

- 【課題番号】3-2101
- 【体系的番号】JPMEERF20213001
- 【課題名】リチウムイオン電池等の循環・廃棄過程における火災事故実態の解明と適正管理対策提案
- 【課題代表者名】寺園淳
- 【課題代表機関名】国立研究開発法人国立環境研究所
- 【研究実施期間】令和3年度～令和5年度
- 【研究体制、サブテーマリーダー】
 - サブテーマ1: 国立研究開発法人国立環境研究所(寺園淳)、みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社
 - サブテーマ2: 横浜国立大学(三宅淳巳)
 - サブテーマ3: イー・アンド・イー ソリューションズ株式会社(狩野真吾)
- 【重点課題】
 - 主: 【重点課題⑫】社会構造の変化に対応した持続可能な廃棄物の適正処理の確保に関する研究・技術開発
 - 副: 【重点課題⑪】ライフサイクル全体での徹底的な資源循環に関する研究・技術開発
- 【行政要請研究テーマ(行政ニーズ)】
 - (3-6)リチウムイオン電池等の循環・廃棄過程における事故発生実態とその制御策立案に向けた研究

研究課題：リチウムイオン電池等の循環・廃棄過程における火災事故実態の 解明と適正管理対策提案（2021～2023年度） 研究代表機関：国立環境研究所

背景

- ・循環・廃棄過程におけるリチウムイオン電池（LIB）起因の火災増加
- ・今後のLIB消費・廃棄拡大

目標

- ・火災事故発生実態の解明
- ・火災事故防止ガイドライン
- ・費用対効果を伴う適正管理対策

LIB排出量・
フローの推計

サブ1. 循環・廃棄過程における火災事故調査の全体設計と適正
管理対策提案（国立環境研、みずほリサーチ&テクノロジーズ）

火災事故調査と
対策の全体設計

対策技術のリス
ク・コスト評価、
提案

既存事故
事例調査

対象

- ・一般廃棄物処理施設（粗大・不燃）
- ・小型家電リサイクル施設



	(生産)	前処理	破碎・選別	残渣保管
事故件数・状況	－	少？	多	多（自然発火）
発火原因（仮説）	－	衝撃発火	衝撃発火、他	外部短絡、他
現場対策技術の候補	(LIBへの RFID装着)	RFIDによる LIB除去	防爆、破碎方法改 善、センサー充実	保管方法改善、 センサー充実
対策案1（プロセス改 善）評価	－	リスク？ コスト？	リスク中？ コスト中？	リスク中？ コスト中？
対策案2（センサー充 実）評価	－	リスク？ コスト？	リスク中？ コスト中？	リスク中？ コスト中？
対策案3（RFIDによる LIB除去）評価	コスト中？	リスク？ コスト？	リスク小？ コスト小？	リスク小？ コスト小？

対策技術検討、
効果(リスク)
の定量化

仮説提案

モデル実験・モデル計算

リアルタイムモニタリング

サブ2. 火災事故メカニズム
の解明（横浜国立大）

モニタリング方法の提案
（温度、ガスなど）

サブ3. リサイクル施設等における
対策技術の検討（イー・アンド・イー
ソリューションズ、国立環境研）

1. はじめに(研究背景等)

- 廃棄物処理・リサイクル施設で火災事故が頻発しており、安全・安心で持続可能な資源循環システムに向けた懸念材料となっている。
- 近年ではリチウムイオン電池(LIB)の破碎による発火や処理後残渣の蓄熱による発火が疑われる事例も増えており、LIBが小型家電や不燃物などに混入したまま資源循環プロセスに投入されていることが影響していると考えられる。
- LIBは資源有効利用促進法に基づく自主回収の取組みはあるが、廃棄方法がわかりにくいモバイルバッテリーや取出し困難なものへの対応を含めて、自主回収が十分機能しているとは言い難い。
- こうしたLIBが関係していることが疑われながらも原因不明となっている場合が多い火災事故に対して、資源循環プロセスの現場では対処方法がわからずに警戒を強めている。情報通信環境の発展と電気電子製品の普及に伴い、今後もLIBの消費量及び廃棄量が増加していくことが確実である。

2. 研究開発目的

- 今後もLIBの消費量及び廃棄量が増加していくことが確実ななか、循環・廃棄過程でのLIBに関連する火災事故の防止対策が急務となっている。
- 火災事故リスク低減により安全・安心で持続可能な循環型社会づくりに貢献することを目的として、火災事故メカニズムの解明と対策技術の評価を伴った適正管理対策を提案する。

