

リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の普及に
対応した火災予防対策等検討委員会報告書
(概 要 版)

平成 23 年 3 月

東京消防庁 予防部

1 検討の目的等

リチウムイオン電池は鉛蓄電池等に比べ小規模でも大容量の電力を貯えられるので、今後、リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の普及が見込まれる。

一方、リチウムイオン電池はエネルギー密度が高く、電解液に危険物を使用している等の理由により、何らかの不具合が発生した場合、火災等の災害の直接的な原因となることが危惧される。

このため、リチウムイオン電池に対する知見を集積し、火災予防上の措置を構築することを目的に東京消防庁予防部内に予防技術検討委員会、その専門部会として、学識経験者、消防行政関係者、電池関係団体、消火設備関係団体等で構成する「リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の普及に対応した火災予防対策等検討部会」を設置し、検討を実施した。

2 検討項目及び検討フロー等

(1) 検討項目

検討項目は、次に示すものとする。

- ア リチウムイオン電池の特性及び付帯する関係法令等に関する整理
- イ リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備のハザード抽出
- ウ 抽出されたハザードに対する火災予防上の措置の検討
- エ リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備に必要な構造・機能等の整理

(2) 検討フロー及びスケジュール

予防技術検討委員会を3回、専門部会を5回開催し、検討を実施した。

第1回予防技術検討委員会(平成22年3月16日)

- ・専門部会を設立し、専門部会でリチウムイオン電池を用いた蓄電池設備に必要な構造・機能等について検討する旨の付議がなされた。

第1回専門部会(平成22年3月18日)

第2回専門部会(平成22年6月4日)

- ・充放電原理、特徴、利用用途、流通状況等の調査
- ・規制、規格の調査 等

第2回予防技術検討委員会(平成22年6月11日)

- ・リチウムイオン電池の構造・特性等の整理
- ・規制・規格等の整理
- ・ハザードの抽出

第3回専門部会(平成22年9月29日)

第4回専門部会(平成23年1月28日)

第5回専門部会(平成23年3月22日～28日)

(書面審議)

- ・ハザードに対する安全対策の検討
- ・適用する消火設備の検討、実験 等

第3回予防技術検討委員会(平成23年3月30日)

- ・リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備に必要な安全措置等の策定
- ・適用する消火設備の確認

3 検討実施体制

予防技術検討委員会及び専門部会の構成員は次のとおりである。(順不同。敬称略)

予防技術検討委員会構成員

委員長	予防部長
副委員長	参事(予防課長)
委員	危険物課長
	査察課長
	調査課長
	防火管理課長
	副参事(予防技術担当)
事務局	予防課予防係

リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の普及に対応した 火災予防対策等検討部会構成員

部会長	田村 昌三(東京大学名誉教授)
副部会長	佐藤 祐一(神奈川大学名誉教授)
	参事(予防課長)
部会員	竹村 好史(総務省消防庁予防課国際規格対策官(併)課長補佐)
	野上 光造(社団法人電池工業会 LIB 安全性技術担当部長)
	寺田 正幸(社団法人電池工業会主査)
	阿部 英俊(社団法人電池工業会主査)
	二ノ宮 一喜(社団法人電池工業会担当部長)
	宮代 一(財団法人電力中央研究所上席研究員)
	佐々木 元得(社団法人日本消火装置工業会技術委員長)
	小林 健(前任者)
	高橋 昌志(財団法人日本自動車研究所研究員)
	副参事(予防技術担当)
	警防課消防係長
	予防課消防設備係長
	危険物課製造所規制係長
	査察課査察技術係長
調査課調査技術担当係長	
危険物質検証課危険物質検証係長	
事務局	予防課火気電気係

4 リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の火災予防上の措置

検討部会の検討結果に基づき、予防技術検討委員会でとりまとめたリチウムイオン電池を用いた蓄電池設備に必要な火災予防上の措置は次のとおりであり、当該措置は火災予防条例において基準化を図る等、具体的な行政施策に反映させるとともに、総務省消防庁に必要な提言を行う方針とした。

(1) 位置、構造、管理に関する規制について

ア リチウムイオン電池は、過充電等による電池の内部温度の上昇により、発火、破裂する可能性があることから、火災の発生を防止するため、次の措置を行う。

- ① 過充電等を防止するための適正な安全装置を設けること。
- ② 前①の安全装置は適正な維持管理を行うこと。

イ リチウムイオン電池は異常時に可燃性ガスを発することや、外部火災等の加熱により発火する恐れがある。このことから、次の安全対策を講じる。

- ①リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の周囲では火気を使用しない。
- ②リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備は、高温環境下には設置しない。

