

2024 年度 自動車リサイクルの高度化等に資する
調査・研究・実証等に係る自主事業
「解体事業者における異常電池適正処理」

最終報告書

2025 年 3 月 28 日
株式会社マテック

担当者連絡先
会社名： 株式会社マテック
担当者名： 佐藤 輝
部門： 石狩支店 第20A工場
電話番号： 0133-77-5545
メールアドレス： sato-akira@matec-inc.co.jp

はじめに

項目	内容	
事業の背景	➤ 使用済み自動車（以下 ELV）において、リチウムイオン電池（以下 LiB）搭載の電動車（HEV、PHEV、EV）の比率が、2035 年に向け徐々に増加するなか、今後 事故や災害等による損傷 LiB（以後、異常電池）の発生量の増加も見込まれる。 ➤ 事故や災害などで LiB が損傷等を負った場合、正極と負極が短絡（ショート）し、大電流が流れて発熱、その熱がさらなる発熱を引き起こす熱暴走により、電池が発火し、車両火災や建屋火災に繋がる危険性がある。 ➤ 発火等の被害防止には、迅速な処置（LiB の残留エネルギーの放電）が必要であるが、通常の機器につないでの放電では、上記発火が発生する危険性があるため、塩水放電による発火を防止した形での放電処理が効果的な方法として認知されている。ただし、現状では異常電池の発生量が少ないことから解体事業者での塩水放電の実績はほとんどなく、また異常電池の発生の仕方もケースバイケースであり、適正な取り扱いに関する情報も少ない。 ➤ 異常電池を安全に取り扱うためには、全国の解体事業者で適用可能な異常電池対応マニュアルの提供とその周知が必要である。	
事業のゴール	➤ 全国の解体事業者での異常電池を適正処理可能とするためのマニュアルの完成と周知を図る。	
2024 年度実施内容	LiB 搭載の事故車に対する取り扱い方法（移動、解体現場での保管）調査	➤ LiB 搭載の事故車に対する取り扱い方法（移動、保管）の注意点を確認するため、日本で走行している車を販売している自動車メーカーに対してアンケートを実施した。各社から異常電池に関する取り扱い方法について情報を得ることができた。
	電池の塩水浸漬による放電の実証（S、M、L、の 3 タイプの電池を各 1 個実施）	➤ S、M、L を 1%濃度の塩水で放電したところ、24 時間後の失活を確認した。 ➤ 発生ガス計測結果から、水素、塩化水素、弗化水素、塩素ではすべて基準値以下であった。全炭化水素もジャンボックス中央（直上）において投入前は 24ppm、最大でも 24 時間後の 32ppm であり、投入前と投入後の最大値との差はわずかであり一般環境レベルと考えられる。ただし、この結果は今回実施した n=1 での試験結果によるものである。LiB の状態によってはガス発生量が増える恐れがあるため、塩水放電を実施する際には発生ガスを吸引しない環境下で行うべきである。 ➤ 排水分析結果から、銅・亜鉛・鉄・アルミニウムなどは環境中に排出できない濃度であるが、有害金属等の健康に関する項目では特に基準を超えるものではなかった。
	異常電池火災時の消火器等を用いた鎮火方法検証（パック試験）	➤ 水浸潤剤入り消火器 10 本と強化液（中性）消火器 15 本を使用した、LL タイプのパックを鎮火させることができなかった。 ➤ 他の消火器や、消火器組み合わせ、その他手法による鎮火方法をより検討していく必要がある。
	実証を踏まえた異常電池取り扱いに関するマニュアル作成	➤ 塩水放電方法に関するマニュアル（案）を作成した。2 か年目以降の実証を踏まえて、マニュアルの修正及び消火に関する内容などを追記していく。

目次

1. 助成事業の計画	4
1.1. 自動車リサイクル業界における事業の位置付け・背景	4
1.2. 事業の実施内容	5
1.2.1. 事業計画概要	5
1.2.2. 事業の実施体制	6
1.2.3. 実施スケジュール	7
2. 自主事業の報告	8
2.1. 自主事業の実施結果	8
2.1.1. LiB 搭載の事故車に対する取り扱い方法（移動、保管）調査	8
(1) アンケート項目	8
(2) アンケート結果	10
(3) まとめ	14
2.1.2. 防火シートメーカーへのアンケート	15
2.1.3. 塩水放電試験	16
(1) 使用 LiB	16
(2) 保管	16
(3) 事前の電圧測定・調整・解体	17
(4) 塩水放電	17
(5) 失活確認	24
(6) 乾燥	27
(7) 塩水放電時の発生ガス測定	30
(8) 塩水放電後の排水分析	33
2.1.4. 消火試験	35
(1) 消火器選定	35
(2) モジュール消火試験結果	38
(3) パック	47
2.2. 今後の調査等実施における課題および解決方法	55
2.2.1. 今後の調査等実施における課題	55
(1) 解体事業者が安全に実施可能な塩水放電方法の提示	55
(2) 解体事業者で実現可能な消火方法の提示	55
2.2.2. 課題の解決方法	56
(1) 解体事業者が安全に実施可能な塩水放電方法の提示	56
(2) 解体事業者で実現可能な消火方法の提示	56
2.2.3. 2025 年度、2026 年度実施内容	59

1. 助成事業の計画

1.1. 自動車リサイクル業界における事業の位置付け・背景

使用済み自動車（以下 ELV）において、リチウムイオン電池（以下 LiB）搭載の電動車（HEV、PHEV、EV）の比率が、2035 年に向け徐々に増加するなか、今後 事故や災害等による損傷 LiB（以後異常電池¹）の発生量の増加も見込まれる。事故や災害などで LiB が損傷等を負った場合、正極と負極が短絡（ショート）し、大電流が流れて発熱、その熱がさらなる発熱を引き起こす熱暴走により、電池が発火し、車両火災や建屋火災に繋がる危険性がある。発火等の被害防止には、迅速な処置（LiB の残留エネルギーの放電）が必要であるが、通常の機器につないでの放電では、上記発火が発生する危険性があるため、塩水放電による発火を防止した形での放電処理が効果的な方法として認知されている。

ただし、現状では発生量がまだ少ないことから解体事業者での塩水放電の実績はほとんどなく、また異常電池の発生仕方ケースバイケースであり、適正な取り扱いに関する情報も少ない。異常電池を安全に処理するためには、全国の解体事業者で適用可能な異常電池対応マニュアルの提供とその周知が必要である。

本事業では、解体事業者での異常電池の ELV からの取り外し、塩水放電処理、保管方法、輸送荷姿等について、安全性等の実証とマニュアルを作成し、今後 発生量増加が見込まれる異常電池の解体事業者での安全な輸送・処置・保管に寄与することを目的としている。

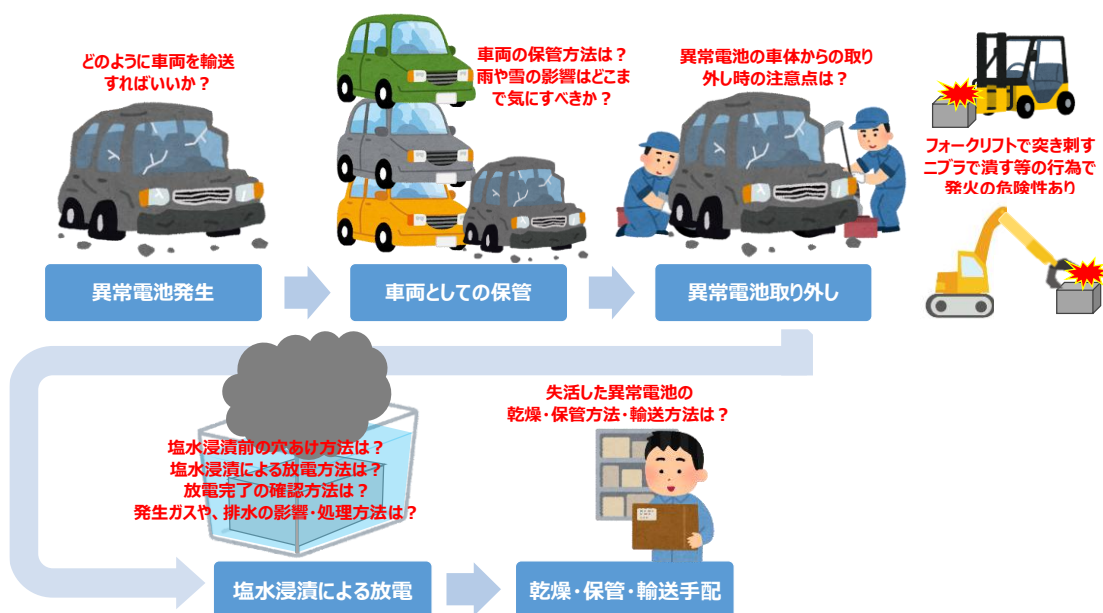


図 1-1.異常電池の処理の不明点例

出所：各種資料から矢野経済研究所作成

¹ 異常電池：事故等により電池パックの内部又は外装が物理的に損傷し、短絡、発火、熱暴走が発生する可能性のあるリチウムイオン電池（以下 LiB）を本事業では異常電池とする。

1.2. 事業の実施内容

1.2.1. 事業計画概要

本事業は、全国解体事業者での異常電池を適正処理可能とするためのマニュアルの完成と周知を図ることを目標として、2カ年の実施を予定していたが、後述する「2.1.42.1.4 消火試験」において本事業の実施に追加すべき必要な取り組みを把握したため、2.2.32025年度、2026年度実施内容で示すように3カ年での実施への変更を検討している。本事業起案当初の事業計画を下記に示す。

2024 年度

- ① LiB 搭載の事故車に対する取り扱い方法（移動、解体現場での保管）調査
- ② 異常電池の車体からの取り外し方法、塩水放電前の電池発火時の鎮火方法、塩水浸漬による放電方法、乾燥・保管方法、回収拠点への輸送方法等の確認・決定（過去の実証などを基に決定）
- ③-1 電池の塩水浸漬による放電の実証（S、M、L の 3 タイプの電池を各 1 個実施）
- ④ 異常電池火災時の消火器具を用いた鎮火方法検証
- ⑤ 実証を踏まえた異常電池取り扱いに関するマニュアル作成

2025 年度

- ③-2 電池の塩水浸漬による放電の実証（LL を 1 個実施）
- ⑥ 異常電池（車両）火災時の防火シートを用いた鎮火方法検証
- ⑦ 2024 年度に作成したマニュアルの他解体事業者での実証による有効性確認（平均的な解体事業者 2~3 社で実施）
- ⑧ 実証を踏まえたマニュアルの修正（課題、追加項目等の確認）
- ⑨ 分かりやすい動画を作成、活用した解体事業者への周知活動

1.2.2. 事業の実施体制

事業の実施体制を図 1-2 に示す。

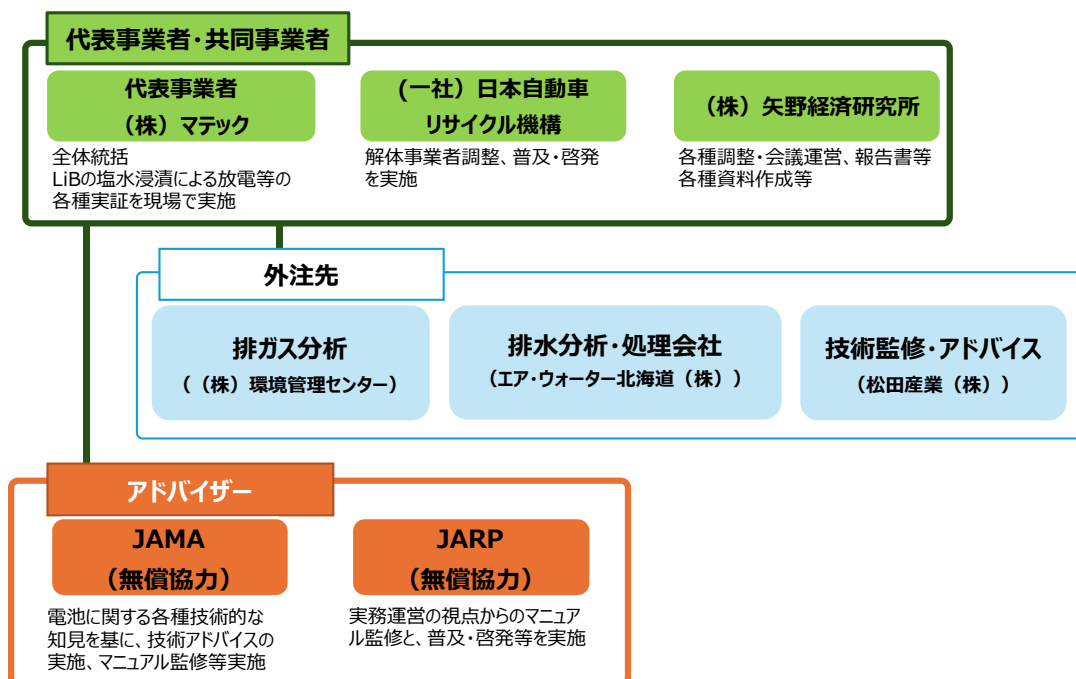


図 1-2. 実施体制

出所：矢野経済研究所

1.2.3.実施スケジュール

本事業起案当初の実施スケジュールを表 1-1 に示す。

表 1-1.実施スケジュール

年		2025年												2026年							
月		8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
J-FAR様ご報告			中間						最終							中間					最終
①LiB搭載の事故車に対する取り扱い方法 （移動、解体現場での保管）調査	自動車メーカーにアンケート調査																				
	自動車用防火シートメーカー、保管用容器メーカーへのヒアリング調査																				
	実証電池の決定（S、M、Lの3タイプ）																				
②異常電池の車体からの取り外し、塩水浸漬前の電池発火時の鎮火方法、塩水浸漬による放電、乾燥・保管、回収拠点への輸送方法確認・決定	車体からの取り外し、塩水浸漬前の電池発火時の鎮火方法、塩水浸漬による放電、乾燥・保管、回収拠点への輸送方法確認・決定																				
	消火器を用いた火災試験方法検討																				
③-1マテックでの電池の分解、塩水浸漬による放電の実証（S、M、Lの3タイプの電池を各1個実施）	電池の分解・塩水浸漬による放電の実証																				
	実証時の発生ガス、排水、温度分析																				
④マテックでの異常電池火災時の消火器等を用いた鎮火方法検証																					
⑤実証を踏まえた異常電池取り扱いに関するマニュアル作成																					
③-2マテックでの電池の分解、塩水浸漬による放電の実証（LLの1タイプの電池を1個実施）																					
⑥マテックでの異常電池火災時の防火シートを用いた鎮火方法検証																					
⑦2024年度に作成したマニュアルの他解体事業者での実証による有効性確認（全国の2〜3の解体事業者で実施）	全国の2〜3解体事業者への打診・決定																				
	全国の2〜3解体事業者で実施																				
⑧実証を踏まえたマニュアルの修正（課題、追加項目等の確認）																					
⑨動画を活用した解体事業者への周知活動	動画作成等																				

出所：矢野経済研究所

2. 自主事業の報告

2. 1. 自主事業の実施結果

2. 1. 1. LiB 搭載の事故車に対する取り扱い方法（移動、保管）調査

(1) アンケート項目

LiB 搭載の事故車や、異常電池に対する取り扱い方法（移動、保管）、注意点を確認するため、日本で走行している車を販売している自動車メーカーに対してアンケートを実施した。アンケートは一般社団法人日本自動車工業会（以下 JAMA）、日本自動車輸入組合（JAIA）の会員企業に対して実施した。アンケートの実施期間は 2024 年 9 月～11 月である。表 2-1 にアンケート項目を示す。

表 2-1. アンケート項目

質問			
1 過去の発火事例について	- 1	過去に御社のLiB搭載車両において、LiBが原因と思われる火災が発生したことはございますか？	ある/ない
	- 2	ある場合、何件程度発生しておりますか？	〇〇年までで×件等詳細回答をご記入ください
	- 3	その際の鎮火方法はどのようなものでしたか？ 具体的な方法をご教示ください	詳細回答をご記入ください
2 LiB搭載車の表記	- 1	車両のボディにLiB搭載車であることがわかる掲示等がありますか？（HEVは、LiB搭載車とNi-MH搭載車が混在しているため）	ある/ない
	- 2	ある場合、車両ボディのどの部分に掲示されていますか？	詳細回答をご記入ください
3 事故車発火時の対象方法	- 1	事故車発火時の対処方法、損傷バッテリー発火時の対処方法、またはLiB加熱試験等で発火した時の消火方法などがありますか？	ある/ない
	- 2	ある場合、どのような方法ですか？（初期火災は二酸化炭素消火器で消火し、それでも鎮火しない場合は大量の水で消火する、発火している事故車を止水板で囲い大量の水を注入する等）	詳細回答をご記入ください
4 損傷バッテリー判断方法	- 1	損傷バッテリーの発火等の危険性判断方法はございますか？	ある/ない
	- 2	損傷バッテリーの判断方法がある場合、どのようなのですか？（電池パックの外部の損傷、電解液等の芳香臭、発熱、その他検査専用機器等状態別処理方法の判断基準）	詳細回答をご記入ください
5 事故車（LiB搭載車）の移動方法	- 1	事故車（LiB搭載車）の推奨移動方法又は留意点はありますか？	ある/ない
	- 2	推奨移動方法がある場合はその内容、又はない場合でも、留意点はどのようなことが考えられますか？（車体を防火シート等で包んで移動、現場で損傷バッテリーを取り外し等）	詳細回答をご記入ください
6 解体現場での保管方法	- 1	事故車の解体現場での推奨保管方法又は留意点はありますか？	ある/ない
	- 2	推奨保管方法がある場合はその内容、又はない場合でも、留意点はどのようなことが考えられますか？（段積み禁止、雪や雨の影響、保管せず即時解体等）	詳細回答をご記入ください
7 損傷バッテリーの車体からの取り外し方法	- 1	損傷バッテリーの車体からの推奨取り外し方法又は留意点はありますか？	ある/ない
	- 2	推奨取り外し方法がある場合はその内容、又はない場合でも、留意点はどのようなことが考えられますか？	詳細回答をご記入ください
8 損傷バッテリーの処理方法	- 1	損傷バッテリーの推奨処理方法又は留意点はありますか？	ある/ない
	- 2	推奨処理方法がある場合その内容、又はない場合でも、留意点はどのようなことが考えられますか？（塩水浸漬を行い、乾燥後処理業者に引き渡す等）	詳細回答をご記入ください
9 過去のデータ計測の有無	- 1	損傷バッテリー又は非損傷バッテリーの塩水放電時の排水、排ガスデータを過去に計測されたことはありますか？	ある/ない
	- 2	計測されたことがある場合、データをご提供いただくことは可能ですか？	可能/不可能
10 その他	- 1	損傷バッテリーにかかわらず、電池の取外し容易性等に関してリサイクル側面での設計上の工夫点等があればお答えください。	詳細回答をご記入ください
	- 2	事故車の移動方法や損傷バッテリーの取り外し方法、塩水放電に際しての注意点、疑問点等あれば自由にご記述ください。	詳細回答をご記入ください

