

# 니켈카드뮴 축전지의 성능시험 분석

## An Analysis of Performance Test Results for Nickel-Cadmium Battery

은정근\*                      김명통\*                      김원경\*\*                      홍용기\*\*\*  
Ohn, Jung-Ghun      Kim, Myung-Yong      Kim, Weon-Kyong      Hong, Yong-Ki

---

### ABSTRACT

Battery of rolling stock is a very important device as power supply at starting and emergency control. This paper analyzes the quality of Ni-Cd battery by means of performance test. Ni-Cd battery have suitable and stable properties. That is very stable to discharge on low temperature state and very easy to manage and repair. This paper confirm the performance and property of Ni-Cd battery on low temperature environment by the performance test and estimate the life-cycle of Ni-Cd battery on board at rolling-stock by the life-test and the using-test.

---

### 1. 서론

철도차량에서 축전지는 차량을 기동할 때나 비상시의 제어전원으로서 매우 중요한 구성품 중 하나이며, 현재 철도차량 분야에는 연축전지와 니켈카드뮴축전지 등이 쓰이고 있다.

니켈카드뮴축전지는 사용되는 활물질과 전해질이 매우 안정적인 기전반응을 가지고 있어 축전지로서의 특성과 성능이 안정적이고 균일함을 가지고 있다. 축전지의 안정성과 균일함은 철도차량의 보조 전원이나 비상전원으로서 유지보수가 단순하고 간편함으로서 철도차량을 관리하는데 유지보수 비용 측면에 영향을 미치게 된다.

최근에 철도차량의 운행 및 운영에 있어서 승객들의 안전을 최우선으로 처리하고 있어 철도차량에 요구되는 축전지의 성능 및 수명이 중요한 요소이며, 특히 축전지 교체시기에는 그 중요성을 더욱 강조해도 모자라지 않다.

본 연구에서는 니켈카드뮴축전지의 성능시험을 통하여 혹한기에 철도차량의 기동에 필요한 저온성을 확인하였다. 또한 현재까지 철도차량에 장착된 축전지의 예상 수명을 예측할 수 없었으나 본 연구에서는 니켈카드뮴축전지에 대한 내구성시험을 실시하고, 내구성시험의 결과에 의하여 철도차량에서 축전지를 사용하였을 경우의 사용연한을 가늠할 수 있었다. 이를 토대로 철도차량에 장착된 축전지의 수명을 내구성시험과 단기간의 현차시험으로서 축전지의 수명을 예측할 수 있는 방법을 제안한다.

먼저 연구에 필요한 축전지의 특성을 검토하고 니켈카드뮴축전지의 기본적인 충방전 특성을 확인한다. 다음으로 축전지의 저온 특성에 대하여 논하며, 내구성시험과 현차시험의 결과를 분석한다.

---

\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원  
\*\* 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원  
\*\*\* 한국철도기술연구원 수석연구원, 정회원

## 2. Ni-Cd 축전지의 축전지 특성

철도차량이나 산업용에는 충전과 방전이 가능한 2차 화학전지를 사용하며, 2차 화학전지에는 연축전지와 니켈카드뮴축전지, 니켈수소전지, 리튬이온전지, 리튬폴리머전지 등이 있으나 니켈수소전지와 리튬이온전지, 리튬폴리머전지 등은 기전력이 강하고 적은 전류를 소모하는 소형 전자제품에 대부분 적용되고, 산업용으로는 사용되지 않고 있다.

표1 Ni-Cd 축전지의 특성

차 종		니켈카드뮴 축전지
정격 전압		1.2 V
기전력		1.33 V
활물질	양극	NiOOH + C
	음극	Cd + Fe
전해액		KOH
유지 보수	과충방전특성	과충방전특성이 우수하여 전지성능에 영향을 미치지 않음
	리플 전압	전극손상 및 균열이 없음.
	전해액 보충	약 18 개월
	비중 관리	충방전에 의하여 비중이 변하지 않으므로 전해액 보충으로 충분함.
취급 조건		취급에 따른 전지성능 및 수명에 영향이 없으므로 취급이 간편하며 단순함.

