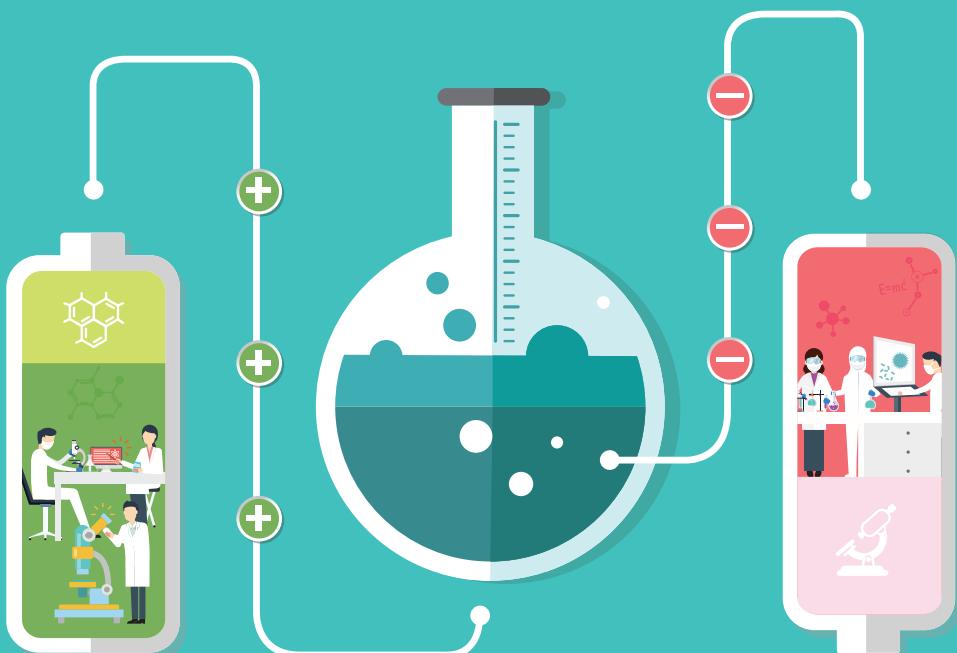


전기화학분야 연구실 안전관리 가이드라인

» 이차(리튬)전지, 연료(수소)전지 중심



과학기술정보통신부



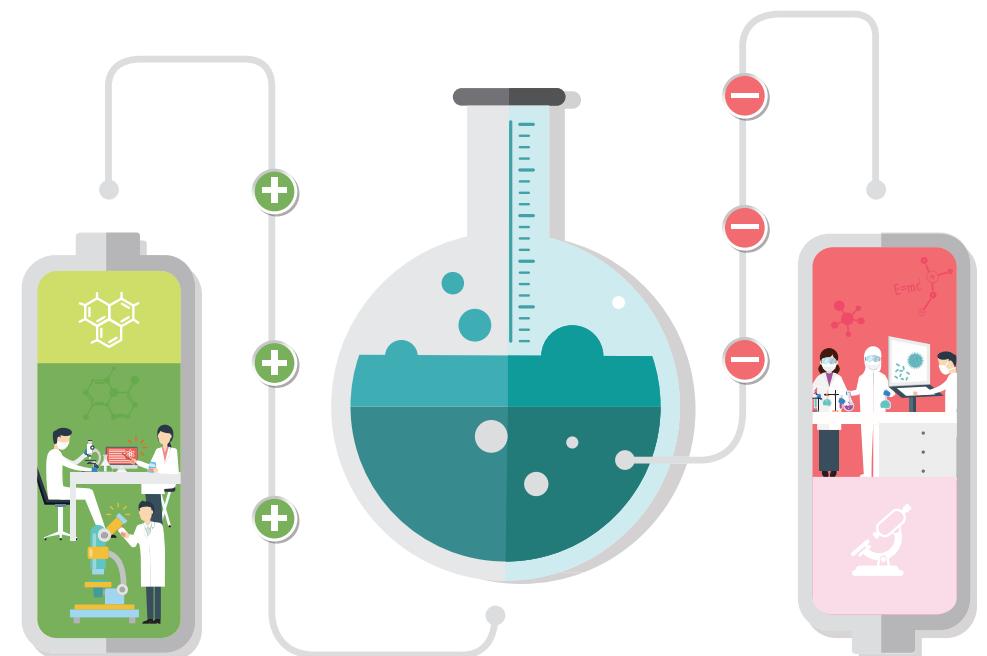
한국생명공학연구원



국가연구안전관리본부

전기화학분야 연구실 안전관리 가이드라인

» 이차(리튬)전지, 연료(수소)전지 중심



CONTENTS



Part I	가이드라인 개요	4
--------	----------	---

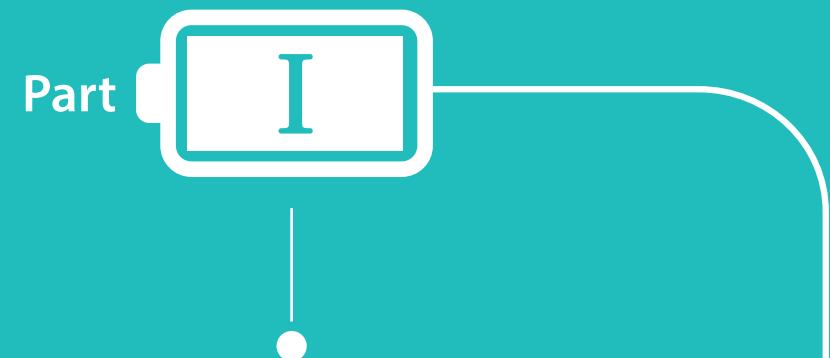
Part II	이차전지 안전관리 가이드라인	8
---------	-----------------	---

1. 이차전지 개요	10
2. 이차전지의 특징 및 주요 위험성	11
3. 이차전지 R&D 주요 프로세스	12
4. 이차전지 R&D 프로세스별 안전관리 기준	13
가. 제조	13
나. 조립	25
다. 충·방전(활성화)	38
라. 보관 및 폐기	41

Part III	연료전지 안전관리 가이드라인	44
----------	-----------------	----

1. 연료전지 개요	46
2. 연료전지의 특징 및 주요 위험성	47
3. 연료전지 R&D 주요 프로세스	48
4. 연료전지 R&D 프로세스별 안전관리 기준	49
가. 제조	49
나. 시험(Test)	55

부 록	연구실 내 배터리 취급·관리 가이드라인	58
-----	-----------------------	----



가이드라인 개요





I

Part

가이드라인 개요



최근 에너지를 효율적으로 활용하기 위한 이차전지, 그리고 연료전지와 같은 신·재생에너지 분야가 대표적 신산업 유망시장으로 대두되고 있으며, 이에 따라 국내 대학·연구기관 내 연구실에서도 관련 R&D 활동이 활성화되고 있다.

하지만 위와 같은 전기화학적 응용·복합연구는 타 분야 대비 다양한 화학물질, 가스, 장비 등을 취급하기 때문에 언제든지 안전사고를 발생시킬 수 있는 위험성을 내재하고 있고, 예기치 못한 새로운 유형의 위험요인이 갑자기 발현될 가능성도 매우 크다.

이러한 위험성으로 인해, 실제로 이차·연료전지를 취급하거나 관련 분야 연구를 수행하는 국내 과학기술분야 연구실에서는 화재 및 폭발 등의 크고 작은 안전사고가 꾸준히 발생하고 있으며, 이는 연구자의 건강과 생명을 위협함은 물론 고가의 연구장비를 훼손하는 등의 막대한 인적·물적 피해를 유발하고 있다.



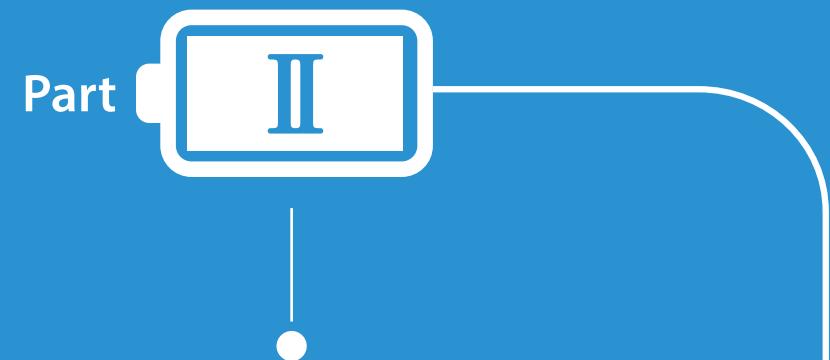
전기화학(이차 및 연료전지)관련 폭발사고 예시

이처럼 증가하는 전기화학분야 R&D 추세와 높은 사고발생 위험성에도 불구하고, 현재 국내·외적으로 연구자가 참고할 수 있는 연구실 특화 안전관리 기준은 매우 부족한 것이 현실이다. ESS(에너지저장장치) 등 일부 대규모 산업현장에 적용할 수 있는 장치들에 대해서는 매스컴, 정부발표 등을 통해 안전기준들이 발표되고는 있으나, 연구실은 이보다 작은 소규모 셀 단위의 연구를 주로 진행하기 때문에 이를 그대로 적용하기에는 다소 무리가 있다. 또한, 연구실은 그 특성상 새로운 장비·화학물질을 사용하여 기준에 규정되어 있지 않은 창조적 활동을 주로 수행하기 때문에 산업현장보다 더욱 다양한 위험성이 존재하므로 이를 반영한 특화 안전기준 수립이 반드시 필요한 시점이다.

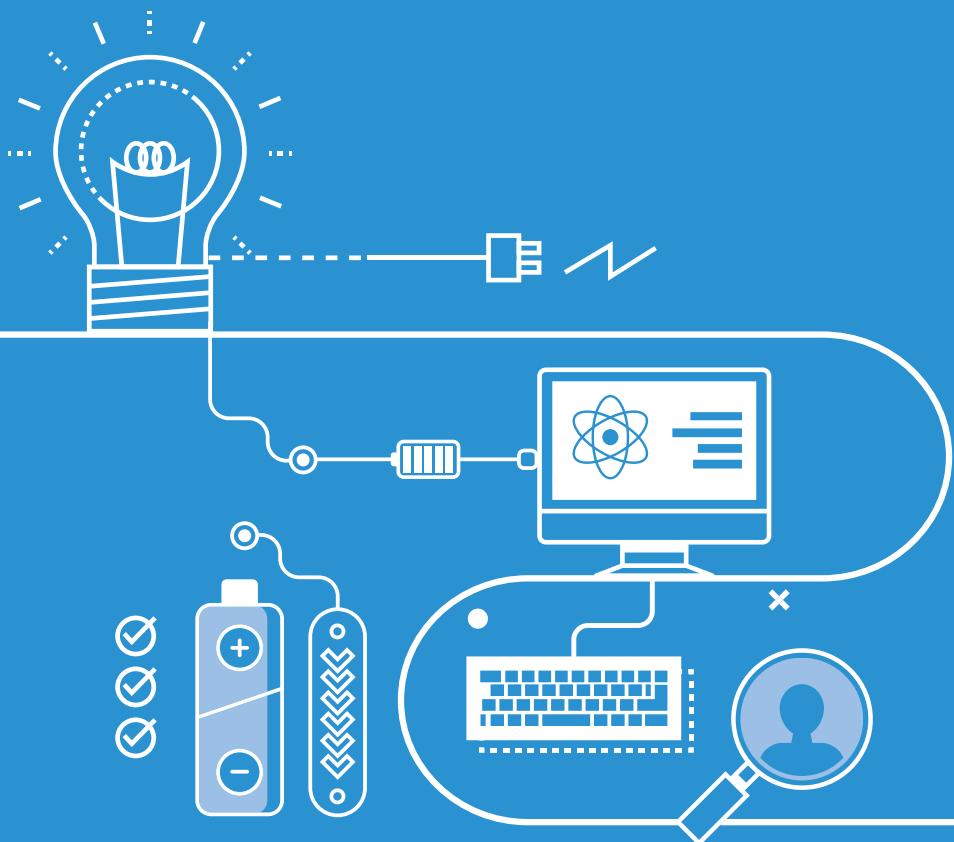
이에, 과학기술정보통신부와 국가연구안전관리본부에서는 본 가이드라인을 통해 전기화학분야 연구실(이차·연료전지 취급·개발 중심)의 안전수준을 강화할 수 있는 기준을 신규 개발·제시하여 소속 연구활동종사자가 보다 안전하게 연구활동에 매진할 수 있는 환경을 조성하고자 하였다.

이를 위해 이차전지 및 연료전지 R&D 활동의 주요 프로세스를 우선적으로 분류·분석하였으며, 각 프로세스별 특징과 위험요인, 안전관리를 위한 기준을 순차적으로 제시함으로써 연구활동종사자가 자신이 수행하는 연구활동에 해당하는 안전조치사항이 무엇인지 쉽게 알아보고, 적합한 안전활동을 수행할 수 있도록 하였다.





이차전지 안전관리 가이드라인



1. 이차전지 개요
2. 이차전지의 특징 및 주요 위험성
3. 이차전지 R&D 주요 프로세스
4. 이차전지 R&D 프로세스별 안전관리 기준



II

Part

이차전지 안전관리 가이드라인



1

이차전지 개요

이차전자는 축전지(Storage Battery), 충전지(Rechargeable Battery), 혹은 배터리라고 부르며, 외부의 전기에너지를 화학에너지의 형태로 바꾸어 저장한 후 필요할 때 이를 다시 전기에너지의 형태로 바꾸어 사용 가능한 전지를 의미한다.

이차전지 중 현재 가장 상용화되고 기술의 발전이 이루어진 전자는 리튬이온전지인데, 이는 다른 방식에 비해 단위 질량당 에너지, 단위 체적당 에너지 성능이 매우 우수하기 때문이다. 리튬이온전지는 최근 배터리 개발 단계 또한 낮아지고 있는 추세이기 때문에 여러 분야에 지속적으로 활용되고, 성능 강화를 위한 R&D 활동도 활발히 진행되고 있다.