出所：矢野経済研究所

(2) アンケート結果

35 社にアンケートを実施し、15 社から回答を得ることができた。以下にアンケート回答の概要を示す。

① LiB 搭載車両であることの表示について

LiB 搭載車両であることの表示について、回答を得た 15 社中、表示していない企業が 6 社、表示している企業が 9 社であった。

表示していても外部から確認できない部分にラベルがある場合が 6 社、外部から確認可能な場合が 3 社であった。

表 2-2.LiB 搭載車両であることの表示について

項目	回答数	詳細	
表示していない	6	—	
表示している	6	外部から確認不可	エンジンフード/ボンネット/フロントリッド裏面にバッテリーに関する情報が添付
	3	外部から確認可能	ボディー側面、リアトランクリッド（ハッチ）、ガラス、VINプレート等に電動車であることが表示
合計	15	—	

出所：矢野経済研究所

② 事故車発火時の対処方法、異常電池発火時の対処方法、又は LiB 加熱試験等の発火時の消火方法など

事故車発火時の対処方法、異常電池発火時の対処方法、又は LiB 加熱試験等の発火時の消火方法について、回答を得た 15 社中、対処方法があるとした企業が 10 社であった。

初期消火に対して有効な手段として 8 社から各種消火器が提示されている。9 社から消えない場合は大量の水で消火としている。1 社は防火ブランケット配備も検討中である。

なお 1 社において、実際に火災が発生した際に、粉消火器で消火したが鎮火せず、消防が出動後、鎮火に至ったと回答を得ている。

表 2-3.発火時の対処方法

項目	回答数	詳細
消火器で初期消火	8	初期消火にはABC消火器、ガス系、泡、CO2等の消火器又は砂で消火、消えない場合は大量の水で消火（少量の水は危険）。
大量の水	1	大量の水で消火、十分な水の供給が得られない場合は消火を試みない。
防火ブランケット	1	防火ブランケットを配備予定
合計	10	—

出所：矢野経済研究所

③ 異常電池の発火等の危険性判断方法

異常電池の発火などの危険性判断方法としては、高電圧バッテリー周辺のボディの変形や、LiBパックの変形・割れ、腐食による損傷といった外観の判断や、液漏れ等の視認での確認又はにおいででの確認、発熱（変色）等が挙げられていた。各社から様々な判断基準が提示されているが、現場で状況に応じて都度判断する必要がある。

表 2-4.異常電池の発火などの危険判断方法

回答	
損傷	・高電圧バッテリー周辺にボディ変形が認められる場合、LiBパックの変形・割れ、腐食による損傷。 ・端子・電動部の機械的損傷確認。
液漏れ	・液漏れ（視認できる、または臭いがする）確認。 ・バッテリーハウジングからのクーラント漏れまたは冷媒漏れ確認。
発熱	・発熱（変色）（80℃以上）。
漏電	・漏電・残電圧の確認。シャシーと高電圧部位との絶縁抵抗測定。

出所：矢野経済研究所

④ 事故車（LiB 搭載車）の推奨移動方法又は留意点

事故車（LiB 搭載車）の推奨移動方法又は留意点について、事故後 1 時間程度は火・煙・熱が発生しないか確認する。輸送方法は基本は積載車で輸送し、牽引は控える。車両を輸送せずにその場で LiB を取り外すと回答した企業もいた。

表 2-5.事故車（LiB 搭載車）の推奨移動方法又は留意点（1/2）

項目	詳細
事前作業・確認	・高電圧バッテリーが損傷している場合、または高電圧バッテリーに異常が確認された場合、高電圧システムを遮断する。バッテリーのマイナス端子が取り外されていることを確認。 ・事故等による衝突を検知するとイナースラススイッチによりHV系の電源も遮断される。高電圧系及びバッテリーパックの健全性が確認されるまではイナースラススイッチを復帰させない。 ・輸送前に高圧バッテリーは最大1時間、明白に火・煙・熱が出なかったことを確認する。 ・輸送前に、高圧バッテリーを完全に冷却する。後続のレスキュー隊には常に、バッテリーは再び発火するおそれがあることを指摘する。 ・最も短い距離で、最も安全に輸送できるルートを選択し、トンネルの通過は避ける。 ・液漏れ、発熱、漏電の有無を確認し、安全が確認出来れば、現場でLiB取り外し。

出所：矢野経済研究所

表 2-6. 事故車（LiB 搭載車）の推奨移動方法又は留意点（2/2）

項目	詳細
輸送	・原則として積載車で輸送する ・推奨される方法で車両を回収できない場合、緊急時、やむを得ない場合には、4 輪すべてを接地した状態で短い距離をけん引できる。車両をけん引する距離は50km～80km を超えないこと。けん引時の車速は 30km/h～50 km/h (30 mph) を超えないこと。 ・けん引は四輪または前輪を持ち上げて行う。 ・車両を持ち上げるためにバンパーを使用しないこと。 ・車両に損傷を与えるけん引は行わないこと。 ・道交法に従ってけん引すること。
引渡し	・車両を引き渡す際、牽引会社や引渡し先に車両のドライブの種類および行った消防署の措置（高圧電源の無効化など）を通知する。特に、損傷した高圧コンポーネントまたは水と接触した高圧コンポーネントによる考えられる危険（高圧バッテリーによる感電や、時間が遅れても発生し得る火災のリスクなど）について指摘する。 ・クレーン/ジャッキで持ち上げる、ウインチによる作業または積込み時は、高圧コンポーネントが損傷していない、または損傷しないことに注意する。車両を移動させる等でフォークリフト等を用いて車両下部を持ち上げるとバッテリーが破損する可能性がある。

出所：矢野経済研究所

⑤ 事故車の解体現場での推奨保管方法又は留意点

事故車の解体現場での推奨保管方法又は留意点について、段積みせずに、屋外の風通しの良い場所で雨水かかからない環境で保管を行う。また他のものから 15m 離すか、防火シートなどをかぶせて保管すると回答があった。高電圧作業等の注意表示も行い、温度も確認する必要がある。

表 2-7. 事故車の解体現場での推奨保管方法又は留意点

回答
・段積み禁止。 ・高電圧バッテリーを搭載した車両を保管する場合は、屋外の風通しのいい場所で、雨水等濡れない場所での保管。 ・バッテリーパックの高電圧および制御用端子に雨水等がかからないように保護。 ・他のものから 15 メートル以上離して保管。 ・可能であれば防火シート等をかぶせて保管。 ・「高電圧作業中・触るな！」の標示を付ける。 ・表面温度確認（60 °C未満）。 ・電池が危険な状態の場合は、早急に無力化処置を施す。

出所：矢野経済研究所

⑥ 異常電池の車体からの推奨取り外し方法又は留意点

異常電池の車体からの推奨取り外し方法又は留意点システムの停止や、必要な保護具を身に着け、電解液の漏れがないか確認する。

表 2-8. 異常電池の車体からの推奨取り外し方法又は留意点

回答
・システムの停止。 ・SOC（State Of Charge：充電率）確認。 ・火気から遠ざけて換気。 ・絶縁工具の使用と保護メガネの着用（電解液に対してはゴム手袋）。 ・有機溶剤用マスクの着用。 ・高電圧バッテリー付近の液漏れを確認すること。 ・電解液の蒸気は吸込まないこと。また引火性があるため、すぐに火気から遠ざけること。 ・電解液が漏れているときは十分に換気し、ウエスまたは古タオルで吸収させて密閉容器に回収すること。 ・むき出しの配線には触れないこと。触れる恐れがある場合は、絶縁テープで絶縁すること。

出所：矢野経済研究所

⑦ 異常電池の車体からの取り外し以後の推奨保管方法又は留意点

異常電池の車体からの取り外し以後の推奨保管方法又は留意点について、水がかからない屋外に保管又は、可燃物や内壁構造材から数 m 離れた場所で保管という回答があった。また保管場所には危険物がある旨を表示するという回答もあった。

表 2-9. 異常電池の車体からの取り外し以後の推奨保管方法又は留意点

回答
・屋外に保管。 ・水の浸入を防ぐため、適切な有害廃棄物処理バッグに入れる。 ・可燃物から 5m 離れた場所に保管する。 ・内壁/構造用鋼材から 2.5m 離す。 ・中身が分かるように、バッグの外側にはっきりとラベルを貼る。 ・保管場所は明確な標識で隔離し、訓練を受けていない個人による不正アクセスを制限する。 ・液体不透過性のあるフロアまたは地下またはキャッチパンを備えている。 ・危険と判定された場合は、自再協経由或いはコールセンターへの連絡。

出所：矢野経済研究所

⑧ 異常電池の推奨処理方法又は留意点

異常電池の推奨処理方法について、回答を得た 15 社中、対処方法があるとした企業が 9 社であった。塩水放電を実施と回答した企業が 7 社、真水に浸けると回答した企業が 1 社、その他が 1 社であった。

表 2-10. 常電池の推奨処理方法又は留意点

項目	回答数	詳細
塩水放電	7	・電池の状態を把握する。活電池で損傷している場合は、損傷LiBを塩水浸漬し失活させ、乾燥した上で、輸送業者へ引き渡すこと（自工会電池リサイクル分科会で策定した対応方法）。
真水放電	1	・真水に3.5日以上漬けることで放電を完了させる。
その他	1	・危険度判定を行い、危険/警告と判定されたものに、それ以上の処置を講じるよう指示することは、発火による受傷や類焼の危険度も増す。電解液の漏出が無くなることや、温度の低下が確認されてからでなければ、次の処置は指示できない。
合計	9	—

出所：矢野経済研究所

(3) まとめ

LiB 搭載の事故車や、異常電池に対する取り扱い方法（移動、保管）について、各社の推奨方法の確認ができた。今後解体事業者向けのマニュアル作成を行う際に今回得られた内容を参考として作成を行っていく。

2.1.2. 防火シートメーカーへのアンケート

事故車の輸送時の安全性担保のため、出火時の鎮火対応策の一つとして防火シートの検討を行うこととした。国内で入手可能な T-ISS、Bridgehill AS、ヒュアテム等の防火シートについて価格及び性能比較を実施した。防火シート比較結果を表 2-11 に示す。

防火シートは 40 万円以上の価格である。サイズは 6×8m 又は 6×9m である。重量は 25kg 以上で、耐熱温度は価格にもよるが 1,600℃や高いもので 2,500℃といったものもある。消火メカニズムについては、基本的にはシートをかけて窒息消火である。鎮火までに一定時間シートで覆う必要がある。一部有毒ガスなども外部に出さない構造のシートもある。

表 2-11.防火シート比較結果

製造企業 国		T-ISS オランダ	Bridgehill AS ノルウェー		ヒュアテム 韓国
問い合わせ先		株式会社モリタ	YONE株式会社		株式会社アミスタ
製品名		FIRE ISOLATOR	CAR PRO X (カープロエックス)	CAR STANDARD (カースタンダード)	ファイヤーブランケット
写真					
素材		高純度シリカ (二酸化ケイ素を主成分)	グラファイト(炭素繊維) シリコンコーティング	パイロキシン繊維 シリコンポリマー	ガラス繊維とハイシリカ特殊防炎 コーティング
サイズ	防火シートサイズ (どの大きさの車まで対応 可能か)	6×9m	6×8m	6×8m	6×9mサイズが主流。
	防火シート重量	37kg	28kg	28kg	約25kg (6m×9mサイズの場合)
	厚み	0.76mm	－	－	0.5mm(誤差範囲±10%)
性能	耐熱温度	1,600℃	2,500℃ (1分程度でその後は 1,500℃)	1,600℃ (1分程度でその後は 800℃)	シルバー部分： 1,200～1500℃ 特殊防炎コーティング部分： 1,800～2,000℃近く
	防火・消火性能 (炎上状態での鎮火時 間、延焼を防ぐ等の性能)	窒息効果による消火を狙う。 水透過性があり、放水を合わせ て実施することで、冷却効果も付 与することが可能。	シートをかけて窒息消火を狙う。		窒息効果による消火を狙う。
	耐久性 (製品寿命・繰り返し使用 の可否) ※状況によって耐 久性が変化するため目安	本体の破れ・切れなどの破損がな ければ、繰り返し利用可能。	30回	1回	～30回程度繰り返し使用が可 能
その他		保管方法、 保管時の注意点	専用ケースにて保管。屋外や 水濡れる場所での保管は避け る。		使い終わった後は洗って乾燥さ せ、綺麗に折りたたんで保管。

出所：矢野経済研究所

2.1.3. 塩水放電試験

異常電池を安全に失活処理するため、S、M、Lの3タイプでの塩水放電を実施した。事前の話し合いにおいて、以下項目について検討・決定し、実証を行った。詳細内容は以後に示す。

- (1) 使用 LiB
- (2) 保管
- (3) 事前の電圧測定・調整・解体
- (4) 塩水放電（実施場所、使用器具、塩水濃度・時間）
- (5) 失活確認（引き上げ、水洗い、水気飛ばし、電圧測定）
- (6) 乾燥
- (7) 塩水放電時の発生ガス測定
- (8) 塩水放電後の排水分析

(1) 使用 LiB

塩水放電で使用する LiB（S・M・Lの3種類）について、異常電池を疑似的に作り出すことは難しいため、通常の非損傷電池で試験を実施することとした。比較的手配しやすい車種の電池を選定した。表 2-12 に選定した S、M、L の LiB を示す。

表 2-12.S、M、L の LiB

	S	M	L
車種	DBA-MH34S ワゴンR 2012/10月製	DAA-GP5 フィット 2014/6月製	DLA-ZVW35 プリウス 2013年9月製
写真			
セル個数	5セル（5個/列 × 1列）	48セル（12個/列 × 4列）	56セル（14個/列 × 4列）
接続方式	直列	直列	直列
電圧/総電圧	2.4V/12V	3.6V/173V	3.7V/207.2V
容量	3Ah	5.0Ah	21.5Ah
総電力量	36Wh	864Wh	4.4kWh
重量	2.5kg	27kg	77kg

出所：各種資料から矢野経済研究所作成

(2) 保管

異常電池を ELV から取り外した後、すぐに塩水放電を実施できれば保管時の発火のリスクは低減するが、すぐに実施できない場合もある。そのため、異常電池を一時的に安全に保

管する容器として、親和パッケージのリチウムイオン蓄電池用耐火性収納箱「Lib-BOX」を今回利用した。

Lib-BOX は耐火性収納箱として求められる耐火試験（遮炎性能、断熱性能）、強度試験（振動、衝撃、圧縮、傾斜安定性）の要求条件を満たしており、危険物倉庫でなくても電解液量の制限なく貯蔵が可能である（ただし、1 箱の許容内容品重量は 800kg）。Lib-BOX は危険物保安技術協会（KHK）より、日本で初めてリチウムイオン蓄電池用耐火性収納箱として KHK マークを取得している。

Lib-BOX 内で LiB が発火した場合でも、箱の外には燃え広がらない設計が施されている。



図 2-1.親和パッケージのリチウムイオン蓄電池用耐火性収納箱 Lib-BOX
（奥行 1710mm、幅：2260mm、高さ：1100mm）

出所：矢野経済研究所撮影

(3) 事前の電圧測定・調整・解体

塩水放電時の反応を最大化するため、塩水放電前に電圧を調整した。M 及び L は、1 セルあたり 2.9V 以下になるように放電したのち、その後、カタログ値から 100%付近（4.22V 付近）まで充電した。なお M は全体の電圧 201.5V、L は全体の電圧 234V となった。

S については電圧の調整が実施できなかったため、事前の電圧測定のみ実施した。

そのほか、S、M、L それぞれについて、パックの上蓋を外し塩水放電時の反応を確認した。

(4) 塩水放電

① 実施場所

LiB を塩水放電する際には、塩水電気分解が起こり、一極からは水素、+極からは酸素、塩濃度が高い場合、塩素ガスが発生する。また LiB に含まれる電解質（LiPF₆）が水分と反

応して、弗化水素を発生する。そのため、安全面を考慮し塩水放電の実施場所は、屋根のある屋外が望ましい。ただし今回は、塩水放電時の発生ガス計測を行うため、発生ガスが飛散しない、換気が可能な屋内で実施した。塩水放電時は水素ガスなどが発生するため、周辺の火器厳禁の環境で実施した。



図 2-2.塩水放電実施場所
出所：矢野経済研究所撮影

② 使用器具（ボックス）

塩水放電を行うために、M、L は 1010L 入るタイプの大型の容器を、S は 20.7L の小さな容器を用意した。詳細を図 2-3、図 2-4 に示す。

	項目	詳細
	外寸	1700×1240×730mm
	内寸	1580×1100×590mm
	有効内寸	1560×1080×575mm
	圧縮荷重	620.3kN(63300kgf)
	材質	PP
	内容量	1010L

図 2-3.M、L 用塩水放電容器（1 電池に 1 個使用）
出所：矢野経済研究所撮影



項目	詳細
外寸	435×327×207mm
内寸	385×277×201mm
有効内寸	374×266×187mm
圧縮荷重	40.6kN(4140kgf)
材質	PP
内容量	20.7L

図 2-4.S 用塩水放電容器

出所：矢野経済研究所撮影

③ 塩水濃度・時間

塩水放電方法は、LiB の高さまで沈めることが可能な量の真水を用意し、まずは LiB を真水に沈め、そこにひしゃく等で塩水を注水した。なお塩水を注水する際は急激な反応が起こらないように、直接電池に塩水が当たらないように配慮しながら攪拌した。