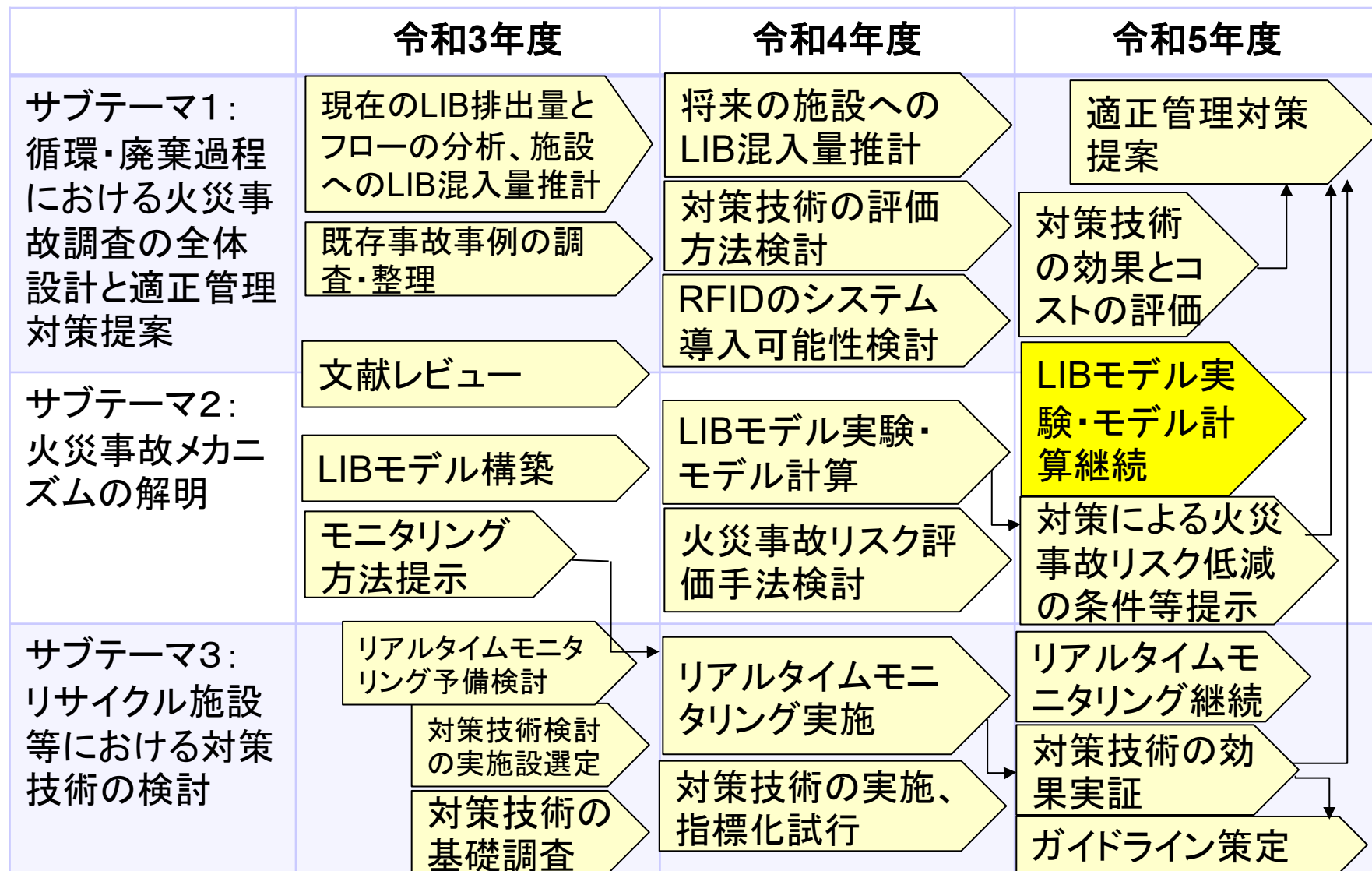
3. 研究目標

■ 全体目標

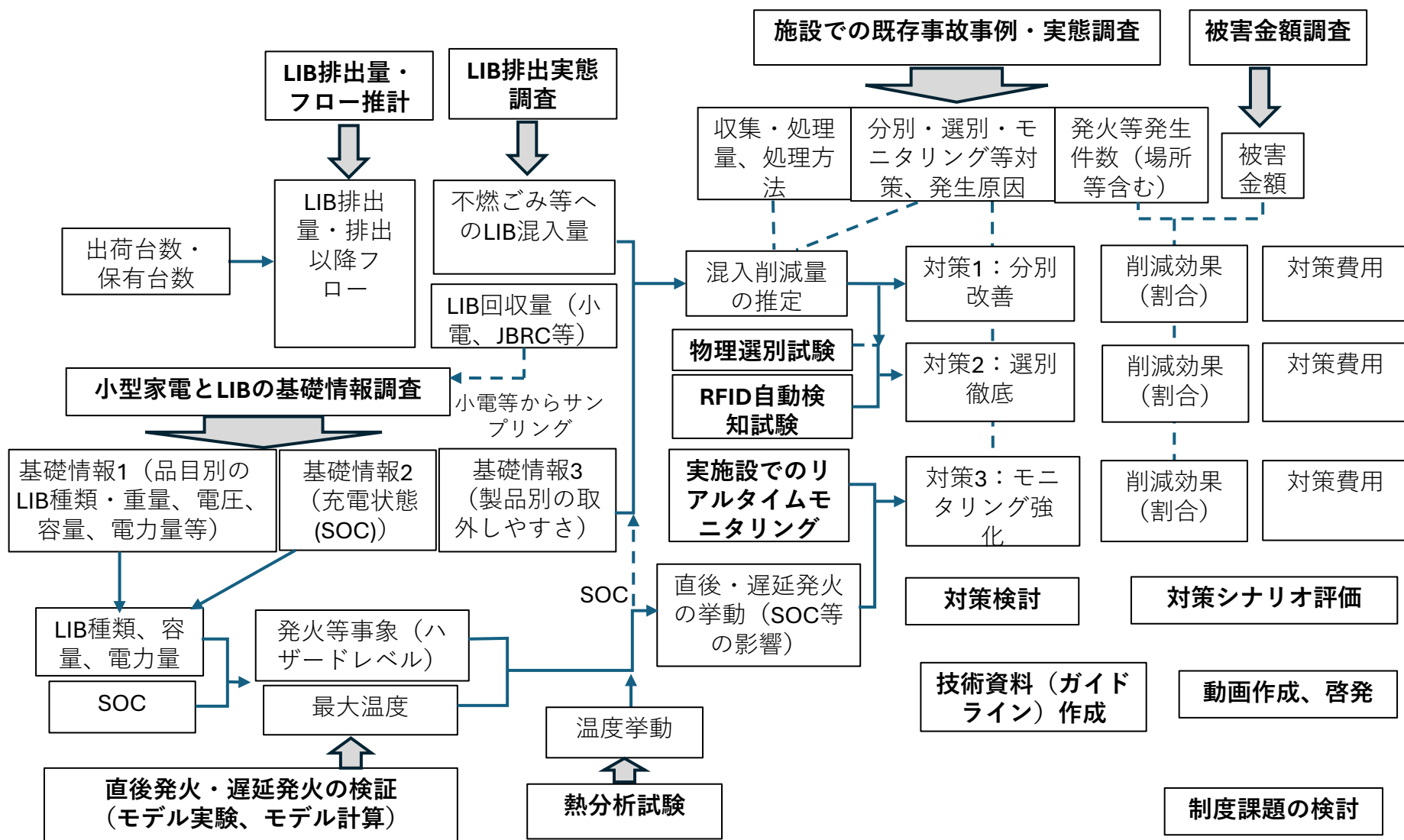
- 一般廃棄物処理施設及びリサイクル施設における**リチウムイオン電池(LIB)**等に起因する**火災事故実態**を解明し、
- **火災事故防止対策**をガイドラインにまとめるとともに、
- 今後のLIB消費拡大に備えた**適正管理対策**についても**費用対効果**を伴って提案する。