리튬이온전지의 다양한 활용처



이차전지 및 리튬이온전지의 종류

- **이차전지**
- 납축전지
- Ni-Fe전지
- NaS전지
- Ni-Cd전지
- Ni-MH전지
- **리튬이온전지**

구 분	외장소재	특 징	형 태
원통형 (Cylindrical)	철	<ul style="list-style-type: none"> • 고용량, 고에너지밀도 • 방전 특성 우수(고출력) 	
각형 (Prosmatic)	알루미늄	<ul style="list-style-type: none"> • 슬림형 • 고에너지밀도 	
폴리머 (Polymer)	파우치 (Pouch)	<ul style="list-style-type: none"> • 초박형, 고에너지밀도 • 크기 유연 	

자료 및 사진 : LG화학

2

이차전지의 특징 및 주요 위험성

이차전지(특히 리튬이온전지)의 경우, 과방전 시 용량감소가 매우 크고 과충전 시에는 매우 불안정해지는 특징이 있으며, 전력밀도가 매우 높고 전해액이 유기용제이기 때문에 내부전극에서 단락이 일어나거나 강한 외부충격을 받는다면 폭발할 수 있는 위험성이 있다.

또한, 리튬이온전지는 그 구성요소에 따라 A, B, C급의 화재특성을 모두 가지고 있는 특징도 있다. 분리막, 파우치 등의 플라스틱 재질로 인해 A급 일반 가연물 화재의 특성이 있으며 전해액으로서 인화성 액체에 해당하는 유기용매가 들어 있으므로 B급 유류화재의 특성도 갖는다. 그리고 자체적으로 충전된 전기에너지를 가지고 있어 점화원으로 작용할 수 있는 C급 전기화재로 분류할 수도 있다. 이러한 A, B, C급의 특성을 복합적으로 가지고 있기 때문에 리튬이온전자는 화재발생 시 대응의 어려움이 있다.



3

이차전지 R&D 주요 프로세스

이차전지 관련 대표 연구개발 프로세스는 크게 ‘제조’, ‘조립’, ‘충방전(활성화)’, ‘보관 및 폐기’ 4 단계로 구분할 수 있으며 세부 절차는 아래와 같다.

구분(R&D 프로세스)	내 용
제조	롤 프레스 및 압착 다양한 물질(foil 및 용매)을 이용하여 전극 개발 및 제조
	슬리팅 및 커팅 제조된 전극 또는 분리막 등을 전지 크기별로 제단
	건조 전지의 강도 및 신뢰성 향상을 위해 필름 및 전극, 분리막을 가열
	분리막 성능 테스트 필름 및 전극의 사용 성능을 비교 분석하기 위해 분리막 제조 후 성능테스트
조립	전극 조립 필름 및 전극, 분리막을 조립하여 Coin Cell 및 전지 제조
	용매 제작 · 조합 리튬이온, 휘발성 물질, 금수성 물질 등 유기화합물을 사용하여 용매 제작 · 조합
충방전 (활성화)	충방전(활성화) 공정 전지 제조 완료 후 시험테스트를 위하여 약 200회 이상의 충방전 반복 진행
보관 및 폐기	전지 보관 제조된 전지 보관
	전지 폐기 공정 전지를 염침(염수)에 담가 자연방전 유도

4

이차전지 R&D 프로세스별 안전관리 기준

가 제조

(1) 롤 프레스 및 압착

▣ 개요

- 다양한 물질(foil 및 용매)을 이용하여 전극 개발 및 제조
- 롤 프레스를 활용한 전극과 분리막의 라미네이션(lamination) 공정 수행, 전극과 분리막을 결착하고 일정한 두께로 압착하는 프로세스

▣ 주요 취급 장비 및 화학물질

• 장비

장비명	용 도	종류 및 사진
핫 프레스	고온 및 상온에서의 전극 압착	  Auto Hot Presser Hot Presser
롤 프레스	전극 압착	  Casting Unit Twin Screw



• 화학물질

물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
폴리에틸렌 (Polyethylene)	9002-88-4		경고	- H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음
알루미늄 (Aluminum)	7429-90-5		위험	- H261: 물과 접촉 시 인화성 가스 발생 - H373: 장기간 반복노출되면 신체에 손상을 일으킬 수 있음 - H410: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 매우 유독
니켈 (Nickel)	7440-02-0		위험	- H317: 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음 - H334: 흡입 시 알레르기성 반응, 천식 또는 호흡곤란을 일으킬 수 있음 - H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음 - H351: 암을 일으킬 것으로 의심 - H372: 장기간 또는 반복노출되면 신체에 손상을 일으킴

▣ 사고발생 위험요인별 안전조치 사항

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
장비 오작동, 연구 중 부주의 등으로 인한 협착 (회전부에 손가락 끼임 등)	- 작업방법·절차 및 기기 사용법 숙지 - 적정 방호장치(안전커버 등) 설치 - 양수조작식, 광전식 등의 안전 장치 사용 - 펌프작동 중 회전부 접근 금지 - 옷소매, 머리카락 끼임 상시 주의	- 안전이 확보된 상태에서 장비를 사용하며, 사고발생 요인 발견 시 즉시 해당 장비 작동중지(전원차단)	-
고온기기 접촉에 의한 화상	- 취급 시 보호구 착용 - 해당 기기에 '고온주의' 안내표지 부착	- 가벼운 화상의 경우 15분 이상 화상부위를 찬물에 담그거나, 물에 적신 차가운 천을 대어 응급조치 실시. 이후, 화상거즈 부착	내열장갑

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
절단면에 상해 (찔림, 베임 등)	- 취급 시 보호구 착용 - 해당 기기에 '고온주의' 안내표지 부착	- 깊은 자상을 낸 칼 등이 빠지거나 뽑혔을 경우에는 먼저 상처 위를 압박하여 지혈 실시	베임방지 장갑
고온 윤활유 비산으로 인한 화상	- 해당 기기에 '화상주의' 등 안전 표지 부착	- 가벼운 화상의 경우 15분 이상 화상부위를 찬물에 담그거나, 물에 적신 차가운 천을 대어 응급조치 실시. 이후, 화상거즈 부착	내열장갑, 안면보호구
고온에서 사출된 시료 운반 시, 부주의에 의한 화상	- 취급 시 보호구 착용 - 상온까지 냉각 후 시료 운반 및 사용	-	

▣ 기타 안전관리 기준

- 압착 롤러를 시동할 때는 위험영역에 사람이 있는지 확인해야 한다.
- 압착 롤러의 주 작업위치에서 모든 위험요인을 확인할 수 없는 경우에는 시동 전에 경보를 울린다.
- 압착 롤러에는 사람의 접근을 방지할 수 있는 가드 바, 가이드 롤 등의 방호조치를 취해야 한다.
- 급정지장치와 안전캡 등 안전장치의 정상적인 기능 유지 상태를 상시 점검하여야 한다.
- 급정지장치는 연구자가 작업위치를 벗어나지 않고 작동시킬 수 있어야 한다.
- 급정지장치는 연구자의 신체를 감지하여 작동하게 하거나, 연구자의 손, 발, 복부 등으로 작동할 수 있어야 한다.
- 압착 롤러의 구동부 동력 전달부는 덮개나 가드가 구비되어 있어야 한다.
- 압착 롤러가 구동(회전)중일 때는 청소, 주유 등의 행동을 하지 말아야 한다.
- 롤러를 손으로 정지시키려 하지 않는다.
- 롤러 표면을 걸레, 수공구 등으로 청소할 때에는 장비가 롤러에 말릴 위험이 있으므로, 반대방향으로 회전될 수 있도록 역회전회로 구성 및 역회전 전용 스위치를 설치하여야 한다.

▣ 관련 자료 및 근거

- 연구실 설치·운영 가이드라인, 과학기술정보통신부
- 산업안전보건기준에 관한 규칙, 고용노동부



(2) 슬리팅 및 커팅

▣ 개요

- 제조된 전극 또는 분리막 등을 이차전지 크기별 제단
- 양극의 제조과정도 본 프로세스에 포함되며, 연구실에서는 만들어진 구리를 포일 위에 코팅, 진공에서 3시간, 60°C 진공상태로 연구 수행
- 포일의 종류는 연구개발활동별 다르게 선정하여 이용(제조 또는 제작된 포일, 전극도 동일하게 커팅 프로세스가 포함됨)

▣ 주요 취급 장비 및 화학물질

• 장비

장비명	용도	종류 및 사진
커팅기	전극 또는 분리막 절단	
슬리터	전지 크기에 맞도록 절단	

• 화학물질

물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
폴리에틸렌 (Polyethylene)	9002-88-4		경고	- H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음
알루미늄 (Aluminum)	7429-90-5		위험	- H261: 물과 접촉 시 인화성 가스 발생 - H373: 장기간 반복노출되면 신체에 손상을 일으킬 수 있음 - H410: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 매우 유독

물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
니켈 (Nickel)	7440-02-0		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H317: 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음 - H334: 흡입 시 알레르기성 반응, 천식 또는 호흡곤란을 일으킬 수 있음 - H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음 - H351: 암을 일으킬 것으로 의심 - H372: 장기간 또는 반복노출되면 신체에 손상을 일으킴

▣ 사고발생 위험요인별 안전조치 사항

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
작업자 부주의로 인한 상해(장비 내 말림, 협착, 찔림, 베임 등)	<ul style="list-style-type: none"> - 손쳐내기식, 밀어내기식, 방호율 등의 방호조치 설치 - 장비 내 비상정지장치 설치 - 작업방법·절차 및 기기 사용법 숙지 	- 안전이 확보된 상태에서 장비를 사용하며, 사고발생 위험요인 발견 시 즉시 해당장비 작동중지(전원차단)	-
방호장치를 제거하고 연구활동 진행			
커터 사용 시 샘플을 직접 커팅하는 중 손떨림 등으로 인한 베임	<ul style="list-style-type: none"> - 샘플을 커팅기에 고정시켜 커터와 손이 직접적으로 접촉 하지 않도록 조치 - 취급 시 보호구 착용 	- 손가락이나 신체 일부에 상처 발생 시 비상구급함을 이용하여 응급처치 실시(지혈 및 소독)	-
커팅 시 케이스를 덮지 않아 샘플의 일부가 외부로 튀어 피부 및 안구 등에 접촉	<ul style="list-style-type: none"> - 샘플의 일부가 외부로 비산되지 않도록 커팅 시 케이스 장착 	- 실험장치의 작동을 중지하고 부상자를 안전이 확보된 장소로 이송. 연구자의 부상 정도 파악 후 심한 경우 긴급 병원 후송 실시	보호장갑, 보안경

▣ 기타 안전관리 기준

- 연구 시작 전, 반드시 장비의 이상 유무 및 안전장치를 확인한 후 사용한다.
- 장비 등을 사용할 때에는 반드시 적합한 보호구(장갑, 보안경, 안면보호구 등)를 착용하여야 한다.
- 실험복은 회전하거나 왕복되는 절삭부분에 말리지 않게 착용하여야 한다.
- 장비를 청소할 때는 반드시 정지 및 안전 절삭기 칼날을 닫은 후 청소를 진행한다.



- 부품을 무리하게 절단하지 말아야 한다.
- 수리 시에는 기동장치 또는 칼날을 닫고 잠금장치를 한 후 그 열쇠는 별도로 관리하고, 장비에는 '수리 중' 표지판을 부착한다.
- 커팅기 및 슬리터의 칼날, 휠(wheel) 및 동력전달부 등에 충분한 강도의 방호덮개 또는 방호율을 설치한다.
- 커팅기 주변은 연구자가 걸려 넘어지지 않도록 수시로 정리정돈을 실시한다.
- 슬리터는 소재 투입구 및 취출구에 고정식 또는 조정식 가드를 설치한다.



- 와인더 및 리와인더의 측면에는 고정식 가드를 설치한다.
- 동력전달부 등의 움직이는 부위에는 고정식 또는 인터록 가드를 설치한다.
- 허가받은 자가 아니면 접근하지 못하도록 장비 주위에 인터록 게이트와 경고표지를 부착한 격벽을 설치한다.
- 원하지 않는 불시의 기동을 방지하기 위하여 손잡이, 기동석 등에 가드를 설치한다.
- 주기적으로 장비를 점검 및 유지 · 보수한다.