塩水濃度は 1% となるように調整した。1% の塩水の作成方法は、濃度 10% の塩水を作成し、それを水に注入することで作成した。

なお、仮に 100L の 1% 濃度の塩水に LiB を浸漬する場合、100L の水から 10L を採水し、その 10L に塩 1kg を溶かして 10% 濃度の塩水を作成したうえで注液する。もしくは、10% 濃度の塩水を水槽液量の 1/10 を作成して投入する形でもよい。後者の場合、塩水 1% から若干薄くなるが許容範囲である。

塩水放電時間は 24 時間とした。

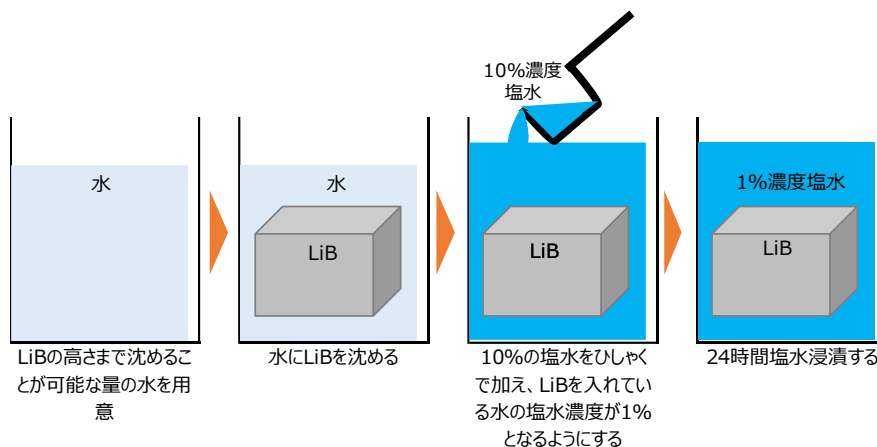


図 2-5.塩水放電手順

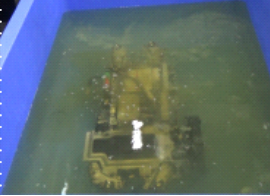
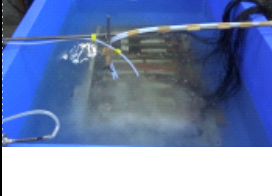
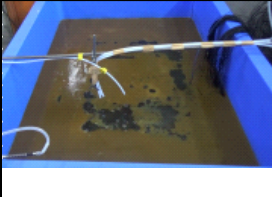
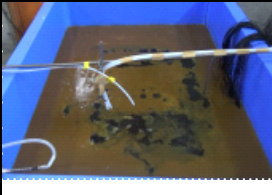
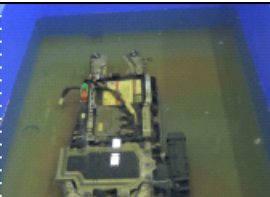
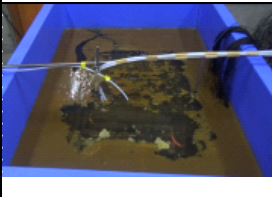
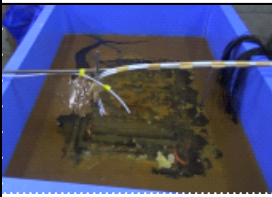
出所：矢野経済研究所

④ 塩水放電

③の方法に基づき、塩水放電を実施した。LiBを水に浸漬した時点から若干白いモヤや気泡が発生した。これは使用した工業用水中に含まれる電解質による影響と推測される。塩水投入後から、気泡や鉄や銅由来と推測される茶色い濁りが発生した。これらの反応は塩水投入後1時間程度までがピークであり、その後は大きな変化が見られなかった。茶色い濁りが一部に集積・沈殿しないように、塩水放電開始後30分程度は時折塩水を撹拌しながら実施した。

なお24時間後ではSやLには白や茶色い浮遊物がある一方で、Mからの浮遊物は確認されなかった。Mは浮遊物が沈殿した状態であったため、目視上では上澄みには浮遊物が存在していなかった。

表 2-13.塩水放電時の様子

内容	S	M	L
塩水投入直後			
1時間後			
2時間後			
12時間後			
24時間後			

出所：矢野経済研究所

・ 電圧推移

最も容量が大きく、塩水放電による反応が大きな L のみ塩水放電時の電圧推移測定・発生ガス計測、塩水放電後の排水分析を実施した。

L において、電圧の変化を確認するためデータロガーを 112 本つなげて塩水放電を実施した。図 2-7 に L のモジュール構成を、図 2-8 に L の電圧推移を示す。

一部歪な変動をする（電圧が下がりにくい）セルもあったものの、20 時間以上の塩水放電により「1V/1 セル以下」を達成した。



図 2-6. ロガー112 本が接続された LiB (L)

出所：矢野経済研究所撮影

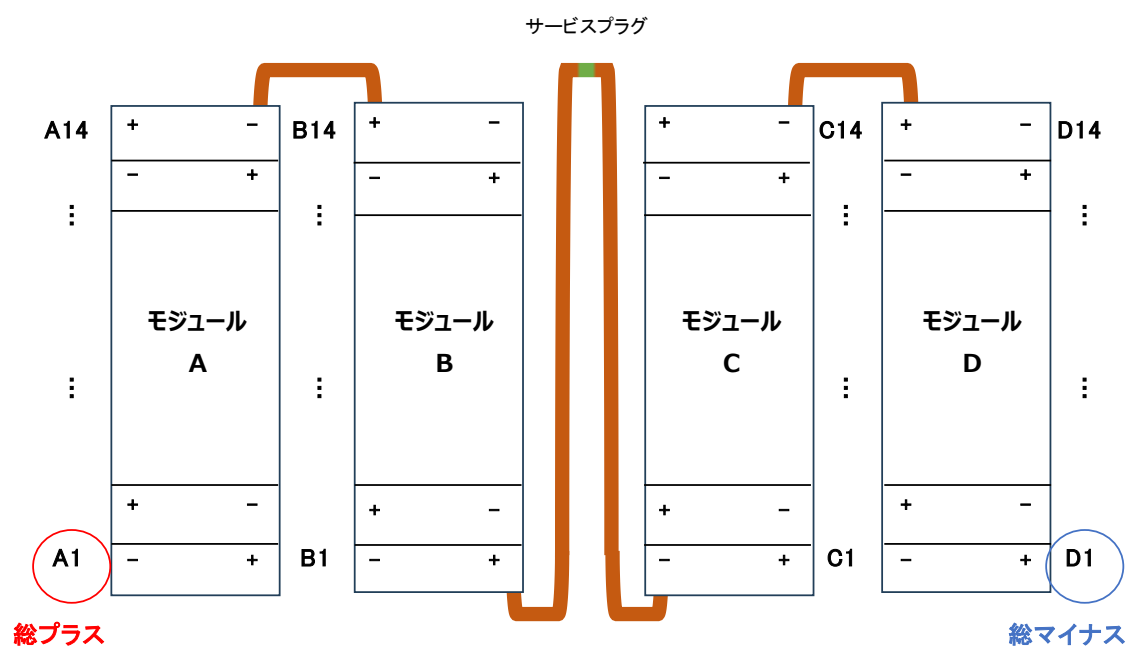


図 2-7. L のモジュール構成

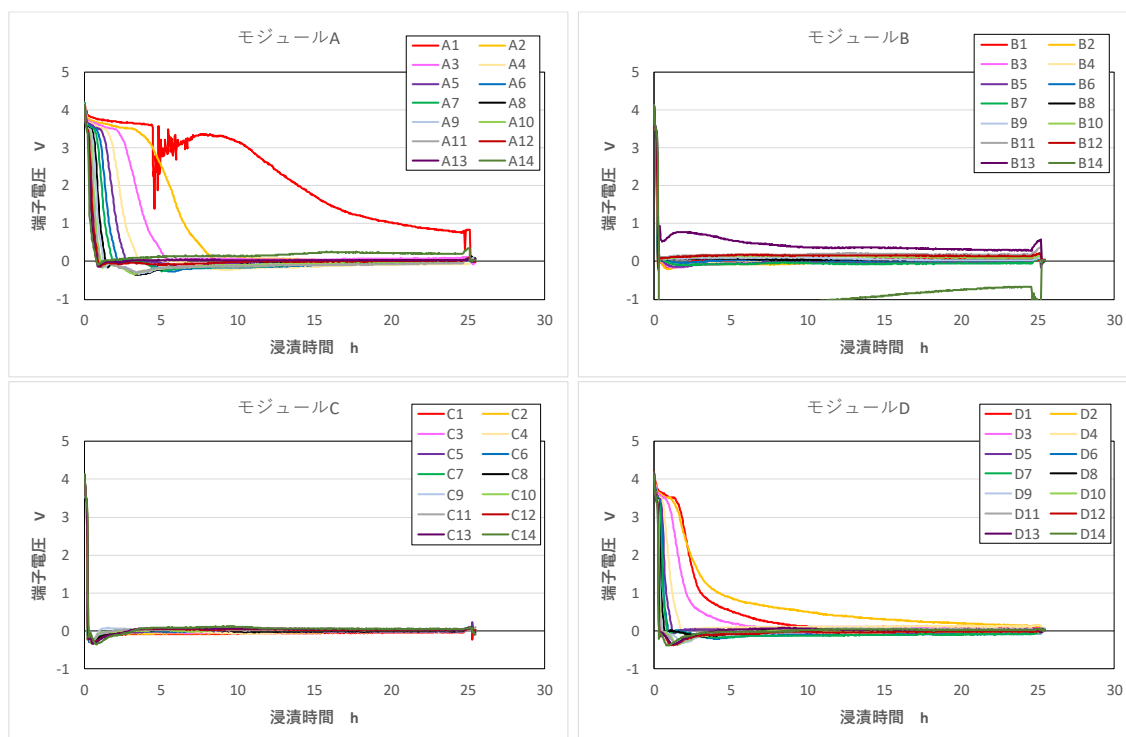


図 2-8.L の電圧推移

出所：マテック

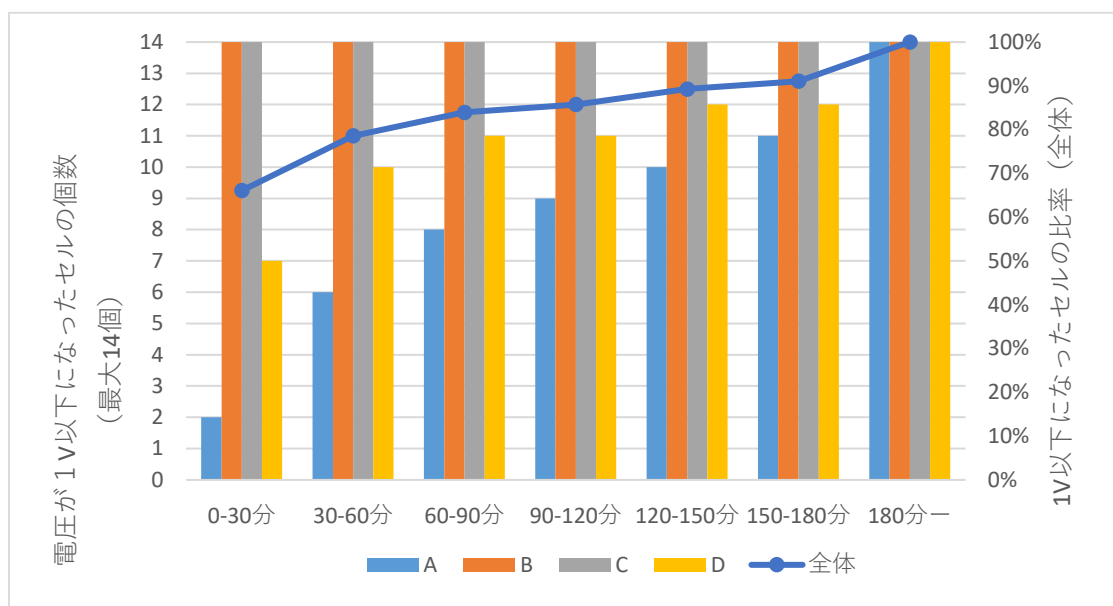


図 2-9. 電圧が 1V 以下になったセルの個数（積算）

出所：マテック

電圧が 1V 以下になったセルの個数（積算）を図 2-9 に示す。塩水放電から 30 分でモジュール B と C のすべてのセルで電圧が 1V 以下になった。塩水放電から 60 分で 80% 以上のセルは電圧が 1V 以下になった。

・水温変化

Lタイプの塩水放電時の水温の変化を計測した。Lタイプの塩水放電による水温の変化測定地点を図 2-10 に示す。2カ所で計測しており、地点 A は電池から離れた場所、地点 B は電池付近で計測を行った。Lタイプの水温変化を図 2-11 に示す。塩水放電前の水温は 14℃である。塩水放電の反応とともに温度が上昇するが、反応が激しかった 1 時間の間においても、水温は初期+8℃程度 (22℃) であった。

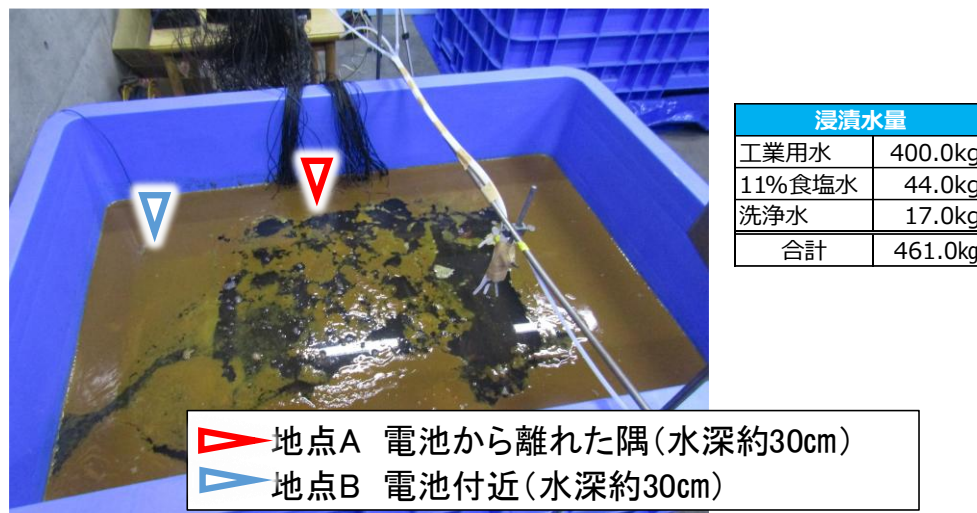


図 2-10. L の塩水放電による水温の変化測定地点

出所：マテック

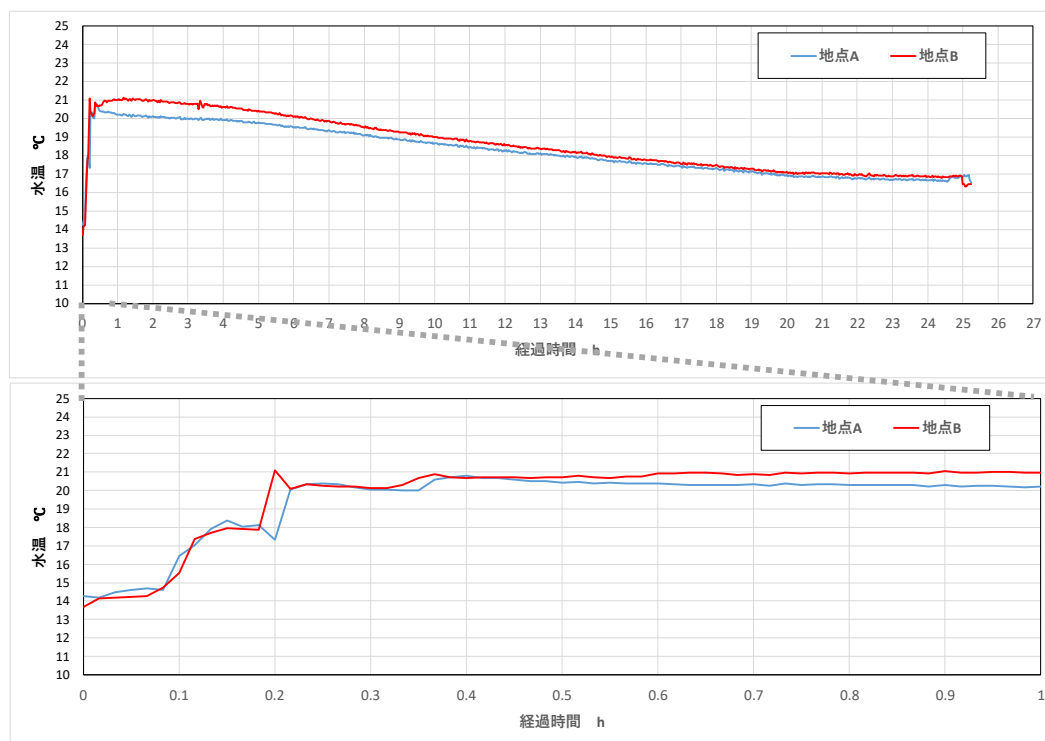


図 2-11.L の水温変化

出所：マテック

(5) 失活確認

失活確認のため 24 時間後に塩水からの LiB の引き上げ、水洗い、水気飛ばし、電圧測定を実施した。

① 引き上げ、水洗い、水気飛ばし

塩水放電後の LiB は乾燥の過程で濃塩水となるため、再度短絡が発生又は腐食が発生する可能性がある。そのため、LiB を塩水から取り出した後に、軽く水洗いをする必要がある。水洗い方法については、LiB を吊り上げながら塩水から取り出したのち、浸漬させた容器の上部で、LiB の端子部を中心に水洗いを行った。

また、失活が完了していない場合、端子の短絡のリスクがあるため、水洗い後に LiB の水気を飛ばす必要がある。失活が完了していれば、絶縁手袋を着用のうえ、ウエス等で水気をふき取る。手間がかかるが、エアブロー等で水気を飛ばすほうがより安全性が高いため、今回はエアブローで乾燥させた。



