

리튬이온 및 리튬폴리머 배터리의 폭발과 화재 위험성에 관한 연구

이 범 주*, 최 경 주*, 이 상 호*, 정 연 만**, 박 영***, 조 동 옥°

A Study on Explosion and Fire Risk of Lithium-Ion and Lithium-Polymer Battery

Bum Joo Lee*, Gyeong Joo Choi*, Sang Ho Lee*, Yeon Man Jeong**,
Young Park***, Dong Uk Cho°

요 약

리튬 이온 및 리튬 폴리머 배터리는 체적 에너지 저장 밀도가 높아 전자담배, 스마트폰, 전기자전거, 드론, 보조배터리 등과 같은 다양한 전자기기에 사용되며 심지어 골프카트 및 전기자동차에도 사용되고 있다. 그러나 최근 리튬 배터리를 사용하는 다양한 전자기기에서 충전 중 배터리 폭발현상이 빈번히 발생하고 있으며 폭발로 인하여 화재 및 신체 위해가 발생하고 있어 그 심각성이 대두되고 있다. 이를 위해 본 논문에서는 이러한 리튬 배터리의 작동 원리를 알아보고, 재현실험을 통하여 폭발 원인을 검증해 보았으며 이를 통하여 화재감식 기법 개발과 안전 대책을 수립하기 위한 연구를 진행하였다.

Key Words : Li-ion Battery, Li-Polymer Battery, Explosive Fire, Stability, Protection Circuit

ABSTRACT

Because Li-ion battery and Li-Polymer battery have high-energy storage density, they are used for various electronic devices such as electronic cigarette, electronic bicycle, drone, second battery, even golf cart and electronic car. Recently, however, battery explosion is sometimes occurring on electronic devices using Li-ion battery and is becoming serious as bodily harm is breaking out due to explosion. For this, this paper described the Li-ion Battery's operating principles and verified the cause of explosion by overload tests caused by the high-energy storage density. According to the these experiments, we conducted a study to develop scanning techniques of fire and safety measures.

I. 서 론

현대인들은 다양한 갤럭시 와치, 구글 글래스, 스마트밴드, 스마트폰 등과 같은 스마트 기기의 사용이 일상화되고 생활화 되었다. 그런데 이러한 스마트 기기

들을 운용하는데 필수적인 요소 중 하나는 바로 이들 기기를 사용할 수 있도록 해 주는 전기에너지원이다. 이를 위해 가장 많이 사용하고 있는 것이 바로 2차전지이며, 이러한 2차전지중 단위면적당 저장량이 높고 가장 효율적인 소재로서 리튬이온 및 리튬폴리머 배

* First Author : Youngdong Fire Stations, Stegnography@korea.kr, 종신회원

° Corresponding Author : Chungbuk Provincial University, ducho@cpu.ac.kr, 종신회원

* Chungbuk National University, kjchoei@cbnu.ac.kr, shlee@cbnu.ac.kr, 종신회원

** GwangneungWonju University, ymjeong@gwnu.ac.kr, 종신회원

*** Chungbuk Provincial University, py6363@cpu.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2017-12-399, Received December 22, 2016; Revised March 2, 2017; Accepted March 24, 2017

터리(이하 리튬 배터리로 지칭)가 가장 광범위하게 사용된다. 그러나 리튬 배터리는 사용의 편리성과 효율성을 제공해 주는 대신 이와 더불어 반드시 고도의 안전성을 갖추어야만 한다. 특히 안전성 확보를 위해 보호회로 등을 장착해야 함에도 불구하고 일부 불량(비 정품) 리튬 배터리는 보호회로의 성능이 불량하거나 보호회로가 없어 국내·외에서 폭발 사고 및 화재 사고가 발생하고 있지만, 이의 심각성에 비례한 전문적인 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

특히 RC무선헬기(드론), 호버 보드, 전자담배 폭발 화재 등은 인명 피해 뿐 아니라 새로운 유형의 화재까지 발생시키고 있는 상황이다. 이를 위해 본 논문에서는 그 간 본 연구진들이 화재 감식을 행 할 시 그 원인 즉, 리튬 배터리에서 폭발이 발생하여 화재가 난 것에 대한 추정을 실제 리튬배터리가 폭발 할 수 있는 지에 대한 실험을 수행하여 그 간 화재 원인에 대한 추정 결과가 실제 원인인 지 아닌지를 규명해 보는 연구를 수행하고자 한다.