(2) 規制単位について

エネルギーを貯蔵する蓄電池設備の潜在的リスクは電気容量（kWh）の大きさに依存することから、蓄電池設備の規制は、潜在的リスクを適正に評価できる単位系である kWh とする必要がある。

当該事項は、条例制定基準となる「対象火気設備等の位置、構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する条例の制定に関する基準を定める省令（平成14年3月6日総務省令第24号）」に定める事項となっていることから、本事案の重要性に鑑み、総務省消防庁に対して規制単位の見直しに関して提言を行う。

〔 リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の普及に対応した火災予防対策等
検討部会報告概要 〕

1 リチウムイオン電池について

(1) リチウムイオン電池とは

リチウムイオン電池は、リチウムイオンが電解液を介して正極、負極間を移動し、充放電を行う二次電池(充電して再利用できる電池)である。

一次電池(充電できない電池)であるリチウム電池と異なり、リチウムは電池内で通常イオンの状態であり、反応性が高い金属状態のリチウムは使用していないが、電解液に危険物第4類第2石油類を使用している。

リチウムイオン電池の種類

- ・ 円筒形リチウムイオン電池



- ・ 角形リチウムイオン電池



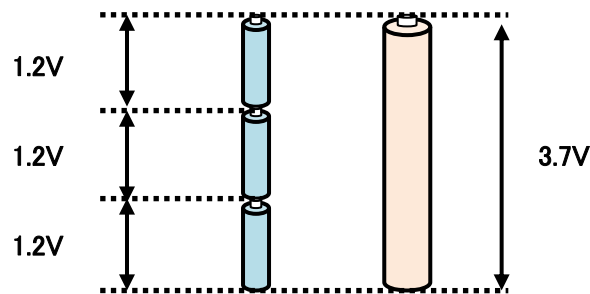
- ・ ラミネート形リチウムイオン電池

*写真：社団法人電池工業会より提供

(2) リチウムイオン電池の特徴

- ・ 動作電圧が高い

ニッケル・カドミウム電池やニッケル水素電池の約 3 倍(約 3.7V)の電圧であることから、電池の使用本数を少なくして、機器の小型・軽量化が図れる。

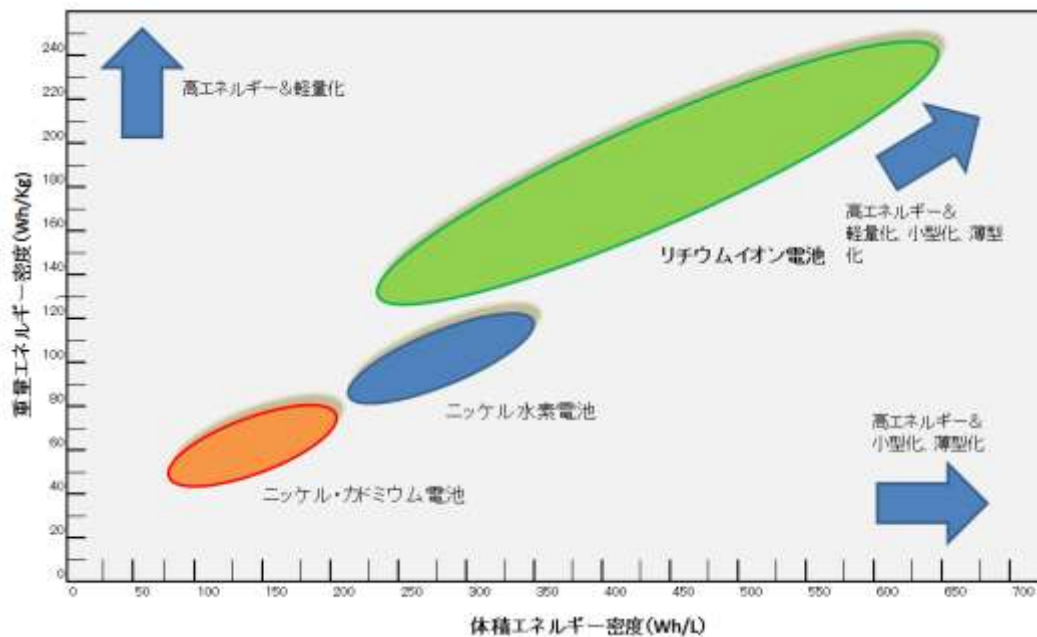


ニッケル水素電池

リチウムイオン電池

- ・ エネルギー密度が高い

エネルギー密度が高いため、ニッケル・カドミウム電池やニッケル水素電池に対して、体積で約 20~40%、重量で約 50%の小型・軽量化が可能であり、ポータブル機器に適した電池である。



