
연구실 내 배터리 취급 · 관리 매뉴얼



과학기술정보통신부
Ministry of Science and ICT



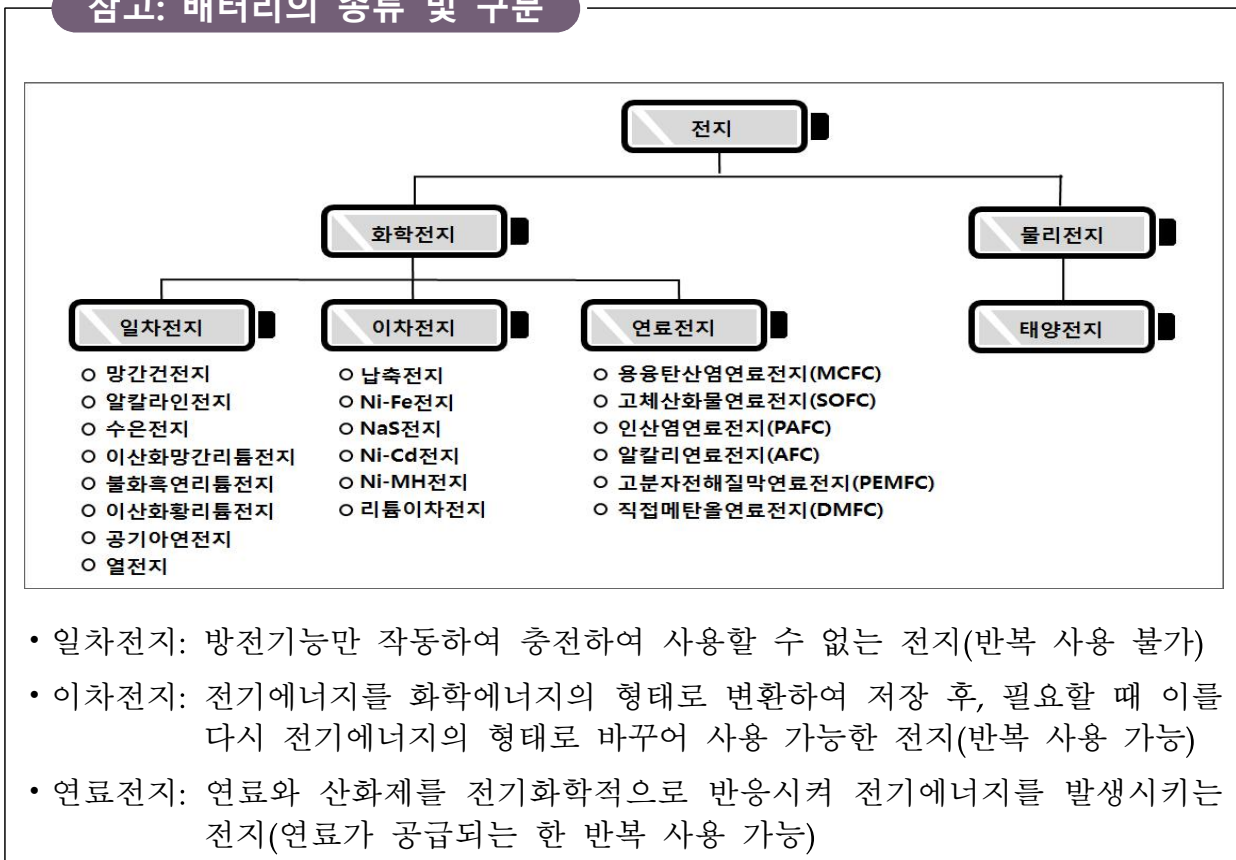
국가연구안전관리본부
National Research Safety Headquarters