표2 방전율로 구분한 축전지 분류

분류	특성	용도	적용 할도차량
초고출방전형	20분 이하의 단시간 대전류의 부하에 적합 (최고성능용)	무정전 예비 전원 장치 디젤엔진, 가스터빈 시동용 엘리베이터 비상 조작용 엔진점용의 단시간 비상조명용 그 외 단시간 대전류의 비상기기용	디젤기관차 새마을 동차
고출방전형	15~45분간의 단시간 급부하 방전용에 적합 (고성능용)	인버터 부하용 DC모터 구동용 리프팅용 마그네틱 구동용 배연설비용 공장, 빌딩 비상용 기기 조작용 발전소/변전소의 차단기 조작용	
중출방전형	30~90분간의 급방전부하 및 각종 혼합 부하용에 적합 (범용기종)	비상조명용(전축법) 재해방지용(소방법) 공장, 빌딩 예비 전원용 에어콘 용	전동차용
저출방전형	90분 이상 장시간 부하용 (경제적 기종)	전차 제어전원용 열차 조명용 선박용 통신, 보안 장치용 공장 빌딩 비상등용	

정상적인 성능을 발휘할 수 있다. 보통 니켈카드뮴축전지는 정상적인 상태에서 18개월까지는 무보수가 가능하나 6개월 단위의 정기적인 점검이 필요하다.

### □ 취급조건 및 수명

니켈카드뮴축전지는 활물질이나 전해질 등의 취급하는 과정에서 성능에 특별히 영향을 받지 않으므로 안정적이다. 그러므로 니켈카드뮴축전지는 취급에 대한 전문적인 지식이 필요치 않을 뿐 아니라 취급요령도 단순하다.

1899년에 스웨덴의 W.Jungner에 의해 처음 만들어진 니켈카드뮴축전지는 이후 많은 발전을 거듭하여 1948년에는 밀폐형 니켈카드뮴축전지가 제조되었으며, 국내에서는 1985년부터 대량 생산되고 있다. 다음은 니켈카드뮴축전지의 특성을 알아본다.

### □ 정격전압

니켈카드뮴축전지는 1.2 V의 정격전압을 가지고 있으나 충전이나 방전 상태에 따라서 그 전압이 변화한다. 충전이 완료된 직후에는 1.7 V 정도의 전압을 보이나, 곧바로 1.5 V의 만충전된 상태를 보인다. 충전상태로 방치할 경우 전압은 1.2 V 정도까지 점차 낮아진다. 니켈카드뮴축전지는 1.0 ~ 1.3 V의 전압 범위에서 축전지의 주 방전성능을 가지고 있다.

### □ 전해액

니켈카드뮴축전지는 수산화칼륨(KOH)을 1.20의 비중으로 희석하여 사용한다. 이 니켈카드뮴축전지 전해액은 축전지의 기전반응 과정에 관여하지 않으므로 방전이 진행되는 동안 전해액의 비중이 변하지 않는다. 때문에 니켈카드뮴축전지는 방전 초기부터 완료될 때까지 일정한 기전반응을 유지할 수 있으며, 니켈카드뮴축전지를 안정적으로 만들고 있다.

### □ 유지보수

니켈카드뮴축전지는 과충방전이나 리플전압 등에 대하여 영향을 받지 않아 매우 안정적인 특성을 가지고 있다. 니켈카드뮴축전지는 과충전이 될 경우에는 전해액에 포함된 물이 수소와 산소로 전기분해됨으로 전해액이 감소된다. 그러나 전해액의 감소가 축전지의 성능에 영향이 없으며, 전해액의 보충으로

### □ 축전지의 공칭용량

축전지를 표시할 때 공칭용량을 같이 표시한다. 축전지의 공칭용량은 축전지의 전체 전기량을 말한다. 단위는 'Ah'를 사용하며, 일정 전류로 방전한 시간의 곱으로 계산된다.