2 リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備に係る規制・規格

リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備は、リチウムイオン電池に係る規制・規格、蓄電池設備に係る規制・規格双方の適用を受けることから、危険物関係法令による電池製造工場の規制、電池を製造する際の規制、電池を輸送する際の規制、蓄電池設備としての位置・構造・管理・技術に関する規制、付帯する消防設備の規制等、設備のライフサイクルに応じ様々な規制を受けている。

電気関係法令では、リチウムイオン電池単体の製品安全を確保するため電気用品安全法等の法規制がなされているが、蓄電池設備としての規制は、異常時に電路から遮断する措置を講じなければならない等、系統を保護することに主眼がおかれている。

各ライフサイクルで適用を受ける主な法令・基準

法令・基準	製造(工場)	輸送	設置	保守
電気事業法(8000kWh 以上のみ) (工事計画届)			→	
電技省令*1 (電気設備の技術基準)			→	
電安法*2(400Wh/L 以上)関係 (電池の製造基準)	→			
UN 勧告 (電池の輸送に関する基準)	→	→		
危政令*3・危規則*4 関係 (製造工場、運搬容器の規制)	→	→		
消防関係法令 (消火設備の規制)			→	→
火災予防条例 (蓄電池設備の規制)			→	→

* 1: 電気設備に関する技術基準を定める省令

* 2: 電気用品安全法

* 3: 危険物の規制に関する政令

* 4: 危険物の規制に関する規則

3 リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の火災予防上の措置について

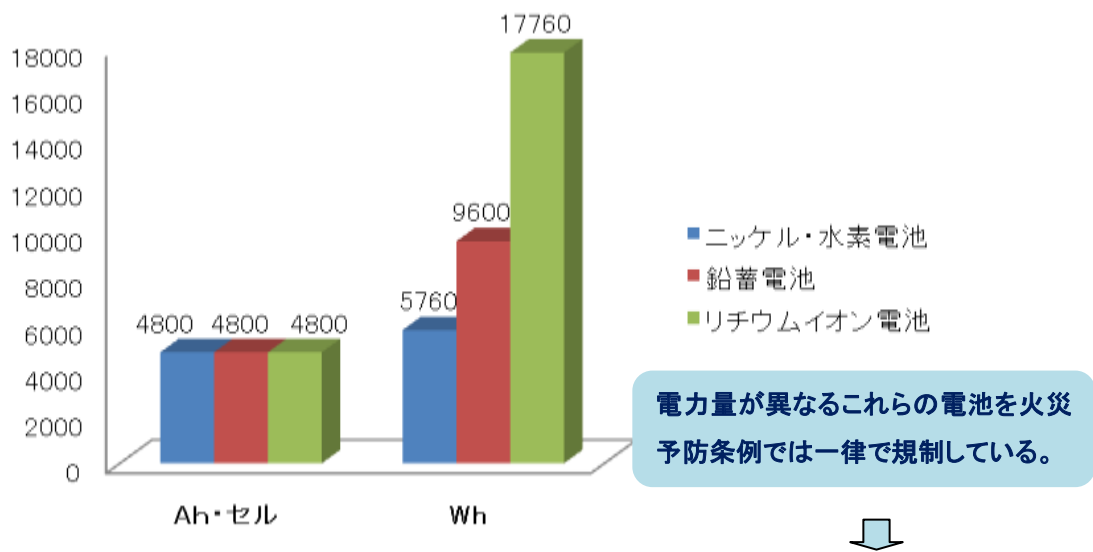
(1) 火災予防条例の検証

蓄電池設備は、消防法上「その使用に際し、火災の発生のおそれのある設備」に位置づけられ、消防法第9条により、火災予防条例にその規制を委託され、条例制定基準である対象火気設備等の位置、構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する条例の制定に関する基準を定める省令により、定格容量と電槽数の積の合計が4800アンペアアワー・セル以上の蓄電池設備を規制の対象としている。