01 서론

□ 배경 및 목적

- 최근 휴대가 용이하고, 사용 공간의 제약이 없어 편리하게 사용할 수 있는 다양한 무선기기(디지털 디바이스, 드론 등)들이 새로이 개발·출시
- 무선기기에는 기본적으로 에너지 공급원으로써 ‘배터리’가 사용되고 있으며, 이러한 배터리의 성능과 효율이 기기의 품질을 결정하는 주요요소로 작용
- 이에, 보다 고성능인 배터리를 개발하기 위하여 국내·외적으로 활발한 연구 개발이 추진되고 있으며, 최근에는 크기는 작고 무게가 가벼우면서 효율은 매우 높은 이차전지(리튬전지)가 가장 광범위하게 취급·사용되는 추세

참고: 배터리의 종류 및 구분



- 위와 같은 배터리들은 연구실에서도 활발히 사용되고 있으며, 연구자가 개인적으로 사용하는 휴대전화, 태블릿 PC부터 연구개발 수행을 위한 장비 내부속품, 또는 연구개발활동의 직·간접적 소재*로까지 폭 넓게 취급

* 전지성능 향상을 위한 기초연구(활물질·전해질 개발), 드론개발, 자동차전지 개발 등

- 이처럼 배터리가 우리 생활 속 매우 다양한 곳에 활용되고 있고 연구실에서도 빈번히 취급·사용되고 있지만, 전기화학적 특성 무지와 사용자 부주의 등에 기인한 발화, 폭발 등의 안전사고가 지속 발생하고 있음.
- 이에, 연구실 내 취급될 수 있는 배터리의 위험성을 안내함과 동시에, 이를 안전하게 취급·관리할 수 있는 방안을 제공하기 위하여 본 매뉴얼 제작

□ 연구실 내 배터리관련 안전사고 발생 현황

2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년(~9월)
1	-	4	3	-	2

- 최근 6년간 배터리로 인한 연구실 안전사고는 10건 발생
 - 연구자재(로봇, 자동차배터리, 측정장비 등) 배터리 충전 중 과열·폭발로 인한 화재사고 5건, 연구(배터리 시험·조작 실험) 중 단자접촉 등에 의한 감전 및 화상사고 4건, 개인용품(전동드릴) 조작 중 발생한 폭발사고 1건
- 위 사고현황을 살펴보았을 때, 배터리 사고는 직접적인 연구활동 시간 외 연구자가 연구실에 상주하지 않는 시간에도 발생할 수 있음을 알 수 있으며,
 - 만약 배터리 폭발 등으로 인해 화재사고가 날 경우에는, 연구실 내 취급되는 다양한 가연물에 의해 피해가 쉽게 확산되어 고가의 연구장비 등이 전소 되는 등 막대한 물적피해가 발생할 수 있음.

참고: 배터리 화재사고 예시

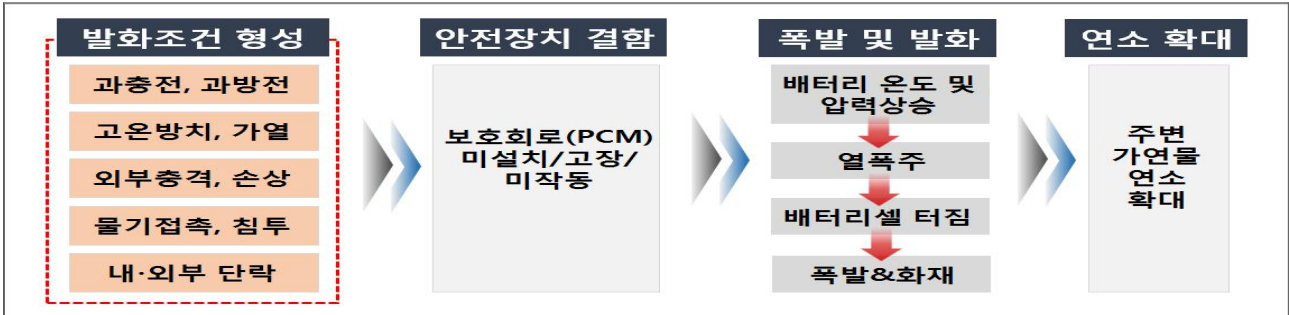
- 일 시: 2019. 5. 24.(금), AM 01:41
- 장 소: OOOO기술원 OO캠퍼스 행정동
- 인명피해: 없음(화재 진화 중, 소방관 2도화상(손))
- 재산피해: 사무실 1개소(50m²) 전소
- 사고개요: 기술원 내 입주한 무인선박 개발 업체에서 기기에 장착되는 배터리를 충전하는 중 폭발과 함께 화재 발생