3. 研究計画

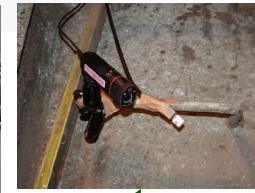
研究計画修正（2023年7月）



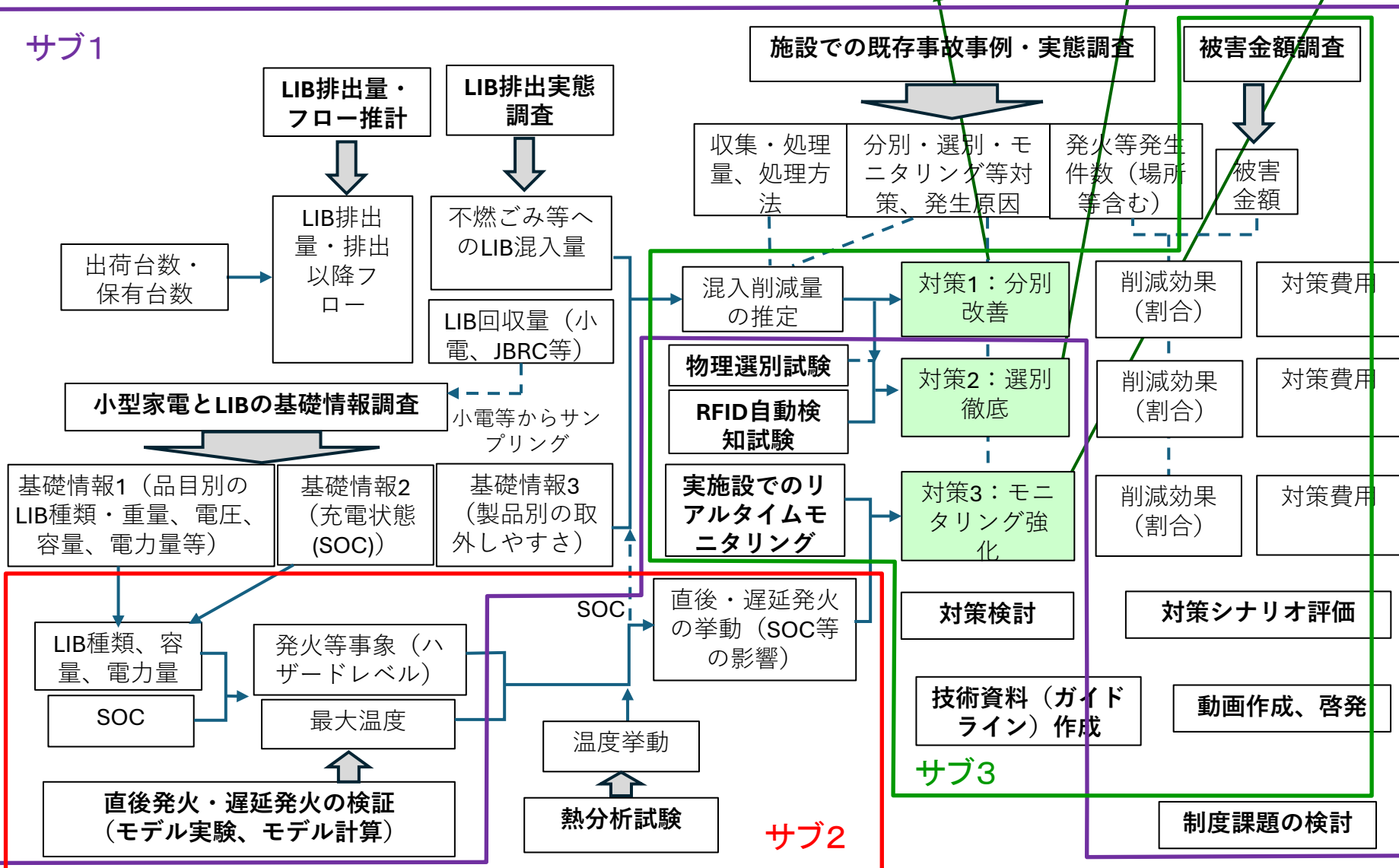
4. 研究開発内容



4. 研究開発内容



サブ1



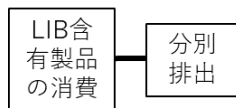
4. 研究開発内容

＜不燃ごみ処理に注目したフローと主な対策＞

分別収集
改善



小型家電・LIBの
分別収集



消費者

不燃ごみ
処理

小型家電
リサイクル

プラ製
容器包装

小型二次電池
回収 (JBRC)