관련 자료 및 근거

- 산업안전보건기준에 관한 규칙, 고용노동부
- 사업장 위험성평가에 관한 지침, 고용노동부
- 끼임, 절단재해 예방을 위한 기술지침(KOSHA M-26-2013), 안전보건공단

(3) 건조

▣ 개요

- 필름 및 전극, 분리막 열공정 진행하여 강도 및 신뢰성 향상
- 일반적으로 극판 제조 후, 전처리 및 건조를 진행하여 청정 재질로 생산
- 용매열 합성법을 통한 용매를 반응장치에 넣어 오븐 및 건조기 등을 이용해 온도와 압력을 이용한 용매 합성 진행
- 용매열 합성법의 전형적인 방법은 전구체를 용매에 침전시킨 후, 그 용매를 Teflon-lined stainless-steel autoclave라는 반응 장치에 넣어 실험용 오븐(convective oven)이나 마이크로파 오븐(microwave oven) 등을 이용해서 온도와 압력을 가함. (밀링공정이 요구되지 않음)

▣ 주요 취급 장비 및 화학물질

- 장비

장비명	용도	종류 및 사진
건조기	분리막, 필름 등 제작	 진공오븐  횡온기  용광로 Microwave-assisted solvothermal reaction apparatus

- 화학물질

물질명	CAS.NO.	유해 · 위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해 · 위험문구
폴리에틸렌 (Polyethylene)	9002-88-4		경고	- H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음
알루미늄 (Aluminum)	7429-90-5	  	위험	- H261: 물과 접촉 시 인화성 가스 발생 - H373: 장기간 반복노출되면 신체에 손상을 일으킬 수 있음 - H410: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 매우 유독



물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
니켈 (Nickel)	7440-02-0		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H317: 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음 - H334: 흡입 시 알레르기성 반응, 천식 또는 호흡곤란을 일으킬 수 있음 - H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음 - H351: 암을 일으킬 것으로 의심 - H372: 장기간 또는 반복노출되면 신체에 손상을 일으킴

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
기구에 잔류한 화학물질에 의해 화재 또는 피부접촉 발생	<ul style="list-style-type: none"> - 실험 중 사용한 기구는 화학 물질이 남아있지 않도록 세척 	<ul style="list-style-type: none"> - 장갑을 착용하고 환자의 손상된 부위를 물로 씻겨 줌. 통증이 사라진 후에도 10분 이상 세척 실시 - 화재 발생 시, 위험성이 높지 않다고 판단되면 소화기로 초기진화 실시 	나이트릴 장갑

▣ 사고발생 위험요인별 안전조치 사항

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
냉각되지 않은 전기로에서 시편 회수 중 고온으로 인한 화상			
시료 운반 시, 고열의 시료 표면에 접촉하여 화상	<ul style="list-style-type: none"> - 해당 기기에 '고온주의' 안내 표지 부착 - 취급 시 보호구 착용 	<ul style="list-style-type: none"> - 가벼운 화상의 경우 15분 이상 화상부위를 찬물에 담그거나, 물에 적신 차가운 천을 대어 응급조치 실시. 이후, 화상거즈 부착 	내열장갑
장비 표면부 접촉에 의한 화상			
전기로에서 초자기구를 옮기는 과정 중 파손	<ul style="list-style-type: none"> - 손 및 장갑이 미끄러운 상태에서 실험하지 않으며, 운반에 주의 	<ul style="list-style-type: none"> - 손가락이나 신체 일부에 상처 발생 시 비상구급함을 이용하여 응급처치 실시 (지혈 및 소독) 	나이트릴 장갑
전공오븐, 항온기, 용열기기 사용 중 감전	<ul style="list-style-type: none"> - 항온기, 전공오븐, 온열기기 등을 사용 시에는 반드시 접지 실시 - 기기의 전원부 또는 내부 팬, 회전부품이 약품 및 수분에 노출되지 않도록 주의 	<ul style="list-style-type: none"> - 감전자를 현장에서 격리하고 호흡이 없다면 심폐소생술 실시. 만약, 화상 증상이 동시 발생하였다면 화상부위를 물로 즉시 세척 	제전장갑 제전화 제전복
전공오븐의 압력이 복구되기 전 도어를 개방하여 압력에 의한 파손 및 폭발 발생	<ul style="list-style-type: none"> - 게이지를 통해 압력 복구 확인 후 도어 개방 	<ul style="list-style-type: none"> - 장비의 작동을 즉시 중지하고, 부상자 발생 시 안전이 확보된 장소로 이송 	안면보호구 보안경

▣ 기타 안전관리 기준

- 실험 시작 전에 반드시 장비의 이상 유무를 확인한다.
- 전극 및 용매에 관련된 화학물질을 건조기에 투입할 때에는, 건조장비 내부에 잔류 화학물질이 있는지 확인 및 점검한다.
- 실험 중에는 지정된 보호구(장갑, 보안경, 안면보호구 등)를 착용하여야 한다.
- 건조기(진공오븐, 항온기, 용열기기) 전원부 또는 건조장비 내부 팬 등이 약품 및 수분에 노출되지 않도록 주의한다.
- 사용 장비를 보관하는 측벽이나 바닥은 견고한 구조로 하여야 한다.
- 액체연료 또는 인화성 가스가 배출되는 화학물질을 취급하는 경우, 폭발이나 화재를 예방하기 위해 연소실이나 그 밖에 점화하는 부분을 환기시킬 수 있는 구조를 갖추어야 한다.
- 사용 장비의 내부는 항상 청결을 유지하여야 한다.
- 강우, 침수 및 적설 등으로 통풍에 지장이 없도록 설치하여야 한다.
- 장비는 구동 시 문을 닫고(잠긴 후) 구동하는 구조로 하는 것이 좋다.

▣ 관련 자료 및 근거

- 산업안전보건기준에 관한 규칙, 고용노동부
- 건조설비설치에 관한 기술지침(KOSHA P-71-2012), 안전보건공단
- 공업용 연소로의 안전 통칙(KS B 6110), 국가기술표준원
- Standard for ovens and furnaces(NFPA 86)
- Code of practice for oil firing(BS 5410)



(4) 필름 및 분리막 성능 테스트

▣ 개요

- 필름 및 전극, 분리막 열공정을 진행하여 제작된 필름 및 전극의 사용 성능을 비교·분석하기 위해 성능 테스트 진행
- 인장강도와 분체저항특성측정기(표면저항, 체적저항 측정, 밀도, 전기전도도 데이터 취득 등), 분리막 접착력 시험기를 통하여 이차전지의 성능 분석 연구 진행

▣ 주요 취급 장비 및 화학물질

• 장비

장비명	용도	종류 및 사진
분리막인장강도 시험기	분리막, 필름 등 제작 후 인장강도 측정, 파단시간 및 최대응력 분석	
분체저항특성 측정장치	분리막, 필름의 표면저항 및 체적저항, 밀도, 전기전도도 데이터 취득 및 분석	
분리막접착력 시험기	분리막 접착력 테스트 진행, 성능 향상을 위한 분석	

• 화학물질

물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
폴리에틸렌 (Polyethylene)	9002-88-4		경고	- H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음
알루미늄 (Aluminum)	7429-90-5		위험	- H261: 물과 접촉 시 인화성 가스 발생 - H373: 장기간 반복노출되면 신체에 손상을 일으킬 수 있음 - H410: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 매우 유독

물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
니켈 (Nickel)	7440-02-0		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H317: 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음 - H334: 흡입 시 알레르기성 반응, 천식 또는 호흡곤란을 일으킬 수 있음 - H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음 - H351: 암을 일으킬 것으로 의심 - H372: 장기간 또는 반복노출되면 신체에 손상을 일으킴

▣ 사고발생 위험요인별 안전조치 사항

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
인장강도 시험 시 JIG에 손가락 끼임 및 협착	<ul style="list-style-type: none"> - JIG 고정 시, 하단부 고정 후 상단부를 고정하는 등 순차적 진행 - JIG 고정 시 보호구 착용 	<ul style="list-style-type: none"> - 안전이 확보된 상태에서 장비를 사용하며, 사고발생 위험요인 발견 시 즉시 해당장비 작동중지(전원차단) - 부상자 발생 시에는 사고상황을 파악하고, 부상자를 안전이 확보된 장소로 옮긴 후 응급조치(손상 부위를 안전하게 빼내는 작업 수행) 	-
인장강도 시험 중 시료 파단에 의한 비산	<ul style="list-style-type: none"> - 보호구(보안경) 착용 및 비산방지판 설치 등의 이중 안전조치 실시 	<ul style="list-style-type: none"> - 시료 파단에 의한 비산으로 인해 손가락이나 신체 일부에 상처 발생 시, 비상구급함을 이용하여 응급처치 실시(지혈 및 소독) 	안면보호구 보안경
분체저항측정 시, 극성 혼돈으로 인한 감전	<ul style="list-style-type: none"> - 실험 중 보호구 착용 	<ul style="list-style-type: none"> - 절연장갑 착용 후, 해당 전기 기기 전원 신속 차단 - 부상자의 2차감전을 방지하기 위해 절연봉(마른 나무막대, 플라스틱 막대 등)을 이용하여 구호하고, 부상자와 신체접촉 주의(2차 피해 방지) 	절연장갑



사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
분리막접착시험기의 회전축에 끼임 및 협착	- 기기 사용방법 숙지 및 회전축 접촉 금지	- 안전이 확보된 상태에서 장비를 사용하며, 사고발생 위험요인 발견 시 즉시 해당장비 작동중지(전원차단) - 손가락이나 신체 일부가 장비에 끼여 다친 곳이 부풀어오르거나, 심하게 통증을 호소할 경우에는 나무젓가락 등의 물건으로 봉대를 감아 고정조치 실시	-
접착제 등 피부노출	- 실험 중 보호구 착용	- 유해물질 노출 시, 주변 연구활동 종사자들에게 안내 및 전파 - 기관 내 안전담당부서(필요 시 소방서, 병원)에 누출발생 신고(위치, 약품 종류 및 양, 부상자 유무 등)	나이트릴 장갑

▣ 기타 안전관리 기준

- JIG 고정 시에는 하단부 고정 후 상단부 고정 순서로 순차적 시험을 진행한다.
- 비산방지판을 설치한다.
- 실험 중에는 지정된 보호구(장갑, 보안경, 안면보호구 등)를 착용하여야 한다.
- 기기 사용방법을 숙지하고, 교육을 실시한다.
- 불량하거나, 고장이 난 시료는 사용하지 않는다.
- 전기장치의 충전부는 전기적 절연조치를 실시한다.
- 실험공간을 충분히 확보하고 항상 청결하게 유지한다.
- 회로가 확실하게 연결되어 있지 않으면 전원을 인가하지 않는다.
- 젖은 손이나 물건으로 충전부 회로에 접촉하면 안 된다.
- 충전 코드 선은 가능한 한 짧게 사용한다.

▣ 관련 자료 및 근거

- 연구실 설치 · 운영 가이드라인 과학기술정보통신부
- 산업안전보건기준에 관한 규칙, 고용노동부
- 축전지 취급에 관한 기술지침, 안전보건공단

나 조립

(1) 전극 조립

▣ 개요

- 필름 및 전극, 분리막을 조립하는 공정으로 와인딩 방식과 스택 앤 폴딩 방식 등 연구개발의 방향에 따라 실험 수행
- 와인딩 방식은 양극제, 음극제, 분리막 등을 룰처럼 감는 구조
- 스택 앤 폴딩 방식은 양극제, 음극제, 분리막 등을 하나하나 적층하여 접는 구조
- 일반적으로 글로브박스(glove box) 내에서 조립(분리막은 Polypropylene을 사용하고, 상대 전극으로 Li 포일을 사용) 진행

▣ 주요 취급 장비 및 화학물질

• 장비

장비명	용도	종류 및 사진
진공저장 탱크	이차전지의 양/음극 결합 및 기타 전자, 화학 혼합공정에 사용	
전극 코팅기	이차전지 전극을 코팅하는데 사용	
배터리 수동 와인딩 머신	이차전지 양/음극 실린더	
글로브박스	이차전지 전극 조립 시 사용	



• 화학물질

물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
폴리에틸렌 (Polyethylene)	9002-88-4		경고	- H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음
알루미늄 (Aluminum)	7429-90-5		위험	- H261: 물과 접촉 시 인화성 가스 발생 - H373: 장기간 반복노출되면 신체에 손상을 일으킬 수 있음 - H410: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 매우 유독
니켈 (Nickel)	7440-02-0		위험	- H317: 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음 - H334: 흡입 시 알레르기성 반응, 천식 또는 호흡곤란을 일으킬 수 있음 - H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음 - H351: 암을 일으킬 것으로 의심 - H372: 장기간 또는 반복노출되면 신체에 손상을 일으킴

▣ 사고발생 위험요인별 안전조치 사항

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
누출된 화학물질에 의한 호흡기 및 피부 접촉	- 실험 중 보호구 착용 - 혼죽혼합되어 반응할 우려가 있는 화학물질은 우선 파악 후 실험 실시	- 누출된 화학물질이 눈에 들어갔을 때에는 즉시 20분 이상 흐르는 물에 세척 실시 - 화학물질이 피부에 접촉하였을 때에는 즉시 15분 이상 흐르는 물에 세척을 실시하고, 오염된 옷과 신발을 제거	나이트릴 장갑, 방독마스크
이차전지 전극 코팅 시, 고온의 공기순환체계에 의한 화상 발생	- 실험 중 보호구 착용 - 국소배기장치 가동 후 실험 활동 진행	- 가벼운 화상의 경우 15분 이상 화상부위를 찬물에 담그거나, 물에 적신 차가운 천을 대어 응급조치 실시. 이후, 화상거즈 부착	-

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
수동 와인딩머신 사용 시, 협착 발생	- 기기 내 비상정지장치 설치 - 기기 작업방법 및 안전 장치의 작동요령 숙지	- 안전이 확보된 상태에서 장비를 사용하며, 사고발생 위험요인 발견 시 즉시 해당장비 작동중지 (전원차단) - 부상자 발생 시에는 사고상황을 파악하고, 부상자를 안전이 확보된 장소로 옮긴 후 응급조치 (손상 부위를 안전하게 빼내는 작업 수행)	-
글로브박스 가스밸브 개방에 따른 질소가스 누출, 질식	- 연구실 내 산소농도를 지속적으로 측정·확인 - 가스 누출여부 수시 확인	- 부상자의 의식이 있을 경우 환자 뒤에 서서 한 손으로 환자의 가슴을 받치고, 다른 한 손으로는 환자의 등(양 어깨뼈의 중간 부위)을 빼고 세게 수차례 치는 동작 실시 - 부상자의 의식이 없을 경우, 즉시 119 신고 - 부상자의 호흡이 없거나 비정상적이라면 심정지가 발생한 것으로 판단하고 심폐소생술 실시	-
글로브박스 내부 화학물질을 옮기는 과정에서의 파손 및 누출	- 글로브박스 내부 활동범위 내에 모든 화학물질은 컨트롤이 가능한 곳에 비치·운반 및 사용주의	- 글로브박스에서는 불활성기체로 치환된 상태에서 물질 취급 - 누출 화학물질과 반응성이 없는 흡착제 등을 이용하여 수습	나이트릴 장갑
글로브박스 내 화학물질 혼죽	- 혼죽 우려가 있는 화학물질 파악 후, 별도의 글로브 박스에서 실험 실시	- 물질별 MSDS에서 제시하는 비상조치요령을 참조하여 대응 실시	나이트릴 장갑
이차전지 조립 시 충전된 전지 접촉에 의한 발열	- 충전된 전지 간 접촉 금지		-



▣ 기타 안전관리 기준

- 진공장치 내부압력을 견딜 수 있는 용기를 사용하도록 하며, 용기 파열에 대비하여 저장탱크에는 방호막을 설치한다.
- 진공장치 펌프를 고기 전에 펌프 오일이 역류하는 것을 막기 위해서 펌프와 용기 사이의 밸브를 닫는다.
- 진공장치 펌프의 동력전달부위(밸트, 축 연결부위)에는 방호덮개를 설치한다.
- 와인딩머신 정상운전 중 위험(협착) 지역에 접근하는 것을 방지하기 위하여 롤 급정지장치를 설치한다.
- 급정지장치는 기계의 특성 및 작업위치에 따라 감지식 또는 터치식으로 설치하여야 한다.
- 급정지장치의 작동 시, 롤 구동모터의 전원을 차단하고 브레이크가 작동하여 롤을 정지하도록 하여야 한다.
- 글로브박스는 안면이 노출되어 있거나 패널이 오픈 또는 제거된 상태에서 조작하여서는 안 된다.
- 재료 특성 상 절차대로 조작이 어렵거나, 발생되는 위험요인의 추정이 어려울 때에는 글로브박스를 사용하지 말아야 한다.
- 유틸리티 밸브 및 스위치는 글로브박스 외부에 설치하는 것이 바람직하며, 글로브박스는 긴급 상황 발생 시 사용할 수 있도록 비상차단장치를 설치해야 한다.
- 연구실용 글로브박스는 최대 50ft³(1.4m³)의 챔버 볼륨(측면 접근 방식) 또는 100ft³(2.8m³) (양쪽 접근 방식)의 챔버 볼륨을 보유해야 한다.
- 글로브박스 내부는 불활성 기체로 치환된 상태에서 물질을 취급해야 한다.
- 글로브박스가 위치한 장소에는 최소 작업 영역을 구분하는 것이 바람직하다.
- 글로브박스는 화재 등급, 방사선 차폐, 비 다공성 및 불침투성 표면, 내식성 등의 성능을 갖추어야 한다.