그 간 전자 기기에 있어 그 화재 원인에 대한 추정 연구는 2015년부터 2016년까지 2년간 수행되었다. 즉, 2015년 초기 본 연구를 시작한 동기는 밀수 등과 같이 비정상적인 경로로 수입되어 판매되는 일부 전자담배용 리튬 배터리가 보호회로가 없거나 불량으로 인해^[1] 화재 및 인명 피해가 발생할 수 있다는 추정 자료를 근간으로 추정 원인이 맞는 것 인지에 대한 실증 자료를 확보하기 위함이다. 또한 전자담배를 예로 들면 전기안전에 대한 관련 법규 자체가 전자담배용 리튬배터리는 에너지 밀도가 기준 용량이하인 관계로 안전성이 검증되지 않고 판매되는 실정도 본 논문의 연구 동기에 해당한다. 이에 추정되고 있는 화재 원인에 대한 실험을 실시하여 불량 리튬 배터리의 위험성을 실증하고자 하며, 그 간 추정 자료를 근본으로 전자담배용 리튬 배터리가 용량에 상관없이 전과 인증이 아닌 전기 안전에 대해 강제인증을 받도록 관계 기관에 법령 개정을 제안하여, 그 결과 2016년 4월부터 관련법령이 개정되는 계기도 만들었다^[2].

따라서 본 논문은 본 연구자가 근무해 온 직무 분야 즉, 화재 원인 조사에 대한 그 간의 추정 자료 즉, 전자담배^[3,4] 뿐 아니라 RC헬기, 전기자전거, 드론, 호버 보드 심지어 갤럭시 노트7까지 다양한 전자기기에서 리튬 배터리가 폭발하여 화재가 발생할 수 있다는 추정 상황이 빈번하게 발생하여, 이 추정에 대한 실증 연구를 수행하고자 한다. 특히 2016년 충북에서는 골프카트 리튬이온 배터리, 드론 리튬 폴리머 배터리, 전기자전거 리튬이온 배터리 등에서의 폭발화재 등

유난히 리튬배터리로 추정되는 폭발화재가 많이 발생^[5-8]하여, 이에 대한 실제 화재 원인 규명하는 것이 중요한 사항이다.

이에 본 논문에서는 충북도내에서 발생했던 배터리 폭발화재 자료와 전국에서 일어난 배터리 관련 폭발 화재 자료를 수집함과 동시에 화재의 원인으로 추정되는 리튬배터리에 대해 과 충전과 쇼트 시 실제 폭발이 발생 할 수 있는지에 대한 실증 연구를 수행하고자 한다. 아울러 추정한 사실이 실증 연구를 통해 확인 될 경우 리튬 배터리의 안전성의 문제를 재조명하고, 향후 리튬 배터리를 사용하는 모든 스마트 기기의 안전성에 대한 문제 제기 및 이에 따른 전기 안전 규격의 강화 등을 관계 기관에 촉구하고자 한다. 따라서 본 논문에서의 실험은 과 충전과 쇼트에 대해 보호회로의 유무에 따라 과 충전과 쇼트 시 폭발이 발생하는 지를 규명해 내하고자 한다.

II. 리튬배터리의 특징 및 보호회로의 기능

리튬배터리는 전해액을 전해질로 사용하는 전지로서 음극에서 양이온이 빠지면, 음극의 전자가 양극으로 이동한다. 이때 전류가 흐르며, 양극에서는 양이온과 화학반응을 일으킨다. 또한 충전 시에는 양이온이 반대로 움직이고, 위 처리과정이 역방향으로 진행된다. 일반적으로 리튬이온 배터리는 체적에너지 밀도가 높고 충전의 효율성이 대단히 높아 2차전지중 가장 널리 사용되기 있지만, 역으로 에너지 밀도가 높은 관계로 과 충전, 과 방전, 과전류, 쇼트 시 배터리를 보호 할 수 있는 안전성이 보장된 보호회로가 반드시 있지 않으면 폭발의 위험성이 존재하게 된다. 이에 비해 리튬 폴리머 배터리는 폴리머 전해질을 사용하는 전지로서 리튬이온전지보다 얇고 폭발 위험이 적은 충전지이다. 리튬 이온 전지보다 더 안정적이며, 가볍고, 다양한 형상으로 제작할 수 있는 이유로 상대적으로 가격이 더 고가이지만, 점차 그 사용이 늘어나는 추세이다. 아울러 폭발 위험성, 전해질의 누액 현상, 자연 방전, 메모리 효과가 거의 없어 편리하다는 장점도 있다. 리튬폴리머 전지는 리튬이온전지에 비해 상대적으로 폭발 위험성이 적은 편이지만 리튬이온전지와 마찬가지로 과 충전, 과 방전, 과전류, 쇼트 시 리튬폴리머 배터리를 보호하는 기능을 가진 보호회로가 반드시 있어야만 한다. 아래 표 1에 리튬이온과 리튬폴리머 배터리의 특성을 나타내었으며, 표 2에 보호회로가 가져야 할 기능에 대해 나타내었다^[9].