火災予防条例による蓄電池設備の規制は、昭和37年の条例制定当時、実用化していた鉛蓄電池を規制することを主眼に制定されたが、その後、鉛蓄電池と公称電圧の異なる蓄電池が実用化されたにも関わらず、条例制定基準等は改正されず現在に至っている。

従って、東京都火災予防条例等、各自治体で定める火災予防条例では、蓄電池の公称電圧の違いが考慮されていない。

火災予防条例による蓄電池設備の規制の現状



種別	アンペアアワー・セル	公称電圧(V)	電力量(Wh)
ニッケル・水素電池	4800	×1.2=	5760
鉛蓄電池	4800	×2=	9600
リチウムイオン電池	4800	×3.7=	17760

一方、電力平準化や再生可能エネルギーで発電した電力を貯蔵するため、リチウムイオン電池を始め、様々な形態の蓄電技術の開発が進んでいるが、これらの技術を用いた蓄電池設備の大きさは電力容量 (kWh) (出力 (kW) × 放電時間 (h)) で表すことが一般的である。

また、経済産業省原子力安全・保安院は、電力貯蔵装置の規制の在り方について (平成 20 年 2 月) において、「電力貯蔵装置は、エネルギーを貯蔵するものであるため、潜在的リスクは容量 kWh の大きさに依存すると考えられる。そのため、被害・供給支障の大きさの指標としては、容量 kWh の指標が適切である。また、エネルギーの貯蔵による設備全体の潜在的リスクを示すという点で、単セルやモジュール単体の容量よりも、総容量 (電力貯蔵装置が有している最大の容量) という指標が適切である。」との見解を示しており、これに基づき電気事業法関係法令では、電力貯蔵装置 (蓄電池設備) の規制において kWh の単位系を用いている。

エネルギーを貯蔵する電力貯蔵装置 (蓄電池設備) の潜在的リスクは総容量 kWh の大きさに依存するという経済産業省原子力安全・保安院の見解との整合を図り、また、総容量 (kWh) が異なり、潜在的リスクが異なる蓄電池設備を 4800 アンペアアワー・セルで一律で規制している現状を見直すため、蓄電池設備の規制単位は電力容量 kWh の指標に変更すべきであると考えられる。

(2) リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備固有のハザードに対する安全措置の検討

ア 設備の制御について

リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備固有のハザードのうち、現行の法令・規格等で対応できていないハザードとして、不適正な制御に伴う事故があげられる。

制御が適正に行われず、電池が電気用品安全法関係法令等で定める試験条件を超える過酷な条件下に置かれた場合 (例えば過充電が行われた場合など) は、発火、破裂する恐れもある。

従って、リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備においては、電池を適正に制御することが極めて重要であるが、制御装置 (以下、BMS (Battery Management System) という。) に係る法令・規格が整備されていないことから、BMS の規定化及び客観的安全性評価手法等を確立することが必要である。

リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の火災予防上必要な措置のイメージ

リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備には、設備を適正に制御する装置を設ける。

民間規格・認証制度等におけるリチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の性能を客観的に評価する基準、認証制度を確立の必要性

過充電により発煙(発火)に至るプロセスの例

過充電



Li量減少により正極活物質の電位が電解液の分解電位を超えて上昇するため、電解液では酸化分解(発熱反応)が発生し電池温度が上昇する。



電解液と負極が反応する。(発熱反応)



電解液が熱分解する。



正極活物質の酸素遊離を伴う熱分解が発生する。



正極活物質から遊離した酸素による電解液の酸化が発生。(内部燃焼)



発煙・発火

ハザードに対処する法規制・規格の状況

	設 置		運 用		点 検・保 守	
	ハザード	法規制・規格	ハザード	法規制・規格	ハザード	法規制・規格
セ ル	内短(故障・不良)	電安法、UN	内短(故障・不良)	電安法、UN	外短(作業ミス)	電安法、UN
	外短(作業ミス)	電安法、UN	外短(回路故障)	電安法、UN	落下	—
	落下	—	過充(回路故障)	電安法、UN、規程		
			過放(回路故障)	電安法、UN、規程		
			外部加熱(火災)	—		
			浸水	—		
モジュール	外短(作業ミス)	電安法、UN	外短(回路故障)	電安法、UN	外短(作業ミス)	電安法
	落下	電安法	過充(回路故障)	電安法、UN	落下	電安法
			過放(回路故障)	—		
			外部加熱(火災)	—		
			浸水	—		
蓄電池設備	外短(作業ミス)	—	外短(回路故障) (使用者の過失) (雨水・粉じん)	—	外短(作業ミス)	—
	落下	—	過充(セルバランス) (回路故障)	—	落下	—
			過放(セルバランス) (回路故障)	—		
			外部加熱(火災)	条例		
			浸水	条例、規程		

