

# 철도차량용 폐배터리 재활용 방안 연구

김대현\*, 박신영\*, 조인호\*\*, 이장무\*\*  
 한국교통대학교\*, 한국철도기술연구원\*\*

## Research on Battery Recycling for Railway System

Dae-Hyun Kim\*, Sin-Young Park\*, In-Ho Cho\*\*, Chang-Moo Lee\*\*  
 Korea National University of Transportation\*, Korea Railroad Research Institute\*\*

### ABSTRACT

최근 전 세계적으로 온실가스에 의한 환경 문제가 심각해짐에 따라 수송 분야에서 친환경 에너지를 사용하는 요구가 확대되고 있다. 철도분야에서도 이산화탄소 배출 통제와 더불어 추진에너지로서의 배터리의 사용을 검토하고 있고 관련된 연구가 증가하고 있다. 전기자동차에 비해 철도차량의 배터리는 대용량이 필요하며 철도운영 특성상 초기 도입 비용은 물론 유지관리 비용도 발생된다는 한계점이 있다.

본 연구에서는 배터리를 적용한 철도차량의 경제성을 높이기 위해 철도차량용 폐배터리의 재활용 방안에 대해서 연구해 보겠다. 이를 위해 현재 전기자동차분야의 폐배터리 재활용 동향에 대해 알아보고 철도차량용 배터리의 재활용 가능성을 검토해 보겠다.

### 1. 서 론

현재 이산화탄소 배출이 온실가스의 50%를 차지하고 있다. 국제사회(리우협약, 교토의정서, 파리기후협약 등)가 수송 분야의 이산화탄소 배출 허용 기준을 강화하면서 전 세계적으로 동력을 전기에너지로 대체한 수송분야 중 하나인 전기자동차 보급을 확대하고 있다[1].

하지만 전기자동차 배터리의 보급이 확대됨에 따라 대용량 배터리의 안전한 폐기 문제와 전기자동차에 사용되는 리튬 이온 배터리의 핵심 소재인 리튬, 코발트의 원료 값 인상 등이 문제가 되고 있다 [그림 1]. 이런 문제들을 해결하기 위해 수명을 다한 전기자동차의 배터리를 재활용하는 연구가 전 세계적으로 진행되고 있다[2].

최근 철도산업에서도 철도차량의 운행 효율을 향상시키고 환경오염을 최소화 시키는 방안으로 철도차량 내 배터리 적용을 검토하고 있다. 한국철도기술연구원에서는 최대 360kW, 충전시간 3C로 20분, DC 750V로 무가선 구간 주행을 목표로 하는 무가선 저장 트램을 개발 중에 있다[3]. 해당 연구에서는 전동차 실내에 130kWh 용량의 고밀도 리튬 이온 배터리를 사용하는 연구를 진행 중이다. 130kWh 용량의 철도차량 배터리에 비해 닛산의 리프 및 BMW의 i3의 전기자동차 배터리용량은 21.3kWh 및 18.8kWh 정도로 대체적으로 철도차량 대비 낮은 배터리 용량을 가지고 있다.[4]

이러한 용량적인 차이를 바탕으로 본 논문에서는 철도차량용 폐배터리의 재활용 방안을 연구해 보겠다. 특히, 본 연구에서는



그림 1 코발트 가격 동향 (\$/kg)  
 Fig. 1 Trend of Cobalt price (\$/kg)

<자료 런던금속거래소 2018.6 재구성>

폐배터리의 재활용 방법을 화학적 분해를 통해 희유금속(리튬, 코발트)으로 추출하는 개념이 아닌 배터리 팩을 자체적으로 재사용하는 개념으로 국한시키고, 전기자동차 폐배터리의 재사용 개념과 동향을 살펴본 뒤 이를 철도분야에 적용한 철도차량 폐배터리의 재사용 방안에 대해 알아보려고 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 폐배터리 재사용 방법

독일의 재생에너지협회 BEE(German Renewable Energy Federation) 연구에 따르면 7~15년 운행한 전기자동차의 리튬 이온 배터리는 초기 용량의 70~80%로 재사용이 가능하며 ESS로 용도 전환할 경우 추가적으로 10년 이상 사용이 가능하다고 분석하였다[5].

본 논문은 전기자동차 폐배터리를 ESS로 재사용하기 위한 방법을 그림 2와 같이 크게 직접 재사용과 분해-조립 방법으로 나누어 정리 한다[6].

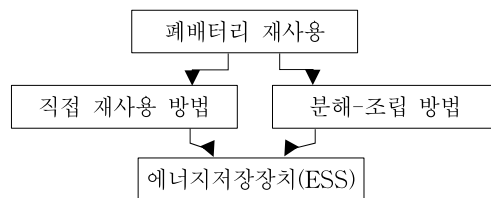


그림 1 배터리 재사용 방법 개념도  
 Fig. 1 Conceptual diagram of battery re-use methods

표 1 배터리 용량에 따른 분류와 ESS 용도  
Table 1 Classification by capacity of battery and use of ESS

용량	25kWh 미만	25kWh 이상	100kWh이하	1MWh 이상
분류	소형	중형		대형
용도	가정용	상업용 및 전기차 충전소 용		신재생에너지 연계 및 전력 안정화

분해-조립 방법이란 배터리 팩을 해체한 후 모듈과 셀 단위로 분해하여 불량을 선별하고 표 1과 같이 용도에 맞는 최적의 ESS로 재구성하는 방법이다[7]. 용도별 최적화가 가능하다는 장점이 있지만 모듈과 셀을 선별하기 위한 추가 가공시간 및 비용이 발생되며, 폭발위험성 때문에 안전 확보를 위한 별도의 작업환경이 필요하다는 단점이 있다[8].