※ 사고기관은 종사자 5인의 기업부설연구소로 '연구실안전법' 대상기관은 아니며, 사고발생 장소 또한 연구공간이 아닌 제고정리 등을 위한 창고공간



사진: 대전소방본부

□ 배터리 사고발생 매커니즘(폭발 및 화재)



- 배터리는 과충전·과방전, 가열, 외부충격 등의 외적요인과 배터리 부품 및 구조적 결함 등 다양한 원인에 의해 발화·폭발이 발생
- (외적요인에 의한 사고) 배터리(특히, 리튬이온으로 구성된 이차전지)는 그 자체로서 발화, 폭발 등을 유발할 수 있는 불안정한 물질로 구성되어 있기 때문에 외부충격에 의해 단락이 되면 내부압력이 급격히 증가하여 폭발
- (내부결함에 의한 사고) 단순 외적요인 외에도 배터리 자체 성능 결함, 구성품 불량 등에 따라 충전상한전압이 초과되거나 보호회로(PCM)가 작동하지 않을 경우, 고온·과충전 등에 의해 쉽게 폭발·발화

참고: 배터리 과충전에 따른 화재 재현실험 결과

- 실험개요: 보호회로(PCM) 제거, 전용충전기 아닌 별도 충전기를 사용하여 배터리 충전 실시



백연분출 및 착화



폭발성 화염



배터리 잔해물

리튬이온배터리(10개셀 1팩 / 36V) 발화실험(30분 충전)



백연분출 및 착화



폭발성 화염



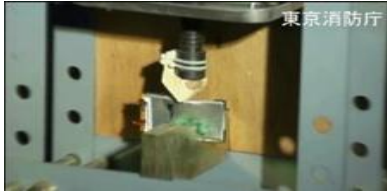
배터리 잔해물

리튬폴리머배터리(8개셀 5팩 / 43V) 발화실험(4시간 9분 충전)

자료: 동작소방서

참고: 배터리 외부충격에 따른 화재 재현실험 결과

- 실험개요: 배터리에 외력을 임의로 가하여 손상을 입힌 후, 경과확인



외부충격(압력)



배터리 손상, 연기발생



배터리 폭발, 화재발생

자료: 일본 동경소방청



외부충격(관통)



배터리 손상, 연기발생



배터리 폭발, 화재발생

자료: 의왕소방서(2차전지 화재위험성과 화재패턴에 관한 연구)