▣ 관련 자료 및 근거

- 실험실 안전보건에 관한 기술지침(KOSHA G-82-2018), 안전보건공단
- 합성수지 압출코팅기 방호조치에 관한 기술지침(KOSHA M-141-2012), 안전보건공단
- Laboratory ventilation(ANSI/AIHA Z9.5)



참고

글로브박스 안전관리기준(ANSI/AIHA Z9.5)

(1) 일반 사항

- 글로브박스는 안면이 노출되어 있거나 패널이 오픈 또는 제거된 상태에서 조작을 해서는 안된다.
- 재료 특성상 절차대로 조작이 어렵거나, 발생되는 위험요인의 추정이 어려울 경우 글로브박스를 사용하지 말아야 한다.

(2) 설치 관련 사항

- 유틸리티 밸브 및 스위치는 글로브박스 외부에 설치하는 것이 바람직하다. 또한 긴급 상황 발생 시 사용할 수 있도록 비상차단장치를 설치해야 한다.
- 연구실용 글로브박스는 최대 50ft³(1.4m³)의 챔버 볼륨(측면 접근 방식) 또는 100ft³(2.8m³) (양쪽 접근 방식)의 챔버 볼륨을 보유해야 한다.
- 글로브박스의 내부는 불활성 기체로 치환된 상태에서 물질을 취급해야 한다.
- 글로브박스가 위치한 장소에는 최소 작업 영역을 구분하는 것이 바람직하다.
- 글로브박스는 화재 등급(fire rating), 방사선 차폐, 비 다공성 및 불침투성 표면, 내식성 등의 성능을 갖추어야 한다.



글로브박스 예시



(2) 용매 제작 · 조합

▣ 개요

- 용매제작은 리튬이온, 휘발성 물질, 금수성 물질 등 유기화합물을 사용
- 모든 공정은 금수성 물질을 사용하기 때문에 상대습도를 1%로 유지할 수 있는 드라이룸에서 진행하거나, 드라이룸이 아닐 경우에는 글로브박스 내 알곤가스로 양압하여 진행

용매조합

- Copper chloride (CuCl_2 , >99%, Alfa)와 Niobium chloride (NbCl_5 , >99%, Alfa)을 에탄올 20mL에 용해시키고 Teflon-lined autoclave에 넣은 뒤 200°C에서 24 시간동안 가열
- 그 결과로 나온 용액을 에탄올 3회, Deionized water 1회로 원심 분리시키고 진공 오븐에 건조
- 만들어진 분말은 $3 \pm 1^\circ\text{C}/\text{min}$ 의 승온 속도로 700°C에서 Air 분위기로 3시간 동안 열처리
- 동일한 방법으로 Copper chloride 대신 Zinc chloride (ZnCl_2 , > 97%, Alfa)와 Manganese chloride (MnCl_2 , > 99%, Alfa)로 전구체를 바꾸어 진행 (연구실에 따라 용매 합성법의 성분은 바뀜)

▣ 주요 취급 장비 및 화학물질

- 장비

장비명	용도	종류 및 사진
글로브박스	이차전지 전극 조립 시 사용	
용매분석장비	용매 성분, 반응경로 등 분석	

• 화학물질

물질명	CAS.NO.	유해 · 위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해 · 위험문구
Allyl methyl sulfone	16215-14-8		경고	- H317: 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음
카드뮴 아세트산 (Cadmium acetate)	543-90-8		위험	- H302: 삼키면 유해함 - H341: 유전적인 결함을 일으킬 것으로 의심됨 - H350: 암을 일으킬 수 있음 - H361: 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨
디에틸 탄소산 (Diethyl carbonate)	105-58-8		경고	- H226: 인화성 액체 및 증기 - H315: 피부에 자극을 일으킴 - H319: 눈에 심한 자극을 일으킴 - H361: 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨
다이메틸 카르보네이트 (Dimethyl carbonate)	616-38-6		위험	- H225: 고인화성 액체 및 증기
Ethyl methyl carbonate	623-53-0	-	-	- H413: 수생생물에게 장기적인 유해한 영향을 일으킬 수 있음
Lithium hexafluoro-phosphate	21324-40-3		경고	- H290: 금속을 부식시킬 수 있음
Lithium bis(oxalato) borate	244761-29-3		위험	- H302: 삼키면 유해함 - H312: 피부와 접촉하면 유해함 - H317: 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음 - H318: 눈에 심한 손상을 일으킴
Lithium difluoro(oxalato) borate	409071-16-5		위험	- H301: 삼키면 유독함 - H314: 피부에 심한 화상과 눈 손상을 일으킴 - H318: 눈에 심한 손상을 일으킴



물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
Lithium hexafluoro-phosphate solution (1.0 M LiPF6 EC/DMC) / (1.0M LiPF6 EC/DEC=50/50 (v/v)) / (1.0M LiPF6 EMC) / (1.0M LiPF6 DEC) / (1.0M LiPF6 PC) / (2.0M LiPF6 EC/DEC=50/50 (v/v)) / (2.0M LiPF6 DMC) / (2.0M LiPF6 PC) / (2.0M LiPF6 DEC) / (Powder)	21324-40-3		경고	- H290: 금속을 부식시킬 수 있음
리튬 과염소산 (Lithium perchlorate)	7791-03-9		위험	- H272: 화재를 강렬하게 함. 산화제
리튬 테트라플루오로붕산염 (Lithium tetrafluoroborate)	14283-07-9		위험	- H319: 눈에 심한 자극을 일으킴 - H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음 - H360: 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 수 있음 - H372: 장기간 또는 반복노출 되면 신체에 손상을 일으킴
질산 (Nitric acid)	7697-37-2		위험	- H271: 화재 또는 폭발을 일으킬 수 있음. 강산화제 - H290: 금속을 부식시킬 수 있음 - H314: 피부에 심한 화상과 눈 손상을 일으킴 - H318: 눈에 심한 손상을 일으킴 - H331: 흡입하면 유독함

물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
Phenylcyclohexane	827-52-1		위험	- H304: 삼켜서 기도로 유입되면 치명적일 수 있음 - H315: 피부에 자극을 일으킴 - H319: 눈에 심한 자극을 일으킴 - H410: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 매우 유독함
인산 (Phosphoric acid)	7664-38-2		위험	- H314: 피부에 심한 화상과 눈 손상을 일으킴 - H318: 눈에 심한 손상을 일으킴 - H331: 흡입하면 유독함 - H370: 신체에 손상을 일으킴
수산화칼륨 (Potassium hydroxide)	1310-58-3		위험	- H290: 금속을 부식시킬 수 있음 - H302: 삼키면 유해함 - H314: 피부에 심한 화상과 눈 손상을 일으킴 - H318: 눈에 심한 손상을 일으킴
탄산 프로필렌 (Propylene carbonate)	108-32-7		경고	- H315: 피부에 자극을 일으킴 - H319: 눈에 심한 자극을 일으킴 - H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음
아세트산 나트륨, 무수 (Sodium acetate)	127-09-3		경고	- H315: 피부에 자극을 일으킴
염화 나트륨 (Sodium chloride)	7647-14-5		위험	- H340: 유전적인 결함을 일으킬 수 있음 - H361: 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨 - H373: 장기간 또는 반복노출 되면 신체에 손상을 일으킬 수 있음 - H400: 수생생물에 매우 유독함
황산 (Sulfuric acid)	7664-93-9		위험	- H290: 금속을 부식시킬 수 있음 - H314: 피부에 심한 화상과 눈 손상을 일으킴 - H318: 눈에 심한 손상을 일으킴 - H330: 흡입하면 치명적임 - H350: 암을 일으킬 수 있음 - H370: 신체에 손상을 일으킴



물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
tert-pentylbenzene	2049-95-8		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H317: 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음 - H411: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 유독함
Vinylene carbonate	872-36-6		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H315: 피부에 자극을 일으킴 - H319: 눈에 심한 자극을 일으킴
1,2-Propylene-glycol sulfite	1469-73-4		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H319: 눈에 심한 자극을 일으킴
프로판 설톤 (1,3-Propane-sultone)	1120-71-4		경고	<ul style="list-style-type: none"> - H302: 삼키면 유해함 - H312: 피부와 접촉하면 유해함 - H315: 피부에 자극을 일으킴 - H319: 눈에 심한 자극을 일으킴 - H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음 - H341: 유전적인 결함을 일으킬 것으로 의심됨 - H350: 암을 일으킬 수 있음
1,3-Propylene sulfite	4176-55-0		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H315: 피부에 자극을 일으킴 - H317: 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음 - H318: 눈에 심한 손상을 일으킴 - H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음



▣ 사고발생 위험요인별 안전조치 사항

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
누출된 화학물질에 의한 호흡기 및 피부 접촉	<ul style="list-style-type: none"> - 실험 중 보호구 착용 - 혼족 우려가 있는 화학물질 우선 파악 후 실험 실시 	<ul style="list-style-type: none"> - 누출된 화학물질이 눈에 들어갔을 때에는 즉시 20분 이상 흐르는 물에 세척 실시 - 화학물질이 피부에 접촉하였을 때에는 즉시 15분 이상 흐르는 물에 세척을 실시하고, 오염된 옷과 신발을 제거 	나이트릴 장갑, 방독마스크
리튬이온의 자연발화	<ul style="list-style-type: none"> - 연구실 내부 습도 조절 - 리튬이온 실험 시, 반드시 글로브박스 내에서 작업 진행 	<ul style="list-style-type: none"> - 금속화재 전용 소화기를 이용하여 초기진화 실시 - 진압이 불가능한 경우 연기에 질식하거나 불길에 갇히는 일이 없도록 주의하며, 대피경로를 따라 신속 대피 후 신고 	-
산 용액 합성 시 기화된 물질에 의한 화재 발생	<ul style="list-style-type: none"> - 흠 후드에서 작업 시에는 새시(안전유리창)의 개방 높이를 15cm 이하로 유지 	<ul style="list-style-type: none"> - 화학물질로 인한 화재 발생 시, 소화기로 초기진화 실시 - 진압이 불가능한 경우 연기에 질식하거나 불길에 갇히는 일이 없도록 주의하며, 대피경로를 따라 신속 대피 후 신고 	-
인화성물질 취급 과정 중 화재 및 폭발 발생	<ul style="list-style-type: none"> - 인화성물질 취급 시, 주변에 화기를 가까이 두지 않음 - 시약보관 및 취급요령 숙지 	<ul style="list-style-type: none"> - 화학물질로 인한 화재 발생 시, 소화기로 초기진화 실시 - 진압이 불가능한 경우 연기에 질식하거나 불길에 갇히는 일이 없도록 주의하며, 대피경로를 따라 신속 대피 후 신고 	-
부식성 물질 취급 과정 중 증기 흡입 또는 피부 접촉에 의한 화상	<ul style="list-style-type: none"> - 35% 이상의 산을 취급할 때에는 흠 후드 또는 국소 배기장치 내에서 정화통을 장착한 마스크 착용 후 실험 - 세안기 등을 이용하여 15분 이상 충분히 눈세척 실시 후 병원 이송 	<ul style="list-style-type: none"> - 피부에 접촉했을 때에는 즉시 15분 이상 흐르는 물에 세척을 실시하고, 오염된 옷과 신발을 제거 - 세안기 등을 이용하여 15분 이상 충분히 눈세척 실시 후 병원 이송 	내산장갑 (네오프렌 장갑)
미세입자 흡입	<ul style="list-style-type: none"> - 실험 중 보호구 착용 	<ul style="list-style-type: none"> - 물질별 MSDS에서 제시하는 비상 조치요령을 참조하여 대응 실시 	방진마스크
시약 운반, 또는 시약 조제 중 초자기구 및 용기 파손에 의한 상해	<ul style="list-style-type: none"> - 상단부의 시약을 꺼낼 때에는 계단사다리 등을 이용하며, 2인1조 작업 - 시약을 옮길 때에는 바구니에 담거나 카트 사용 - 손이나 장갑이 미끄러운 상태로 시약, 초자기구 접촉 금지 	<ul style="list-style-type: none"> - 신체 일부에 상처 발생 시에는 비상구급함을 이용하여 응급 처치 실시(지혈 및 소독) - 파손된 초자기구는 개인보호구 착용 후 청소도구 등을 사용하여 안전하게 처리 	나이트릴 장갑