미국의 국립재생에너지 연구소 NREL(National Renewable Energy Laboratory)에 따르면 중고배터리 수거과정과 인건비가 전체 가공비용의 80%를 차지한다고 분석했다[9]. 이는 분해-조립 방법과 같이 배터리 팩 재활용을 위한 프로세스가 복잡해질수록 재활용 배터리의 비용이 크게 증가할 수 있음을 의미한다.

직접 재사용이란 배터리를 팩 단위로 재사용하는 것이다. 팩을 그대로 재사용하기 때문에 프로세스 단축을 통해 비용절감이 가능하다는 장점이 있지만 전기자동차용 배터리 팩은 차량 모델의 크기, 주행특성 등에 따라 모양과 탑재 위치가 각각 다르기 때문에 용량 확대에 어려움이 있어 ESS의 용도별 재사용이 가능한 분야가 제한된다는 단점을 가지고 있다[8]. 표1은 배터리 용량에 따른 ESS 적용 범위를 보여주고 있다.

### 2.2 전기자동차 폐배터리 재사용 동향

현재 진행되고 있는 전기자동차 폐배터리 재사용 해외 동향에 대해 살펴보면, 일본의 닛산은 스미토모와 합작하여 재활용 전용 공장을 설립하고, 닛산 리프의 폐배터리를 이용한 가정용·상업용 ESS 제품을 출시하였다. 독일의 BMW는 보쉬, 바텐풀사와 협력하여 2차 배터리 연합을 발족하고, BMW i3의 100대 이상의 배터리팩을 활용하여 2.8MWh 설치용량과 2MW의 출력을 가지는 ESS를 구축하여 운영 중이다[10].

국내동향을 살펴보면, 산업통상자원부 한국에너지기술 평가원은 2015년 11월부터 'xEV 폐배터리를 이용한 ESS(500kWh급) 기술 개발 및 실증 사업'을 시작했다. 이 사업의 주 내용은 EV 폐배터리를 재사용 가능한 배터리로 등급화 하여 수급, 해체, 분석, 재처리 등을 연구 개발하는 것이다[11]. 제주도테크노파크에서는 폐배터리 재사용 센터를 구축하여 폐배터리의 충방전 효율 및 수명 등의 분석을 통해 잔존가치를 산정한 후, 성능에 따라 신재생 연계형 ESS 혹은 독립형 ESS로 활용하여 가로등, 양식장, 농업시설의 수요를 충족할 예정이라고 밝혔다[12].

### 2.3 철도차량용 배터리 재사용 방안

초기 용량의 70~80%의 전기자동차 리튬 이온 배터리를 ESS로 재사용하는 방법에 대해 알아보았다. 철도차량용 배터리 재사용 방안을 살펴보기 위해, 철도차량 배터리 130kWh의 용량과 닛산 리프의 21.3kWh용량을 기준으로 초기 배터리 용량을 산정한다. 그리고 잔존 용량 산출을 위해 70~80% 수치를

를 사용하면 철도차량 폐배터리 용량 및 전기자동차용 폐배터리 잔존 용량은 91~104kWh 및 14.81~17.04kWh이다.

즉, 철도차량의 폐배터리는 전기자동차 폐배터리를 직접 재사용한 방법의 ESS의 용도별 재사용 가능분야(25kWh미만의 소형 ESS)보다 넓게 활용할 수 있다는 것을 알 수 있다.

## 3. 결 론

본 논문은 전기자동차용 폐배터리를 ESS로 재사용하는 방법과 특징을 알아보고 폐배터리에 관한 시장 동향을 분석하였다. 이를 바탕으로 수 백 kWh 급 철도차량용 배터리의 재활용 시, 기존 전기자동차용 배터리에 비해 넓은 범위의 재활용 시장을 가질 수 있음을 확인할 수 있었다.

친환경에너지소비에 맞는 철도시스템이 되기 위해서는 대용량의 ESS로도 직접 재사용하여 용량 확대를 할 수 있는 기술과 모듈과 셀로 분해 자동화 기술의 연구와 개발이 필수적으로 이뤄져야 한다고 생각한다.

본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 우중률, 전력 믹스에 따른 전기자동차의 CO2 배출량 비교 분석, 과학기술정책 2016년 11월호
- [2] 환경부, 전기자동차 등 친환경차 배터리 재활용 촉진 및 적정처리를 위한 제도개선 연구 2017.02 p33-38
- [3] 전동차 탑재용 에너지저장장치 적용 방안 연구 2012.6 한국철도기술연구원
- [4] '전국 지자체 101곳, 전기차 구매 보조금 신청접수', 환경부 보도자료 2017.1
- [5] 'Second Life Batteries as Flexible Storage For Renewable', BEE, 2016.4
- [6] 'A cost analysis of electric vehicle batteries second life business, ReserchGate', 2014.7
- [7] <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=sdibattery&logNo=220015248575&beginTime=0&jumpingVid=&from=search&redirect=Log&widgetTypeCall=true> 삼성SDI 공식블로그 2015.4
- [8] 박수향, 전기차가 견인하는 ESS 시장. ENERGY FOCUS 2017 봄호
- [9] 'Identifying and Overcoming Critical Barriers to Widespread Second Use of PEV batteries', NREL, 2015.2
- [10] 홍용준, 배터리를 재사용한 가정용 전력저장장치의 에너지 균등화 비용 추정, 한국태양광발전학회지 제3권 제2호 2017.9. p55-62
- [11] 전기자동차 폐배터리를 이용한 에너지저장장치 구성에 관한 기술동향 분석 2016.6 한국통신학회
- [12] 글로벌 EV폐배터리 재사용센터 구축안 2017.3 .제주테크노파크