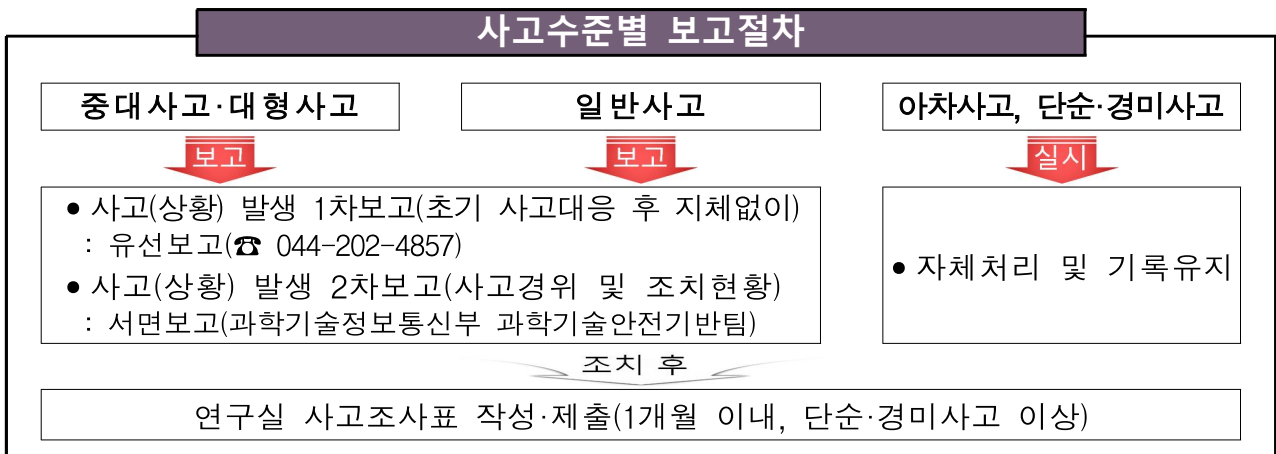
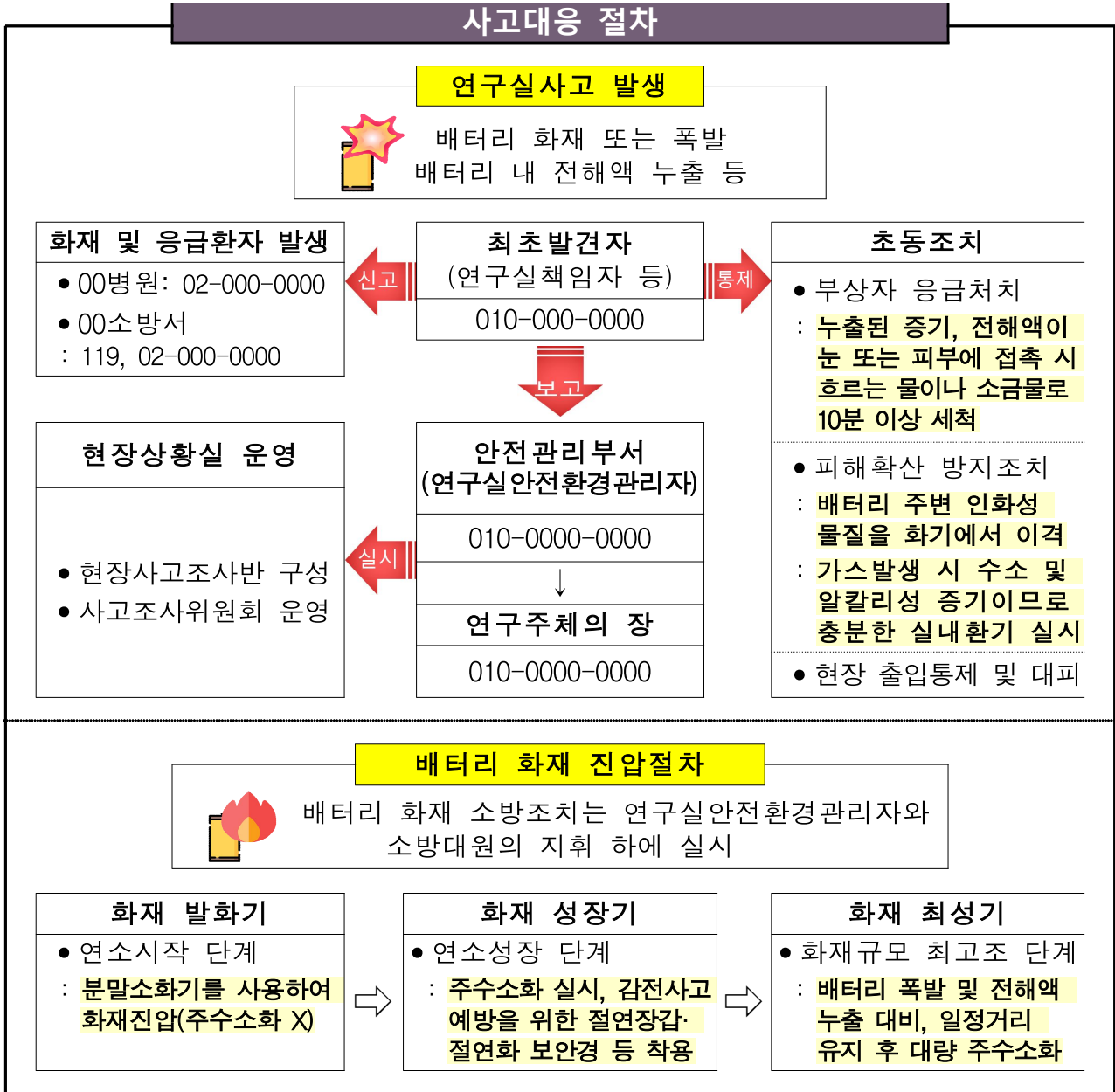
□ 배터리 사고의 특징