사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
글로브박스 가스밸브 개방에 따른 질소가스 누출, 질식	- 연구실 내 산소농도를 지속적으로 측정·확인 - 가스 누출여부 수시 확인	- 부상자의 의식이 있을 경우 환자 뒤에 서서 한 손으로 환자의 가슴을 받치고, 다른 한 손으로는 환자의 등(양 어깨뼈의 중간부위)을 빼르고 세게 수차례 치는 동작 실시 - 부상자의 의식이 없을 경우, 즉시 119 신고 - 부상자의 호흡이 없거나 비정상적이라면 심정지가 발생한 것으로 판단하고 심폐소생술 실시	-
글로브박스 내부 화학물질을 옮기는 과정에서의 파손 및 누출	- 글로브박스 내부 활동범위 내에 모든 화학물질은 컨트롤이 가능한 곳에 비치·운반 및 사용주의	- 글로브박스에서는 불활성기체로 치환된 상태에서 물질 취급 - 누출 화학물질과 반응성이 있는 흡착제 등을 이용하여 수습	나이트릴 장갑
글로브박스 내 화학물질 훈촉	- 훈촉 우려가 있는 화학물질 파악 후, 별도의 글로브 박스에서 실험 실시	- 물질별 MSDS에서 제시하는 비상조치요령을 참조하여 대응 실시	나이트릴 장갑
이차전지 조립 시 충전된 전지 접촉에 의한 발열	- 충전된 전지 간 접촉 금지		-

- 모든 화학물질은 지정된 저장 공간이 있어야 한다.
- 모든 화학물질에는 약품이름, 소유자, 구입날짜, 위험성, 응급절차를 나타내는 라벨을 부착하여야 한다.
- 화학물질은 직사광선을 피하고, 냉암소에 저장한다.
- 사용하는 물질의 성상(특히, 화재·폭발·중독의 위험성)을 조사한 후 취급하여야 한다.
- 사용하는 물질이 화재·폭발의 위험성을 가지고 있는 경우에는 폭발 방지용 방호벽 등 특별한 방호설비를 갖추어야 한다.
- 밀폐된 지역에서 많은 양의 화학물질을 사용해서는 안 되며, 실험은 항상 부스 내에서만 진행한다.
- 화염, 불꽃 등 점화원의 접근을 차단하고 가열, 충격, 타격, 마찰 등을 피한다.
- 강산화제, 강산류, 기타 물질이 흔입되지 않도록 주의한다.
- 종류를 달리하는 위험물들은 동일 장소에 저장하여서는 안 된다.
- 글로브박스는 안면이 노출되어 있거나 패널이 오픈 또는 제거된 상태에서 조작해서는 안 된다.
- 재료 특성 상 절차대로 조작이 어렵거나, 발생되는 위험요인의 추정이 어려울 때에는 글로브박스를 사용하지 말아야 한다.
- 유틸리티 밸브 및 스위치는 글로브박스 외부에 설치하는 것이 바람직하며, 글로브박스는 긴급 상황 발생 시 정지될 수 있도록 비상차단장치를 설치해야 한다.
- 연구실용 글로브박스는 최대 50ft³(1.4m³)의 챔버 볼륨(측면 접근 방식) 또는 100ft³(2.8m³)(양쪽 접근 방식)의 챔버 볼륨을 보유해야 한다.
- 글로브박스 내부는 불활성 기체로 치환된 상태에서 물질을 취급하여야 한다.
- 글로브박스가 위치한 장소에는 최소 작업 영역을 구분하는 것이 바람직하다.
- 글로브박스는 화재 등급, 방사선 차폐, 비 다공성 및 불침투성 표면, 내식성 등의 성능을 갖추어야 한다.

▣ 기타 안전관리 기준

- 화학물질을 손으로 운반할 경우에는 적절한 운반용기에 넣고 운반하여 넘어지거나 깨지지 않도록 하여야 한다.
- 바퀴가 달린 수레로 운반할 때에는 고르지 못한 평면에서 튕거나 갑자기 멈추지 않도록 고른 회전을 할 수 있는 바퀴를 가진 것이어야 한다.
- 적은 양의 가연성액체를 안전하게 운반하기 위해서는 다음의 요령을 따른다.
 - 증기를 발산하지 않는 보관용기로 운반한다.
 - 저장소에 보관 중에는 환기가 잘 되도록 한다.
 - 점화원을 제거도록 한다.

관련 자료 및 근거

- 실험실 안전보건에 관한 기술지침(KOSHA G-82-2018), 안전보건공단
- Laboratory ventilation(ANSI/AIHA Z9.5))



다 총 · 방전(활성화)

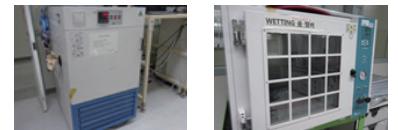
(1) 총 · 방전(활성화) 및 이차전지 성능 테스트

▣ 개요

- 이차전지 제조 완료 후 시험테스트를 위한 활성화단계로, 이차전지의 포지셔닝(Positioning)을 확인하고 성능 확인(약 200회 이상의 총 · 방전 반복)
- 총 · 방전 진행 시 외부온도에 따라 성능차이가 발생될 수 있기 때문에 챔버 내에서 실험을 실시하며, 챔버 내부의 온도는 상온 온도인 25°C를 적용
- 초기 총 · 방전 후와 20회 총 · 방전 후의 임피던스를 측정(추가적인 열량시험, 충격시험 등 완성품 테스트 진행)

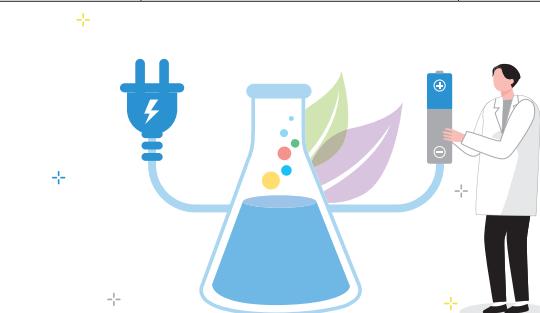
▣ 주요 취급 장비 및 화학물질

- 장비

장비명	용도	종류 및 사진
총, 방전기	리튬이차전지의 총 · 방전 테스트 진행	 총 · 방전기 Battery Test Station
챔버		
DEGAS장치	제조 완성된 이차전지의 생성가스 제거	
임피던스 측정장비		 임피던스 분광기 총 · 방전 거동 분석기

▣ 사고발생 위험요인별 안전조치 사항

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
충전체의 불량으로 인한 기기 합선 및 화재	<ul style="list-style-type: none"> 합선을 예방할 수 있는 안전조치 강구 · 실시 전기장치의 충전부는 전기적 절연조치 실시 	- 화재발생 시, 위험성이 높지 않다고 판단되면 초기진화 실시 - 2차 재해에 대비하여 현장에서 멀리 떨어진 안전한 장소에서 소화작업 진행, 119 신고	절연장갑
배터리 노화 및 습윤 테스트 시 제품 불량에 의한 습기 접촉 발화	<ul style="list-style-type: none"> 연구실 내 상대습도를 일정하게 유지할 수 있도록 조치 강구 · 실시 	- 화재발생 시, 금속화재 전용 소화기를 이용하여 초기진화 실시	나이트릴 장갑
총 · 방전 중 제품 하자에 따른 고온 발생으로, 배터리 스웰링* 현상 발생 <small>* 배터리가 부풀어 불룩 해지는 현상</small>	<ul style="list-style-type: none"> 총 · 방전 테스트장비 내부 온도를 감지할 수 있는 센서 설치 	<ul style="list-style-type: none"> 진압이 불가능한 경우 연기에 질식하거나 불길에 갇히는 일이 없도록 주의하며, 대피경로를 따라 신속 대피 후 신고 	나이트릴 장갑
배터리 극성이 금속체에 접촉 시 발생되는 열로 인한 화재	<ul style="list-style-type: none"> 접촉 방지를 위한 고무마개 또는 플라스틱 제품으로 배터리를 포장, 밀봉 진행 	-	-
활성화 단계 시, 전극 혼돈으로 인한 충전 단락 발생	<ul style="list-style-type: none"> 연구자가 전극을 혼동하지 않도록 전극 표시 	<ul style="list-style-type: none"> 안전이 확보된 범위 내에서 사고 발견 즉시 해당 실험장치 작동 중지(전원 차단) 사고자의 부상 정도를 파악하고, 심한 경우 긴급 병원 후송 	절연장갑
습윤 시험 시, 배터리 오염물질에 의한 트래킹 화재 발생 DEGAS 배기장치 고장으로 인한 인화성 가스 누출	<ul style="list-style-type: none"> 화재발생에 대비하여 적절한 소화기 및 소화약제 비치 	<ul style="list-style-type: none"> 화재발생 시, 위험성이 높지 않다고 판단되면 초기진화 실시 2차 재해에 대비하여 현장에서 멀리 떨어진 안전한 장소로 대피, 119 신고 	- -





▣ 기타 안전관리 기준

- 전기기기 및 배선 등의 모든 충전부는 노출시키지 않는다.
 - 전기기기를 사용할 때에는 이중 절연기를 제외하고는 접지를 확인한다.
 - 전기기기의 스위치 조작은 허가된 사람만 한다.
 - 젖은 손으로 전기기기를 만지지 않는다.
 - 불량하거나 고장 난 배터리(이차전지)는 사용하지 않도록 한다.
 - 장비를 사용할 때에는 공구나 장비의 손잡이가 부도체로 된 것을 사용한다.
 - 전기장치의 충전부는 전기적 절연을 한다.
 - 전원에 연결된 회로배선은 임의로 변경하지 않는다.
 - 회로가 확실하게 연결되어 있지 않으면 전원을 인가하지 않는다.
 - 충전 코드 선은 가능한 한 짧게 사용한다.
 - 장비 및 배터리(이차전지) 근처에는 인화성 액체 등을 사용, 저장, 취급하지 않는다.
 - 항상 환기가 잘 되는 위치에 충전지역을 설정하여 사용하여야 한다.
 - 충전지역에서 담배를 피우거나, 불꽃이 트는 작업(예를 들어 용접, 연마 등)을 해서는 안 된다.
 - 온도가 높은 백열전구나 등기구 또는 발화원이 될 수 있는 장비 아래에서 배터리를 충전하면 안 된다.
 - 배터리 충전은 폭발성 혼합가스가 축적되는 것을 방지하기 위하여 환기가 잘 되는 전용구역에서 실시한다.
 - 충전장비를 켜기 전, 충전도선이 제자리에 안전하게 고정되어 있는지 확인한다.
 - 충전장비가 켜져 있는 동안에는 충전도선을 제거하거나 조정하지 말고, 먼저 충전기의 전원을 차단한다.
 - 연구 중에는 장갑과 적절한 눈 보호장치, 가급적이면 보호안경 또는 바이저(Visor)*를 착용한다.
- * 보안면의 앞쪽에 부착되어 턱 밑까지 오는 보호장비
- 충전되고 있는 배터리(이차전지), 또는 최근 충전된 배터리 근처에는 화염, 전기불꽃, 정기장비, 고온 물체, 핸드폰과 같은 점화원을 가까이 두지 않는다.
 - 배터리(이차전지) 단자 위에 임시로 절연고무 커버를 씌운다.
 - 시험공간은 충분히 확보하고 항상 청결하게 유지한다.

▣ 관련 자료 및 근거

- 실험실 안전보건에 관한 기술지침(KOSHA G-82-2018), 안전보건공단
- 충전지 취급에 관한 기술지침(KOSHA E-10-2013), 안전보건공단
- HSE, Using electric storage batteries safely, Guidance INDG 139
- Electrical Apparatus For Explosive Gas Atmospheres(IEC 60079-14)

라 보관 및 폐기

(1) 이차전지 보관 및 폐기

▣ 개요

- 제조 및 Testing 된 이차전지를 보관 또는 폐기하는 공정으로, 충전이 1% 이상 된 리튬이차전지는 인화성용기 캐비닛에 적치 보관하고, 배터리 전극에는 고무캡을 사용하여 일정간격 이격 후 보관
- 방전이 완료된 이차전지는 전극 방향에 맞게 통에 보관하거나 비닐 포장 후 보관 실시. 코인셀의 경우 테이핑 후 보관하며 일반적으로 연구결과의 보존을 위하여 +극, -극을 고무캡을 사용하여 마감처리한 후 깨끗한 상태로 밀봉하여 보관



방전이 완료된 배터리 보관

- 리튬이차전지를 폐기할 시에는, 전지의 자연방전을 위하여 염침(염수에 담금)작업 수행

▣ 주요 취급 장비 및 화학물질

• 장비

장비명	용 도	종류 및 사진
인화성물질 보관 캐비닛	리튬이차전지 보관	
염침설비	리튬이차전지 폐기	



▣ 사고발생 위험요인별 안전조치 사항

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
잔류 전류에 의하여 금속과 접촉 시 발열 및 폭발 발생	- 염침 또는 층·방전 시험 기를 이용한 배터리 방전 실시		절연장갑
비닐 팩 포장 보관 미실 시로 인한 단락 발생	- 전극 마감처리 후, 비닐 패킹 보관	- 화재발생 시, 금속화재 전용 소화기를 이용하여 초기진화 실시	-
극성 혼돈 보관으로 인한 배터리간 단락 발생	- 이차전지의 극성을 구분할 수 있는 조치 실시	- 진압이 불가능한 경우 연기에 질식하거나 불길에 갇히는 일이 없도록 주의하며, 대피경로를 따라 신속 대피 후 신고	-
보관캐비닛 내 이물질 퇴적으로 인한 도전로 형성으로 배터리간 발열	- 캐비닛 내 청결 유지		-
폐시약 처리 과정 중 폐시약병을 떨어뜨리거나 서로 부딪혀 약품 누출	- 폐시약은 폐산, 폐알칼리, 폐유기용제 등 종류별로 분리하여 수거 및 폐기 - 시약병은 서로 부딪혀 깨지지 않도록 병 사이에 종이를 끼워 넣음	- 용기 파열 시, 파단부의 비산으로 인해 손가락이나 신체 일부에 상처 발생 시 비상구급함을 이용하여 응급처치 실시	-
서로 화학반응을 일으키는 시약병끼리 혼합되어 유독가스가 발생하거나 화재 및 폭발 발생	- 폐시약병이 넘어지거나 깨지지 않도록 카트를 이용하여 안전하게 폐기물 저장소로 운반	- 소화기로 초기진화 실시 - 진압이 불가능한 경우 연기에 질식하거나 불길에 갇히는 일이 없도록 주의하며, 대피경로를 따라 신속 대피 후 신고	-