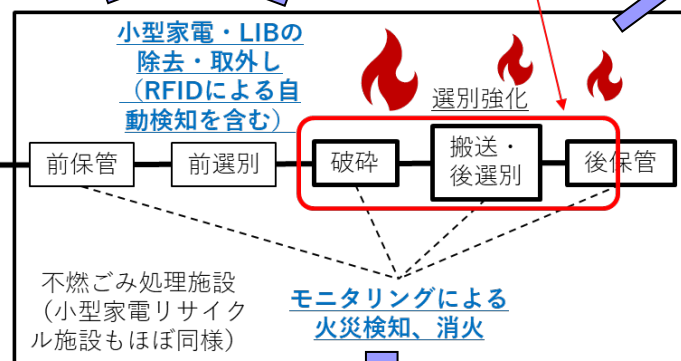
選別の徹底



RFIDを用いたLIB
の自動検知



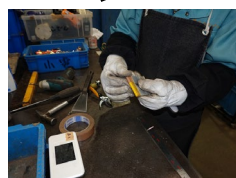
火災等（発火）の多い
プロセス



破碎後の
物理選別



LIB取外し
時間の測定



赤外線サーモカメラ・
火炎・ガスなどによる
モニタリング



5. 結果及び考察

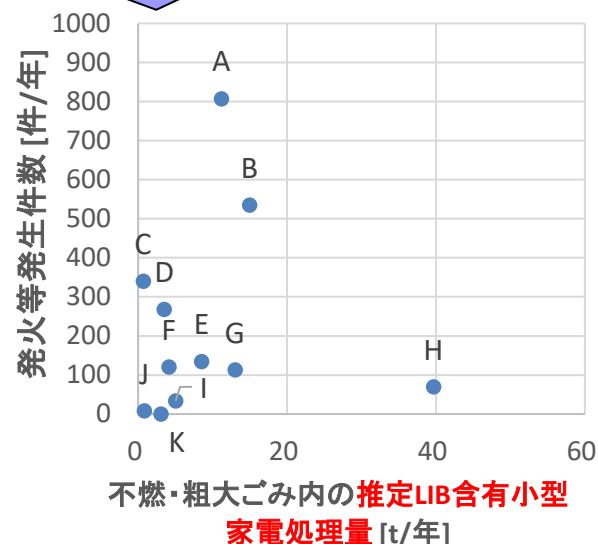
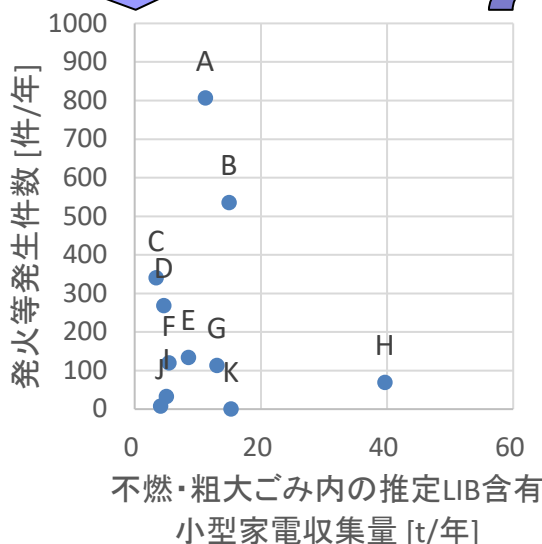
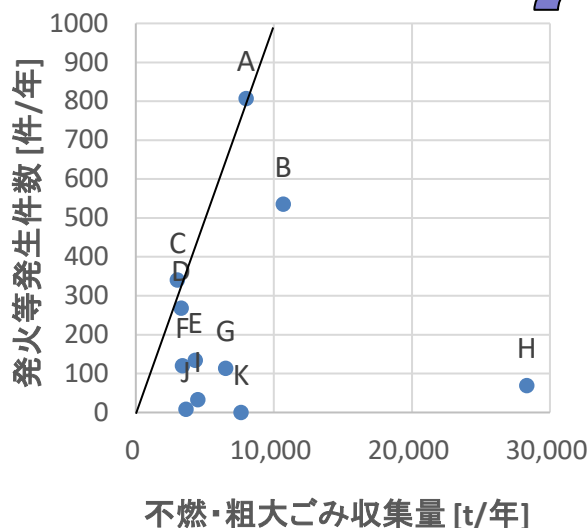
【サブ1】循環・廃棄過程における火災事故調査の全体設計と適正管理対策提案(不燃ごみ等処理と発火等発生件数との関係)

不燃・粗大ごみの0.2%をLIB含有小型家電と推定
不燃・粗大ごみ内の推定LIB含有小型家電収集量の削減率の仮定

- ・小型家電回収実施の場合、30%
- ・「LIBが外れにくい小型家電」分別収集実施の場合、さらに20%

不燃・粗大ごみ処理施設における推定LIB含有小型家電の破碎処理量の削減率の仮定

- ・手選別・除去実施の場合、80% (持ち込みごみのみの場合は対象を30%に限定)



不燃・粗大ごみ収集(処理)量と発火等発生件数との間には相関関係はない(相関係数は-0.024、Hを除くと0.496)
多い施設は0.1件/t-不燃・粗大ごみを超える

小型家電回収などを考慮しても、相関関係はない

処理施設での手選別による破碎処理量の削減を考慮すると、**相関関係はほぼない**(相関係数0.041)が、Hを除くと**わずかにある**(同0.513)
→**破碎処理への混入量を削減することが有効である可能性**

5. 結果及び考察

【サブ3】リサイクル施設等における対策技術の検討

(実施設でのリアルタイムモニタリングによるサーモカメラ等の映像)

非公開

5. 結果及び考察

【サブ3】リサイクル施設等における対策技術の検討(実施設でのリアルタイムモニタリングによるガス濃度等の測定)

非公開

5. 結果及び考察

【サブ2】火災事故メカニズムの解明(直後発火検証のための圧壊試験の
モデル実験・モデル計算)

非公開

現時点で電力量を重視する理由 (直列と並列の比較例)

$$\begin{array}{ccccccc} \text{電圧} & \times & \text{容量} & \times & = & \text{電力量} \\ (\text{V}) & & (\text{mAh}) & & & (\text{Wh}) \end{array}$$

セル



$$\begin{array}{ccc} 3.6 & 1,500 & 5.4 \\ (\sim 3.7) & (\text{通常は} 100 \sim 4,000 \text{程度}) & \end{array}$$

パック
(直列)