- 배터리 발화 및 폭발 사고가 발생하게 되면, 외관이 녹아내리는 등 배터리가 훼손되어 대부분 정확한 사고원인을 규명하기 곤란
- 특히, 내부단락에 의한 발화 및 폭발인 경우에는 배터리 내부의 복잡한 구조와 다양한 발열루트로 인해 사고 후 배터리를 분해하지 않으면 원인을 찾기 어렵고, 분해하더라도 극한의 심한 탄화로 규명이 어려움.
- 또한, 배터리에 비정상적인 온도 상승이나 과충전, 과전류 등을 차단할 수 있는 보호회로(PCM)가 없을 경우, 발화 및 폭발의 위험은 더욱 높아지는 특징이 있음.

□ 배터리 사고(화재, 폭발) 시 소화방법

- 배터리 내부에서 전해액 또는 화염분출 시에는 주변에 접근하지 않고, 119 신고 및 화염이 멈출 때까지 기다린 후 소화기 또는 대량의 물로 소화

【연구실 내 배터리 관련 사고대응절차】



□ 충전 시 주의사항



아래와 같은 현상이 발생하면 바로 충전을 중지하여야 한다.

- 충전 중 연기가 발생하는 경우
- 배터리 내부에 액체가 흐르거나, 냄새가 나는 경우
- 배터리 또는 배터리팩이 팽창, 변형, 변색된 경우
- 배터리 또는 배터리팩이 비정상적으로 뜨거운 경우

※ 충전 중 위와 같은 현상을 보이는 배터리, 배터리팩, 충전기는 즉시 가연성물질과 이격시키고, 폐기조치 한다.

1. 배터리의 올바른 충전방법은 제조사에서 발간한 사용설명서를 참고하여야 하며, 사용설명서는 폐기 전까지 보관한다.
2. 배터리 충전 시에는 전용 충전기만을 사용하여야 한다.
3. 충전 시, 과충전(과전류, 과전압)에 의한 발열반응에 주의하여야 한다.
 - 충전전류는 각 제조사에서 지정한 최대 충전 전류보다 낮아야 한다.
 - 충전전압은 각 제조사에서 지정한 최대 충전 전압보다 낮아야 한다.
4. 배터리 충전은 실온상태의 실내에서 이루어져야 한다.
 - 온도가 높거나 낮은 경우, 또는 습도가 높은 경우에는 배터리가 손상될 수 있다.
5. 배터리는 장기간 충전기에 장착한 상태로 보관하면 안 된다.

□ 취급 · 사용 시 주의사항



아래와 같은 현상이 발생하면 바로 취급·사용을 중지하여야 한다.

- 배터리 외부에 손상이 있거나, 내부손상이 의심되는 경우
- 배터리 또는 배터리팩의 외부 커버가 손상되었을 경우

※ 취급·사용 중 위와 같은 현상을 보이는 배터리, 배터리팩, 충전기는 재활용하여 사용하지 말고, 폐기조치 한다.

1. 배터리는 의도된 용도로만 사용하여야 한다.
2. 내부에 적절한 보호기능이 있는 배터리 제품만을 사용하여야 한다.
3. 배터리를 해체하여 열거나, 자르는 등 임의로 개조하여 사용하면 안 된다.