### □ 축전지의 방전율

축전지를 구분하는 방법으로는 방전율로 구분하는 방법이 있다. 방전율이란 정해진 방전시간동안 방전시킬 수 있는 축전지의 전류용량을 말한다. 5시간 방전율은 축전지를 5시간동안 방전시킬 수 있는 전류(1/5 전류)를 말하며,  $0.2C_5$ 로 표시한다. 방전율에는 보통 5시간율을 사용되며, 초고율방전형에는 1시간율이 사용되기도 한다.

방전율로 축전지를 분류하면, 단시간 동안 대전류의 공급이 가능한 초고율방전형부터 장시간의 저전류용으로 사용되는 저율방전형까지 4가지의 종류로 구분하고 있다. 보통 초고율방전형의 허용최대 방전전류는 5초 정도의 방전시간에  $20C_5$ 이 가능한 축전지이다. 저율방전형의 허용최대 방전전류는  $6C_5$  정도이다.

현재 철도차량에는 기관차의 엔진을 기동하는 용도로는 초고율방전형이 적합하며, 전동차와 같이 기동전류가 크지 않고 비상전원으로 사용되는 축전지는 중율이나 저율방전형이 적합하다.

### □ 축전지의 충전

충전에는 일반적으로 정전류 충전법, 정전압정전류 충전법, 정전압 충전법 등이 있다. 보통 정전류 충전 및 정전류 방전으로 축전지의 성능을 시험한다. 정전류 충전법은 충전 시작부터 끝날때까지 일정 전류로 충전하는 방법으로, 충전할 때 충전량은 전회의 방전전기량이나 공칭용량의 140%를 충전시킨다. 보통 충전전류를 5시간율( $0.2C_5$ )의 전류로 충전하는 것을 표준으로 한다.

### □ 철도차량에서의 충전방법 : 부동 충전

철도차량에 사용하고 있는 축전지는 부동충전으로 충전상태를 유지한다. 부동충전은 충전기와 부하, 축전지가 항상 병렬로 접속되어 평상시에도 충전기가 부하에 전원을 공급함과 동시에 축전지에도 미세 전류로 충전하여 최적의 충전상태를 유지하는 충전방법이다. 철도차량의 축전지는 차량의 기동과 비상시의 비상전원으로 사용된다. 차량이 기동 중에는 항상 보조전원장치가 동작하여 차량에 필요한 전원을 공급함과 동시에 축전지를 충전시킨다. 부동충전전압의 설정이 중요한 관리요소가 된다. 부동충전의 설정 전압이 높으면 과충전이 되고, 낮으면 만충전 상태를 유지할 수 없으므로 성능을 충분히 발휘할 수 없다. 보통 5~6개월 정도에 전해액을 보충하는 정도의 충전전압을 유지하는 것이 중요하다.

## 3. Ni-Cd 축전지의 충방전 특성시험

### □ Ni-Cd 축전지의 충전 특성시험

Fig.1은 니켈카드뮴축전지의 충전 특성을 알기 위하여 충전전압을 측정한 것으로서, 니켈카드뮴축전지는 충전이 진행됨에 따라서 축전지 각 셀의 단위 전압이 약 1.5 V까지 상승함을 알 수 있다. 이 동안은 가스 발생도 적으며 충전효율도 극히 양호한 상태로 충전된다. 그러나 각 셀의 단위 전압이 1.5V 보다 높아진 이후에는 충전말기로서 전압은 급한 상승을 보인다, 이 때부터는 양극과 음극에서 물의 전기분해가 발생하고 충전전류는 거의 물의 전기분해로 소비되어, 충전에는 변화가 없으며 효율이 극히 낮다. 이 상태를 만충전 상태로 본다. 보통 5시간율( $0.2C_5$ )로 7~8시간 동안 정전류 충전시키게 되며, 완전 방전된 경우에도 이로써 만충전시킬 수 있다.

