합금, 산소재결합, 양극 활물질, 충전방법, 시험방법 등에 대한 연구를 수행하였다. 3년간의 연구 결과 80%의 방전 심도에서 약 800회의 사이클 수명을 갖는 밀폐형 납축전지의 개발을 보고(12)하였으며 용량의 증가 보다는 수명 향상에 역점을 두고 연구를 계속하고 있다.

## 5. 향후 연구개발

### 5.1 저가화 연구

태양광발전 시스템의 보급을 위해서는 역시 경제적인 면이 가장 중요하다. 현재 태양전지의 가격 하

락은 이 추세로 간다면 경제성은 충분하지만 주변 장치인 축전지의 가격이 큰 비중을 차지하고 있다. 130년의 역사를 가지고 그동안 수많은 개량과 기술 혁신을 거치면서 오늘날에 이르고 있는 납축전지는 기술적인 면에서 이제 성숙된 단계에 있기 때문에 납축전지의 가격 절감에 기대를 거는 것은 무리이다. 물론 이를 위한 노력은 계속되어야겠지만 앞으로는 시스템의 설계 및 효율을 향상시켜 축전지의 필요 용량을 낮추는 데에도 많은 연구가 있어야 할 것이다.

## 5.2 무보수 납축전지

납축전지 개발의 최종 단계로 판단된다. 사이클 수명과 용량의 향상 문제가 미해결로 남아 있으며 이를 위해서는 앞서 언급한 연구 내용을 보다 세분화 하여 장기적인 계획하에 단계별로 추진되어야 할 것이다. 또 납축전지의 개발은 시험 평가 기간이 너무 긴 것이 단점이므로 가속수명 시험법의 개발도 절실히 요구된다.

## 5.3 납축전지의 상태 감시 장치

납축전지의 충전 상태 및 보유 용량등은 시스템의 운용에 관계되는 매우 중요한 사항이지만 그 측정이 용이하지 않다. 충전 사이클 형태가 규칙적인 경우에는 전해액의 비중으로부터 용량의 보유 상태를 판단할 수 있지만 태양광발전 시스템에서와 같이 불규칙한 경우에는 그렇지 못하다. 마찬가지로 이유로 적산 방식에 의한 용량계도 이 경우 적용이 용이하지 않다. 또한 축전지 자체의 노화에 대한 정보는 축전지의 교체 시기와 밀접한 관계가 있으므로 필수적이라 할 수 있다. 따라서 방전시의 전압, 비중, 외관 등을 계속적으로 감시하여 간접적으로 노화 정도를 측정하는 방법이 제시되고 있으나 신뢰성이 높은 방법이 못된다. 가장 신뢰성이 있는 방법으로는 주기적으로 축전지의 용량을 시험하여야 용량 감소의 경향으로부터 축전지의 교체 시기를 판단하는 방법이다. [3] 이 방법은 축전지나 시험 장비의, 수송이 번거로운 것이 단점이다.

## 5.4 신형 축전지의 개발

태양광발전 및 최근 사회적인 요구가 증가하는 전 기자동차 그리고 전력 부하 평준화 용도에서는 현재의 납축전지 보다 그 성능과 가격이 월등히 나은 축전지가 요구되며 이를 위해서 고성능 신형 축전지의 개발이 진행되고 있다. 그 예로서 Na-S, Zn-Br, Zn-Cl 및 Redox flow전지 등이 있다. 이들은 매우 우수한 특성을 갖고 있어 큰 기대를 하지만 현재에는 여러가지 미해결의 과제가 산재하여 실용화 하기에 많은 시간이 요구된다.

## 6. 결론

태양광발전 시스템에서의 축전지의 역할은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 납축 전지의 개량 및 개발은 꾸준히 진행되어야겠지만, 긴 역사에 비해서 전체 시스템중 그 수명이 가장 짧고, 보수 유지 등이 번거로운 점도 납축전지를 채용하는 이상 피할 수 없는 것으로 받아들여야 할 것이다.

우리나라와 같은 자원 빈국에서는 대체 에너지의 이용이 절실한 상태이므로 대체 에너지 기술 개발 사업의 일환으로 시작한 태양광 발전 시스템의 개발은 매우 뜻있는 사업이다. 이러한 범 국민적 사업을 수행함에 있어서 축전지 및 주변 장치의 중요성을 다시 한번 강조하고 싶다.

## 참 고 문 헌

- [1] Bechtel National Inc., "Handbook for Battery Energy Storage in Photovoltaic Power Systems", Final Report, Sandia National Laboratories, SAND 80-7022, February, 1980
- [2] John E Manders, "Lead Acid Batteries for Remote Area Power Supply", Australian Lead Development Association, May, 1987.
- [3] W.G.A.Baldsing, K.K. Constanti, J.A.Hamilton, P.B. Harmer, R.J.Hill, D.A.J.Rand and R.B.Zmood, "Lead/Acid Batteries for Remote-Area Energy Storage", NERDDC Project No. 904-Final Report, CSIRO Div. Mineral chem., Port Melbourne, Commun.
- [4] Hittman Sssociates, Inc., "Data base on Batteries, Power-Conditions Equipment, and photovoltaic



- 
- Arrays”, Final Report, NSA 0600, Feb, 1981
- [5] G.J.Naff and N.A.Marshall, “Modular Photovoltaic Stand-Alone Systems. Phase 1”Final Report, DOE/NASA-0207-1, Feb, 1983
- [6] Y.Kasai, “Development of Lead-Acid Batteries for Photovoltaic Power Generation System”, Business Japan, September, 1987
- [7] S.Sasabe, “Present State and Development of Lead-Acid Storage Batteries for Solar Photovoltaic Systems”, Business Japan, September, 1989
- [8] Furukawa사, “태양광 발전 시스템용 축전지의 개발동향”, Energy, 1988
- [9] M.Tsubota, “Lead-Acid Batteries for Solar Photovoltaic Systems”, Business Japan, September, 1988
- [10] Y.Kasai, “Current Status and Future Trend of Lead-Acid Batteries for Photovoltaic Power Generation System”, Business Japan, September, 1988
- [11] M. Tsubota, “Sealed Lead-Acid Batteries for Photovoltaic Power Applications”, Business Japan, September, 1989
- [12] D.M.Bush and J.D.Sealey, “Sealed Lead-Acid Batteries for Solar Applications, SAND-84-0948C,1984.