표 1. 리튬이온과 리튬폴리머 배터리의 특성
Table 1. Properties of li-ion battery and li-polymer battery

Sortation	Li-ion	Li-polymer
Voltage	3.7V	3.7V
Electrolytes Type	Liquid	solid, polymers
Life	shorter than	longer than
Risks	higher than	less than
Manufacturing characteristics	More limited	More freedom
Usage	More limited	More freedom
Low temperature properties	Less than	higher than
Price	Less than	higher than

표 2. 보호회로의 기능
Table 2. Function of the protection circuit module

Function	duty
over-charge protection	stop charging when more than a specific voltage in order to protect cells from overheating or explosive due to overcharge
Over-discharge Protection	Stop discharging when certain voltage or less discharge to prevent cell damage caused by over discharging.
Over-current Protection	Stop discharging when there is an abnormal flow of power caused by device error
Short-circuit Protection	Momentarily stop charging if a great deal of current flows because of external short of the battery pack

III. 리튬 배터리 폭발화재사례

아래 그림 1에 리튬배터리 폭발화재 관련 사례를 나타내었으며, 표 3에 한국소비자보호원의 전자담배 관련 배터리 폭발 통계 자료를 나타내었다.

위의 그림 1은 차례대로 드론 리튬 폴리머 배터리, 전기자전거 리튬이온 배터리, 골프카트 리튬이온 배터리와 RC 헬기에 장착된 리튬이온 배터리가 과 충전으로 폭발한 실제 사고에 대한 예를 나타낸 것이다. 실제 폭발, 화재 사례에서 알 수 있듯이 리튬 배터리는 과 충전 시 보호회로가 미비 되어 있으면 폭발 사고가 언제 든 지 발생할 수 있는 관계로 보호회로 장착이 얼마나 중요한 사안인지를 알 수 있다.



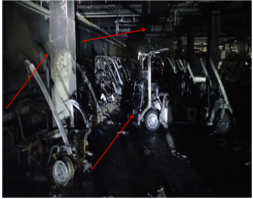

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Date : 2016. 10. 06. 11:10 ○ Location: Chungbuk Jeungpyeong county ○ Casualty : None ○ Property loss : 7,500,000 won ○ Cause : Li-polymer battery explosion (over-charging)
Dron Li-polymer battery Explosive Fire Case[5]	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Date : 2016. 10. 03. 21:43 ○ Location : Chungbuk Jecheon city ○ Casualty : None ○ Property loss : 400,000 won (loss of battery and some flooring) ○ Cause : Lithium-ion battery explosion(over-charging)
Electric bicycle Lithium-ion battery Explosive Fire Case[6]	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Date : 2016. 05. 01. 22:24 ○ Location : Chungbuk chungju city ○ Casualty : None ○ Property loss : 91,623,000 won (35 Golf carts burned, 39 Golf carts partial burned) ○ Cause : Lithium-ion battery explosion (over-charging)
Electric golf carts Lithium-ion battery Explosive Fire Case[7]	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Date : 2013. 07. 29. 01:50 ○ Location : Chungbuk Cheongju city ○ Casualty : 4 people(a minor injury) ○ Property loss : 370,000won ○ Cause : Lithium-ion battery explosion (over-charging)
Remote controller helicopter Lithium-ion battery explosion[8]	

그림 1. 실제 화재 관련 사례들
Fig. 1. Fire investigation cases

표 3. 한국소비자보호원 자료에 근거한 전자 담배 폭발 사고 통계[3]
Table 3. E-cigarette Lithium battery explosion statistics source from Korea Consumer Agency[3]

Sortation	Electronic cigarettes device products explosive
2012 year	4
2013 year	1
2014 year	7
2015 year (January~April)	8
Sum	20

IV. 리튬이온 배터리에 대한 재현실험 및 결과

앞의 3장에서 알 수 있었듯이 리튬이온 배터리는 반드시 보호회로를 장착하고 있어야 한다. 그러나 밀수 등과 같이 비정상적인 방법으로 수입된 일부 배터리의 경우 보호회로가 없거나 불량 보호회로를 사용함으로써 폭발화재의 위험 가능성을 가지게 된다. 본 장에서는 실제 충북에서 화재가 발생했던 RC헬기, 드론, 전자담배 중 리튬이온 배터리에 해당하는 RC헬기와 전자담배를 중심으로 보호회로 유무에 따른 리튬이온 배터리의 안전성을 검증해 보았다. 실험을 위한 준비기자재로는 리튬이온 전지(3.7V 700mAh) 18개, 직류전원장치(0~15V, 0~5A), 디지털 카메라2, 디지털 캠코더2의 장비로 실험을 행하였다. 실험 상황은 보호회로 유무에 따른 리튬이온 배터리 폭발화재 안전성을 실험하는 것으로 리튬배터리가 충전 중 폭발이 일어나는 것은 불량 보호회로를 사용하거나 불량 보호회로가 아예 없는 관계로 배터리가 과 부하 되어 폭발하는 것으로 추정되고 있다. 따라서 실제 화재가 발생했던 사례를 재현해보고 보호회로 유무에 따른 리튬이온배터리의 안전성을 검증하였다.