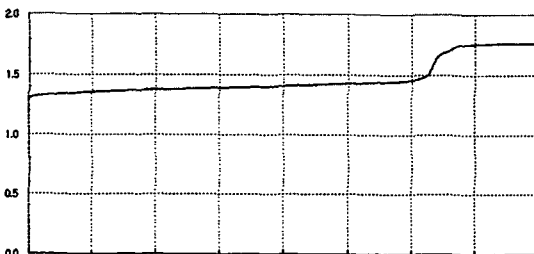


Fig.1. 충전 특성 그래프 (중율방전형 60Ah)

### □ Ni-Cd 축전지의 방전 특성시험

Fig.2.에 측정한 그래프를 통하여 니켈카드뮴축전지를  $0.2C_5$ 의 방전율로 방전시킨 방전특성을 볼수 있

다. 니켈카드뮴축전지를 0.2C<sub>5</sub>로 방전시킨 경우 단위 축전지의 셀 단위 전압이 1.3 V부터 방전을 시작하여 1.1 V까지 지속적인 정전류 방전을 유지한다. 그러나 1.1 V보다 전압이 낮아진 때부터는 전압이 급격히 감소하여 방전효율이 급격히 감소한다.

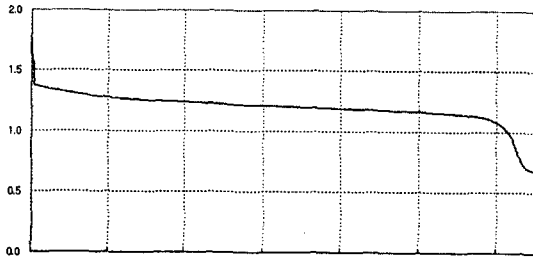


Fig.2. 방전 특성 그래프 (중용방전형 60Ah)

Fig.2의 중용방전형 60 Ah 니켈카드뮴축전지의 방전특성을 보면 예의 축전지는 0.2C<sub>5</sub>의 방전을 12.4 A로 6시간10분 동안 방전되었다. 이로서 축전지의 용량은 76.5 Ah로서 정격용량 60 Ah 보다 128 %의 성능을 발휘하고 있는 것이다.

$$\text{축전지용량} = \text{방전전류} \times \text{방전시간}$$

$$= 0.2C_5 \times 6.17 = 76.5 \text{ Ah}$$

같은 축전지를 보다 높은 방전율인 1.0C<sub>5</sub>로 방전할 경우, 방전하는 특성그래프의 형태는 0.2C<sub>5</sub>와 유사하나 셀 단위전압이 1.2 V부터 방전을 개시하여 1.0 V까지 대부분의 방전이 이뤄지며, 셀 단위전압이 1.0V 이후에는 급격히 방전 성능이 저하된다. 이 때의 축전지의 방전용량을 보면 63.4 A로 1시간 동안 방전이 이뤄졌으므로 축전지용량은 64.4 Ah가 된다. 축전지는 고율로 방전할수록 효율이 떨어짐을 알 수 있다.

□ 실부하 방전 특성 (엔진시동 특성)

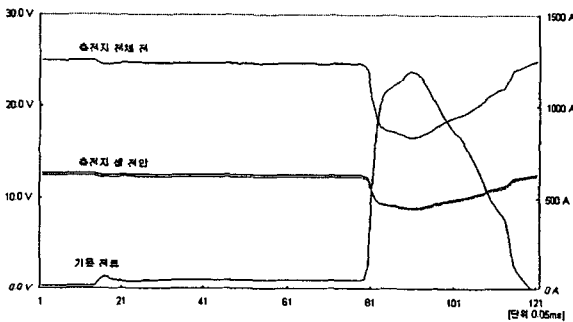


Fig.3. 엔진시동 그래프 (새마을동차 262호)

을 기동한 전류와 전압을 측정한 그래프이다. 엔진을 기동하였을 때 순간최대 1192 A까지 전류가 상승하였으며, 시동에는 약 2초가 걸렸으며, 이로서 1회 기동을 하였을 때 소모된 전기량은 0.42 Ah 정도임을 알 수 있다. 이로서 새마을동차와 같은 엔진시동을 필요로 하는 철도차량은 초고율방전형의 축전지가 적합함을 알 수 있다.