図 2-12.L の塩水放電後の水洗い

出所：矢野経済研究所

② 電圧測定

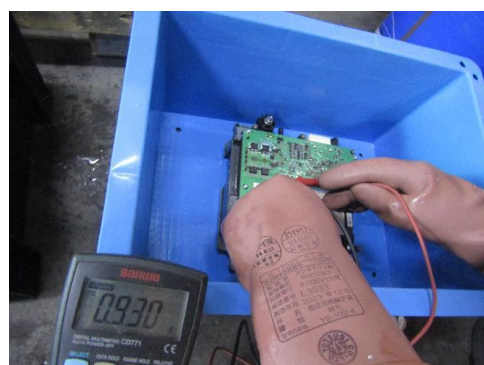
失活確認の電圧測定について、基本的にセル単位で 1V 以下が失活の判断基準となるが、セル単位での計測ができない LiB もあるため、その場合は、モジュール単位での計測となる。仮に 1 モジュール 10 数セルの場合、1 セルが 1V 以下であれば、1 モジュールも数 V 程度となるため、電圧測定結果から失活状態であるかどうかを確認できる。モジュール内のセル間でも断線している場合があるため、モジュールで計測した値が 0V の場合もある。特定のモジュールのみが 0V の場合、その他モジュールが 0.数 V であれば失活できていると判断でき、セルへの解体は不要と考えられる。

なお、パック単位での計測は、正確な数値が出ない場合がある。理由としては、塩水放電によりモジュール間を接続するバスバーが溶解し断線している場合や、リレーやサービスプラグが断線している場合もあるため、正確な電圧を把握できない。

今回 S と L はセル単位、M はセルへの解体が困難であったためモジュール単位で計測した。S、M、L の失活確認の様子と塩水放電前、放電後の電圧結果を表 2-14、表 2-15、表 2-16 に示す。S、M、L のいずれのタイプの電池も塩水放電後の失活を確認した。

表 2-14.S タイプの失活確認の様子と塩水放電前、放電後の電圧結果

項目	電圧(V)
	合計
塩水放電前 総電圧	12.3 V
塩水放電後 単セル電圧の合計	0.93 V



出所：矢野経済研究所

表 2-15. M タイプの失活確認の様子と塩水放電前、放電後の電圧結果

電圧(V)	電圧(V)	
	取り上げ直後	1.5h後
モジュール1	0.5	0.48
モジュール2	0.9	1.14
モジュール3	0.58	0.65
モジュール4	0.56	0.54
合計	2.54	2.81

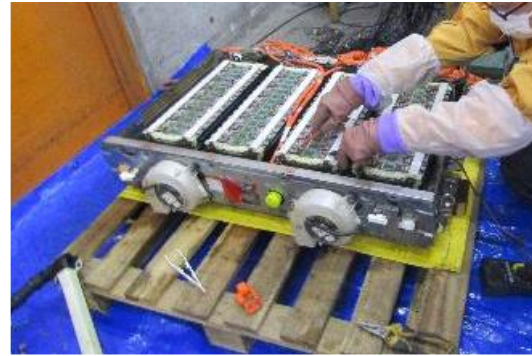


出所：矢野経済研究所

表 2-16.L タイプの失活確認の様子と塩水放電前、放電後の電圧結果

電圧(V)															
セル	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	合計
モジュールA	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1.94
モジュールB	0	0	0	0	0	0	0.7	0	0.7	0	0	0.6	0.9	0.5	3.41
モジュールC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.39
モジュールD	0.7	0.9	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.83
合計															7.57

電圧(V)	
項目	合計
塩水放電前 総電圧	234 V
塩水放電後 単セル電圧の合計	7.57



出所：矢野経済研究所

失活後も可燃物である電解液は残るため、電解液漏れや、引火による火災のリスクは残る。塩水放電してもセル内部の電解液（可燃性液体）がすべて浸漬液中に流れ出る訳ではないため、火種となるものがあると発火する危険性がある。気化した電解液に着火する怖れもあるため、作業時は火気厳禁である。そのほか、セル電圧が 0V 近くまで下がると、電池内でガス発生が起こり、内圧上昇による安全弁作動のリスクがある（開弁→液漏れ→引火すれば火災）。失活後も取り扱いには注意が必要となる。

(6) 乾燥

失活確認が完了した LiB は、自動車再資源化協力機構（以後 JARP）の LiB 共同回収システムで処理を要請する必要がある。ただし、塩水放電を行った LiB は通常の処理フローとは異なるため、JARP に塩水放電後の LiB 処理であることを別途相談することが求められる。

また処理施設に送付する前に、輸送時の荷台への水濡れ等が発生しないように、十分乾燥させる必要がある。乾燥方法は、直射日光を避け、風通しの良い涼しい場所で乾燥させる。各タイプの乾燥時間について、S 及び M は 3 日間乾燥、L は 5 日間乾燥を行った。

S、M、L の放電前及び乾燥後の電圧推移を図 2-13、図 2-14、図 2-15 に示す。M 及び L では乾燥時一部復電するセル・モジュールがあった。塩水放電後乾燥したセルが 1V (2~3V 程度まで) 復電することはあるが、復電したセルを使って外部短絡でショートさせても火花は発生しなかったため、電氣的なエネルギーは十分に放出されており、安全上は問題がないと考える。外部短絡させた結果セルが腐食していたが、それ以外に外観上の変化は特に認められなかった。

S、M、L の乾燥後の様子を図 2-16、図 2-17、図 2-18 に示す。いずれの電池も電極が腐食していたが、それ以外に外観上の変化は特に認められなかった。

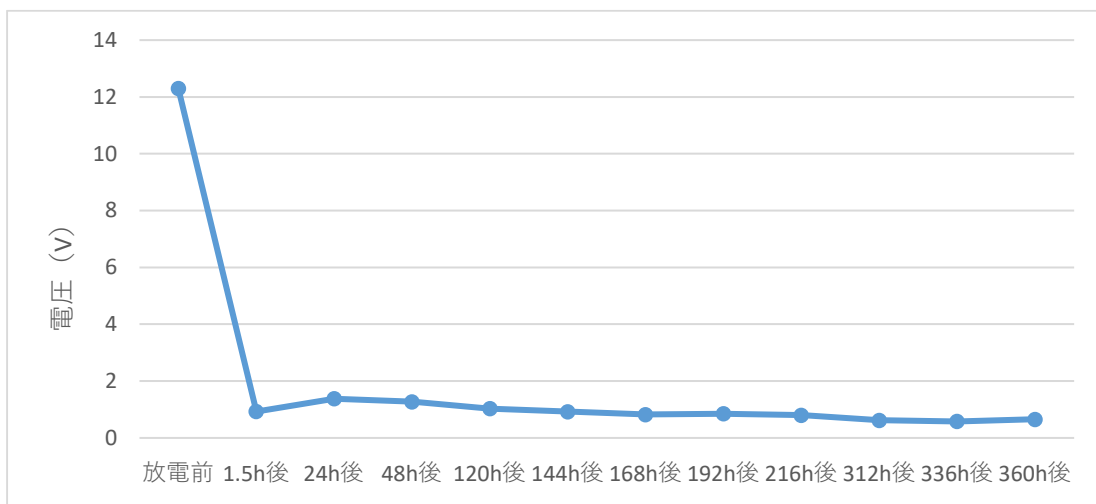


図 2-13.S の放電前及び乾燥後の電圧推移

出所：マテック

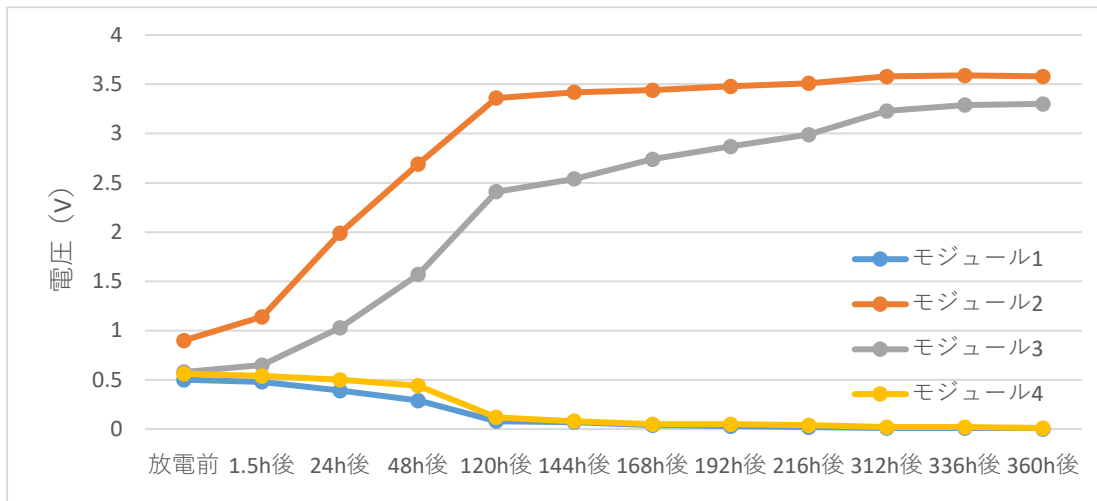


図 2-14.M の放電前及び乾燥後の電圧推移

出所：マテック

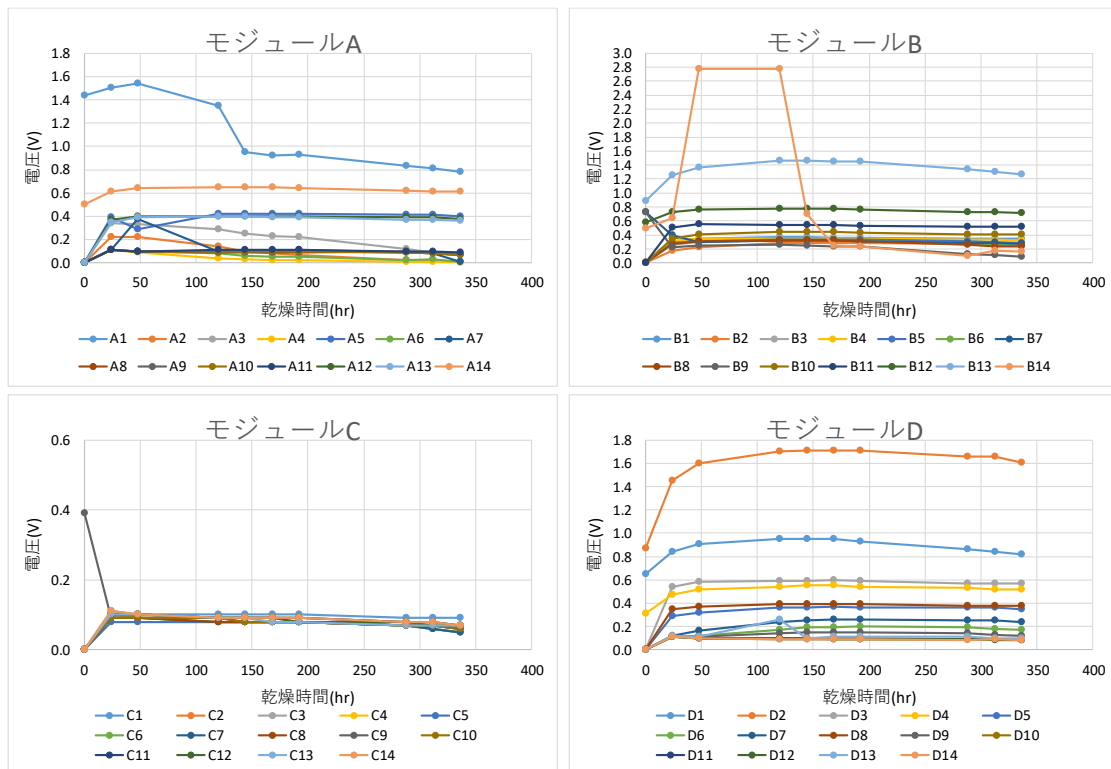


図 2-15. L の放電前及び乾燥後の電圧推移

出所：マテック



図 2-16.S の乾燥後の様子

出所：マテック



図 2-17.M の乾燥後の様子

出所：マテック

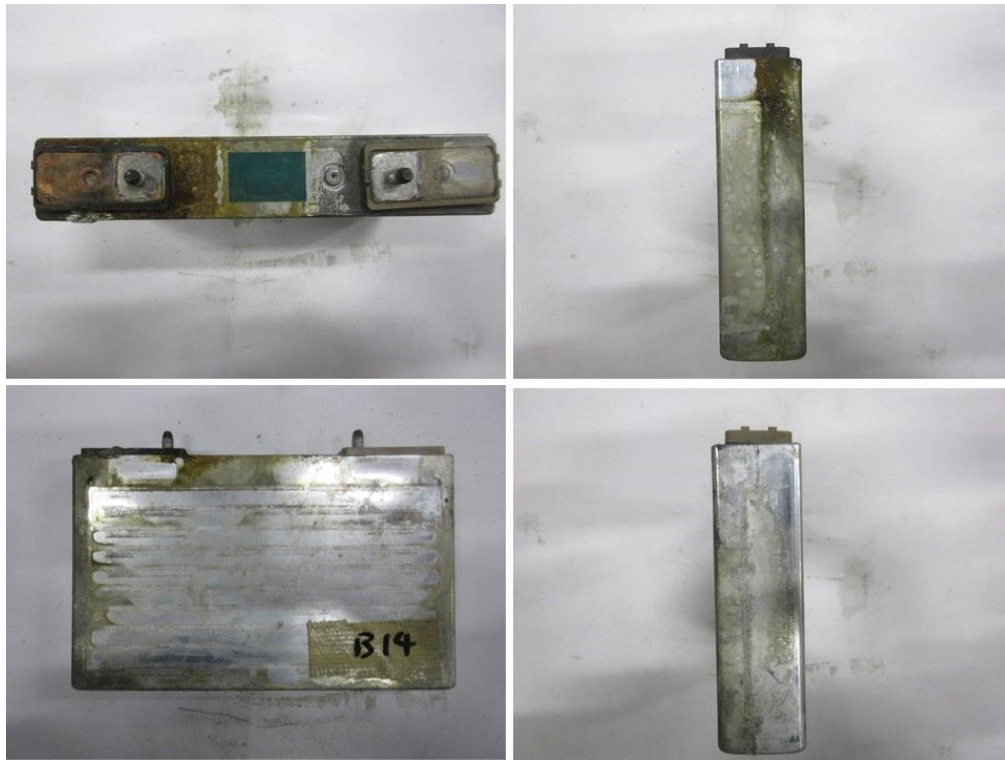


図 2-18.L の乾燥後の様子

出所：マテック

先述したように塩水放電後であっても、LiB セル内の電解液（引火性）は浸漬液中に全量浸出していないため、直射日光や、熱い場所（日なたの鉄板やアスファルト等）では、電池温度上昇→内部圧力上昇→安全弁作動 のリスクがあり、取り扱いには注意が必要となる。

(7) 塩水放電時の発生ガス測定

先述したように LiB を塩水放電した際には、水素、塩素、弗化水素等のガスが発生する。解体事業者が自ら異常電池を安全に処理するためには、これらの発生したガスが作業にとって有害な濃度でないか確認する必要がある。

発生ガス測定では LiB からの発生が想定される水素、全炭化水素、塩化水素、弗化水素、塩素を対象に実施した。公定法の場合、各分析項目で試料を捕集する時間数が異なっており、10 分ごとで可能なものから 3 時間かかるものまでである。公定法を適用させなければさらに短い間隔で計測が可能である。気体試料では分析方法として記載されていないが、水質試料では認められている。気体から分析しても水質と同等の精度を担保でき、近い将来、気体試料でも認められる可能性がある。

水素、全炭化水素は塩水投入後 10 分が反応のピークと見られるため、公定法の 10 分間隔ではなく、さらに短い 4 分間隔での計測を実施することとした。

塩化水素、塩素、弗化水素はそもそも濃度が低いと考えられ、計測間隔を短くしすぎる場合、検出されない可能性がある。検出下限値を引き上げるため、塩化水素は 20 分間隔、弗化水素は 10 分間隔、塩素は 25 分間隔とした。

発生ガス測定箇所を図 2-19 に示す。発生ガス計測は、1 測定つき 2 か所測定した。1 か所は作業者の顔を想定し、容器側面の地面から 150cm 付近で計測し、もう 1 か所は発生ガスの濃度が高いと想定される容器中央の水面近く（容器上部から 30cm 下付近）で計測した。

表 5 1.発生ガス測定検体数

項目	計測間隔 (公定法)	計測間隔 (本実証)	投入 前	投入 直後	4分	8分	10分	12分	16分	20分	25分	30分	40分	50分	1時 間	2時 間後	24時 間後	検体 数
水素	10分ごと	4分 (1分吸引、3分交換)	1	2	2	2	－	2	2	2	－	－	2	－	2	2	2	21
全炭化水素	10分ごと	4分 (1分吸引、3分交換)	1	2	2	2	－	2	2	2	－	－	2	－	2	2	2	21
塩化水素	30分ごと	20分 (12～13分吸引、7分交換)	1	2	－	－	－	－	－	2	－	－	2	－	2	2	2	13
弗化水素	30分ごと	10分 (5分吸引、5分交換)	1	2	－	－	2	－	－	2	－	2	2	2	2	2	2	19
塩素	20分ごと	25分 (20分吸引、5分交換)	1	2	－	－	－	－	－	－	2	－	－	2	－	2	2	11
合計計測タイミング																		85