4.1 보호회로 없는 RC무선헬기 리튬이온 배터리 폭발 재현실험

아래 그림 2에 RC무선헬기 보호회로가 없는 리튬

이온 배터리 폭발 재현실험을 나타내었다. 실험은 15V, 5A의 과 충전을 가했으며 10분 후 폭발이 발생했고, 폭발 발생 후 6분 만에 Lab이 완전 연소가 되었다. 즉, RC무선헬기에 사용되는 리튬이온 배터리는 보호회로가 없을 시 과 충전 상태가 되면 배터리가 폭발함을 알 수 있었다.

4.2 전자담배 리튬이온 배터리 과 충전 실험

본 절에서는 전자 담배 리튬이온 배터리에 대한 폭발 재현실험을 행하고자 한다. 폭발 재현 실험은 보호회로가 없는 경우에 대해 과 충전 상태와 쇼트 상태로 나누어 실험을 행하고자 한다. 아울러 이에 비해 보호회로가 있을 때의 과 충전 상태와 쇼트 상태에 대한 실험을 통해 보호회로 유무에 대한 비교 분석을 행하고자 한다.

4.2.1 보호회로가 없는 리튬이온배터리에 대한 과 충전 시험

위의 그림 3에서 알 수 있듯이 전자 담배의 경우 보호회로가 없을 시 15V, 5A의 경우 8분 후 폭발이 발생하였으며, 11V, 1.5A의 경우 20분 후 폭발이 발생, 5V, 2A의 경우 3시간 후 폭발이 발생하였다. 아울

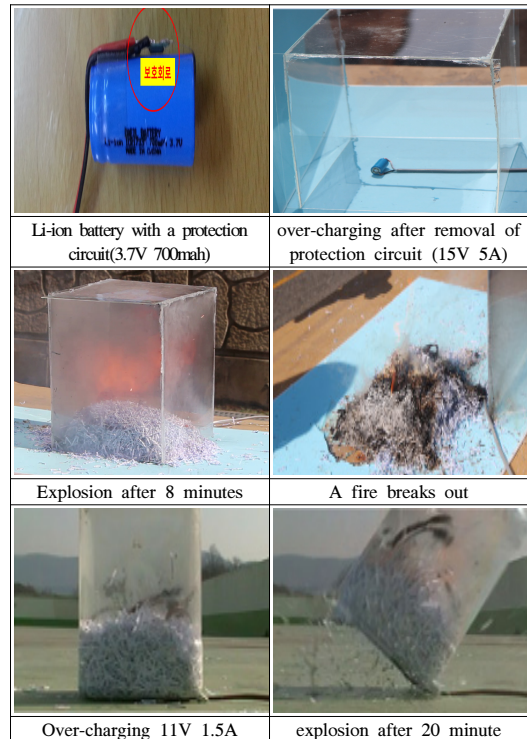


그림 2. RC무선헬기 리튬이온 배터리 폭발 재현실험
Fig. 2. Remote controller helicopter Lithium-ion battery explosion Reproducible experiment



그림 3. 전자 담배 리튬 이온 전지 폭발 재현성 실험 및 리튬 이온 전지 안전성 검증 실험
Fig. 3. E-cigarettes Lithium-ion battery explosion reproducible experiment and Li-ion battery safety verification experiment

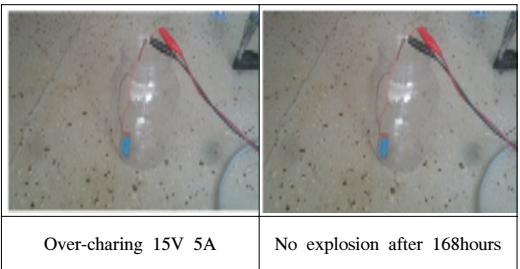


그림 4. 보호회로가 있는 경우에 대한 과 충전 실험
Fig. 4. Li-ion battery with a protection circuit overcharging test

러 USB PORT 5.11V 0.5A의 경우 336 시간 후 자연 발생적으로 폭발이 발생하였다. 즉, 보호회로가 없을 시 과 충전 상태가 되면 바로 폭발이 발생함을 알 수 있었다. 이에 비해 아래 그림 4와 같이 보호회로가 있는 경우에 대한 과 충전 실험 결과는 15V, 5A의 경우 168 시간이 경과해도 폭발이 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

4.2.2 배터리 쇼트 실험

아래 그림 5에 보호회로가 없는 경우에 대한 쇼트 실험에 대해 나타내었다.

위의 그림 5에서 알 수 있듯이 700mah 리튬이온 배터리에 보호회로가 없는 경우 배터리 포장재가 녹아버린 것을 확인할 수 있었다.