Fig.3은 새마을동차에 215 Ah 용량의 초고율 방전형 니켈카드뮴축전지를 장착하여 주엔진

#### 4. 축전지 성능 시험

##### 4.1 저온 성능

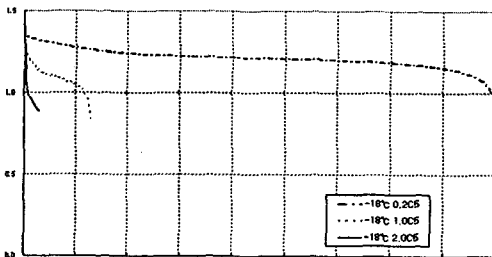


Fig.4. -18℃ 방전시험 (초고율 215Ah)

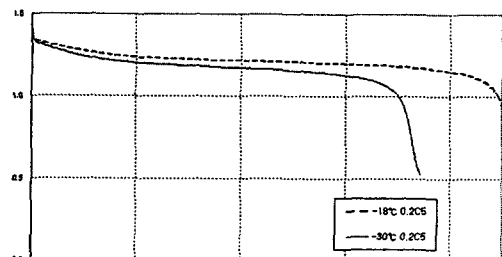


Fig.5. -18℃와 -30℃ 방전시험의 비교

□ 저온 특성 시험

니켈카드뮴축전지의 저온 방전특성을 확인하기 위하여 -18 ℃와 -30 ℃에서 각각 저온방전시험을 실시하였다. 초고율방전형 215 Ah의 용량을 가진 축전지를 -18 ℃에서 18~24시간 방전한 후 0.2C<sub>5</sub>(42.8 A)와 1.0C<sub>5</sub>(211 A), 2.0C<sub>5</sub>(430 A)의 방전율로 방전을 실시하였다. 그 결과는 Fig.4와 같다

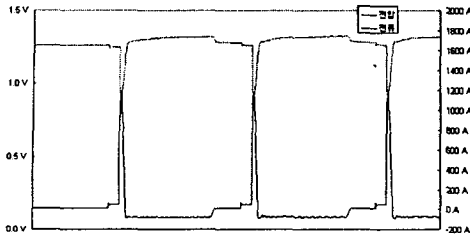


Fig.6. 새마을동차 연속 기동시험(262호)

되었다. 그러나 이 결과는 -30 ℃에서도 새마을동차의 기온을 위한 충분한 방전성능을 가지고 있음을 볼 수 있다.

Fig.6은 새마을동차에 니켈카드뮴을 장착하여 혹한기에 연속적으로 주 엔진을 기동시험을 한 그래프이다. 이 때의 새마을동차는 축전지를 장착한 후, 최저온도 -10 ℃ 정도에 1일간 방치한 상태였다. 기동에는 약 2초가 걸렸으며, 1회 기동을 하였을 때 소모된 전기량은 0.42 Ah 정도이다. 이로서 새마을동차에 장착된 니켈카드뮴축전지의 용량이 215 Ah이므로 최악의 방전 조건에서도 300회 이상의 연속 기동이 가능함을 알 수 있으며, 저온 특성이 우수함을 알 수 있다.

#### 4.2 내구 성능

니켈카드뮴축전지에 대한 내구성시험을 실시하였다. 내구성시험은 50회를 단위로 전체 500회를 실시하였으며, 각 50회마다 완전방전/충전을 1회 실시하고, 0.2C<sub>5</sub>의 방전시험을 측정하였다.