※数値は 1 回当たりの計測検体数、1 の場合は容器中央（直上）計測のみ

出所：矢野経済研究所



図 2-19.発生ガス測定箇所

出所：矢野経済研究所撮影

表 2-17.発生ガス測定結果

単位：％は体積百分率を示す（水素）、ppmは体積百万分率を示す（水素以外）

試料名称（採取時間）		測定箇所	投入前	投入直後	4分後	8分後	10分後	12分後	16分後	20分後	25分後	30分後	40分後	50分後	1時間後	2時間後	24時間後
水素	定量下限値：0.1%	直上	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	<0.1	-	<0.1	<0.1	<0.1
	基準値適否 （爆発下限界：4%）		○	○	○	○	-	○	○	○	-	-	○	-	○	○	○
	定量下限値：0.1%	側面	-	<0.1	<0.1	<0.1	-	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	<0.1	-	<0.1	<0.1	<0.1
	基準値適否 （爆発下限界：4%）		-	○	○	○	-	○	○	○	-	-	○	-	○	○	○
全炭化水素	メタン換算 定量下限値：1ppm	直上	24	26	18	21	-	18	22	19	-	-	18	-	24	19	32
	基準値無し		-														
	メタン換算 定量下限値：1ppm	側面	-	16	24	18	-	28	15	16	-	-	16	-	17	21	38
	基準値無し		-														
塩化水素	定量下限値：0.3ppm	直上	1.3	0.5	-	-	-	-	-	<0.3	-	-	<0.3	-	0.6	1.1	<0.3
	基準値適否※ 最大許容濃度：2ppm		○	○	-	-	-	-	-	○	-	-	○	-	○	○	○
	定量下限値：0.3ppm	側面	-	<0.3	-	-	-	-	-	<0.3	-	-	<0.3	-	<0.3	<0.3	0.4
	基準値適否※ 最大許容濃度：2ppm		-	○	-	-	-	-	-	○	-	-	○	-	○	○	○
弗化水素	定量下限値：0.1ppm	直上	<0.1	<0.1	-	-	<0.1	-	-	<0.1	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	基準値適否※ 最大許容濃度：3ppm		○	○	-	-	○	-	-	○	-	○	○	○	○	○	○
	定量下限値：0.1ppm	側面	-	<0.1	-	-	<0.1	-	-	<0.1	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	基準値適否※ 最大許容濃度：3ppm		-	○	-	-	○	-	-	○	-	○	○	○	○	○	○
塩素	塩素 （定量下限値：0.05ppm）	直上	<0.05	<0.05	-	-	-	-	-	-	<0.05	-	-	<0.05	-	<0.05	<0.05
	基準値適否※ 最大許容濃度：0.5ppm		○	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-	○	-	○	○
	塩素 （定量下限値：0.05ppm）	側面	-	<0.05	-	-	-	-	-	-	<0.05	-	-	<0.05	-	<0.05	<0.05
	基準値適否※ 最大許容濃度：0.5ppm		-	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-	○	-	○	○

※○適合、×不適合

※公益財団法人日本産業衛生学会韓国2023年度の核物質の許容濃度を基準とした

※全炭化水素は、大気汚染防止法の揮発性有機化合物の測定方法で測定しており、対象施設では排出口において400ppm～60000ppmといった基準が決められている。今回の作業は、この基準が適用される作業ではなく、排出口での測定でもないもので基準なしとした。

出所：環境管理センター

発生ガス測定結果を表 2-17 に示す。水素、塩化水素、弗化水素、塩素ではすべて基準値以下であった。全炭化水素もジャンボックス中央（直上）において投入前は 24ppm、最大でも 24 時間後の 32ppm であり、投入前と投入後の最大値との差はわずかであり一般環境レベルと考えられる。

ただし、この結果は今回実施した n=1 での試験結果によるものである。LiB の状態によってはガス発生量が増える恐れがあるため、塩水放電を実施する際には発生ガスを吸引しない環境下で行うべきである。

(8) 塩水放電後の排水分析

塩水放電後の排水にどのような物質がどの程度含有されているのかを確認するため、Lタイプの塩水放電を行った排水について水質汚濁防止法に規定される「排水基準を定める省令」に準じた49項目の分析を実施した。

Lタイプの塩水放電後の排水分析結果を表 2-18 に示す。

銅・亜鉛・鉄・アルミニウムなどは環境中に排出できない濃度であるが、有害金属等の健康に関する項目では特に基準を超えるものではなく、水酸化物沈殿処理など、一般的な水処理で浄化可能な水質であった。

ただし、ガス分析結果と同様に $n=1$ での試験結果によるものであり、LiB の状態によって排水に含まれる物質の濃度が変化することを考慮しておく必要がある。



図 2-20.採取した排水

出所：矢野経済研究所

表 2-18.L の塩水放電後の排水分析結果

分析項目	単位	環境省 一般排出基準	結果	分析方法
水素イオン濃度 [pH]		5.8-8.6	8.4	JISK0102の12.1 (ガラス電極法) [at25°C]
生物化学的酸素要求量 [BOD]	mg/L	160	1.7	JISK0102の21(DOIはJISK0102の32.3)
化学的酸素要求量 [COD]	mg/L	160	11	JISK0102の17
浮遊 物質 量 [SS]	mg/L	200	390	昭和46年環境庁告示第59号付表9
ノルマヘキサン抽出物質含有量 (鉱油類含有 量)	mg/L	5	<1	JISK0102の24及びK0102の附属書1のIIの1
ノルマヘキサン抽出物質含有量 (動植物油脂類含有量)	mg/L	30	<1	JISK0102の24及びK0102の附属書1のIIの2
フェノール類含有量	mg/L	5.00	0.06	JISK0102の28.1.2
銅含有量	mg/L	3	16	JISK0102の52.5
亜鉛含有量	mg/L	2	28	JISK0102の53.4
溶解性鉄含有量	mg/L	10	<0.1	JISK0102の57.4備考12
クロム含有量	mg/L	2	0.1	JISK0102の65.1.5
大腸菌群数	個/mc3	3000	0	昭和37年厚生省・建設省令第1号
窒素含有量	mg/L	120	14	JISK0102の45.2
燐含有量	mg/L	16	0.21	JISK0102の46.3.2
ガドリウム及びその化合物	mg/L	0.1	<0.001	JISK0102の55.4
シアン化合物	mg/L	1	<0.1	JISK0102の38.1.2及び38.3
有機燐化合物	mg/L	1	<0.1	昭和49年環境庁告示第64号付表1
鉛及びその化合物	mg/L	0.100	0.024	JISK0102の54.4
六価クロム化合物	mg/L	0.5	<0.02	JISK0102の65.2.5
砒素及びその化合物	mg/L	0.1	<0.005	JISK0102の61.4
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化	mg/L	0.005	<0.0005	昭和46年環境庁告示第59号付表2
アルキル水銀化合物	mg/L	検出されないこと	<0.0005	昭和46年環境庁告示第59号付表3
ポリ塩化ビフェニル【PCB】	mg/L	0.003	<0.0005	昭和46年環境庁告示第59号付表4
トリクロロエチレン	mg/L	0.3	<0.0005	JISK0125の5.2.2
テトラクロロエチレン	mg/L	0.1	<0.0005	JISK0125の5.2.2
ジクロロメタン	mg/L	0.2	<0.002	JISK0125の5.2.2
四塩化炭素	mg/L	0.02	<0.0002	JISK0125の5.2.2
1, 2-ジクロロエタン	mg/L	0.04	0.0006	JISK0125の5.2.2
1, 1-ジクロロエチレン	mg/L	0.2	<0.002	JISK0125の5.2.2
シス-1, 2-ジクロロエチレン	mg/L	0.4	<0.004	JISK0125の5.2.2
1, 1, 1-トリクロロエタン	mg/L	3	<0.0005	JISK0125の5.2.2
1, 1, 2-トリクロロエタン	mg/L	0.06	<0.0006	JISK0125の5.2.2
1, 3-ジクロロプロペン	mg/L	0.02	<0.0002	JISK0125の5.2.2
チウラム	mg/L	0.06	<0.0006	昭和46年環境庁告示第59号付表5
シマジン	mg/L	0.03	<0.0003	昭和46年環境庁告示第59号付表6の第1
チオベンカルブ	mg/L	0.06	<0.002	昭和46年環境庁告示第59号付表6の第1
ベンゼン	mg/L	0.100	0.008	JISK0125の5.2.2
セレン及びその化合物	mg/L	0.1	<0.002	JISK0102の67.4
ほう素及びその化合物	mg/L	10	<0.2	JISK0102の47.4
ふっ素及びその化合物	mg/L	8.0	0.4	JISK0102の34.1
1, 4-ジオキサン	mg/L	0.5	<0.001	昭和46年環境庁告示第59号付表8
アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び酸化合物	mg/L	100	1.4	JISK0102の43.2.1に準ずる
溶解性マンガ	mg/L	10	0.12	JISK0102の56.4備考8
全鉄	mg/L	なし	59	JISK0102の57.4
マンガ	mg/L	なし	0.39	JISK0102の56.5に準ずる
ニッケル	mg/L	なし	1.6	平成15年10月10日健水発第1010001号別添方法4
アルミニウム及びその化合物	mg/L	なし	27	平成15年厚生労働省告示第261号別表第6
リチウム	mg/L	なし	0.02	分ず析る化学便覧改訂六版5.1.1aに準
コバルト	mg/L	なし	<0.01	JISK0102の60.4

出所：一般財団法人 北海道薬剤師会公衆衛生検査センター

2.1.4. 消火試験

解体現場での異常電池発火を想定し、初期消火に有効な方法（消火器）を確認するため、モジュール及びパックでの消火試験を実施した。

(1) 消火器選定

主な消火器の種類を表 2-19 に、主な火災の分類を表 2-20 に示す。消火器には、水系消火器、粉末系消火器、ガス系消火器の 3 種類がある。水系消火器には薬剤の違いにより、強化液、強化液（中性）、泡、水（浸潤剤等入り）消火薬剤がある。粉末消火器は ABC、Na、K 消火薬剤がある。ガス系消火器は主に二酸化炭素消火器がある。火災には A 火災、B 火災、C 火災があり、それぞれ適した消火器が異なる。

表 2-19. 主な消火器の種類

名称		定義	消火作用	
水系 消火 薬剤	強化液消火薬剤	アルカリ金属塩類の水溶液であって、アルカリ性反応を呈する。凝固点は、零下 20 度以下。	A 火災では水の冷却効果。B 火災では燃焼連鎖反応を抑制するアルカリ金属イオンによる負触媒効果。	
	強化液（中性） 消火薬剤	アルカリ金属塩類等の水溶液であって、中性反応を呈する。凝固点は、零下 20 度以下。フッ素系界面活性剤や炭化水素系界面活性剤が含有され、放射すると泡を形成する。	A 火災では水の表面張力低下能による木材等への浸透、付着効果と水の冷却効果。B 火災に対しては泡による窒息効果と冷却効果。	
	泡消火 薬剤	化学泡 消火 薬剤	化学反応により泡を形成する消火薬剤。外筒 A 剤は炭酸水素ナトリウム、内筒 B 剤は硫酸アルミニウムが主剤。各々水に溶解して消火器の外筒、内筒に充てんする。A 剤、B 剤が混合反応し、泡を生成する。	化学反応により発生する二酸化炭素が水酸化アルミニウムを核とした泡を発泡させる。A 火災では泡の付着性による窒息効果と水の冷却効果。B 火災では泡による窒息効果と冷却効果。
		機械泡 消火 薬剤	炭化水素系合成界面活性剤を主剤とし、泡ノズルにより泡を生成する中性の水溶液。フッ素系界面活性剤を添加した油面上に水成膜を形成するものもある。	A 火災では表面張力低下による木材等への浸透性効果と水による冷却効果。B 火災では泡による窒息効果と冷却効果。水成膜については油蒸発抑制効果もある
	水 （浸潤剤等入り）	浸潤剤、不凍剤その他消火能力を高め、性状を改善するための薬剤を添加物として混和した水。	水による冷却効果と燃焼連鎖反応を抑制する添加物生成イオンによる負触媒効果、浸透性効果、防曇効果がある。	
粉末消火薬剤 ABC、Na、K消火薬剤		防湿加工を施したナトリウム若しくはカリウムの重炭酸塩類その他塩類又はりん酸塩類、硫酸塩類その他防炎性塩類（以下、「りん酸塩類等」という。）で、180 ミクロン以下の微細な粉末。	火炎熱により微細粒子粉末から分解生成されるアルカリ金属イオン、アンモニウムイオン、りん酸イオン等による燃焼連鎖反応を抑制する負触媒効果、粉末雲による窒息効果。	
ガス 系消 火器	CO ₂ 消火器	二酸化炭素（CO ₂ ）を高圧で圧縮、液化して消火器内に充填し、放出することで消火する消火器。不活性ガス消火器の一種で、窒息効果や冷却作用により消火可能。	二酸化炭素消火器は、A 火災での使用は限られるが、B 火災・C 火災には適合する。とりわけC 火災（電気火災）に有効で、消火剤は気化するため鎮火後の設備復旧が容易なのが特徴のひとつ。消火剤が金属や電気機器類と化学反応を起こす心配がなく、パソコンなどの精密機械が汚損するリスクも最小限に抑えられる。 なお、閉め切った室内で使用する二酸化炭素の濃度が高まり中毒になるおそれがあるため、適切な使い方を把握したうえでの使用が求められます。また、法令により設置場所が限られている。	

出所：日本消防検定協会「消防機器 早わかり講座」及びその他各種資料より矢野経済作成

表 2-20.火災の分類と適用消火器

名称			A火災	B火災	C火災
火災の種類			紙、木材、布等が 燃焼する火災	ガソリン、灯油、油 脂、アルコール等が 燃焼する火災	電気機器、電気設 備機器等による火 災
水系消火薬剤	強化液消火薬剤	棒状放射	○	—	—
		霧状放射	○	○	○※
	強化液（中性）消火薬剤		○	○	○※
	泡消火薬剤	化学泡消火薬剤	○	○	—
		機械泡消火薬剤	○	○	—
	水（浸潤剤等入り）		○	—	△※
粉末消火薬剤	ABC消火薬剤		○	○	○
	Na消火薬剤		—	○	○
	K消火薬剤		—	○	○
ガス系消火器	CO ₂ 消火器		△	○	○

※消火薬剤を放射した際、漏れ電流試験基準を満足する放射ノズルを備えた消火器がC火災適応となる。

出所：日本消防検定協会「消防機器 早わかり講座」及びその他各種資料より矢野経済作成

消火器メーカー、自動車メーカー、電池メーカー、その他有識者へのヒアリングから LiB 火災に適している消火器 4 種類（強化液（中性）消火器、水（浸潤剤入り）消火器、ABC 消火器、CO₂ 消火器）を絞り込んだ。評価したポイントとしては、以下 4 点である。選定した 4 種消火器の事前評価結果を表 2-21 に示す。

- ・冷却能力
- ・消火液の電気伝導率
- ・消火時の視認性
- ・鎮火能力

冷却能力について、水（浸潤剤等入り）が最も高いと想定した。

導電率について、導電率が高い消火液の場合、それ自体に導電率があると、塩水放電している状態と同様の状況となり、LiB の短絡が開始し、消火するつもりが燃え広がる結果になると考えられる。水の導電率は 0.128 mS/cm であり、なるべくそれよりも低い導電率が望ましい。CO₂ 消火器はガスのため導電率の影響はないが、計測可能な 3 種類の導電率を計測した結果、水（浸潤剤等入り）が最も低く 0.007 mS/cm という結果であった、ABC 消火器、強化液（中性）は水よりも導電率が高いという結果になった。

消火時の視認性については、水（浸潤剤等入り）が最も優れていると推測され、ABC 消火剤は粉末のため、視認性が悪いと推測した。

鎮火能力については、いずれもセルレベルであれば鎮火可能と推測したが、モジュール、パッケレベルでは難しい可能性があるという推測した。

表 2-21.選定した消火器 4 種類の事前評価結果

名称		冷却能力	電気導電率 (mS/cm) ※水の導電率は0.128	消火時の 視認性	鎮火能力（想定）			評価
					セル	モジュール	バック	
水系消火器	強化液（中性） 消火薬剤	△？	△ 0.742	△？	○	×？ 短絡危険	×？ 短絡危険	LiBの初期消火には適した消火器と考えられ、単セルの初期消火には有効でも、組付けられたバックでは消えなかった場合は、結果水をかけることとなり、水をかけることで含有しているアンモニウム系が反応しアンモニウム塩となり、結果塩水放電したような状態となり短絡が始まり、消すつもりが燃え広がる結果になる可能性がある。
	水（浸潤剤等入り）	○	○ 0.007	○	○	△？	△？	主な目的は冷却であり消火目的ではない。水消火器使用後は、出来るだけ速やかに消火栓より採水し放水（消防到着まで継続）する。 導電率は低いため、短絡の発生の危険性は低い。 消火作業時の視認性や周辺設備への被害（汚染）が少ないという利点はある。
粉末消火薬剤	ABC消火薬剤	△？	× 加熱後+ 水道水29.6 加熱前+ 水道水104	×	○	△？ 粉末不足で 消火不可？	△？ 粉末不足で 消火不可？	単セルの初期消火には有効でも、粉末が不足し、消化しきれない場合、結果水をかけることとなり、水をかけることで含有しているアンモニウム系が反応しアンモニウム塩となり、結果塩水放電したような状態となり短絡が始まり、消すつもりが燃え広がる結果になる。
ガス系消火器	CO ₂ 消火器	△？	○ （ガスのため 導電率は関係ない）	△	○	△？ ガス不足で 消火不可？	△？ ガス不足で 消火不可？	窒息効果はあるが、冷却効果の持続性が無いと予想される。LiBは発火すると正極材より酸素が放出され燃焼し続ける環境を自らつくってしまうためガス不足による、窒息効果低減が想定される。 消火作業時の視認性や周辺設備への被害（汚染）が少ないという利点はある。

出所：マテック資料等から矢野経済研究所作成

(2) モジュール消火試験結果

モジュールでの消火試験について、強制的に発火させた LiB モジュールに選定した 4 種類の消火器を使用し、効果（炎の減少、冷却）を確認した。

① 使用 LiB

モジュール消火試験で使用した LiB を表 2-25 に示す。日産の LEAF のモジュールを用いて消火試験を行った。反応が最大となるように満充電状態で試験を実施した。

表 2-22.モジュール消火試験で使用した LiB

	LL
車種	日産LEAF
写真	
セル個数	8セル/1モジュール（合計192セル）
モジュール個数	24
接続方式	2並列2直列のユニット2個
電圧/総電圧	350V
容量	40kWh
重量	約303kg

出所：マテック資料等から矢野経済研究所作成

② 発火方法

LiB モジュールの着火方法を図 2-21 に示す。パック試験を想定し、LiB モジュールを強制的に発火させるため、ヒーターを隣のモジュールへの延焼を狙って端の上部 4 セルと下部 4 セルの間に設置した。

