

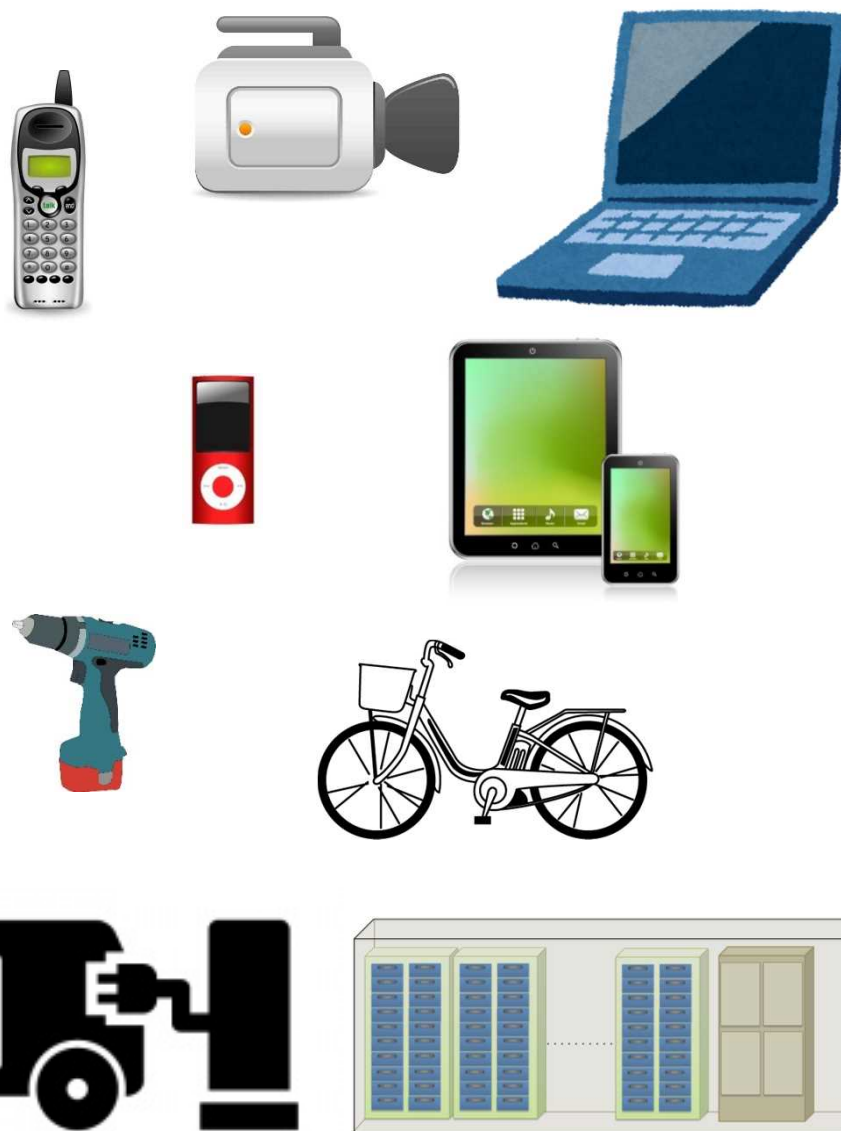
リチウムイオンバッテリー搭載製品 における回路構成に関する考察

～充放電制御/保護基板に起因する事故～

製品安全センター
技術業務課
神山 敦

リチウムイオンバッテリーの普及

アプリケーション	使用時間	使用時の電流
モバイル製品	長時間	小
電動工具	短時間	大
電動自動車	短時間	大
	長時間	小
電力貯蔵	短時間	小
	長時間	大



リチウムイオンバッテリーとは...