パワー重視



14.4

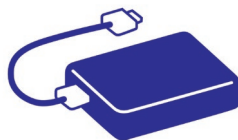
1,500

容量では、直列の場合のLIB全体のエネルギーを反映しない

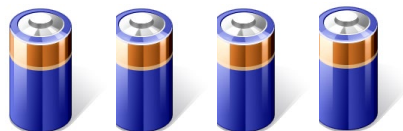
21.6

電力量は、直列・並列に関わらず、LIB全体のエネルギーを反映する

パック
(並列)



長持ち重視



3.6

6,000

21.6

5. 結果及び考察

【サブ2】火災事故メカニズムの解明(遅延発火のモデル実験)

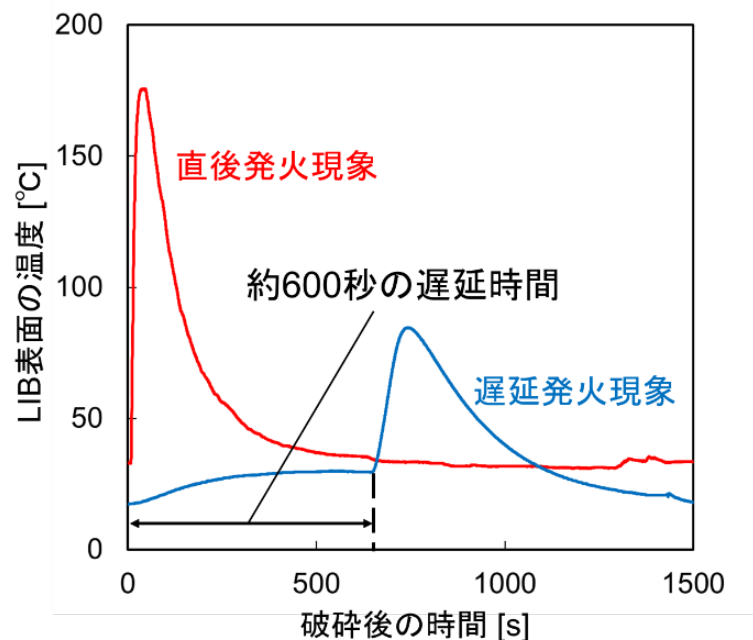


図2.14 直後発火現象および遅延発火現象におけるLIB表面温度の挙動
(赤 : SOC40%、青 : SOC30%)

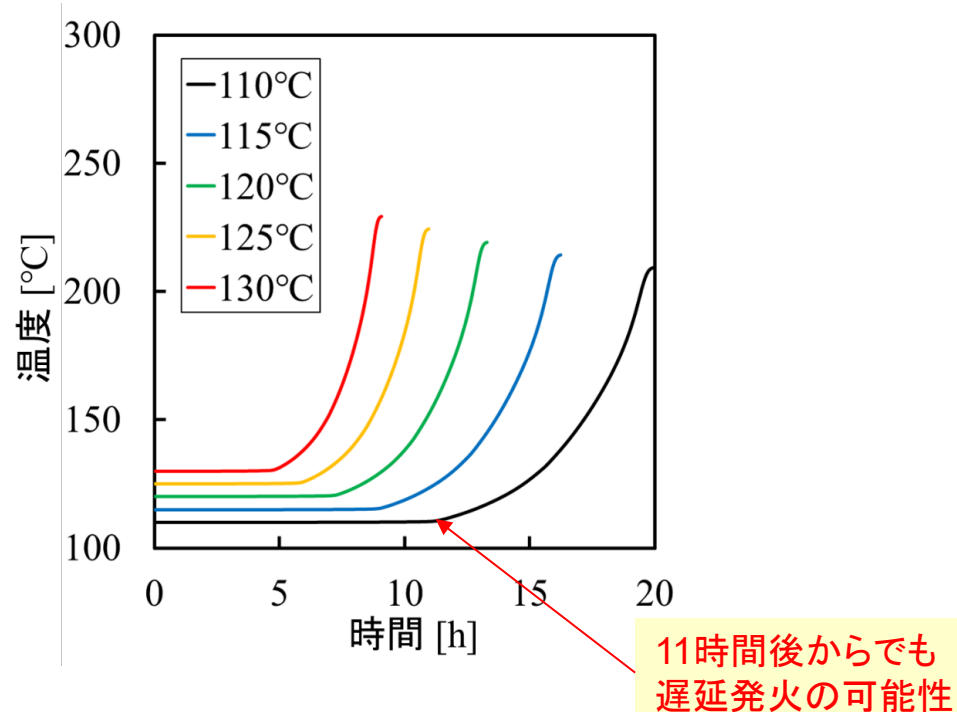


図2.18 電解液・正極・負極混合物の断熱温度上昇と時間の関係

5. 結果及び考察

【サブ1】循環・廃棄過程における火災事故調査の全体設計と
適正管理対策提案(LIB電力量による高リスク品目の抽出)

非公開

5. 結果及び考察

【サブ1】循環・廃棄過程における火災事故調査の全体設計と
適正管理対策提案(現在と将来のLIB排出量推計)