4. 배터리를 열이나 화기에 노출시키면 안 된다.
5. 종류 및 형식이 다른 배터리(일차전지와 이차전지, 또는 리튬이온배터리와 니켈-금속 배터리 등), 서로 다른 크기의 배터리를 혼용하여 사용하면 안 된다.
6. 배터리가 물에 젖었을 경우, 사용하면 안 된다.
 - 물에 젖음에도 불구하고 정상 작동할 수는 있으나, 내부에서 천천히 부식이 진행되고 있을 수 있으며 이로 인해 화재 등이 발생할 수 있다.
7. 정전기가 발생하는 장소에서는 배터리를 사용하면 안 된다.
 - 정전기는 배터리팩 안의 보호기능을 손상시킬 수 있다.
8. 날카로운 물건으로 배터리를 치거나, 구멍을 내는 행위 등을 하여서는 안 된다.
 - 배터리 내부에서 쇼트가 발생할 경우 발열, 발화, 폭발이 발생할 수 있다.
9. 만약 배터리 내부의 액체가 흘러나와 피부 또는 눈에 묻을 시, 즉시 흐르는 물에 충분히 씻은 후 의사와 상담하여야 한다.
10. 배터리 사용 시에는 (+), (-) 단자를 확인하고 올바르게 사용하여야 한다.
11. 배터리의 (+), (-) 단자가 오염되었으면 깨끗한 마른 천으로 닦아야 한다.
12. 만약, 배터리의 사용시간이 현저히 감소하였다고 판단될 경우에는 새 것으로 교체하여야 한다.
 - 사용시간이 감소했다고 느껴지는 배터리는 충전하기 전, 전압을 확인한다.
 - 배터리의 전압이 2.5 V/cell 이하일 경우에는 배터리 또는 배터리팩을 충전·사용하지 말아야 한다.

□ 보관 시 주의사항



배터리를 보관할 경우에는, 아래의 내용에 주의하여야 한다.

- 가연성물질, 생물체(특히 동물)와 떨어진 곳에 보관한다.
- 건조한 실온조건에서 보관하며, 냉장·냉동고에 보관하면 안 된다.

1. 배터리를 보호조치 없이 주머니, 가방 등에 단독으로 보관하면 안 된다.
 - 배터리가 동전, 키, 클립 등과 같은 금속재질과 접촉 시 화재, 폭발이 발생할 수 있다.
2. 직사광선을 받는 곳에 배터리를 보관하여서는 안 된다.
 - 60°C 이상의 온도에서 배터리를 보관할 경우, 화재 또는 손상을 유발할 수 있다.

3. 배터리 또는 배터리팩을 사용하기 전까지는 본래의 포장을 제거하지 않고 보관한다.
4. 제품을 수 개월 이상 사용하지 않을 계획일 경우, 배터리와 배터리팩은 제품에서 분리하여 보관한다.
 - 배터리를 장기간 제품에 장착한 상태로 보관할 경우 누액 등의 문제가 발생할 수 있다.
5. 배터리를 장기간 보관 후 재사용할 경우, 충전하기 전에 전압을 확인한다.
 - 배터리의 전압이 2.5 V/cell 이하일 경우, 배터리 또는 배터리팩을 충전하거나 사용하지 않아야 한다.
 - 또한, 장기간 사용하지 않은 배터리의 최대 성능을 얻기 위해서는 몇 차례 방전 및 충전할 필요가 있다.

□ 폐기 시 주의사항



배터리를 폐기할 경우에는, 아래의 내용에 주의하여야 한다.

- 배터리는 반드시 방전시킨 후 폐기하여야 한다.
- 배터리를 폐기할 때에는 서로 다른 전기화학 시스템을 가진 배터리와 서로 격리한다.