発火時の温度計測を実施するための熱電対はセル上部とヒーター近傍に設置した。

消火試験の様子を図 2-22 に示す。電池本体以外に、空間と底面の温度も熱電対で測定した。

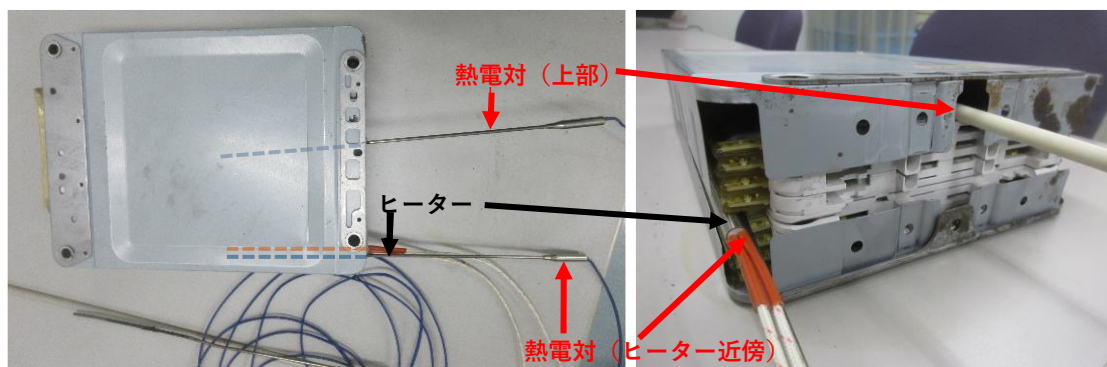


図 2-21.LiB モジュールの着火方法

出所：マテック

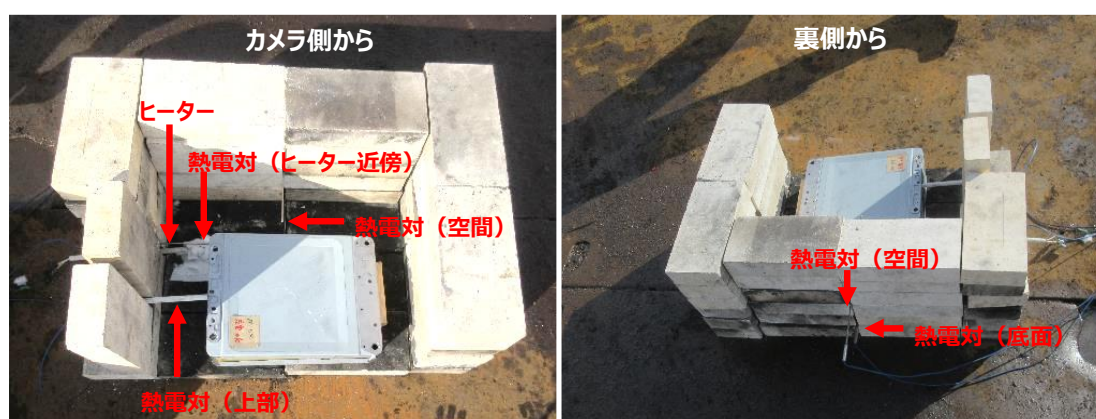


図 2-22.消火試験の様子

出所：マテック

③ 消火試験

・ 目視確認

モジュールレベルで消火試験を実施した。消火試験結果を表 2-23 に示す。使用した消火器本数/液量が同一ではないため、横並びの比較はできないが、強化液（中性）消火器、水（浸潤剤入り）消火器、ABC 消火器、CO₂ 消火器で消火を行ったが、いずれも鎮火には至らなかった。

最も火が消えていた時間が長かったのは強化液（中性）消火器である。2 本使用したところで火が消えたが、7 分後に再燃した。LiB に対して再度 3 本目を噴霧し火が消えたところで水没処理を行った。水没処理を実施しなかった場合、再燃していたと推測される。

水（浸潤剤入り）は 1 本の使用量であり、火が消えなかった。

ABC 消火器及び CO₂ 消火器は噴射している時は一瞬火が消えるが、噴射をやめると再燃した。

表 2-23.モジュールでの消火試験結果

項目	強化液（中性） 消火器	水（浸潤剤入り）	ABC消火器	CO ₂ 消火器
画像				
詳細	2本使用したところで火が消えるが、炎が消えてから約7分後、再び炎があがる。再燃したLiBに対し3本目を噴霧、その後水没させた。	火が消えない	一瞬火が消えるが、数秒後再燃する	一瞬火が消えるが、噴射を止めるとすぐ再燃する
使用本数	3本	1本	3本	1本
薬剤量	3L/本	3L/本	不明	2.3kg/本
噴霧時間	約50秒/本	34秒/本	約1分12秒/本	16秒/本

出所：マテック撮影動画から矢野経済研究所作成

・温度計測

まずは消火器未使用時の温度計測を実施し、消火器使用のタイミングを決定した。なお温度計測はヒーター近傍、電池上部、電池底面、空間の4地点で計測している。

消火器未使用時について、燃焼は上部4セルに火が付き、その後下部の4セルに延焼していたことが目視から確認できた。消火器噴霧のタイミングを、上部セルに十分火が廻り、下部のセルの電解液に火が付いた時に開始することとした。

各種消火器の温度変化を図 2-24、図 2-25、図 2-26 に示す。消火器未使用時の温度データを併記している。

消火器未使用時は、ヒーター近傍（灰色）は、240℃から急激に温度が上昇し、最大約 900℃まで温度が上昇した。電池内部は最大 900℃まで温度が上昇し、電池上部（赤線）は着火から少し遅れて温度上昇が始まり、最大 606℃まで温度が上昇した。電池底面（青線）は着火後しばらくしてから温度上昇が始まり、その後 300℃付近で一定となった。空間の温度も最大 850℃まで温度が上昇した。

強化液（中性）消火器は、噴射1本目の終了直後から温度が上昇し始めており、1本では火勢を弱められなかったと考えられる。噴射2本目に火を消すことができ、空間温度は 35℃まで下がった。

電池上部の温度（赤線）は、2 本目噴射が終了した後も 100℃付近を維持していた。水の気化熱が温度上昇を抑えたと考えられる。電池底面（青線）は、2 本目終了後温度が上がり始め、100～110℃付近で温度が安定していた。その後急激に温度が上昇している。100～110℃付近の温度の安定は、水の気化熱による温度上昇の抑制効果の影響と考えられるが、電池上部に比べると抑制時間が短く、十分に水が行き渡っていなかった可能性がある。

再発火は電池上部の温度が 383℃（底部 305℃）の時に発生しており、鎮火のためには少なくともこれらの温度より低くする必要がある。

水（浸潤剤入り）消火器は、電池底面（青色）の温度推移を見ると、一度温度が上昇した後、消火器の噴射により降下し、しばらく 100℃付近を維持していた。水の冷却効果によるものと考えられる。しかし、炎が消えていなかったため、水が蒸発した後は急激に温度が上昇したと考えられる。

ABC 消火器は、底面の温度変化（青色）を見ると、じわじわと温度が上がっている。消火剤を使わない時と同じような上昇傾向を示しており、熱伝導によるものと推測される。空間温度の冷却には効果的であるが、電池冷却には効果が低い。

CO₂ 消火器は、炎が瞬時に消えて空間温度が下がったが、持続効果が低く、すぐに温度が上昇した。電池上部、電池底面の温度変化は空間温度の上昇と連動し、急激に上昇していた。

噴射後の温度降下と冷却にかかった時間から計算した空間の冷却能力を表 2-24 に示す。空間の冷却能力が最も高かったのは CO₂ 消火器で、目視による火勢が弱くなった観測結果と一致していた。