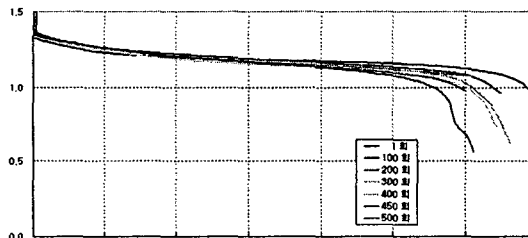


Fig.7. 내구성시험 500회 방전그래프 (저율방전형 60Ah)

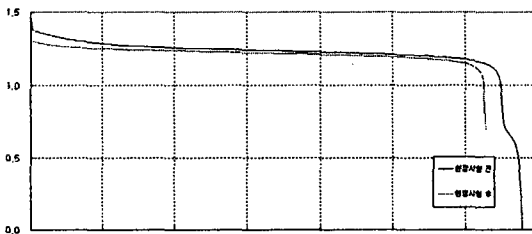


Fig.8. 니켈카드뮴축전지 현차시험 전후 특성비교

이다. 현차시험 전과 현차시험 후의 변화를 볼 때, 시험결과는 현차시험 기간 6개월 동안 약 14분의 점차적인 성능이 저하됨을 볼 수 있다. 현차시험 동안 축전지는 전해액을 부분적으로 1회 보충하였으며 축전지의 이상이나 축전지로 인한 이상은 발견되지 않았다.

#### □ 내구성 시험의 사용 연한

내구성시험을 통하여 축전지는 충전과 방전이 반복 될수록 성능이 점차적으로 저하됨을 알 수 있

이 시험의 방전시간은 0.2C<sub>5</sub>의 경우 4시간10분, 1.0C<sub>5</sub>는 38분, 2.0C<sub>5</sub>는 14분 정도의 방전시간을 보였다. 이 시험결과를 20 ℃ 상온에서 실시한 용량시험과 비교하여 보면 약 80 %의 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

Fig.5은 -18 ℃와 -30 ℃에서 0.2C<sub>5</sub>로 방전한 결과를 보였으며, 온도가 낮아질수록 방전성능이 저하됨을 볼 수 있다. -30 ℃에서 방전시험을 실시한 경우에는 방전시간이 3시간40분이 나왔으며, 20 ℃ 상온에서 방전한 결과에 비하여 26.6 %의 효율이 저하

#### □ 내구 특성시험

전동차용 축전지에 대한 도시철도용품 품질시험 기준에 의하여 내구성시험을 500회 진행한 결과를 Fig.7에 보였다. 그래프는 내구성시험의 각 100회마다의 측정된 방전특성이 변화하는 것을 보이고 있다. 그래프에서와 같이 점차 방전시간이 줄어들어서 방전 성능이 저하되는 것을 볼 수 있다. 내구성시험이 진행되는 각 100회마다 축전지의 방전 성능이 약 18분 정도씩 저하되는 것을 볼 수 있으며, 전체 내구성시험 500회 동안에 1시간 30분 정도의 방전 성능이 저하되었다. 사용된 니켈카드뮴축전지의 초기상태와 비교하여 볼 때 25 %의 성능이 저하된 것이다.

#### □ 현차 시험

내구성시험과 더불어 도시형통근차에 대하여 6개월 간의 현차시험을 실시하였으며, Fig.8은 차량에 장착한 축전지의 현차시험 전의 초기 상태와 6개월이 경과한 후의 상태를 비교한 그래프이다. 그래프는 축전지를 0.2C<sub>5</sub>로 방전시킨 것

다. 이 내구성시험은 축전지의 성능을 확인하기 위한 정규화된 방법이며, 최종적으로 축전지의 수명을 예측할 수 있는 시험방법이다. 그러나 축전지는 환경과 취급에 의하여 성능과 수명이 달라지므로, 단순한 방법이나 계산방법 만으로 내구성시험의 결과를 실제의 수명에 대입하는 것은 매우 어려운 점이 있다. 이에 철도차량에서의 환경이나 취급이 수명에 미치는 영향을 파악하기 위하여 현차시험을 실시하였다. 현차시험 기간 동안에도 실제의 철도차량에서 축전지의 성능이 감소되는 것을 확인할 수 있었으며, 내구성시험 결과와 비교하여 철도차량 환경이 축전지의 성능 저하에 미치는 영향 정도를 확인할 수 있었다. 이로서 내구성시험 500회를 실시한 결과는 실제의 철도차량에 장착하여 사용할 경우 약3.2년의 사용연한을 반영하고 있음을 유추할 수 있었다.