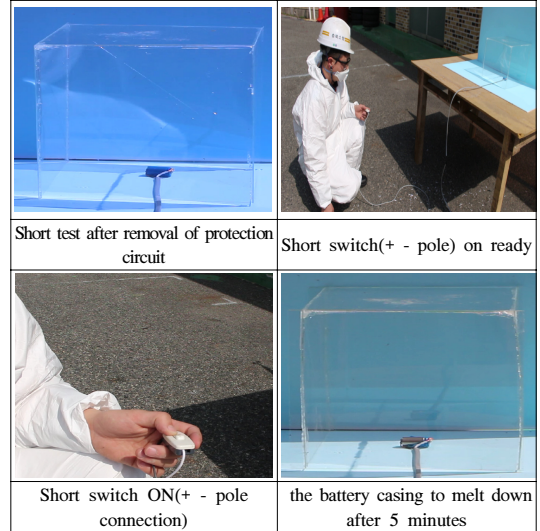


그림 5. 보호회로 없는 경우에 대한 쇼트 실험
Fig. 5. Li-ion battery with a protection circuit overcharging test

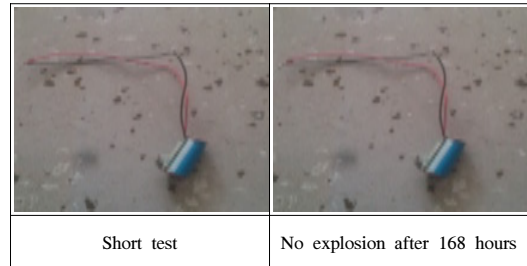


그림 6. 보호회로 있는 경우
Fig. 6. Li-ion battery with a protection circuit short test

이에 비해 700mah 리튬이온 배터리에 보호회로가 있는 경우 위의 그림 6과 같이 168시간이 경과해도 폭발이 발생하지 않았다

V. 리튬폴리머 배터리에 대한 재현실험 및 결과

본 장에서는 드론 등에 사용되는 리튬폴리머 배터리에 대한 재현 실험 및 그 결과에 대해 기술하고자 한다.

5.1 보호회로가 없는 리튬폴리머 배터리에 대한 과 충전 및 쇼트 실험

위의 그림 7에서 알 수 있듯이 보호회로가 없는 리튬폴리머 배터리에 대한 과 충전 및 쇼트 실험은 각각 3분후와 5분후에 폭발이 발생하였다.

VI. 실험 결과에 대한 정리 및 고찰

아래 표 4에 리튬이온 배터리, 그리고 표 5에 리튬 폴리머 배터리에 대한 실험 결과를 종합적으로 요약 정리하여 나타내었다.

표 4. 리튬이온배터리 실험 결과표
Table 4. Li-ion battery experimental results

Battery capacity	protection circuit status	current and voltage supplying	time	outcome	scotation	note
700 mah	none	15V 5A	8minutes	explosion	Overcharging	
	none	11V 1.5A	20minutes	explosion	"	
	none	5V 2A	3hours 58minutes	explosion	"	
	none	5.11V 0.5A	336hours	explosion	"	This is usual case through the computer usb
	being	15V 5A	168hours	no explosion	"	
	being	15V 1A	168hours	no explosion	"	
	being	11V 1A	168hours	no explosion	"	
	none	Itself	5minutes	battery case melt down	Short test	
	none	Itself	5minutes	explosion	"	
	being	Itself	168hours	no explosion	"	
1400 mah	none	15V 5A	12minutes	explosion	Overcharging	
	none	15V 5A	10minutes	explosion	Overcharging	
	being	15V 5A	168hours	no explosion	Overcharging	
	being	Itself	168hours	no explosion	Short test	

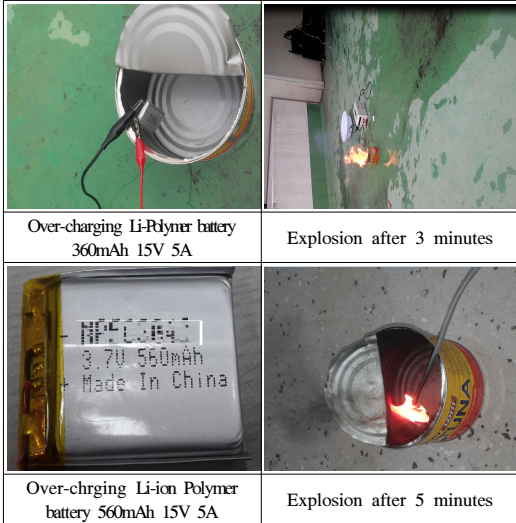


그림 7. 보호회로가 없는 리튬폴리머배터리에 대한 과 충전 및 쇼트 실험
Fig. 7. Li-polymer with a no protection circuit short test