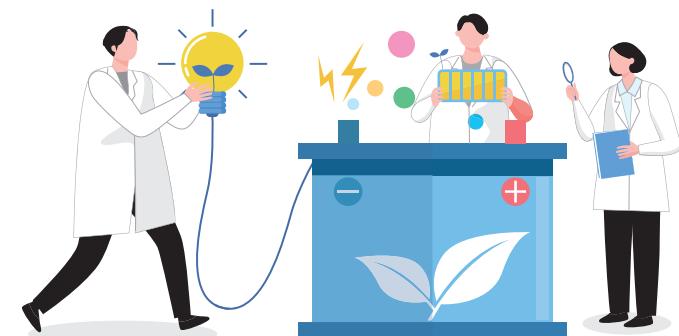
- 사용할 때까지 배터리(이차전지)를 원래 포장으로부터 제거하지 않는다.
- 배터리(이차전지) 내부 용액이 누출될 경우 피부나 눈에 접촉되지 않도록 주의한다. 만약, 접촉 됐다면 접촉부위를 충분한 양의 물로 씻고 의사의 진찰을 받는다.
- 배터리(이차전지)가 더러워졌을 경우 깨끗한 마른 천으로 닦는다.
- 사용하지 않는 이차전지는 충전 상태로 두어서는 안 된다.
- 이차전지를 폐기할 때에는 기관의 안전환경관리자와 상의 후, 적절한 방법으로 폐기한다.

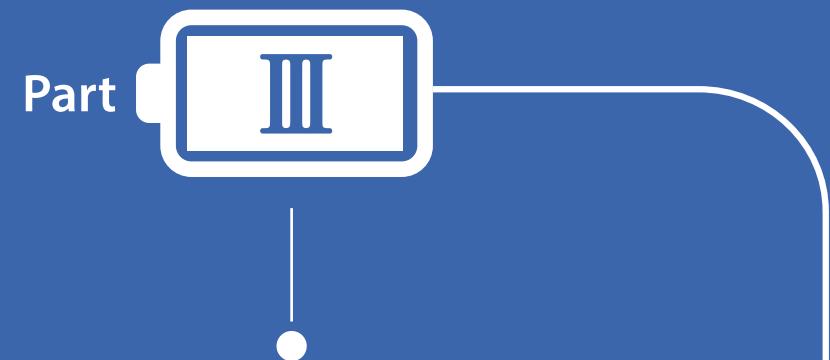
▣ 관련 자료 및 근거

- 휴대기기용 밀폐 이차 단전지 및 이로 구성된 전지의 안전 요구사항(KS C IEC 62133),
국가기술표준원

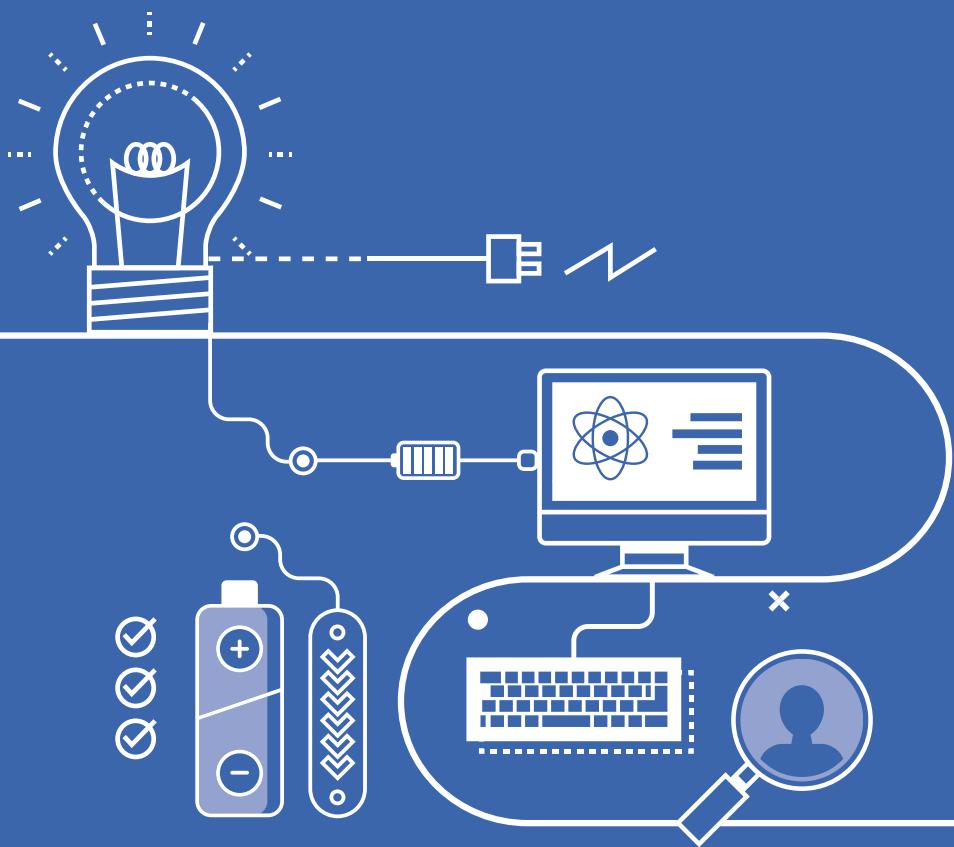
▣ 기타 안전관리 기준

- 배터리(이차전지)를 해체하여 열거나 자르지 않는다.
- 배터리(이차전지)는 전극 마감 처리 후, 비닐팩에 보관한다.
- 전지를 열이나 화기에 노출시키지 않으며, 직사광선에서의 저장을 피한다.
- 전지를 단락시켜서는 안 된다. 전지 간 서로 단락되거나 전도성 재질에 의해 단락될 수 있는 상자나 서랍에 보관하면 안 된다.

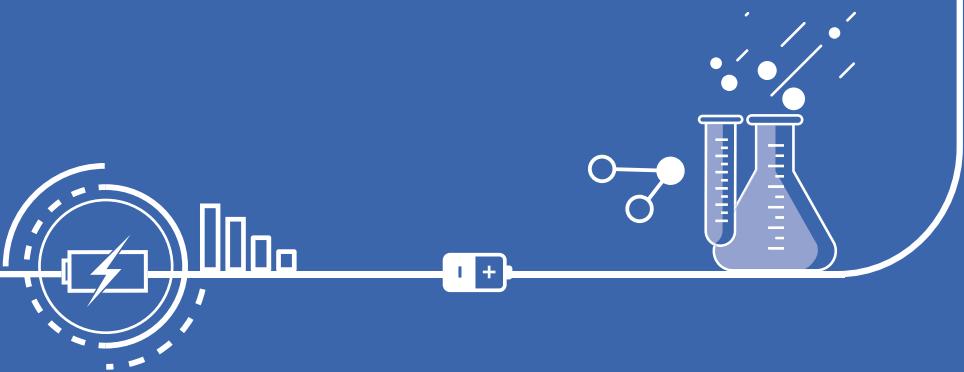




연료전지 안전관리 가이드라인



1. 연료전지 개요
2. 연료전지의 특징 및 주요 위험성
3. 연료전지 R&D 주요 프로세스
4. 연료전지 R&D 프로세스별 안전관리 기준





Part

연료전지 안전관리 가이드라인



1

연료전지 개요

연료전지(Fuel cell)란 연료와 산화제를 전기화학적으로 반응시켜 에너지를 발생시키는 장치를 의미한다. 이 화학반응은 총매 층 내 촉매에 의해 이루어지며, 일반적으로 연료가 계속적으로 공급되는 한 지속적으로 발전이 가능하다.

연료전지와 배터리(이차전지 등)의 큰 차이점은 일반적인 배터리가 전기를 저장하는 장치(닫힌계)라면 연료전지는 수소나 산소 같은 연료를 지속적으로 소모하여 전력을 생산하는 발전기와 같다. 것이다. 또한, 전자는 충전시간이 꽤 오래 걸린다는 한계가 있는 반면, 연료전자는 연료만 채워 넣으면 되므로 충전 시간이 비교적 빠른 특징도 있다.

연료전지의 발전 효율은 40% ~ 60% 정도로 대단히 높으며, 반응 과정에서 나오는 배출열을 이용하면 전체 연료의 최대 80%까지 에너지로 바꿀 수도 있다. 또한, 천연가스와 메탄올, LPG, 나프타, 등유, 가스화 된 석탄 등의 다양한 연료를 사용할 수 있기 때문에 에너지자원을 확보하기가 상대적으로 쉽다.

연료전자는 전해질의 종류에 따라 알칼리 연료전지(AFC), 인산형 연료전지(PAFC), 용융탄산염 연료전지(MCFC), 고체산화물 연료전지(SOFC), 고분자 전해질 연료전지(PEMFC), 직접 메탄을 연료전지(DMFC) 등으로 구분되며, 이들은 작동온도에 따라 다시 고온형과 저온형으로 나눌 수 있다. MCFC, SOFC와 같이 650°C 이상의 고온에서 작동하는 고온형 연료전지들은 전극 촉매로 니켈을 비롯한 일반 금속촉매를 사용하며, 발전효율이 높고 출력이 매우 높기 때문에 발전소나 대형건물 등에 주로 활용된다. 또한, PAFC, PEMFC, DMFC 등의 저온형 연료전지들은 백금을 전극으로 사용하여 200°C

이하에서 상온에 이르기까지 저온에서도 구동될 수 있으며, 시동시간이 짧은 특징이 있어 가정·상업용이나 소형 이동장치 등에 주로 활용된다.

연료전지의 종류와 특징

구 분	고온형 연료전지		저온형 연료전지		
	용융탄산염 (MCFC)	고체산화물 (SOFC)	인산염 (PAFC)	알칼리 (AFC)	고분자전해질막 (PEMFC)
전해질	Li/K 용융탄산염	YSZ GDC	H3PO4	KOH	이온교환막
작동온도(°C)	550~700	500~1,000	150~250	0~230	50~100
효율(%)	45~55	40~60	40~45	60~70	40~60
주용도	대규모 발전, 중소사업소 설비 이동체용 전원	대규모 발전, 중소사업소 설비, 이동체용 전원	중소사업소 설비, Biogas plant	우주발사체 전원	수송용 전원, 가정용 전원, 휴대용 전원

자료: 2018 신재생에너지백서(한국에너지공단)

2

연료전지의 특징 및 주요 위험성

연료전지는 수소(H₂)를 이용하는 대표적 전기화학장치(기술)이다. 수소는 모든 원자 중 가장 작고 자원이 풍부한 가스로서 산소와 잘 반응하고 점화에너지가 작아 Fossil fuel, Gasoline 등 기존 탄화수소 계열의 연료를 대체할 수 있으며, 연소할 때 대량의 열량을 방출하면서도 배기가스는 소량의 질소산화물 뿐이므로 매우 강력하면서도 깨끗한 에너지원이라 할 수 있다.

그러나, 폭발범위가 넓고 폭발화염 전파속도가 매우 빠른 가연성 가스로서 제조, 수송, 저장 시 누출, 확산, 점화 및 폭발 등의 위험성 또한 지니고 있다. 지난 아현동 가스폭발사고('94), 부천 가스충전소 폭발사고('98), 여수산단 BTX라인 폭발사고('17) 및 기타 대규모 화재·폭발사고를 통해 알 수 있듯이 수소 역시 가스가 사고로 전이되면 폭발압력 및 폭광파의 속도 등에 의해 통상 약 15~30배 정도로 그 피해규모는 가중되고, 이로 인해 사망·상해사고가 발생될 수 있다.



수소 연료전지의 사고 원인별 시나리오



3 연료전지 R&D 주요 프로세스

연료전지 관련 대표 연구개발 프로세스는 크게 '제조', '시험(Test)' 2 단계로 구분할 수 있으며 세부 절차는 아래와 같다.