凡例

内短： 内部短絡	— : 法規制・規格なし
外短： 外部短絡	UN: UN勧告
過充： 過充電	条例: 火災予防条例
過放： 過放電	規程: 電力貯蔵用電池規程
電安法: 電気用品安全法関係法令	

イ 設置環境について

外部加熱等に対する安全対策はセル・モジュールの段階で施されていないことから、水、湿気等に対する措置を施すとともに火を使用する設備等の高温となるものとの間に有効な空間を保持する等、外部加熱対策を講じる必要がある。

また、以下のケミカルハザードに関する考察に示すとおり、異常時に発生するガスが、可燃性のガス及び人体に有害なガスであるため、リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の周囲には、火を使用する設備等との間に有効な空間を保持すること及び異常時に備え、部屋の換気を十分に行っておく必要がある。

ケミカルハザードに関する考察

・電池構成材料に関する検討

電力貯蔵用リチウムイオン二次電池の安全性評価（報告書）（第 41 回日本電気技術規格委員会審議資料より）では、電池を構成する各材料についての評価を実施し、単電池として通常取り扱うことについては特に有害性がないとしている。

・異常時に発生するガスについて

18650 型リチウムイオン電池 1 本から発生するガスの種類及び当該ガス量を 1kWh 当りに換算したガス量等は下表のとおりである。

異常時に発生するガスの分析値

ガス種類	物質名	電池発煙時 ガス発生量 (cc)	1kWh 当たり ガス発生量 (L)	設置室内の ガス濃度(vol%) (空間容積 50m ³)	参考: 急性毒性値* (vol%)
H ₂	水素	82.5	31.7	0.063	4.1
CO ₂	二酸化炭素	1267.5	489.3	0.98	4.0
CO	一酸化炭素	127.5	49.0	0.098	0.05
CH ₄	メタン	18	6.9	0.014	5.0
HF	フッ化水素	0.3	0.06	0.00012	0.003

* 急性毒性値：物質の経口または経皮からの単回投与、あるいは 24 時間以内に与えられる複数回投与ないしは 4 時間の吸入暴露によっておこる有害な影響が想定される濃度をいう。

リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の設置が想定される部屋の最小の容積を 50 m³（幅:5m×奥行:5m×高さ:2m）と仮定した場合、設置室内のガス濃度は一酸化炭素を除いて急性毒性値よりも低くなる。

また、H₂の爆発範囲の濃度は 4～75vol%、CH₄の爆発範囲の濃度は 5～15vol%であり、発生するガスは爆発下限値以下であることから、爆発危険は少ないと考えられる。

一酸化炭素濃度は、急性毒性値（4 時間の吸入暴露によっておこる有害な影響が想定される濃度をいう。）を超えているが、0.1vol%未満であることから、一酸化炭素の影響は軽度の作用であり避難に必要な時間は確保できるものと考えられる。

ただし、本考察は 18650 型リチウムイオン電池 1 本から発生するガスの種類及び発生量を 1kWh 当たりで換算したガス量に対するものであり、異常を起こしたリチウムイオン電池の種類、容量、空間容積及び換気設備の有無等によっては、ガス濃度の増減により火災や人体に対する危険性が変化することが懸念される。

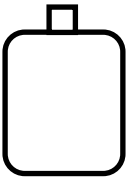
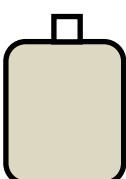
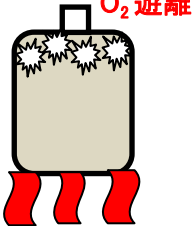
4 リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備に適用する消火設備について

(1) リチウムイオン電池の燃焼特性について

ア 正極材料について

リチウムイオン電池に使用される正極材料は、コバルト酸リチウム、ニッケル酸リチウム等の酸化物が使用されている。これらは酸化物であるため、何らかの原因で電池内部の温度が上昇し熱分解に至るような場合、正極材料から酸素が遊離する。