5.2 보호회로가 있는 리튬폴리머 배터리에 대한 과 충전 및 쇼트 실험

아래 그림 8에 보호회로가 있는 리튬폴리머 배터리에 대한 과 충전 및 쇼트 실험 결과를 나타내었다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 보호회로가 있는 경우 168시간이 경과해도 폭발이 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

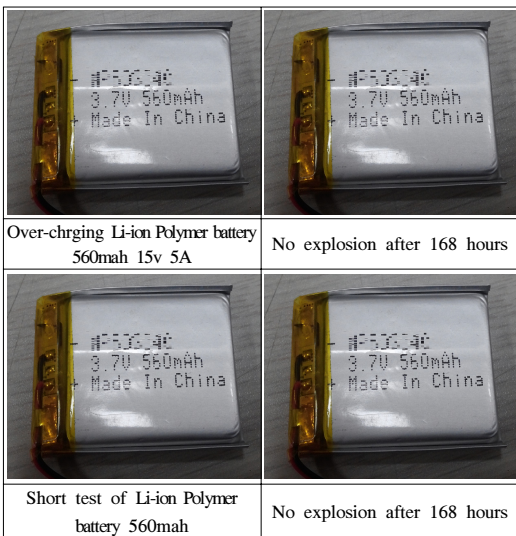


그림 8. 보호회로가 있는 리튬폴리머배터리에 대한 과 충전 및 쇼트 실험
Fig. 8. Li-polymer with a protection circuit over-charging and short test

리튬이온 배터리의 경우 15V, 5A부터 5V, 0.5A까지 다양한 충전전압을 공급하여 과 충전 실험을 진행한 결과, 시간의 차이는 존재했지만 폭발현상이 발생하였다. 특히 지극히 정상적인 충전 상황인 컴퓨터의 USB(5.11V 0.5A)를 이용하여 충전을 실시한 경우도 336시간 경과 후 폭발이 발생하였다. 이에 비해 보호회로가 있는 경우 실험 중 가장 높은 전압 전류 공급 상황인 15V, 5A를 공급하였음에도 168시간이 경과함에도 보호회로가 배터리를 보호하여 어떠한 폭발 관련 이상 징후가 발생하지 않았다. 마찬가지로 쇼트에 대한 실험의 경우 보호회로가 없는 리튬이온 배터리에 쇼트시험 2회 실시한 결과는, 첫 번째는 배터리 포장재가 녹아내리며 폭발징후를 보였으며, 두 번째는 폭발이 발생하였다. 이에 비해 보호회로가 있는 경우 배터리 +-극을 쇼트 후 168시간이 경과 하였지만 보호회로에 의해 이상 과전류의 흐름이 차단됨으로서 어떠한 이상 징후도 발생하지 않았다. 다시 말해 과전압, 과전류이든 쇼트상황이 발생되어도 보호회로만 있다면 배터리에 과부하(overload)를 주는 비정상적 전기적 흐름을 차단함으로써 폭발 발생 가능성이 원천

표 5. 리튬폴리머배터리 실험 결과표
Table 5. Li-polymer battery experiment result

Battery capacity	protection circuit status	current and voltage supplying	time	outcome	sortation	note
360mah	none	15V 5A	3minutes	explosion	Overcharging	
560mah	none	15V 5A	5minutes	explosion	Overcharging	
720mah	none	15V 5A	7minutes	explosion	Overcharging	
560mah	none	11V 1.5A	35minutes	explosion	Overcharging	
560mah	none	5V 2A	168hours	battery case swelled	Overcharging	
560mah	none	Itself	15minutes	battery case swelled	Short test	
600mah	none	5V 2A	168hours	battery case swelled	Overcharging	
560mah	being	15V 5A	168hours	no explosion	Overcharging	
560mah	being	Itself	168hours	no explosion	Short test	
600mah	being	15V 5A	168hours	no explosion	Overcharging	
600mah	being	Itself	168hours	no explosion	Short test	

적으로 차단됨을 확인할 수 있었다.

리튬폴리머 배터리에 대해 보호회로가 없거나 불량인 상황을 가정하여 보호회로를 제거한 후 15V 5A부터 5V 2A까지 다양한 충전 전압을 공급하는 과 충전 실험을 진행한 결과 15V 5A ~ 11V 1.5A의 과 충전 전압의 경우 폭발화재가 발생하였다. 그러나 LTE스마트폰을 충전하는 전압인 5V 2A에서는 배터리가 부풀어 오르는 스웰링(가스가 차는 모습) 현상은 발생하였으나 폭발까지 이어지지는 않았다. 이에 비해 쇼트실험의 경우 배터리가 부풀어 오르는 스웰링 현상이 발생하였다. 일반적으로 리튬폴리머 배터리의 경우 전해액이 고체로서 전해질이 액체인 리튬이온 배터리보다 폭발화재 발생 가능성이 적다고 알려져 있다. 그러나 실험을 수행 해 본 결과 11V이상의 충전전압의 경우 리튬이온 배터리나 리튬 폴리머 배터리나 동일하게 폭발화재가 발생하였다. 이에 비해 5V 2A이하의 충전전압의 경우 리튬이온 배터리의 경우 시간의 차이는 있었지만 폭발 현상이 발생하였으며, 리튬폴리머 배터리의 경우 168시간이 경과한 시점까지 배터리가 부풀어 오르는 스웰링 현상은 발생하였으나 폭발은 발생하지 않아 리튬이온전지에 비하여 상대적으로 안전한 것으로 나타났다. 그러나 여기서 주목해야 할 점은 리튬폴리머 배터리가 부풀어 오르는 스웰링 현상 즉, 가스가 차서 부풀어 오르는 현상 역시 안전한 것은 아니며 언제라도 폭발할 수 있는 개연성이 여전히 존재함을 확인 할 수 있었다.