非公開

5. 結果及び考察

【サブ1】循環・廃棄過程における火災事故調査の全体設計と
適正管理対策提案(LIBの排出以降のフロー推計)

非公開

5. 結果及び考察

【サブ1】循環・廃棄過程における火災事故調査の全体設計と
適正管理対策提案(LIB排出量の品目別内訳)

非公開

5. 結果及び考察

【サブ1】循環・廃棄過程における火災事故調査の全体設計と
適正管理対策提案(対策による効果)

非公開

5. 結果及び考察

【サブ1】循環・廃棄過程における火災事故調査の全体設計と
適正管理対策提案(各対策シナリオに対して評価した推計対策
効果と費用(概算))

非公開

5. 結果及び考察【サブ1】循環・廃棄過程における火災事故調査の全体設計と適正管理対策提案(制度と実態解明からみた品目別の必要な対策)

非公開

5. 結果及び考察

【成果の概要】

- 一般廃棄物処理施設及びリサイクル施設におけるリチウムイオン電池(LIB)等に起因する火災事故実態について、既存事故実態調査、火災事故メカニズム解明のモデル実験・モデル計算、実施設におけるリアルタイムモニタリングによって解明した。
- LIBの圧壊試験などのモデル実験からは充電状態(SOC)や電力量の高いLIBほど発火リスクが高いことを確認し、直後発火のみでなく数時間以上経過する遅延発火のメカニズムも解明した。また、リアルタイムモニタリングからは、実施設におけるLIB発火現象を複数回把握し、温度挙動、火炎検知、ガス発生を確認した。
- 品目別のLIB重量、容量、電力量などの基礎情報を整備し、発火リスクが高いと考えられる品目を特定した。将来シナリオ推計として、LIB排出量は2020年度の8,162トンから2037年に1万トンを超えると推計し、一方でJBRC等による現在の回収量は排出量の14%と推定された。
- 不燃ごみにおけるLIBの混入状況調査からは、LIB含有小型家電の重量は不燃ごみ全体の0.3%にもかかわらず、発火等発生事故のほとんどの原因となっている実態を明らかにした。
- 自治体の廃棄物処理施設における火災被害額について、LIB起因による火災被害額は100億円程度と推計された。
- さらに分別収集や選別による対策効果を定量的に示し、複数の対策シナリオによる費用と効果を示して適正管理対策を提案した。これらの火災事故防止対策を技術資料(ガイドライン)にまとめるとともに、動画も含めて啓発を精力的に実施した。

6. 研究の進捗状況と環境政策等への貢献

(1) 達成状況

■ 全体

- ○達成状況〔目標を上回る成果をあげた〕
- 一般廃棄物処理施設及びリサイクル施設におけるLIBに起因する火災事故実態について、既存事故実態調査、安全性評価のモデル実験・モデル計算、実施設におけるリアルタイムモニタリングによって解明した。品目別のLIB重量、容量、電力量などの基礎情報を整備し、発火リスクが高いと考えられる品目を特定した。さらに分別収集や選別による適正管理対策の効果を定量的に示し、複数の対策シナリオによる費用対効果を評価して今後の方向性を提案した。これらの火災事故防止対策を技術資料にまとめるとともに、動画も含めて啓発を精力的に実施した。

■ 【サブテーマ1】循環・廃棄過程における火災事故調査の全体設計と適正管理対策提案

- ○達成状況〔目標を大きく上回る成果をあげた〕
- 1. 不燃ごみへのLIB混入が0.3%にもかかわらず、事故原因の80%から90%程度がLIB起因であることを示した。
- 2. LIB使用製品（小型家電）の基礎情報を整備し、電力量から熱暴走が警戒される品目を特定した。
- 3. 現在の将来の排出量推計から、LIB排出量は2020年度の8,162トンから2037年に1万トンを超えると推計した。
- 4. 自治体の廃棄物処理施設において、LIB起因の火災被害額は96億円程度と推計した。
- 5. 対策シナリオの効果と対策費用の概算を示した。

■ 【サブテーマ2】火災事故メカニズムの解明

- ○達成状況〔目標通りの成果をあげた〕
- 1. 直後発火の検証として、充電状態(SOC)が高くなるほどハザードレベルや最大温度が高い傾向を得た。
- 2. 遅延発火の検証として、SOCが低い場合に長い場合は11時間以上経過してから温度上昇に至ることを確認した。
- 3. 廃棄物処理施設で考えられるLIB破損後の火災事故メカニズムの現象を9つに整理した