代表的な正極材料とその酸素遊離反応

電池種別	充電前	充電後	熱分解時
			
コバルト系正極材料	LiCoO_2	$\text{Li}_{0.4}\text{CoO}_2$	$0.4\text{LiCoO}_2 + 0.2\text{Co}_3\text{O}_4 + 0.2\text{O}_2$
ニッケル系正極材料	LiNiO_2	$\text{Li}_{0.2}\text{NiO}_2$	$0.2\text{LiNiO}_2 + 0.8\text{NiO} + 0.4\text{O}_2$

イ 電解液について

リチウムイオン電池の電解液は引火性有機溶媒を使用している。

電解液の成分例

成分名
エチレンカーボネート (EC)
ジメチルカーボネート (DMC)
ジエチルカーボネート (DEC)
プロピレンカーボネート (PC)
エチルメチルカーボネート (EMC)

(2) 消火設備の有効性について

蓄電池設備が設置される部分（電気室等）には、消防法令上、感電危険等の 2 次災害を考慮した消火設備の設置が求められることがあり、加えて放出後に残滓がない等のメリットを有している等の理由から、主に「不活性ガス消火設備」と「ハロゲン化物消火設備」の 2 つのガス系消火設備が設置されている状況にある。

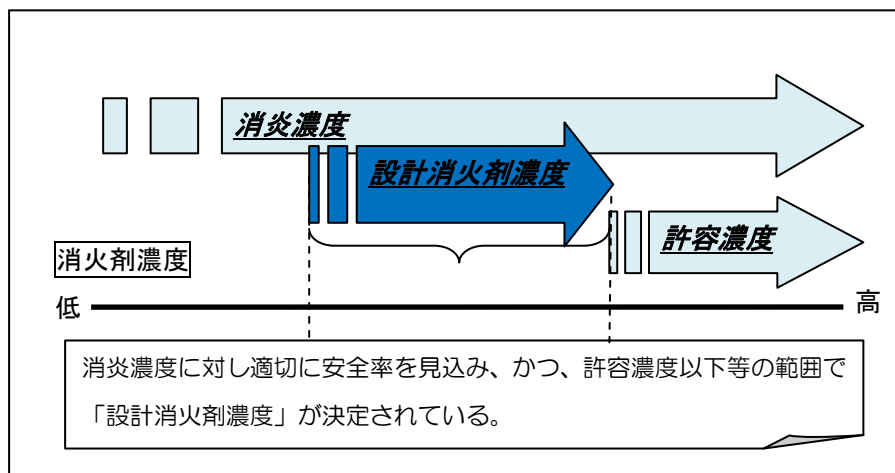
これらの消火設備について、燃焼特性の考察から抽出された項目に対する消火設備の有効性について確認した。

ア 「不活性ガス消火設備」「ハロゲン化物消火設備」の概略について

「不活性ガス消火設備」の消火原理は、空気中の酸素濃度を希釈することによる窒息効果と冷却効果によるもので、「ハロゲン化物消火設備」の消火原理は、燃焼連鎖反応の抑制を主としたものであると考えられている。

また、それぞれの消火薬剤の消火性能に関しては、「ハロン代替物質の消火性能評価に関する研究委員会報告書」（自治省消防庁消防研究所）（平成 7 年）によると、可燃物量等によるものではなく、特殊な指定可燃物や危険物を除く一般的な可燃物の評価用である n-ヘプタンを燃料としたカップバーナー装置で測定された消炎濃度で評価が実施されており、それぞれ算出された消炎濃度に適切な安全率を見込んだ濃度（以下「設計消火剤濃度」という。）以上で、かつ、生体に対する影響の観点から許容できる濃度（以下「許容濃度」という。）以下となるような範囲で消火原理に応じて、消防法令上の基準化がなされている。

設計消火剤濃度のイメージ図



n-ヘプタンに対する各消火剤の消炎濃度と設計消火剤濃度

消火設備の種別	消火剤名	消炎濃度 (vol%)	設計消火剤濃度 (vol%) 注2)
不活性ガス 消火設備	二酸化炭素	22.0	33.6
	窒素ガス	33.6	40.3
	IG-541	35.3	37.6
	IG-55	34.4	37.9
ハロゲン化物 消火設備	ハロン 1301	3.4	5.0
	HFC-23	12.4	16.1
	HFC-227ea	6.4	7.0
	FK-5-1-12	4.8	5.8