구 분(R&D 프로세스)		내 용
제조	촉매 및 분리막 제조	수소 및 산소의 반응 효율을 높이기 위한 촉매, 이온 교환을 위한 고분자 분리막 제조, 바코팅 작업 수행
	조립	연료전지셀, 분리막, 전극, 실링, 케이스 등을 조립
시험	시험	연료전지 스택의 평가를 위해 연료전지 평가장치를 이용하여 효율성, 안정성 등을 실험

4 연료전지 R&D 프로세스별 안전관리 기준

가 제조

(1) 촉매 및 분리막 제조

▣ 개요

- 수소 및 산소의 반응 효율을 높이기 위한 촉매 제조
- 이온 교환을 위한 고분자 분리막 제조
- 바코팅(bar coating) 작업 수행

▣ 주요 취급 장비 및 화학물질

- 장비

장비명	용 도	종류 및 사진
반응기 및 소결로	연료전지의 촉매 제조	 반응기 소결로
압착롤러 및 바 코터	연료전지의 분리막 제조	 압착롤러 바 코터



• 화학물질

물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
황산 (Sulfuric acid)	7664-93-9		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H290: 금식을 부속시킬 수 있음 - H314: 피부에 심한 화상과 눈 손상을 일으킴 - H318: 눈에 심한 손상을 일으킴 - H330: 흡입하면 치명적임 - H350: 암을 일으킬 수 있음 - H370: 신체에 손상을 일으킴
N,N-디메틸 아세트아미드 (N,N-Dimethylacetamide)	127-19-5		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H319: 눈에 심한 자극을 일으킴 - H331: 흡입하면 유독함
벤젠 (Benzene)	71-43-2		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H225: 고인화성 액체 및 증기 - H302: 삼키면 유해함 - H304: 삼켜서 기도로 유입되면 치명적일 수 있음 - H315: 피부에 자극을 일으킴 - H319: 눈에 심한 자극을 일으킴 - H340: 유전적인 결함을 일으킬 수 있음 - H350: 암을 일으킬 수 있음 - H361: 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨 - H370: 신체에 손상을 일으킴 - H372: 장기간 또는 반복노출 되면 신체에 손상을 일으킴 - H412: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 유해함
디메틸 포름마이드 (Dimethyl formamide)	68-12-2		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H226: 인화성 액체 및 증기 - H319: 눈에 심한 자극을 일으킴 - H331: 흡입하면 유독함 - H335: 호흡기계 자극을 일으킬 수 있음 - H350: 암을 일으킬 수 있음 - H360: 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 수 있음 - H373: 장기간 또는 반복노출 되면 신체에 손상을 일으킬 수 있음

물질명	CAS.NO.	유해·위험성 정보		
		그림문자	신호어	유해·위험문구
염화니켈 (Nickelous chloride)	7718-54-9		위험	<ul style="list-style-type: none"> - H301: 삼키면 유독함 - H315: 피부에 자극을 일으킴 - H317: 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음 - H331: 흡입하면 유독함 - H334: 흡입 시 알레르기성 반응, 천식 또는 호흡곤란을 일으킬 수 있음 - H341: 유전적인 결함을 일으킬 것으로 의심됨 - H350: 암을 일으킬 수 있음 - H360: 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 수 있음 - H370: 신체에 손상을 일으킴 - H372: 장기간 또는 반복노출되면 신체에 손상을 일으킴 - H400: 수생생물에 매우 유독함 - H410: 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 매우 유독함

▣ 사고발생 위험요인별 안전조치 사항

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
염화백금산 수용액 환원 시 수소기체 발생	<ul style="list-style-type: none"> - 점화원(정전기, 스파크, 핫플레이트 등) 제거 - 국소배기장치, 후드 등 안전한 조건 하 실험 진행 	<ul style="list-style-type: none"> - 비상대피계획 수립 및 소화기 위치 숙달 	라텍스장갑
초자기구 파손 등에 의한 화학물질 비산	<ul style="list-style-type: none"> - 취급 시 보호구 착용 	<ul style="list-style-type: none"> - 초자기구 파단부의 비산으로 인해 손가락이나 신체 일부에 상처 발생 시 비상구급함을 이용하여 응급처치 실시(지혈 및 소독) - 화학물질 노출 시, 주변 연구활동 종사자들에게 안내 및 전파 	나이트릴 장갑
오븐 개방 시 유해가스 흡입	<ul style="list-style-type: none"> - 취급 시 보호구 착용 - 오븐 개방 시, 가능한 한 호흡 기를 멀리한 채 천천히 개방 - 국소배기장치 설치 권장 	<ul style="list-style-type: none"> - 이상증상 발생 시, 담당부서에 알리고 신속히 병원 이송 - 의식이 없을 경우 평평한 바닥에 눕힌 후 심폐소생술 실시 	호흡용 보호구



사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
Pyrolysis(열분해) 이용, 산화물 촉매 제조에 따른 고온 열상	- 취급 시 보호구 착용 - 국소배기장치 내 실험 실시 - 가연성 물질과 격리조치	- 가벼운 화상의 경우 15분 이상 화상부위를 찬물에 담그거나, 물에 적신 차가운 천을 대어 응급조치 실시. 이후, 화상거즈 부착	내열장갑, 안면보호구
작업기기(압착롤러)에 협착 및 말림 발생	- 협착 및 말림 방지를 위한 가드 및 비상정지장치 설치	- 안전이 확보된 상태에서 장비를 사용하며, 사고발생요인 발견 시 즉시 해당장비 작동중지(전원차단) - 연구자의 부상 정도 파악 후 심한 경우 긴급 병원 후송 실시	-
열풍 또는 UV 건조 및 경화 시 VOC(휘발성 유기용제) 확산에 의한 중독 발생	- VOC(휘발성 유기용제) 확산에 대비한 국소배기 장치 설치	- 독성이 있는 물질일 경우, 신속하게 방독마스크를 착용하거나 대피 실시	방독마스크
황산 및 수산화나트륨으로 인한 화학적 화상 발생	- 취급 시 보호구 착용 - 염기성 물질, 수분과의 혼촉 금지	- 화학물질이 피부에 접촉하였을 때에는 즉시 15분 이상 흐르는 물에 세척(세안기, 비상샤워 장치)을 실시하고, 오염된 옷과 신발을 제거	네오프렌 장갑, 나이트릴 장갑, 내열장갑

- 압착롤러에는 신체의 접근을 방지할 수 있는 가드 바, 가이드 룸 등의 방호조치를 강구해야 한다.
- 급정지장치와 안전캡 등 안전장치의 정상적인 기능 유지상태를 수시 점검해야 한다.
- 급정지장치는 연구자가 실험위치를 벗어나지 않고 작동시킬 수 있어야 한다.
- 급정지장치의 작동은 연구자의 신체를 감지하여 작동하게 하거나 연구자의 손, 발, 복부 등으로 작동될 수 있어야 한다.
- 안전캡은 롤러가 특정 이상의 압력을 받는 경우 파열되거나 롤러 간격이 벌어져 위험을 감소시키는 것이어야 한다.
- 압착롤러가 동작 중일 때는 청소, 구동부 주유 등의 위험한 행동을 하지 않아야 한다.
- 롤러를 손으로 정지시키지 않아야 한다.
- 롤러 표면을 걸레, 수공구 등으로 청소하던 중 장갑 또는 걸레 등이 롤에 말릴 위험이 있으므로, 롤러가 반대방향으로 회전될 수 있도록 역회전회로 구성 및 역회전 전용 스위치를 설치해야 한다.

관련 자료 및 근거

- 산업안전보건기준에 관한 규칙, 고용노동부
- Hydrogen Technologies Code(NFPA 2)

▣ 기타 안전관리 기준

- 촉매 연료 산화반응(예: 촉매 부분산화, 촉매 연소 등)을 수행할 때에는 인화성 또는 폭발성가스가 발생되는 것을 피해야 한다.
- 촉매반응이 반응 개시시간 이내에 일어나지 않으면 연료공급을 중단하여야 한다.
- 촉매 온도는 직접 또는 간접적인 방법으로 항상 모니터링 하여야 한다.
- 촉매의 온도 또는 온도 변화율이 제조업체가 지정한 수용 가능한 범위를 벗어나면 시스템이 자동으로 연료공급을 중단하여야 한다. 만약 풍부한 양의 연료가 공급되었다면 모든 반응물질의 공급을 중단하여야 한다.
- 반응 실패에 따른 연료공급 폐쇄시간은 3초를 하여서는 안 된다.
- 반응 개시시간 이내에 반응 시작이 실패하거나, 반응이 꺼지거나, 반응 비율이 불안전한 수준으로 감소 또는 증가할 때 연료전지 내부에 연료와 공기 혼합물이 축적되어서는 안 된다.
- 압착롤러를 시동할 때는 위험영역에 사람이 있는지 확인해야 한다.
- 압착롤러의 주 작업위치에서 모든 위험을 확인할 수 없는 경우에는 시동 전에 경보를 울린다.

(2) 조립

▣ 개요

- 연료전지셀, 분리막, 전극, 실링, 케이스 등을 조립하여 연료전지 스택을 구성하고 평가하는 연구 활동 수행

▣ 주요 취급 장비 및 화학물질

• 장비

장비명	용도	종류 및 사진
개스킷, 볼트, 너트, 앵커 등	연료전지 조립	 



▣ 사고발생 위험요인별 안전조치 사항

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
수공구 사용에 의한 상해 발생	- 취급 시 보호구 착용	- 손가락이나 신체 일부에 상처 발생 시, 비상구급함을 이용하여 응급처치 실시(지혈 및 소독)	베임방지 장갑
불순물 혼입에 의한 가스 누출		- 가스 누출을 감지할 수 있는 경보기 설치	-
개스킷 조립 불량, 볼트 체결 불량으로 인한 가스 누출		- 가스 누출이 발생할 경우, 신속히 대피하고 주변 연구실에 상황 전파	-

▣ 기타 안전관리 기준

- 수공구는 용도 이외에는 사용하지 않아야 한다.
- 목적에 맞는 최소한의 무게를 가진 공구를 선택하여 사용한다.
- 수공구를 사용하기 전에 기름 등 이물질을 제거하고, 이상 유무를 확인한 후 사용한다.
- 보안경 등 작업에 알맞은 보호구를 착용하고 작업해야 한다.
- 수공구는 처음과 끝에 과격한 힘을 주지 말고 서서히 힘을 준다.
- 안정된 자세를 확보한 후 작업을 하여야 하며 저소음, 저진동형 공구를 사용한다.
- 작업물을 확실히 고정시킨 후 작업해야 한다.

▣ 관련 자료 및 근거

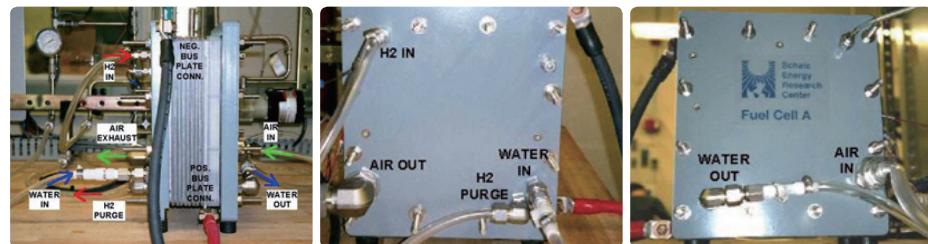
- 연구실 특성을 반영한 유형별 안전관리 가이드라인 개발, 과학기술정보통신부
- 실험실 안전보건에 관한 기술지침(KOSHA G-82-2018), 안전보건공단

나 시험

(1) 연료전지 평가

▣ 개요

- 연료전지 스택의 평가를 위해 평가장치를 이용하여 효율성, 안정성 등을 시험
- 연료전지 스택에 공기, 수소, 물 공급을 위해 Tygon tube를 이용하여 평가장비와 연결



연료전지 스택 연결 모습

시험절차

- 연료전지 온도를 섭씨 40도로 설정하기 위해 전위차계에 5A 전류 설정
- 스택 온도를 상승시키기 위해 팬 조정자를 10%로 설정
- 온도가 섭씨 40도에 도달하면 저위차계를 '0'으로 돌림
- 팬 조정자를 '자동'으로 설정해 1차 측정
- 실험에서 설정한 스택 전류 및 스택 전압값의 측정에 앞서, 각 전류 설정 시 최소 15초 대기
- 스택 가동률의 상승과 함께 수소의 소모량이 증가하는지 여부 관찰
- 연료전지의 작동온도인 섭씨 40도를 유지하기 위한 팬의 출력도 증가여부 관찰
- 전류가 증가하는 동안 스택 전압의 강하여부 관찰
- 상기 절차를 사전 설정한 횟수만큼 반복 실행하여 결과치 기록
- 마지막 측정치는 냉각 팬의 낮은 가동율(6%)을 고려하여 신속히 측정
- 스택 온도가 섭씨 50도를 넘으면 연료전지는 45도 이하로 떨어질 때까지 자동으로 전원이 차단되어야 함.



▣ 주요 취급 장비 및 화학물질

- 장비

장비명	용도	종류 및 사진
평가장비	연료전지의 성능 평가	

▣ 기타 안전관리 기준

- 수소가스 누출경보기는 다음과 같은 장소에 설치해야 한다.
 - 연구실 내 고정형 수소저장장치가 설치된 장소
 - 실험기기 가동 중 누출 가능성이 높은 장소(스택 상부, 평가장비 공급 튜브 등)
 - 연구실 장비배치 및 구조적 특성으로 인해 수소가 체류할 수 있는 장소
- 수소가스 누출경보기의 경보 설정은 수소의 폭발 하한값의 25%로 설정하되, 고위험지역에서는 폭발 하한값의 10% 이하로 설정한다.
- 감지신호는 경고 경보를 발동하고 누출 차단장치와 연동되어야 하며, 경보발령 시 청각 및 시각 경보가 제공되어야 한다.