■ 【サブテーマ3】リサイクル施設等における対策技術の検討

- ○達成状況〔目標通りの成果をあげた〕
- 1. 実施設においてリアルタイムモニタリングを実施し、赤外線サーモカメラ画像などによりLIB発火現象を捕捉した。
- 2. RFIDを用いたLIB検出可能性を検証した結果、現在の技術ではLIB検出精度に限界があることと課題を挙げた。
- 3. LIB発火防止対策に関する技術資料(ガイドライン)をとりまとめた。

6. 研究の進捗状況と環境政策等への貢献

(2) 環境政策等への貢献

■ <行政等が既に活用した成果>

- 多くの研究成果(LIB起因の火災等事故の概要、不燃ごみへの混入状況、充電状態(SOC)による発火等への影響、実施設でのリアルタイムモニタリング結果など)が環境省主催「LiBコン！表彰式」(2024年2月26日、オンライン)における寺園による基調講演「リチウム蓄電池による発火事故を防ぐ」で市民向けに活用されるとともに、同イベント終了後も講演動画が環境省のホームページ「リチウム蓄電池関係」において掲載されている。

■ <行政等が活用することが見込まれる成果>

- サブテーマ1において推計した排出量、LIB重量や電力量の大きなLIB使用製品に関する大量の基礎情報、またサブテーマ2におけるモデル実験の結果で判明した充電状態(SOC)や電力量の大きなLIBの危険性に関する情報は、今後の環境省や自治体におけるLIB火災防止対策、および経産省におけるアクションプランの検討に貢献することが見込まれる。

7. 研究成果の発表状況

(1) 成果の件数

成果の種別	件数
査読付き論文：	1
査読付き論文に準ずる成果発表 (人文・社会科学分野)：	0
その他誌上発表（査読なし）：	1
口頭発表（国際学会等・査読付き）：	0
口頭発表（学会等・査読なし）：	28
知的財産権：	0
「国民との科学・技術対話」の実施：	13
マスコミ等への公表・報道等：	5
研究成果による受賞：	0
その他の成果発表：	2

(2) 誌上発表 <査読付き論文>

1) Terazono A., Oguchi M., Akiyama H., Tomozawa H., Hagiwara T., Nakayama J. (2024) Ignition and fire-related incidents caused by lithium-ion batteries in waste treatment facilities in Japan and countermeasures. Resources, Conservation & Recycling, 202 (107398), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107398>

(2) 誌上発表 <その他誌上発表(査読なし)>

2) 寺園淳 (2022) リチウムイオン電池の循環・廃棄過程における火災等の発生と課題, 廃棄物資源循環学会誌, Vol.33, No.3

(3) 口頭発表(学会等)

9) Terazono A. (2022) Prevention of Fires caused by Lithium-ion Batteries in Waste Management in Japan and Future Challenges. 27th International Congress for Battery Recycling (ICBR 2022), -

10) 寺園淳, 小口正弘, 小林元, 蓮沼和夫, 友澤弘充, 萩原透, 狩野真吾, 新富美雪 (2024) 廃棄物処理施設におけるリチウムイオン電池起因の発火等事故の発生状況と適正管理対策. 第45回全国都市清掃研究・事例発表会, 同講演論文集, 67-693)

23) 寺園淳 (2024) 不燃ごみ・粗大ごみの処理現場で発生するリチウムイオン電池による発火・火災を防ぎましょう！リチウム蓄電池等に起因する発火事故防止のためのデザイン・イラストコンクール(LiBコン！)表彰式(環境省依頼講演)

30) Yamamoto R., Nakayama J., Nishiwaki Y., Sato Y., Shiota K., Suzuki T., Izato Y., Miyake A., Thermal risk and thermal runaway mechanisms of LIBs under overheating in waste management facilities, International Conference on Chemical Thermodynamics 2023, O-03ES1650, August 2023

(5)「国民との科学・技術対話」の実施

32) 寺園淳 (2021) 茨城県立並木中等教育学校 令和3年度SDGsセミナー(2021年11月25日、同校、参加者約160名)にて講演

(6) マスコミ等への公表・報道等

47) NHKおはよう日本(2022年9月30日、ごみ処理施設で発生しているリチウムイオン電池起因の火災について、オンラインインタビューの録画と坂戸市での調査映像を5～6分放映)

(7) その他の成果発表

50) 一般向け啓発用動画「【リチウムイオン電池の捨て方】不燃ごみが燃えて大変！」(2024年5月公開)



以下、予備資料

定量的な効果(リスク低減)とコストを伴って 提案する予定の対策技術

対策案1

プロセスの改善
(防爆、処理速度緩和、他)



出典：名古屋市

対策案2

**センサー充実による
モニタリング強化**
(例：温度、湿度、
CO濃度、他)



対策案3

流通分野で活用されつつある
**RFIDタグを用いた前処理工
程でのLIBの自動除去**



長期的な対策として、
効果や費用負担などの基礎情報を提供
(生産段階を含む関係者の理解が必要)



短期的な対策として、
ガイドライン策定・公表