1. 배터리를 쓰레기와 함께 보관하거나 일반 쓰레기통에 버리면 안 된다.
2. 폐기 시, 다른 배터리 또는 금속과의 접촉을 예방하기 위하여 (+), (-) 단자를 테이프로 밀봉하여야 한다.
3. 사용이 완료된 배터리를 가방, 서랍, 박스 등 다른 물품과 함께 쌓아서 방치하면 안 된다.
 - 사용 완료된 배터리도 일부 충전상태일 수 있으며, 이러한 배터리를 다른 물품(특히 금속 등)과 함께 보관할 경우 화재가 발생할 수 있다.
4. 배터리는 소각하거나 불 속에 폐기하면 안 된다.
5. 이차전지(리튬이온배터리)는 소금물에 담가놓아(염충작업) 방전 시킨 후 폐기할 수 있으나, 전문 업체를 이용하여 폐기하는 것이 가장 안전하다.

□ 배터리 관련 R&D를 수행하는 연구자 주의사항



연구개발활동 중 배터리를 직접적으로 취급·사용하는 연구자들은 아래의 내용에 주의하며 연구를 수행하여야 한다.

- 가연성물질은 배터리 취급장소와 충분히 이격시킨다.
- 배터리에 외부충격 또는 스파크 등이 가해지지 않도록 주의한다.

1. 연구개발활동 중 배터리를 취급할 경우에는 개인보호장비를 착용해야 하고, 배터리 근처에 B급 소화기(유류/가스화재)를 비치하여야 한다.
 - 특히, 실링 처리되지 않은 납 배터리를 사용할 경우에는 보안경, 보호장갑(고무장갑), 그리고 고무 처리된 앞치마 또는 보호복을 착용해야 한다.
2. 배터리 내부 전해질의 경우, 독성을 띠는 물질이 있으므로 접촉에 대비하여 세안기 및 비상샤워장치를 설치해야 한다.
3. 밀폐형 배터리를 취급·보관·연구하는 연구실의 경우 충분한 환기가 필요하다. 환기량은 배터리의 크기, 형태, 온도, 충전전류에 의해 결정된다.
4. 밀폐된 공간의 배터리와 근접한 위치에는 스파크를 일으킬 수 있는 부품(릴레이, 스위치 등)을 설치하지 않아야 한다.
5. 퓨즈나 차단기와 같은 보호장치는 가능한 배터리와 가까운 곳에 설치하여야 하고, 과전류 서지*(Surge)를 견딜 수 있는 충분한 배선을 사용해야 한다.
 - * 전기회로에서 전류나 전압이 순간적으로 크게 증가하는 충격성이 높은 펄스
6. 배터리 충전 시험 시, 과충전에 의해 전해액이 폭발하여 가스가 누출될 수 있으므로 충분한 환기와 함께 가연성가스의 발생을 막기 위한 조치가 필요하다.
7. 배터리를 충전하는 영역 근처에는 점화원이 없어야 하며, 가연물은 충전영역으로부터 1 m 이상 이격시켜야 한다.
8. 배터리 충전시험 전·후에는 전해질의 상태를 항상 점검하여 안전한 수준이 유지될 수 있도록 하여야 한다.
9. 배터리 균열에 의해 전해질 또는 겔이 방출되는 것에 항상 주의하여야 한다.
10. 나일론 재질의 옷은 정전기 및 스파크를 일으킬 수 있으므로 입지 말아야 하며, 배터리 단자에 접촉될 수 있는 금속(반지, 목걸이 등)은 착용하지 않아야 한다.

【참고자료】

1. KS C IEC 62133: '휴대기기용 밀폐 이차 단전지 및 이로 구성된 전지의 안전 요구사항'(국가기술표준원, 2018)
2. 삼성SDI 소형 배터리의 충전, 사용, 취급에 관한 가이드(www.samsungsdi.co.kr)
3. 충전식 소형가전 전지 안전실태조사(소비자원, 2018)
4. 리튬배터리 화재발생 추이 분석(서울소방재난본부, 2018)
5. 연구실 특성을 반영한 유형별 안전관리 가이드라인 개발(과기정통부, 2017)