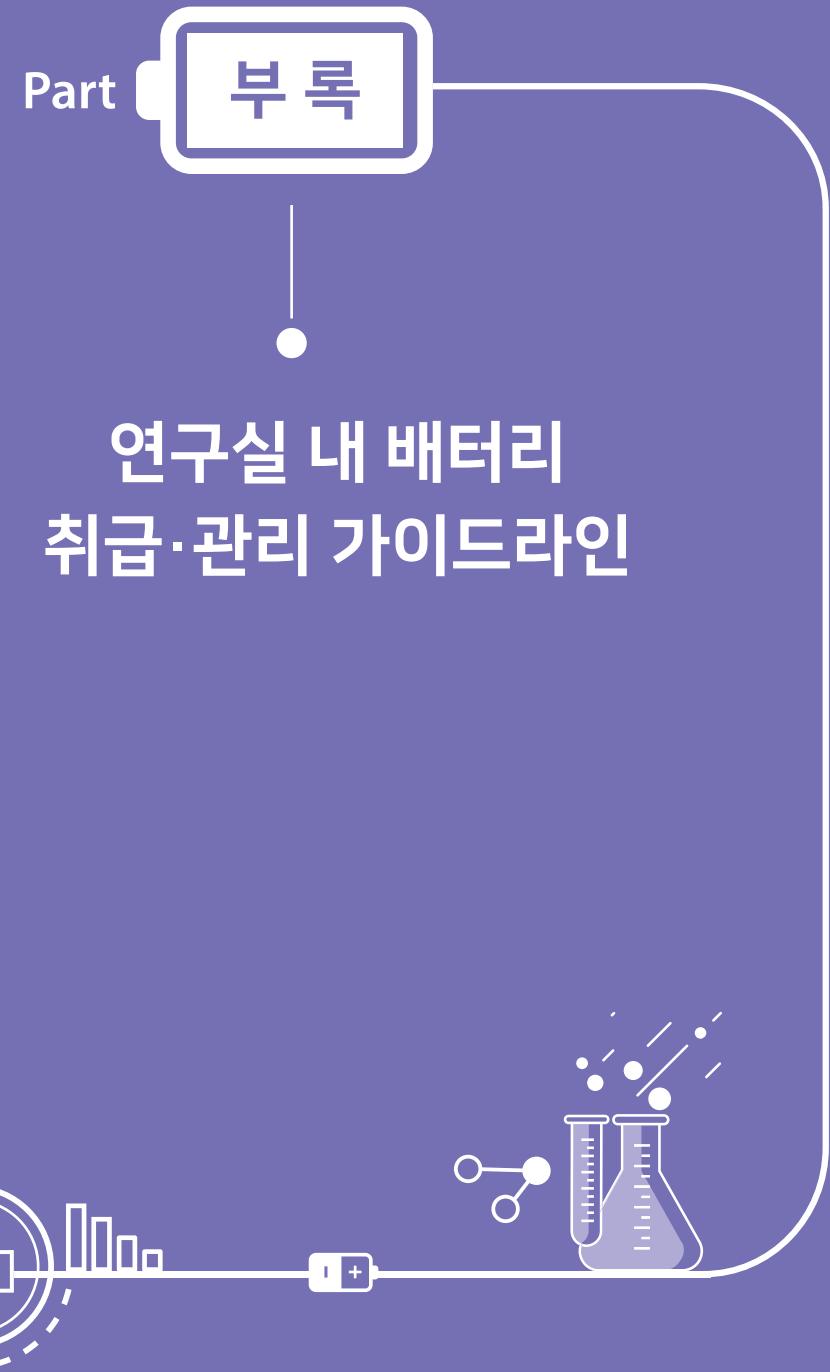
▣ 관련 자료 및 근거

- 가스누출감지경보기 설치에 관한 기술상의 지침, 고용노동부
- Hydrogen Technologies Code(NFPA 2)

▣ 사고발생 위험요인별 안전조치 사항

사고발생 위험요인	안전조치사항	비상 시 조치	필요 개인보호구
평가장비 오작동으로 인한 과압 발생	- 과압 발생 유무를 확인할 수 있도록 압력센서 설치 권고	- 과압으로 인한 장비 및 기기 파손에 따라 손가락이나 신체 일부에 상처 발생 시, 비상구급함을 이용하여 응급처치 실시 (지혈 및 소독)	-
평가장비 배관 연결부 위 수소가스 누출로 인한 화재 및 폭발 발생	- 수소가스 누출을 감지할 수 있는 가수누출감지 경보기 설치	- 가스 누출이 발생할 경우 신속히 대피하고, 주변 연구실에 상황 전파	-
물 순환시스템 오작동으로 인한 과열 발생	- 과열을 감지할 수 있는 온도센서 설치 권고	- 과열이 발생할 경우 즉시 장비 가동을 정지하고 안전을 확보할 수 있는 장소로 신속 대피	-
누전으로 인한 감전	- 취급 시 보호구 착용	- 절연장갑 착용 후 해당 전기기기 전원 신속 차단	절연장갑







부록

연구실 내 배터리 취급·관리 가이드라인



1 서 론

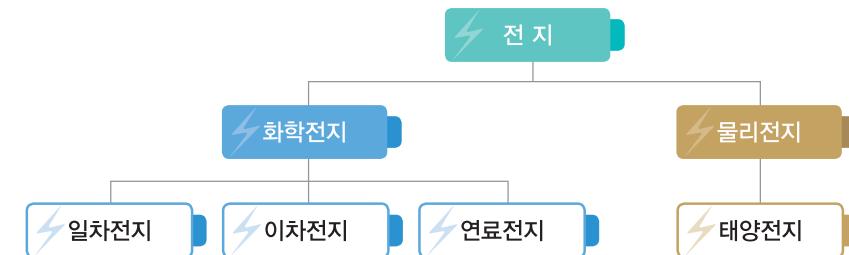
⚡ 배경 및 목적

- 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 연구개발이 추진되고 있으며, 최근에는 크기는 작고 무게가 가벼우면서 효율은 매우 높은 이차전지(리튬전지)가 가장 광범위하게 취급 · 사용되는 추세
- <참고>와 같은 배터리들은 연구실에서도 활발히 사용되고 있으며, 연구자가 개인적으로 사용하는 휴대전화, 태블릿 PC부터 연구개발 수행을 위한 장비 내 부속품, 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



참고

배터리의 종류 및 구분



- 망간건전지
- 알칼라인전지
- 수은전지
- 이산화망간리튬전지
- 불화흑연리튬전지
- 이산화황리튬전지
- 공기아연전지
- 열전지
- 납축전지
- Ni-Fe전지
- NaS전지
- Ni-Cd전지
- Ni-MH전지
- 리튬이차전지
- 용융탄산염연료전지(MCFC)
- 고체산화물연료전지(SOFC)
- 인산염연료전지(PAFC)
- 일칼리연료전지(AFC)
- 고분자전해질막연료전지(PEMFC)
- 직접메탄올연료전지(DMFC)

- 일차전지: 방전기능만 작동하여 충전하여 사용할 수 없는 전지(반복 사용 불가)
- 이차전지: 전기에너지를 화학에너지의 형태로 변환하여 저장 후, 필요할 때 이를 다시 전기에너지의 형태로 바꾸어 사용 가능한 전지(반복 사용 가능)
- 연료전지: 연료와 산화제를 전기화학적으로 반응시켜 전기에너지를 발생시키는 전지 (연료가 공급되는 한 반복 사용 가능)

⚡ 연구실 내 배터리관련 안전사고 발생 현황

2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년
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(전동휠) 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 전소되는 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 개발업체에서 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

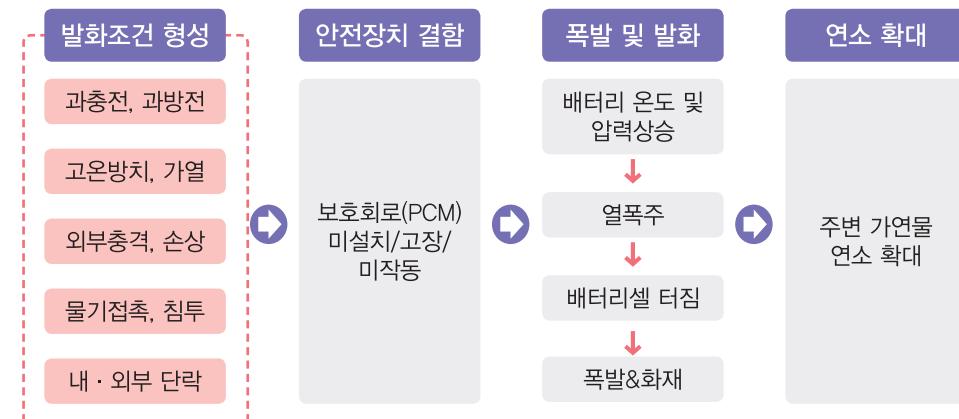


사진: 대전소방본부

2

배터리 사고발생 매커니즘 특징

⚡ 배터리 사고발생 매커니즘(폭발 및 화재)



- 배터리는 과충전 · 과방전, 가열, 외부충격 등의 외적요인과 배터리 부품 및 구조적 결함 등 다양한 원인에 의해 불화 · 폭발이 발생
- (외적요인에 의한 사고) 배터리(특히, 리튬이온으로 구성된 이차전지)는 그 자체로서 불화, 폭발 등을 유발할 수 있는 불안전한 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 · 불화



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 극판의 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



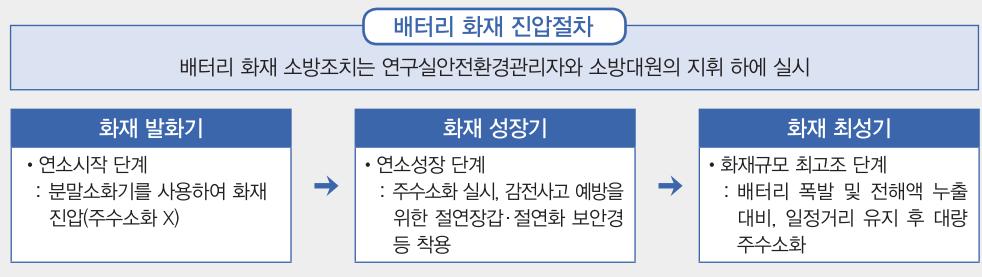


【연구실 내 배터리 관련 사고대응절차】

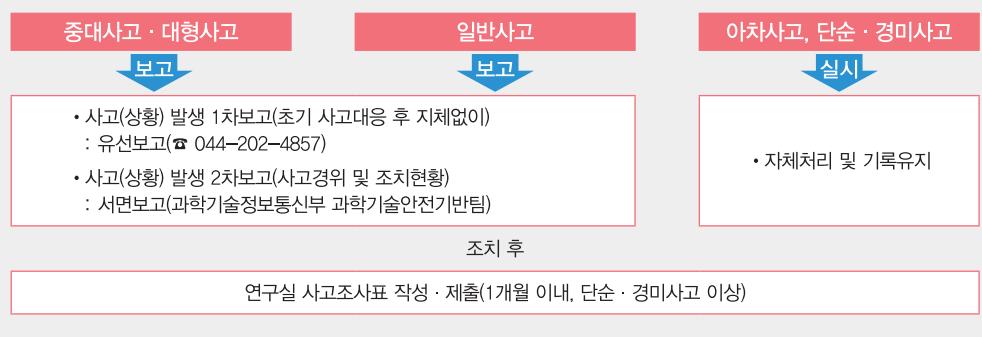
사고대응 절차

연구실사고 발생

배터리 화재 또는 폭발, 배터리 내 전해액 누출 등



사고수준별 보고절차



3 배터리 사고발생 매커니즘 특징

충전 시 주의사항

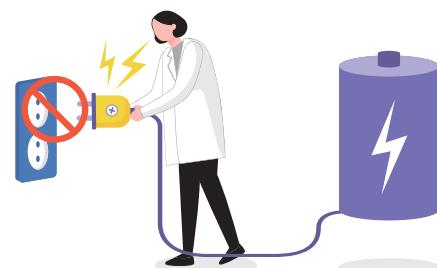


▶ 아래와 같은 현상이 발생하면 바로 충전을 중지하여야 한다.

- 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.





❶ 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 열거나 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 물을 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.

❷ 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.

❸ 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(염증작업) 방전 시킨 후 폐기할 수 있으나, 전문업체를 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.

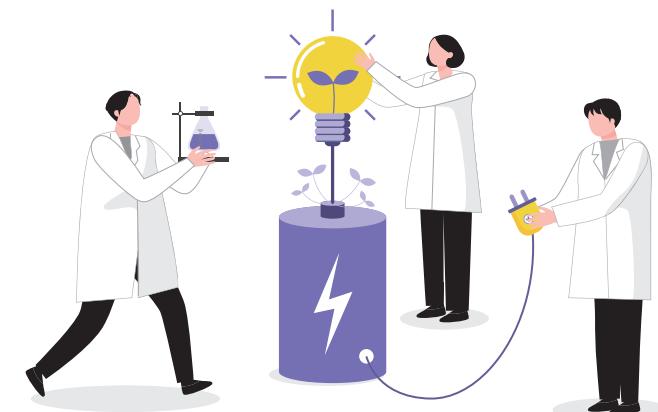
1. 연구개발활동 중 배터리를 취급할 경우에는 개인보호장비를 착용해야 하고, 배터리 근처에 B급 소화기(유류/가스화재)를 비치하여야 한다.
 - 특히, 실링 처리되지 않은 납 배터리를 사용할 경우에는 보안경, 보호장갑(고무장갑), 그리고 고무 처리된 앞치마 또는 보호복을 착용해야 한다.
2. 배터리 내부 전해질의 경우, 독성을 띠는 물질이 있으므로 접촉에 대비하여 세안기 및 비상사워 장치를 설치해야 한다.
3. 밀폐형 배터리를 취급·보관·연구하는 연구실의 경우 충분한 환기가 필요하다. 환기량은 배터리의 크기, 형태, 온도, 충전전류에 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 1m 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 젤이 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.

관련 자료 및 근거

- 휴대기기용 밀폐 이차 단전지 및 이로 구성된 전지의 안전 요구사항(KS C IEC 62133), 국가기술표준원
- 소형 배터리의 충전, 사용, 취급에 관한 가이드, 삼성 SDI(www.samsungsdi.co.kr)
- 충전식 소형가전 전지 안전실태조사, 소비자원
- 리튬배터리 화재발생 추이 분석, 서울소방재난본부
- 연구실 특성을 반영한 유형별 안전관리 가이드라인 개발, 과기정통부



주의사항

-

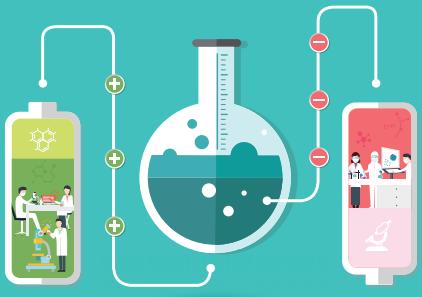
전기화학분야 연구실 안전관리 가이드라인



발행일 : 2020년 10월
발행처 : 과학기술정보통신부
전 화 : 044-202-4856~7
주 소 : (30121) 세종특별자치시 가름로 194(어진동)

본 전기화학분야 연구실 안전관리 가이드라인 내용과
관련된 문의는 아래의 기관으로 연락해 주시기 바랍니다.

한국생명공학연구원 국가연구안전관리본부
전 화 : 043-240-6471, 6478
(28116) 충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지로 30



전기화학분야 연구실 안전관리 가이드라인

» 이차(리튬)전지, 연료(수소)전지 중심