電気エネルギーを貯めて、使うことができる電子部品

二次電池



一次電池			乾電池 マンガン乾電池 アルカリ乾電池 リチウム一次電池 ボタン型電池
電気を	使う	放電	
	貯める	充電	

二次電池			鉛蓄電池 ニッカド電池 ニッケル水素電池 リチウムイオンバッテリー
電気を	使う	放電	
	貯める	充電	

使用する製品の用途に適した電池を用いる

軽量、小型
高エネルギー密度

アルカリ乾電池・マンガン乾電池



リチウム一次電池（円筒形）



リチウム一次電池（コイン形）



ニッカド電池



ニッケル水素電池

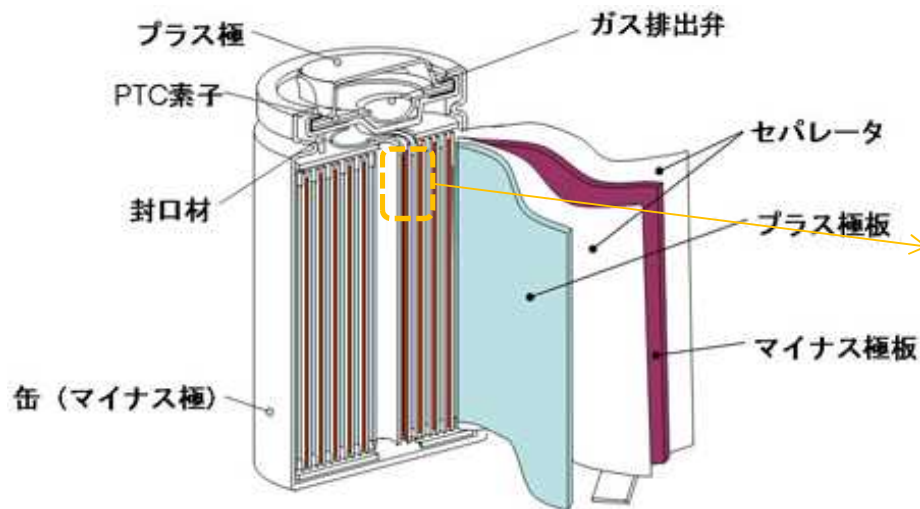


鉛蓄電池

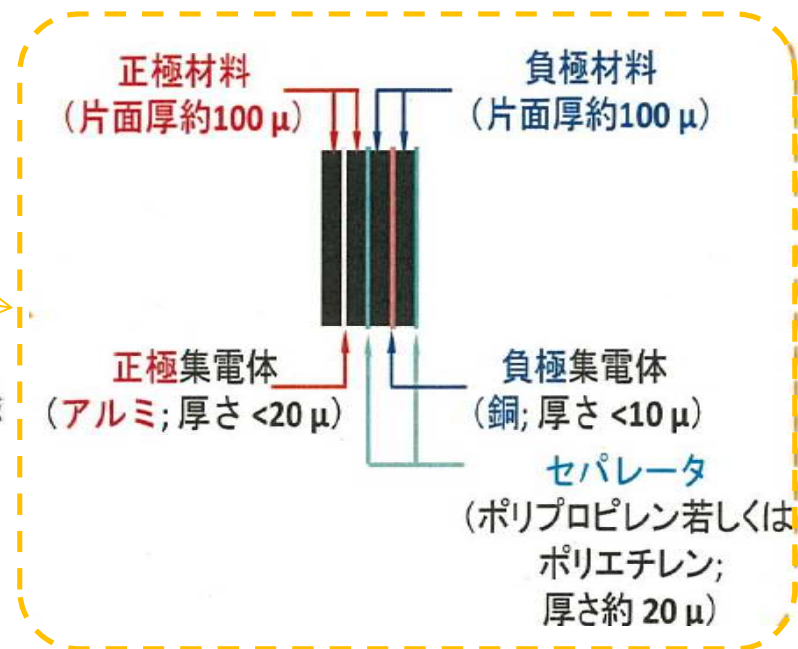