VII. 리튬이온 및 리튬 폴리머 배터리에 대한 폭발화재 화재감식 착안 사안

폭발 화재 현장 감식 시 화재감식 시 리튬이온 및 리튬폴리머 배터리의 경우 폭발 후 잔해물이 폭발로 인해 산산조각 나고 파괴되어 보호회로 장착 유무를 확인하기란 매우 난해한 작업이다. 따라서 리튬이온 및 리튬 폴리머 배터리를 부품으로 사용하는 제품 설명서에서 전기용품안전인증을 받은 제품인지 그리고 상기제품을 충전하는 직류전원공급장치(충전기)가 전기용품안전인증을 받은 제품인지를 확인해야만 한다. 만일 제품설명서상 전기용품 안전인증 사항이 기술되어 있지 않다면 이러한 리튬이온 및 리튬폴리머 배터리를 사용하는 제품은 배터리의 안전성이 국가에 의해 검증되지 않은 제품일 가능성이 있으며 따라서 이러한 제품의 보호회로의 성능은 신뢰 할 수 없다.

아울러 전기용품안전인증 사항을 확인하기 위해서는 제품 설명서나 리튬이온 및 리튬폴리머 전지의 제품 설명서나 상기제품에 전기용품안전인증인 KC마크와 인증번호가 기술되어있다. 이 인증번호를 국가기술 표준원 사이트에서 검색해보면 제대로 인증을 받은 제품인지 아닌지에 대한 여부를 확인할 수 있다. 그러나 리튬이온 및 리튬 폴리머 배터리와 직류전원공급장치가 각각 전기용품안전인증 받았다 할지라도 각 리튬이온 및 폴리머 배터리는 충전 권장 전압 전류 사항이 제품별로 다르다. 일반적으로 리튬이온 및 리튬 폴리머 배터리를 사용하는 제품은 5V 1A로 충전을 하는데 비해 최근 LTE스마트폰의 경우 쾌속충전을 위하여 5V 2A의 직류전원 공급장치(충전기)를 패키지로 하여 판매한다. 상기 충전기는 기존의 5V 1A 충전기의 포트와도 호환이 되기 때문에 사용자의 부주의로 5V 1A충전기로 충전해야 함에도 5V 2A충전기로 충전 할 수 있으며 이러한 경우 리튬이온 및 폴리머 배터리에 과부하가 발생하여 폭발화재의 원인이 될 수 있으며, 고의로 배터리 외부충격을 준 것은 아닌지 여부 및 여름 고열의 자동차에 리튬배터리를 방치한건 아닌지에 대한 여부 더 나아가 사용자의 사용자 부주의 사항까지도 폭발 화재 원인 조사 시 조사가 행해야 할 것으로 여겨진다.

VIII. 결 론

그 간 본 연구진의 지속적 문제 제기로 2016년 4월부터 400Wh/L이하의 리튬이온 및 리튬폴리머 배터리

도 용량에 관계없이 이 전기용품 강제인증 받도록 법령이 개정되었다. 그러나 2016년 4월 이전에 생산된 400Wh/L이하 리튬이온 및 리튬 폴리머 배터리 사용 제품의 경우 안전성을 검증받지 않고 판매 되고 있어 이에 대한 관계당국의 관리가 필요한 시점으로 여겨진다. 또한 밀수 등 비정상적인 방법으로 수입되는 일부 제품의 경우 전기용품안전인증을 받지 않음으로서 리튬이온 및 리튬폴리머 배터리의 안전성을 검증받지 않은 상태에서 판매됨으로서 폭발화재의 원인이 되고 있다. 본 논문에서 행한 화재재현 실험을 통해 알 수 있듯이, 보호회로가 없거나 불량인 리튬이온 및 리튬 폴리머 배터리를 사용하는 제품의 경우 폭발에 의한 부상과 화재발생 위험성이 상존하고 있다는 실정이다. 따라서 밀수 등 비정상적인 경로로 수입된 리튬이온 및 리튬 폴리머 배터리를 사용하는 제품의 경우 화재 발생 위험성이 증명 되었으므로 대국민 홍보를 강화하고 인터넷 구매대행과 코인 경품기 등 비정상적인 수입 및 판매절차에 대한 관계안전기준 법제화 등으로 국민들이 불량 리튬이온 및 리튬폴리머 배터리로 인한 위험에서 적극 보호해야할 각 중 규제와 방법 등이 당국의 관련 기관에서 강력하게 마련되어야 하리라 사료된다.