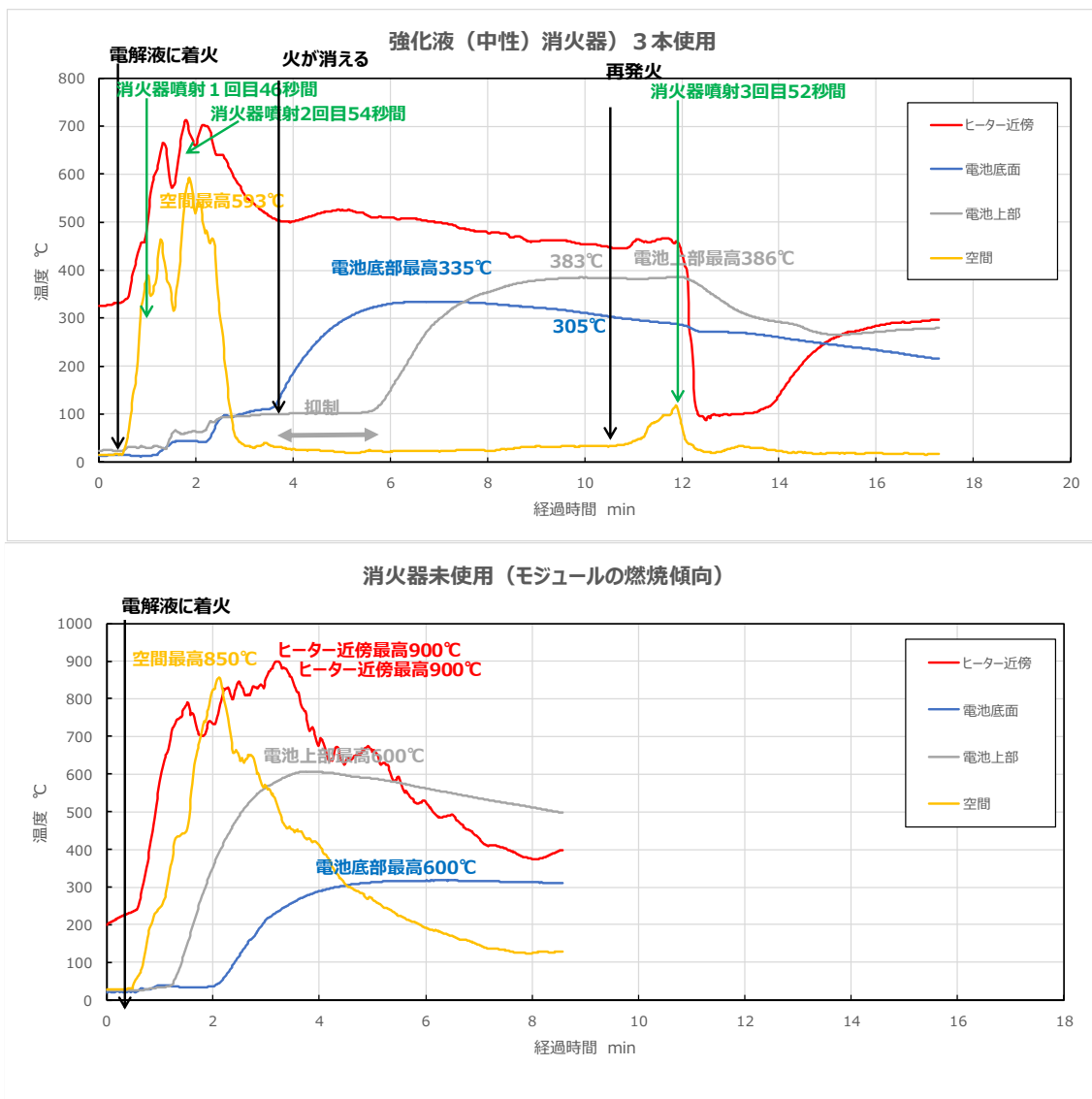


図 2-23.強化液（中性）消火器使用時の温度推移（消火器未使用時との比較）

出所：マテック

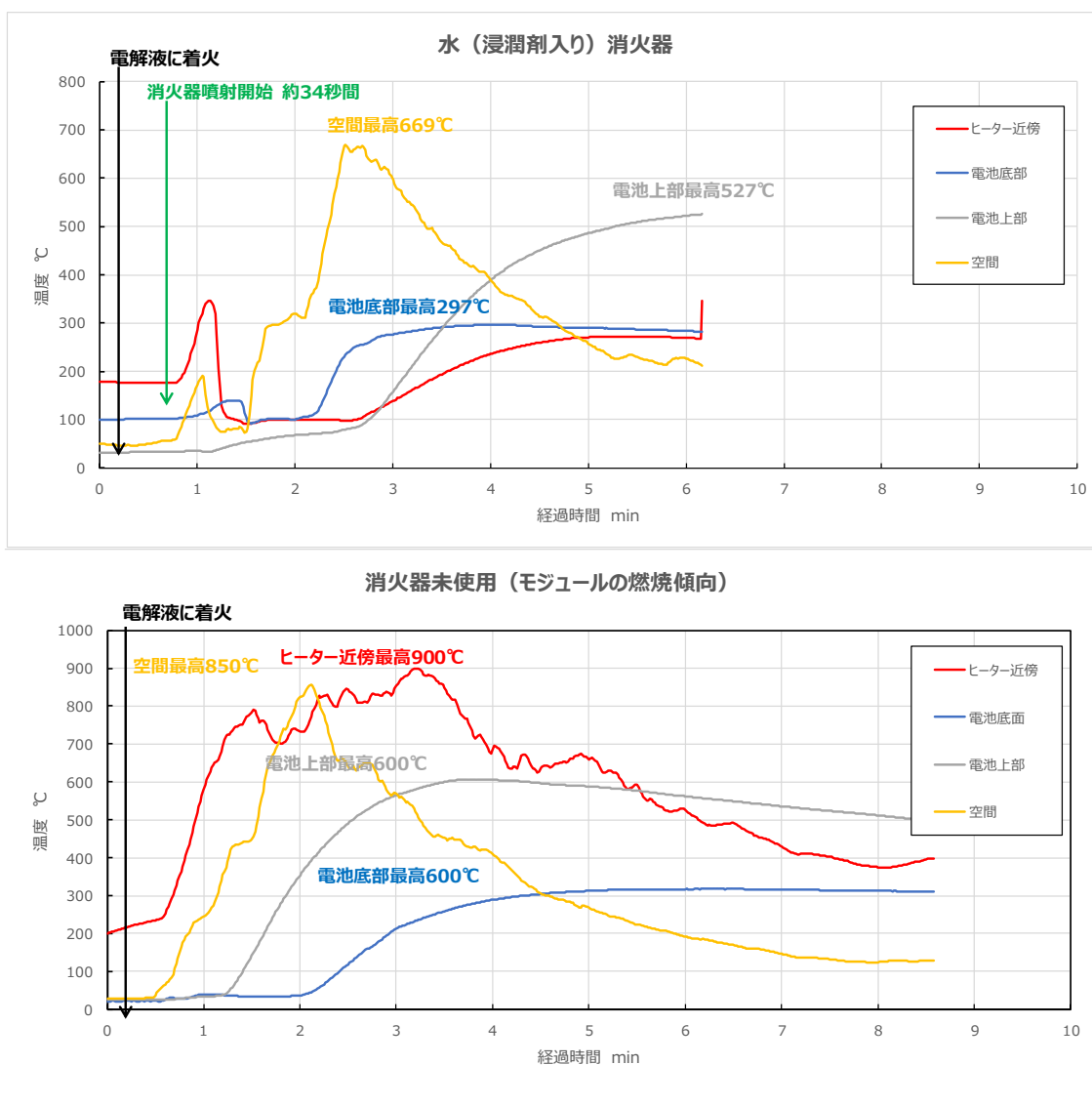


図 2-24. 水（浸潤剤入り）消火器使用時の温度推移（消火器未使用時との比較）

出所：マテック

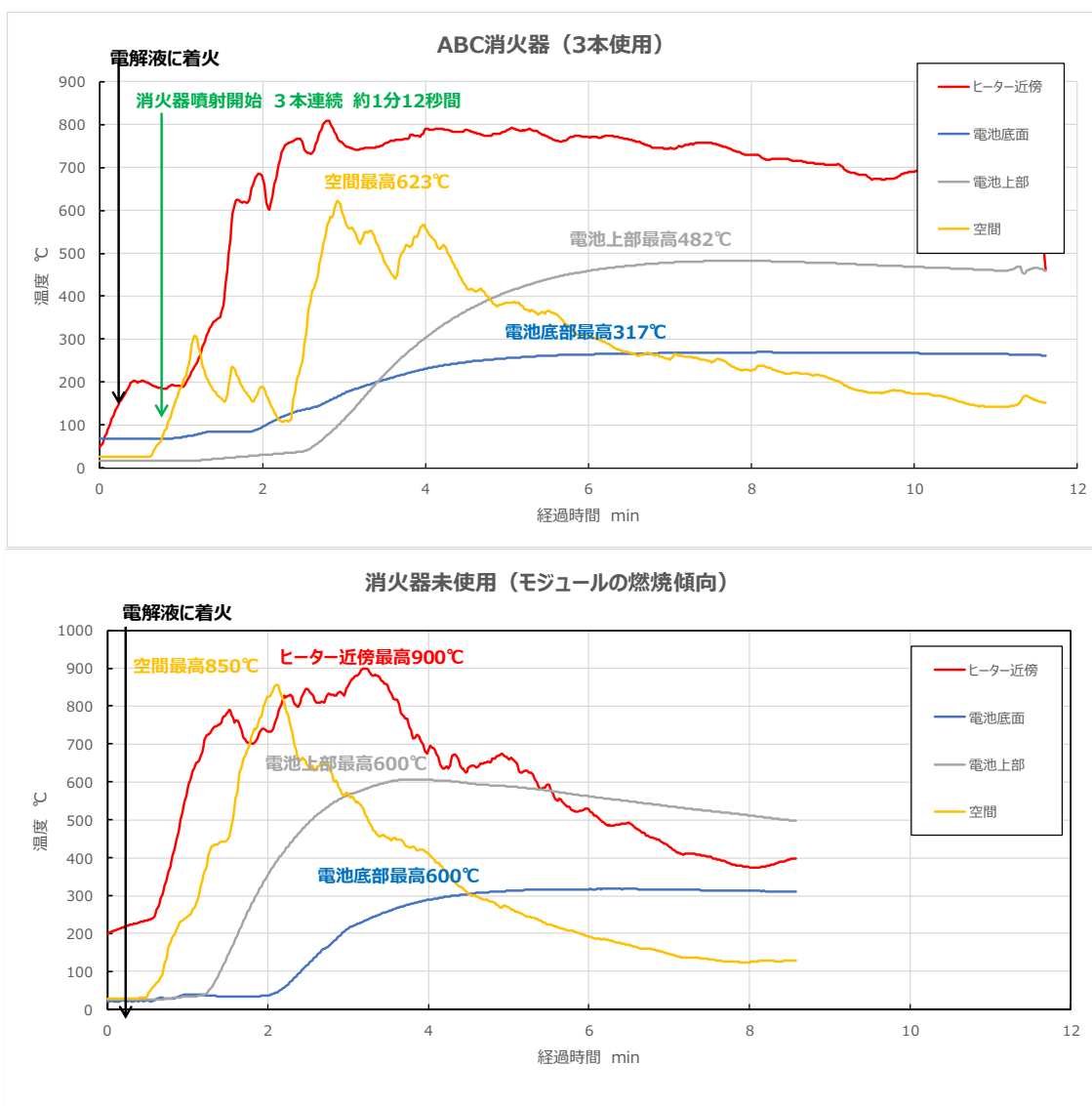


図 2-25. ABC 消火器使用時の温度推移（消火器未使用時との比較）

出所：マテック

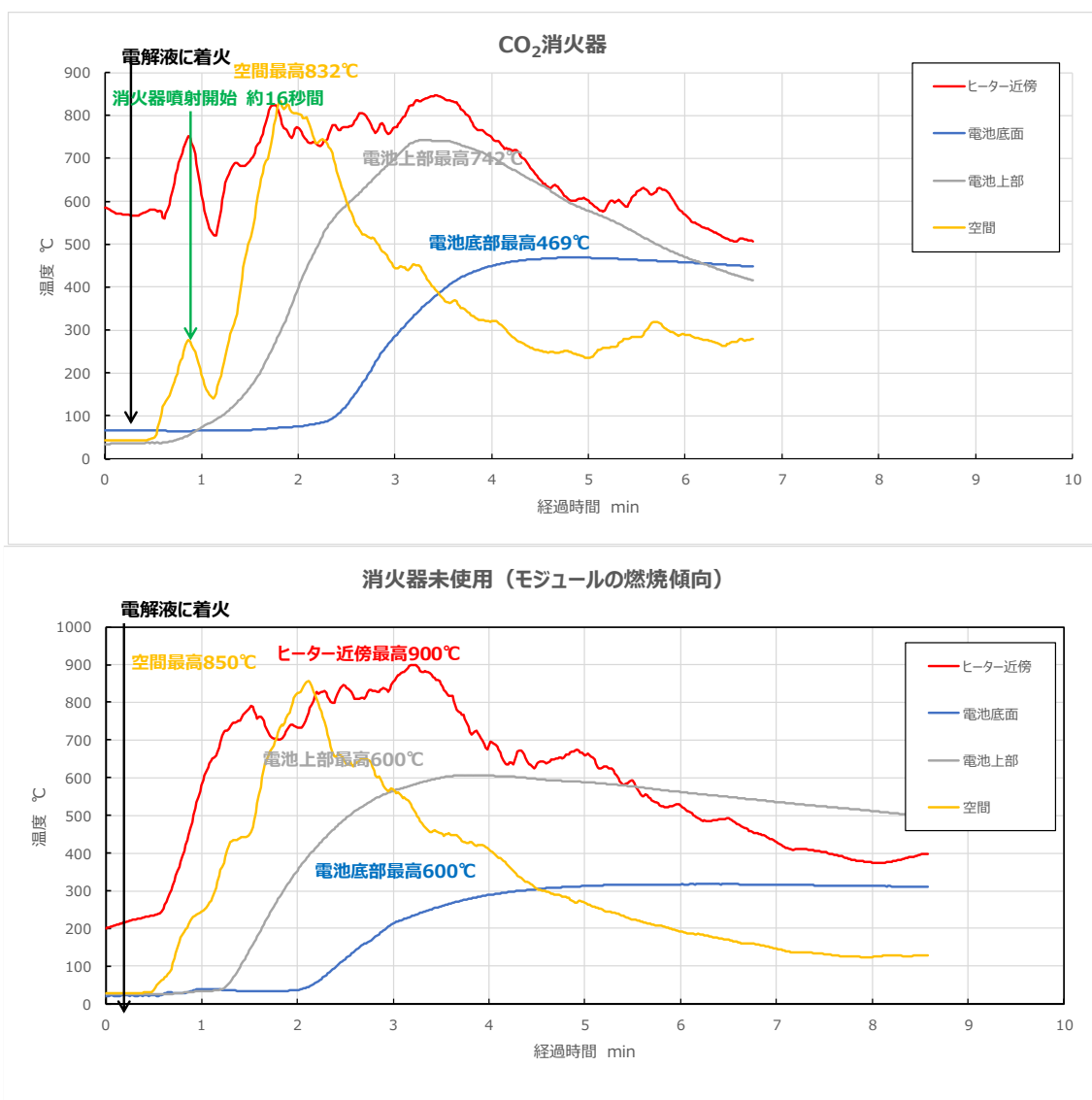


図 2-26.CO₂ 消火器使用時の温度推移（消火器未使用時との比較）

出所：マテック

表 2-24.各種消火器の空間冷却能力

	空間温度
強化液（中性）消火薬剤	噴射直前 噴射終了後 541℃ → 37℃ (46秒+54秒)、 $\Delta t = -5.04^\circ\text{C}/\text{秒}$
水（浸潤剤等入り）	噴射直前 噴射終了後 190℃ → 74℃ $\Delta t/s = -116^\circ\text{C}/34\text{秒} = -3.4^\circ\text{C}/\text{秒}$
ABC消火薬剤	噴射直前 噴射終了後 306℃ → 109℃ $\Delta t/s = -197^\circ\text{C}/72\text{秒} = -2.7^\circ\text{C}/\text{秒}$
CO ₂ 消火器	噴射直前 噴射終了後 275℃ → 140℃ $\Delta t/s = -135^\circ\text{C}/16\text{秒} = -8.4^\circ\text{C}/\text{秒}$

※強化液（中性）、ABC消火は各3本使用時の、水、CO₂消火器は各1本使用時の評価

※消火器使用本数・気温・風等の条件が異なるため、評価はあくまで参考値

出所：マテック

④ 試験総括

モジュール試験総括を表 2-25 に示す。消火器候補として、強化液（中性）消火器、水（浸潤剤入り）消火器、ABC 消火器、CO₂ 消火器、で消火を実施したが、いずれも鎮火には至らなかった。ただし、使用量が異なるため単純比較は難しいが、強化液（中性）消火器、水（浸潤剤入り）の消火能力が高かったと推測される。

表 2-25.モジュール試験総括

種類	概要	空間の 炎消火	電池冷却	電気伝導率 (低)	消火時の 視認性	鎮火能力
強化液（中性）消火器	空間の炎に対しての消火能力、電池の冷却能力があり、使用量を増やすことで鎮火できる可能性がある。	○	○	△	△	×
水（浸潤剤入り）消火器	空間の炎に対して消火能力があり、電池の冷却能力が高いため、使用量を増やすことで鎮火できる可能性がある。	○	○	◎	○	×
粉末ABC消火器	空間の炎に対する消火能力が高く、温度上昇を抑制する効果があるが、電池の冷却能力が低いため、3本使っても熱暴走を抑制する事が出来なかった。	○	×	×	×	×
CO ₂ 消火器	空間の炎に対して消火能力が高かったが、電池の冷却能力が低くすぐに再発火してしまった。	○	×	◎	△	×

※◎優、○可、△概ね不可、×不可

出所：マテック

(3) パック

パックでの消火試験を実施した。モジュールでの鎮火を達成できなかったことから、実施目的を消火器 2 種（強化液（中性）及び水（浸潤剤入り）消火器）を用いたパック発火時の挙動確認とした。

モジュールの発火状況から、ヒーターを挿入した 1 つのセルから連鎖して次々と発火し、強化液（中性）消火器、水（浸潤剤入り）消火器を使用することで、延焼を一定時間抑制できるが、鎮火には至らないのではないかという推測のもとで実施した。

主な検証方法を以下に示す。

- 熱電対を使用した温度推移の把握
- 延焼時の周辺温度の把握
 - ※鉄箱に入れて試験するため、周辺高さ方向で 50cm・1m で設置
- 目視確認・動画撮影による発火・燃焼状態の把握
- 臭気の確認（燃焼状態把握）

① 使用 LiB

パック消火試験でも日産 LEAF を使用した（表 2-22）。反応が最大となるように満充電状態で試験を実施した。



図 2-27.SOC²調整の様子

出所：マテック撮影

² SOC とは、State Of Charge の略称であり、電池の充電状態を表す指標である。

② 発火方法

パック消火試験方法を図 2-28 に示す。鉄箱に日産 LEAF 電池パックを入れ、ヒーターを用いて発火させる。発火後、消火器により消火を行うが、消火できない場合水没させることとした。

パックの発火方法について、パック試験でのヒーター設置個所を図 2-29 に示す。LiB パックを A、B、C のブロックごとに分けてヒーターのスイッチを入れ、燃焼の様子を確認した。まずは A のヒーターのスイッチを入れ、A で着火しなければ B のヒーターのスイッチも入れ、B で着火しなければ C のヒーターのスイッチも入れることとした。A のヒーターのスイッチを入れ、着火すればそこでヒーターのスイッチをオフにした。

パック試験でのヒーターと熱電対の設置位置を図 2-30 に示す。LiB 上部、底面、ヒーター一側、鉄箱側面、鉄箱底面、空間に熱電対を設置し温度計測を実施した。

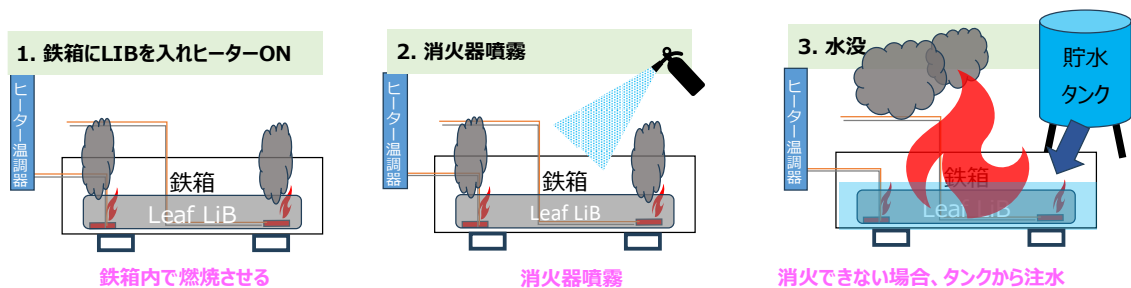


図 2-28. パック消火試験方法

出所：マテック

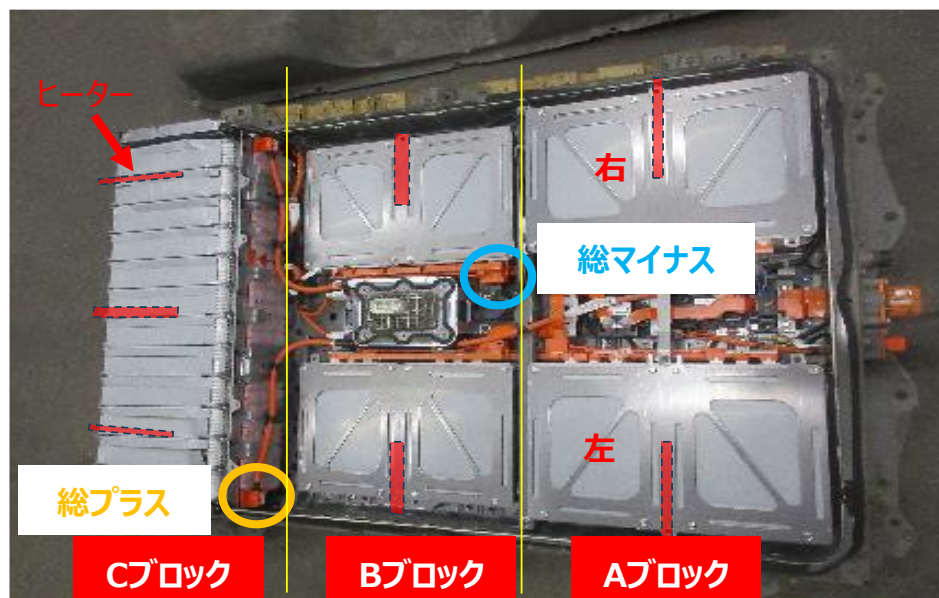


図 2-29. パック試験でのヒーター設置個所

出所：マテック

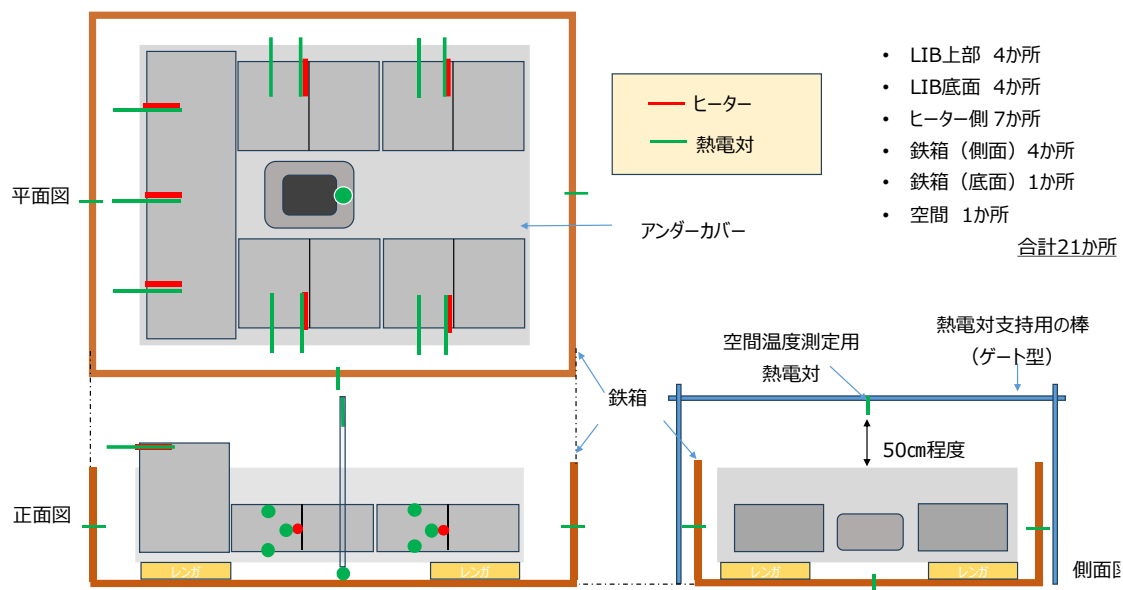


図 2-30.パック試験でのヒーターと熱電対の設置位置

出所：マテック

③ 消火試験

・ 目視確認

パック消火試験の様子を図 2-31 に、パックでの消火試験結果を表 2-26 に示す。燃焼の様子が確認可能なように、燃焼物近くにカメラを設置し、離れたモニターで燃焼の様子を確認しながら試験を実施した。

万が一の延焼に備え、試験は鉄板上で行い、石狩消防署の協力のもと、消火用の大量の水を用意した。風はパックの右から左に向かって吹いており、試験時は、鉄箱の左側に炎が流れていく状況であった。

水消火器は 10 本使用したが鎮火には至れなかった。

強化液（中性）消火器は、12 本使用した後に火が消えたものの、噴霧をやめると 1 分以内に再発火した。消火中に電極部でパチパチと音をたてて反応しており、消火液の導電率の影響と考えられる。



図 2-31.パック消火試験の様子
出所：矢野経済研究所、マテック撮影

表 2-26. パックでの消火試験結果

項目	水（浸潤剤入り）	強化液（中性） 消火器
画像		
詳細	火が消えない	一瞬火が消える（12本使用）が、噴霧をやめると1分以内に再発火する。再発火後、消火を再開したが、火が消えなかった。消火中に電極部でバチバチと音を立て大きく反応。導電率の影響と考えられる。
使用本数	10本	15本
薬剤量	3L/本	3L/本
噴霧時間	34秒/本	約50秒/本

出所：矢野経済研究所

・ 温度計測

Aブロック左右の測定箇所を図 2-32 に、鉄箱上部・パック底面の測定箇所を図 2-33 に、鉄箱前方・後方の測定箇所を図 2-34 に、鉄箱左面・右面の測定箇所を図 2-35 に示す。