イ 「正極材料からの酸素の遊離反応」に対する有効性について

正極材料から酸素の遊離反応が生じる熱分解時の電池内部温度は、電解液の自然発火温度に達しており、正極材料の熱分解時には電解液も同時に燃焼している。

また、電解液の燃焼に必要な酸素量は正極材料から遊離した酸素量以上となり、遊離した酸素は電池内で完全に消費されるので、一般的なリチウムイオン電池において、正極材料の熱分解により遊離した酸素が電池外部へ放出されることはほとんど考えられない。

しかし、万が一電池外部に酸素の放出があった場合、「不活性ガス消火設備」は酸素濃度の希釈による窒息消火を主眼とした消火設備のため、酸素の放出はその有効性に大きく影響を及ぼすおそれがあることから検証を行った。

検証の結果、上記のように「不活性ガス消火設備」は、適切に安全率を見込んだ形で基準化されており、また、仮に酸素が放出された場合においても下表に示すように相当量の酸素の放出がなければ、消火性能に影響を及ぼすことはないことが確認された。

以上から、正極材料から酸素が遊離する特性に対して窒息消火を主眼とした「不活性ガス消火設備」への影響はないと考えられる。

不活性ガス消火設備(二酸化炭素・窒素)の酸素投入限界量

消火剤名	二酸化炭素	窒素
酸素投入限界量 (L) (1 m ³ の単位空間当たり)	28.7	16.2
600 m ³ の酸素投入限界量 (L) 注)	17220	9720

注) 消防法施行令第 13 条では、「電気設備が設置されている部分で、床面積が 200 m²以上のもの」とされていることから、天井高 3m とし 600 m³の空間を想定した。

ウ 引火性有機溶媒の使用に対する有効性について

前述のとおり、電解液に使用される引火性有機溶媒は燃焼時の特性として考慮する必要があることから、それに対する「不活性ガス消火設備」「ハロゲン化物消火設備」の有効性について確認を行った。

その方法として、「不活性ガス消火設備」「ハロゲン化物消火設備」は前述のとおり、可燃物量等によるものではなく n-ヘプタンに対する消炎濃度を参考に基準化がなされているため、「ガス系消火設備等に係る取扱いについて (通知)」(平成 7 年 5 月 10 日付け消防予第 89 号) 別添え 3 の考え方に準拠し、一般的なリチウムイオン電池に使用される電解液 (EC : DEC : DMC=1 : 1 : 1) に対する代表的な消火薬剤である「窒素」の消炎濃度をカップバーナー法により測

定した。

消炎濃度の測定結果は以下の通りで、n-ヘプタンよりも低い消炎濃度となり、併せて実施した実験室において電解液を燃焼させて行った消火実験においても有効性が認められた。以上のことから、法令通りに設置された窒素を消火薬剤とした消火設備の有効性について確認することができた。

電解液に対する窒素ガスの消炎濃度とn-ヘプタンに対する消炎濃度の比較表

回数	電解液 注) に対する消炎濃度 (vol%)	n-ヘプタンに対する消炎濃度 (vol%)
1	32.7	—
2	33.2	—
3	32.8	—
平均値	32.9	33.6

注) 使用した電解液は、EC : DEC : DMC = 1 : 1 : 1

(3) 消火実験の実施

以上のように、リチウムイオン電池の燃焼特性に対して、消防法令で設置が義務付けられる「不活性ガス消火設備」「ハロゲン化物消火設備」の有効性については理論上の確認はできたが、実際にリチウムイオン電池を使用した消火実験等を実施し、これら前述の考察の確認をすることとした。

実験では、充電状態の 18650 タイプ (寸法 : 直径 18mm×長さ 65mm) のリチウムイオン電池を 3 メーカー分 48 本使用し、ニクロム線 (1kW) にて電池を加熱、発火させ、燃焼継続を確認した後に消防法令で定める最低限の消火剤 (窒素) 量を放出し、その有効性等について確認した。

実験の結果、消火剤放出後 73 秒にて消火が確認できた。

【消火実験概要】

・実験状況

- 実験室体積 : D6.1×W6.1×H2.81=105 m³
使用消火剤(投入消火剤量) : 窒素ガス (105 m³×0.516 m³/m³=54.2 m³) * 法令で定める最低量
ノズル : 拡散 (PN) 型
可燃物 (使用本数) : リチウムイオン電池 (48本 : 7×7列)
パレット寸法 (材質) : 270×270×5mm (ポリプロピレン)