References

[1] Yonhap news, *Electronic cigarette explosion defective protection circuit*, 22th, April, 2015
 [2] Korea Agency of Technology and Standards Notification, *Korea electric appliance safety standards K62133*, Since Apr. 2016.
 [3] Korea Consumer Agency, *Electronic cigarette safety condition survey*, Jun. 2015.
 [4] Yeongdong Fire Station Paper of fire investigation case announcement rally in 2015, *A study on the risk of explosion fire by electronic cigarette*, 2016.
 [5] Jeungpyoung Fire Station Fire site investigation, *Drone Li-Polymer battery explosive fire in 2016*, 2016.
 [6] Jecheon Fire Station Fire site investigation, *Electronic bicycle Li-ion battery explosive fire in 2016*, 2016.
 [7] Chungju Fire Station Fire site investigation, *Golf cart Li-ion battery explosive fire in 2016*, 2016.

[8] Cheongju West Fire Station Fire site investigation *Radio control helicopter Li-ion battery explosive fire in 2016*, 2016.
 [9] Skgh1003, *Types and Functions of Lithium Battery Protection Circuit*, Retrived Dec., 11, 2013 from <http://m.blog.naver.com/skgh1003/0201048324>

이 범 주 (Bum Joo Lee)



2006년 8월 : 충북대학교 컴퓨터공학 학사
 2016년 2월~현재 : 충북대학교 컴퓨터과학과 석박사 통합과정
 2009년~현재 : 영동소방서 화재조사관
 1996년~현재 : 화재감식평가기사 외 17개 자격증 취득

2016년 6월 : 한국통신학회 우수논문상
 <관심분야> 음성분석, 빅데이터, 국가재난 시스템구축

최 경 주 (Kyung Joo Choi)



1996년 2월 : 충북대학교 컴퓨터과학 학사
 1999년 2월 : 연세대학교 대학원 컴퓨터과학과 석사
 2002년 8월 : 연세대학교 대학원 컴퓨터과학·산업시스템공학과 박사

2002년~2005년 : LG CNS 연구개발센터
 2005년~현재 충북대학교 소프트웨어학과 교수
 <관심분야> 전자회로 설계, 신호처리, 딥러닝, 뇌정보처리 등

이 상 호 (Sang Ho Lee)



1976년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과 졸업
 1981년 2월 : 숭실대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학석사)
 1989년 2월 : 숭실대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학박사)

1990년 9월~1991년 8월 : 캐나다 UBC 전자계산학과 방문 교수

1981년 3월~현재 : 충북대학교 전자정보대학 소프트웨어학과 교수

<관심분야> 임베디드 시스템 설계, 컴퓨터 네트워크, 정보보안, 시뮬레이션

정 연 만 (Yeon Man Jeong)



1983년 2월 : 숭실대학교 전자공학
 1985년 2월 : 숭실대학교 전자공학 석사
 1991년 8월 : 숭실대학교 전자공학 박사
 1993년~현재 : 강릉원주대학교 정교수

<관심분야> 음성신호처리, 통신신호처리, 무선통신 시스템, RF IC 설계

박 영 (Young Park)



(현) 충북도립대학교 교수
 2014년 : 충북도립대학교 산학협력단장
 (현) 충북도립대학교 교학처장
 (현) 한국통신학회 충북지부 부회장
 (현) 한국통신학회 이사

<관심분야> 신호처리, 회로 및 시스템

조 동 욱 (Dong Uk Cho)



1983년 2월 : 한양대학교 전자공학 학사
 1985년 8월 : 한양대학교 전자공학 석사
 1989년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 박사
 1989년 3월~1990년 2월 : 한양대학교 박사후과정 연구원

1989년 9월~1991년 2월 : 동양미래대학교 통신공학과 교수

1991년 3월~2000년 2월 : 서원대학교 정보통신공학과 교수

1999년 : 미국 Oregon State University 교환교수

2000년 3월~현재 : 충북도립대학교 교수

2007년 9월 : 대통령 표창

2008년 12월 : 한국정보처리학회 학술대상

2009년 11월 : 한국산학기술학회 학술대상

2010년 1월~2012년 1월 : 충북도립대학교 기획협력처장

2011년 8월 : 교육과학기술부 장관 표창

2012년 11월 : 한국통신학회 LG 학술대상

(현) 충북도립대학교 산학협력단장

<관심분야> 음성 분석, 신호처리