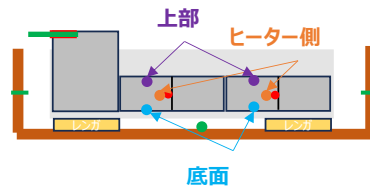


図 2-32. Aブロック左右の測定箇所

出所：マテック

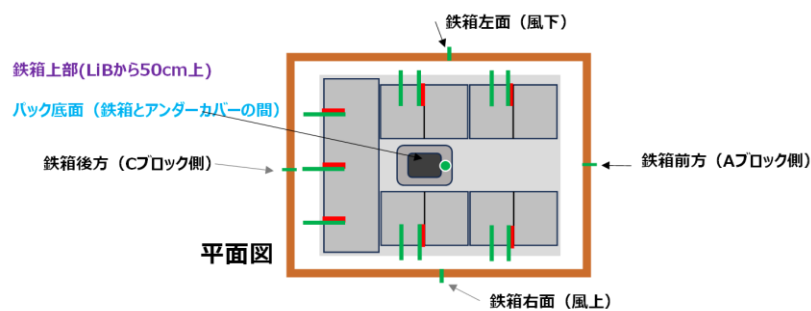


図 2-33.鉄箱上部・パック底面の測定箇所

出所：マテック

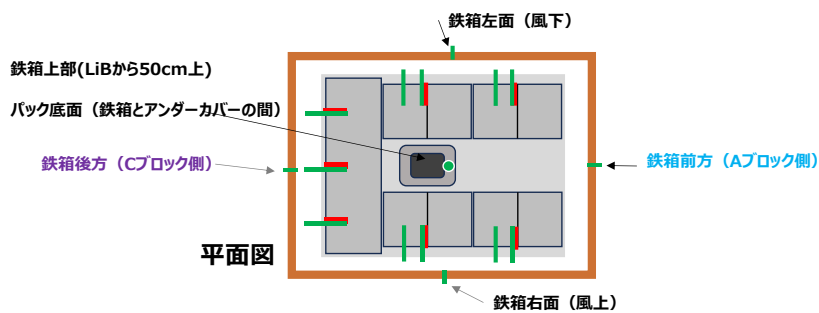


図 2-34.鉄箱前方・後方の測定箇所

出所：マテック

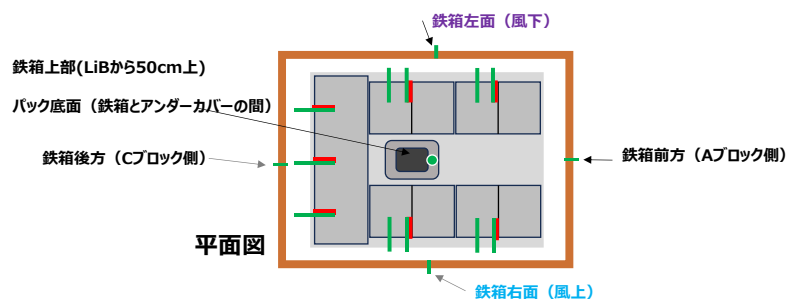


図 2-35.鉄箱左面・右面の測定箇所

出所：マテック

水（浸潤剤入り）消火器及び強化液（中性）消火器の温度測定結果を図 2-36 に示す。

- 水（浸潤剤入り）消火器

水（浸潤剤入り）消火器は、先述したように、水消火器を 10 本使用しても A ブロックの消火はできなかった。

LiB 上部の温度は、消火器の噴射終了後から上昇し始め、左右両ブロックとも最高温度が 600 度を超えた。

底面の温度は、一部 100℃を超える時間帯があったが、その後は、100℃で一定となっていた。底面に消火液が供給され、100℃を維持できたものと推測される。

鉄箱上部は大きく分けて 3 つピークがあり、それぞれ A ブロック、B ブロック、C ブロックの点火後に出現している。B ブロックの最高温度が高いのは、測定点がより近い位置にあったためと考えられる。

底面の温度では、A と B ブロックの炎が出ている時の上昇幅は少なかった。100℃以下で推移している時間が長いことから、水の蒸発による冷却ではなく、単に熱が伝わっていないことが要因であると考えられる。

C ブロックの炎が出てから底部の温度上昇が始まり、224℃を超えたところで異常信号が発生し、温度表示されなくなった。動画を確認するとこの時点の炎は鉄箱に向かって出ており、容器を介した熱伝導により上昇していると推察される。

鉄箱側面の温度は、風の影響を受けたためか、測定点による差が大きい。風下の左側面は最高温度 540℃を記録した。

前方、後方の壁面温度は 300℃以下であった。

- 強化液（中性）消火器

強化液（中性）消火器は LiB 上部の温度は最高 352℃であった。

LiB 上部左側では風向の影響により炎が当たり続け、最高 352℃まで温度が上昇した。LiB 底面では噴射終了後に約 100℃付近で保持された。全体的にデータ欠損が多く、導電性の高い消火液を使用したことによる短絡の影響が想定される。

噴射終了後の鉄箱上部は 695℃、箱後方の壁面最高温度は 718℃、鉄箱左面の壁面最高温度は 688℃であった。

- 水（浸潤剤入り）消火器及び強化液（中性）消火器比較

強化液（中性）消火器は、水（浸潤剤入り）消火器 10 本使用（噴射時間約 5 分）に比べ LiB 上部の温度は下がっており、水（浸潤剤入り）消火器が 614℃に対して、強化液（中性）消火器は 352℃であった。

強化液（中性）消火器は、噴射終了後の鉄箱上部、鉄箱前方、鉄箱左面の温度は水（浸潤剤入り）消火器より高くなった。鉄箱上部温度は水（浸潤剤入り）が 489℃に対して、強化液（中性）消火器は 695℃。鉄箱後方の壁面最高温度は水浸潤剤入りが 289℃に対して、強化液（中性）消火器は 718℃。鉄箱左面の壁面最高温度は水浸潤剤入りが 540℃に対して、

強化液（中性）消火器は 688℃であった。風の影響もあり、より風の強かった強化液(中性)の温度が全体的に高くなる傾向があり（特に風下が高い）、風の影響によって炎の勢いが強かったと考えられる。

強化液（中性）消火器は、LiB の上部の最高温度を約 350℃に抑えることができたが、噴射終了後の空間最高温度 695℃は、水浸潤剤入り（489℃）よりも高くなっており、炎の勢いは、強化液（中性）消火器のほうが強かった可能性がある。

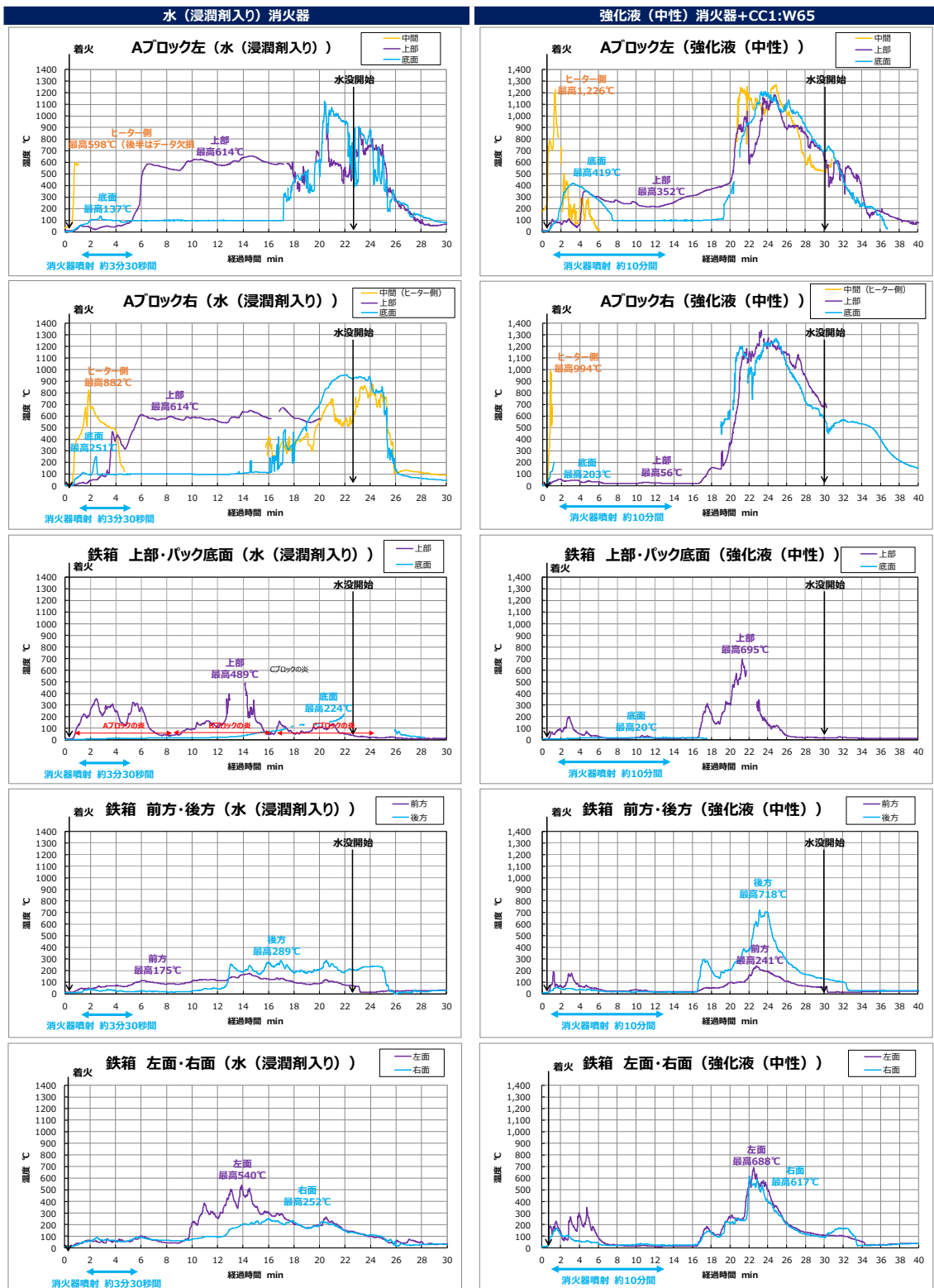


図 2-36. 水（浸潤剤入り）消火器及び強化液（中性）消火器の温度測定結果

出所：マテック

2.2. 今後の調査等実施における課題および解決方法

2.2.1. 今後の調査等実施における課題

(1) 解体事業者が安全に実施可能な塩水放電方法の提示

塩水放電試験については、S、M、Lの3種については問題なく失活処理を行うことができ、本事業によるLタイプのn=1の試験においては塩水放電時の発生ガスが作業者にとって問題ない濃度であったことを確認した。排水処理についても、銅・亜鉛・鉄・アルミニウムなどは環境中に排出できない濃度であるが、有害金属等の健康に関する項目では特に基準を超えるものではなく、水酸化物沈殿処理など、一般的な水処理で浄化可能な水質であった。ただし、これらはn=1での試験結果によるものであり、LiBの状態によって得られる結果は変動するため、塩水放電を実施する際には発生ガスを吸引しない環境下で行うべきであること、排水に含まれる物質の濃度が変化することを考慮しておく必要がある。

本事業では塩水放電に関する知見を有するJAMAの協力に加え、これまで入念に準備してきたことで問題なく塩水放電処理を実施できた。今後は塩水放電の経験のない他の解体事業者でも安全に実施可能な塩水放電方法を提示するため、誰もが同じ結果を得られる適切な塩水放電マニュアルを作成する必要がある。

(2) 解体事業者で実現可能な消火方法の提示

解体事業者における異常電池発火時の初期消火対応として、消火器による消火試験を実施した。モジュールでは強化液（中性）消火器、水（浸潤剤入り）消火器、ABC消火器、CO₂消火器で鎮火を目指したが、いずれも鎮火には至らなかった。

パックにおいては、使用本数を大幅に増やし強化液（中性）消火器、水（浸潤剤入り）消火器で鎮火を目指したが、やはり鎮火には至らなかった。

解体事業者にとって最も配備しやすい消火器での鎮火見込みが立っておらず、仮に異常電池から発火した場合、消防の到着を待つ（大量の水で消火してもらう）という選択肢以外がない状況である。消防到着までに他の可燃物への引火や、建物、近隣への被害の拡大などが懸念される。

解体事業者が実現可能な方法で、LiB発火時の対応方法を提示することは、使用済みのLiB搭載車の適正処理には必要不可欠であり、今後のLiB搭載車の普及拡大に伴い、益々重要になってくると考えられる。

2.2.2. 課題の解決方法

(1) 解体事業者が安全に実施可能な塩水放電方法の提示

2025 年度はマテックでの LL タイプでの塩水放電試験、その他 2024 年度に作成した塩水放電マニュアルをもとに他の 2~3 解体事業者での塩水放電を実施予定である。2024 年度に作成したマニュアルをもとに、他の解体事業者においても問題なく処理可能か確認を行っていく。

(2) 解体事業者で実現可能な消火方法の提示

2025 年度は車両火災での鎮火試験を実施予定であったが、先述したようにモジュール・パックレベルでも鎮火に至っていない状況で、車両火災の鎮火試験を実施することはできない。

LiB の消火試験について、2025 年度は LiB 燃焼のメカニズムを整理し、改めてモジュールレベルでの鎮火方法検討を進め、効果の高かった方法でパック、そして 2026 年度に車両で適用させていく。

① LiB 燃焼メカニズム基礎情報

異常電池における LiB の発火を想定した場合、事故等により LiB が損傷を受け、それによる短絡などの引き金として、生じた発熱がさらなる発熱を招き、温度の制御ができなくなり発火や爆発にまで至る熱暴走が想定される。

異常電池の温度が 80℃付近まで上昇すると電極と電解液との反応や電解液単独の熱分解反応が発生する。次に 140℃付近でセパレーターの熱変形が発生する。

さらに高温となると、電極中の結着剤であるバインダーの樹脂成分の分解、その後 200~300℃付近で電極活物質の分解が起こる。正極活物質の多くは、熱分解や結晶構造崩壊により、酸素を放出するようになる。約 660℃を超えた辺りで正極集電体のアルミニウム箔が溶解し、最終的にはアルミニウムと活物質中の酸化物によるテルミット反応が起こり、1,000℃以上もの高温になる恐れもある。LiB は単独で「燃焼の 3 要素」（可燃物、酸素、熱）を兼ね備えているため、鎮火を行うのが非常に難しい物体である。



図 2-37.燃焼の 3 要素

出所：東京消防庁 HP

2024 年度の消火試験から、異常電池の鎮火においては、以下 2 点が重要なポイントであると考ええる。

- ① 可燃物の引火点以下の温度にする。
- ② 酸素を遮断し、かつ活物質からの酸素の発生を防ぐため熱分解温度以下にする。

①について、可燃物を電解液と捉えた場合、LiB の電解液には現状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) 等の引火性有機溶媒が使用され、複数種の有機溶媒を様々な割合で混ぜ合わせた混合液が用いられている。総務省消防庁によれば、リチウムイオン電池の電解液の引火点は 40℃程度であり、第 4 類第二石油類に該当する。なお引火点とは、可燃性物質が火種によって燃え始める温度である。

②について、先述したように活物質の分解温度は 200～300℃であり、酸素を遮断し活物質の分解温度以下に保つ必要がある。

② 2025 年度以降の消火試験案

2024 年度の試験結果から、消火器では一次的な冷却・窒息は行えるが、継続的かつ鎮火に至るような冷却・窒息の持続効果が望めないと考ええる。そのため、例えば冷却は消火器で、窒息は消火器以外の砂、防火シート、箱などで行う組み合わせ方法を 2025 年度で実施していく。消火器についても、新たに泡消火器（冷却＋窒息）、アルゴンガス消火器、ハロン消火器又は代替品等の検討も行う。

消火試験実施案を表 2-27 に示す。セルレベルで事前試験を行い、効果の高かった 2～3 種類でモジュール試験を実施し、さらにそれをパック、車両に適用させていく。

仮に大量の水で鎮火する以外の方法がなかった場合は、その結果を踏まえ、火災発生を想定した LiB の安全な保管方法等について提案を行っていく。

表 2-27.消火試験実施案

鎮火方法検討		狙い
消火器 単独	強化液 中性消火器（改良版）	火災の3要素、熱・酸素・燃焼の連鎖反応（ラジカル反応）を遮断する
	泡消火器	泡で窒息効果を狙う
	アルゴンガス	窒息
	ハロン消火器又は代替品	窒息
	液体窒素消火器	窒息 & 冷却
組合せ	消火器（2～3種）＋砂	消火器で冷却、砂で窒息効果を狙う
	消火器（2～3種）＋防火シート	消火器で冷却、シートで窒息効果を狙う
	消火器（2～3種）＋箱？	消火器で冷却、箱？で窒息効果を狙う
	その他	－

出所：矢野経済研究所

2.2.3.2025 年度、2026 年度実施内容

2025 年度、2026 年度スケジュールを表 2-28 に示す。

塩水放電試験については、2025 年度中に実施可能予定である。マテックで LL タイプの塩水放電試験を実施した後に、全国の 2～3 の解体事業者において、塩水放電マニュアルに基づき、1 タイプの LiB での塩水放電試験を実施する。それら実施結果に基づき、塩水放電マニュアルの修正等を行っていく。

消火試験については、先述したように 2025 年度は LiB 燃焼のメカニズムを整理し、改めてモジュールレベルでの鎮火方法検討を進め、効果の高かった方法でバック、そして 2026 年度に車両で適用させていく。

また上記塩水放電試験、消火試験をもとに、異常電池を安全に取り扱うための解体事業者向けの異常電池対応マニュアルの作成を 2026 年度にかけて行っていく。

表 2-28.2025 年度、2026 年度スケジュール

年			2025年												2026年												2027年		
月			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月			
J-FAR様へ報告			中間												最終												最終		
塩水放電	③-2マテックでの電池の分解、塩水浸漬による放電の実証（LLの1タイプの電池を1個実施）	LL「日産Leaf」での実証発生ガス計測	予定	事前検討	事前検討	試験実施				中間																			
		排水分析 マニュアル用の塩水放電時の動画撮影	実績																										
	⑦2024年度に作成したマニュアルの他解体事業者での実証による有効性確認（全国の2～3の解体事業者で実施）	全国の2～3解体事業者への打診・決定 関東：エコー様 中部：近松商会 九州：西日本オートリサイクル	予定		打診																								
			実績																										
		全国の2～3解体事業者で実施	予定			事前相談	試験1	事前相談	試験2	事前相談	試験3																		
			実績																										
消火試験	⑤-1モジュールでの窒息方法、周辺及び電池温度変化の確認（消火器組み合わせ、消火器+砂・シート・箱等）	セルレベルで事前検討、本試験はモジュールで実施	予定	事前検討	事前検討	事前準備	試験	試験																					
			実績																										
	⑤-2 ⑤-1で効果の高かった手段を用いてバック（上置無し）での消火又は延焼の抑制方法の確認。鎮火可能な場合、バック（上置あり）の消火又は延焼の抑制方法の確認。	1-3手法でバックでの鎮火試験を実施	予定				事前検討	事前検討	事前準備	試験																			
			実績																										
	⑤-3 ⑤-2で効果の高かった手段を用いて車両での消火又は延焼の抑制方法の確認。又は水没方法の検証（止水板利用）	1-3手法で車両での鎮火試験を実施	予定										事前検討	事前検討	事前準備	試験													
			実績																										
マニュアル作成	※実証を踏まえたマニュアルの修正（課題、追加項目等の確認） ※マニュアルに消火も含めるならば、リーガルチェック含む時間が必要	マニュアル範囲検討、作成、チェック等	予定										マニュアル範囲検討	マニュアル案作成	自工会・自再協チェック	リーガルチェック	マニュアル最終調整												
			実績																										
	※動画を活用した解体事業者への周知活動	動画作成等	予定																										
			実績																										

出所：矢野経済研究所