본 연구에서는 내구성시험과 차량에 장착된 축전지의 정기적인 성능시험을 통하여 차량에 장착된 축전지의 수명을 예측할 수 있음을 알 수 있었다. 이로서 현재 철도차량에 장착된 축전지의 내구성시험을 실시하고, 정기적인 차량 점검주기에 맞추어 장착된 축전지에 대한 성능의 저하를 측정함으로써 축전지의 내구연한을 예측할 수 있다.

## 5. 결 론

니켈카드뮴 축전지에 대하여 성능시험 및 현차시험, 내구성시험을 실시하였다.

본 연구에서는 저온방전시험과 새마을동차에 장착하여 실시한 기동시험을 통하여 니켈카드뮴축전지의 저온 특성을 확인하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 저온방전시험과 새마을동차의 현차시험을 통하여 저온 상태의 엔진기동 능력을 확인하였으며, 새마을동차에 설치한 초고출방전형 니켈카드뮴축전지는 혹한기의 상황에서도 충전하지 않고 연속적으로 300회 이상의 기동이 가능한 것으로 확인된다.

전동차용 축전지의 500회 내구성시험을 실시하였다. 도시형통근차의 현차시험과 전동차용 축전지의 내구성시험의 결과로 유추한 결과, 500회 내구성시험은 축전지의 사용연한을 반영하고 있음을 알 수 있었다. 이로서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 니켈카드뮴축전지에 대하여 500회 내구성시험을 실시하였으며, 내구성시험 동안 축전지는 90분 정도의 방전성능이 저하되었으며, 이는 초기 상태에 비하여 25%의 성능이 저하된 것이다.
- 니켈카드뮴축전지 내구성시험 동안 저하된 90분의 방전시간은 도시형통근차의 현차시험과 비교하여 약 3.2년 정도의 현차 사용 연한을 반영하는 것으로 유추된다.
- 앞으로 내구성시험과 차량에 장착된 축전지의 정기적인 특성시험을 통하여 축전지의 사용 수명을 예측할 수 있다.

니켈카드뮴축전지는 안정적인 특성과 비교적 긴 수명을 가지고 있으므로 철도차량의 유지보수와 경제적인 측면에서 많은 이점을 가져오게 될 것이다. 그러나 무엇보다 철도차량에서의 축전지의 수명은 유지보수 비용 등의 경제적인 효과 뿐 아니라 축전지의 교체시기에 대한 안전성과도 관련이 있으므로 철도차량에 장착되는 축전지는 내구성시험 및 정기적인 성능시험을 지속적으로 실시되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 일본축전지공업회, "Nikel Cadmium Alkaline·Batteries SBA6001-1982" Press, 1982
2. 로케트HBL, "니켈 카드뮴 축전지", 2001
3. 로케트HBL, "니켈·카드뮴 알카라인 축전지 設置·補修 지침서" 2001
4. KS C 8517 : 2002, "직육면체형 배기식 니켈 카드뮴 축전지"
5. IEC 60623 : 2001, "Vented Nikel-Cadmium prismatic secondary single cells"
6. 도시철도용품 품질시험기준 KRT-EV600-BA001, "전동차용 축전지", 2001
7. 한민영, "니카드 蓄電池用 페이스크식 카드뮴 電極" 1999. 8.
8. 최승준, "Ni-MH 2차전지 전극용 AB<sub>2</sub>계 수소저장합금을 위한 표면개질 방안에 대한 연구", 2000.2.