・計測項目

酸素濃度、電池表面温度、火炎温度、室温

・測定手順

加熱用ニクロム線にて電池を加熱し、1つ目の安全弁作動を確認後、点火用のニクロム線を入れる。
その後、燃焼を確認後、消火剤を放出する。

・実験結果

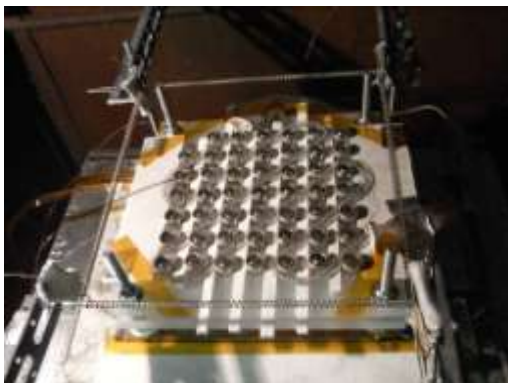
事象	経過時間
最初の安全弁作動	5m01s
着火	11m14s
消火剤放射	19m58s
消火	21m11s



実験で使用したリチウムイオン電池
(上部風除け)



延焼中の様子



リチウムイオン電池の配置状況



消火剤放出後の様子

(4) まとめ

本検討において窒素以外の消火薬剤を使用するガス系の消火設備についての実験はしていないが、消炎濃度は消火剤により数値は異なるものの、一般的に、ある可燃物に対し、1の消火剤の消炎濃度がn-ヘプタンの値以下の場合、他の消火剤の消炎濃度もn-ヘプタン以下であることが示されていることから、その有効性についても予想することができる。

各種燃料に対する消火剤の消炎濃度

消火剤	消炎濃度 (vol %)				
	ベンゼン	トルエン	n-ヘプタン	エタノール	メタノール
ハロン 1301	2.4	2.2	3.4	4.1	7.8
HFC-227ea	4.8	4.6	6.4	8.2	9.4
HFC-23	10.6	9.7	12.4	16.0	19.0
二酸化炭素	20.2	16.9	22.0	24.3	29.3
窒素	30.9	25.7	33.6	36.8	43.5

5 リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の火災予防対策について

(1) 火災予防上の措置のあり方

ア 位置、構造、管理に関する規制について

- ① リチウムイオン電池は、過充電等による電池の内部温度の上昇により、発火、破裂する可能性があり、その発生を防止するために以下の措置が必要である。なお、当該措置を客観的に評価する方法を合わせて確立する必要がある。

・リチウムイオン電池の過充電等を防ぐため適正な安全装置を設ける。
・上記安全装置等の維持管理を適正に実施する。

- ② リチウムイオン電池は異常時に可燃性ガスを発することや、外部火災等の加熱により発火する恐れがあることから、以下の対策が必要である。

・火を使用する設備等との間に有効な空間を保持する等、外部加熱対策を講じる。

イ 規制単位について

エネルギーを貯蔵する蓄電池設備の潜在的リスクは総容量（kWh）の大きさに依存することから、蓄電池設備の規制は、潜在的リスクを適正に評価できる単位系である kWh に変更すべきである。

・蓄電池設備の規制単位を kWh とする。

(2) 適用する消火設備について

リチウムイオン電池の燃焼特性等を踏まえ、消防法令上設置が想定される消火設備（不活性ガス消火設備・ハロゲン化物消火設備）の有効性について確認した結果、有効に作用した。このことから、現行の消防法令に定める消火設備は、現在のリチウムイオン電池に対し有効である。

なお、リチウムイオン電池は、一度、高温下にさらされると、内部のガスケットの熔融等、電池内部の状態が不安定となることから、消火した後も適切に温度を下げるための措置が必要となる。

(3) 今後に向けての課題

低炭素社会に向けた技術革新の動きは目覚ましく、リチウムイオン電池についても例外ではない。現在もリチウムイオン電池の安全性のレベルは日進月歩で進展している。従って、検討されたリチウムイオン電池の特性等は必ずしも将来にわたって不変ではなく、当検討部会では現段階で入手できる情報を元に、火災予防上の措置を検討したものである。今後も技術革新は進むことから、消防機関は常にこれらの技術開発の動向に注視し、技術の進歩、設備の実態に合わせた火災

予防上必要な措置を速やかに講じていく必要がある。更に、講じるべき火災予防上必要な措置を必要な関係機関等に提言し、国内及び国外の火災予防上必要な基準の策定に積極的に関与していくことが必要である。