画像提供：
一般社団法人電池工業会

モバイル製品に搭載される リチウムイオンバッテリー



円筒形リチウムイオンバッテリーの内部構造
 <出典：日本電池工業会>



限られた
容積の中に
できるだけ
多くの活物質
材料を詰める

正極：複合金属酸化物、導電助剤¹⁾、結着剤²⁾、集電体（アルミニウム箔）

負極：炭素系材料、導電助剤¹⁾、結着剤²⁾、集電体（銅箔）

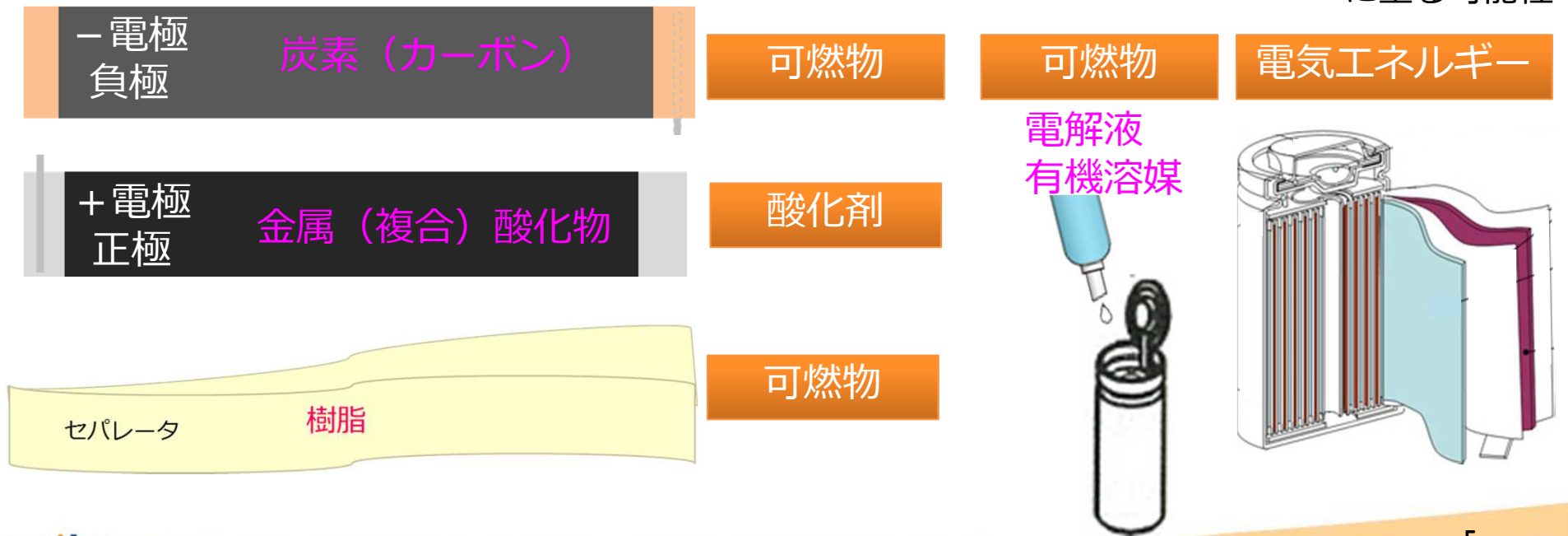
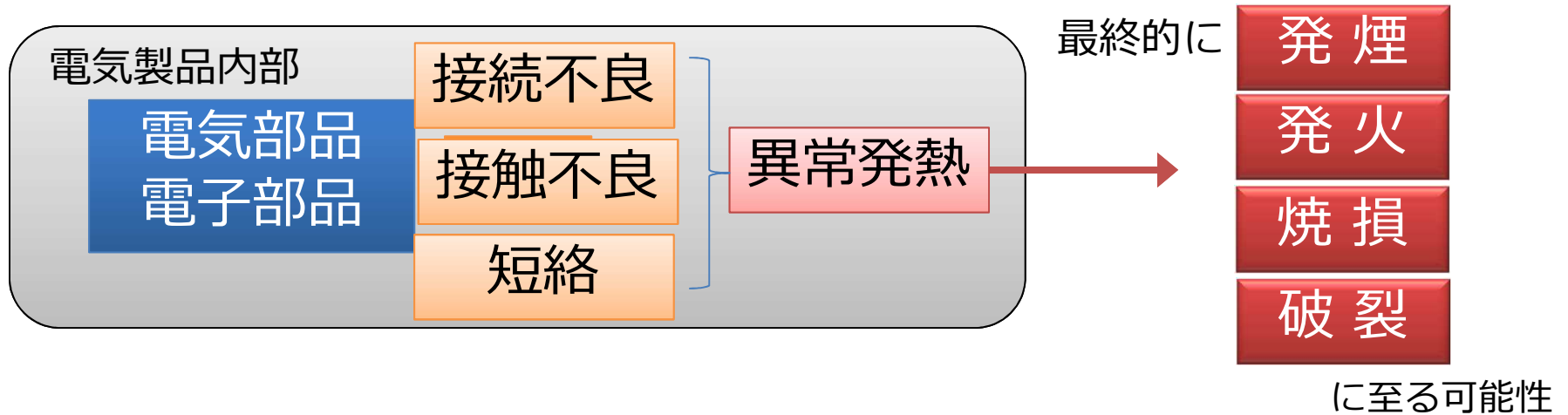
セパレータ：ポリプロピレン、ポリエチレンによる微多孔膜

電解液：有機溶媒、リチウムとフッ化物からなる電解質塩

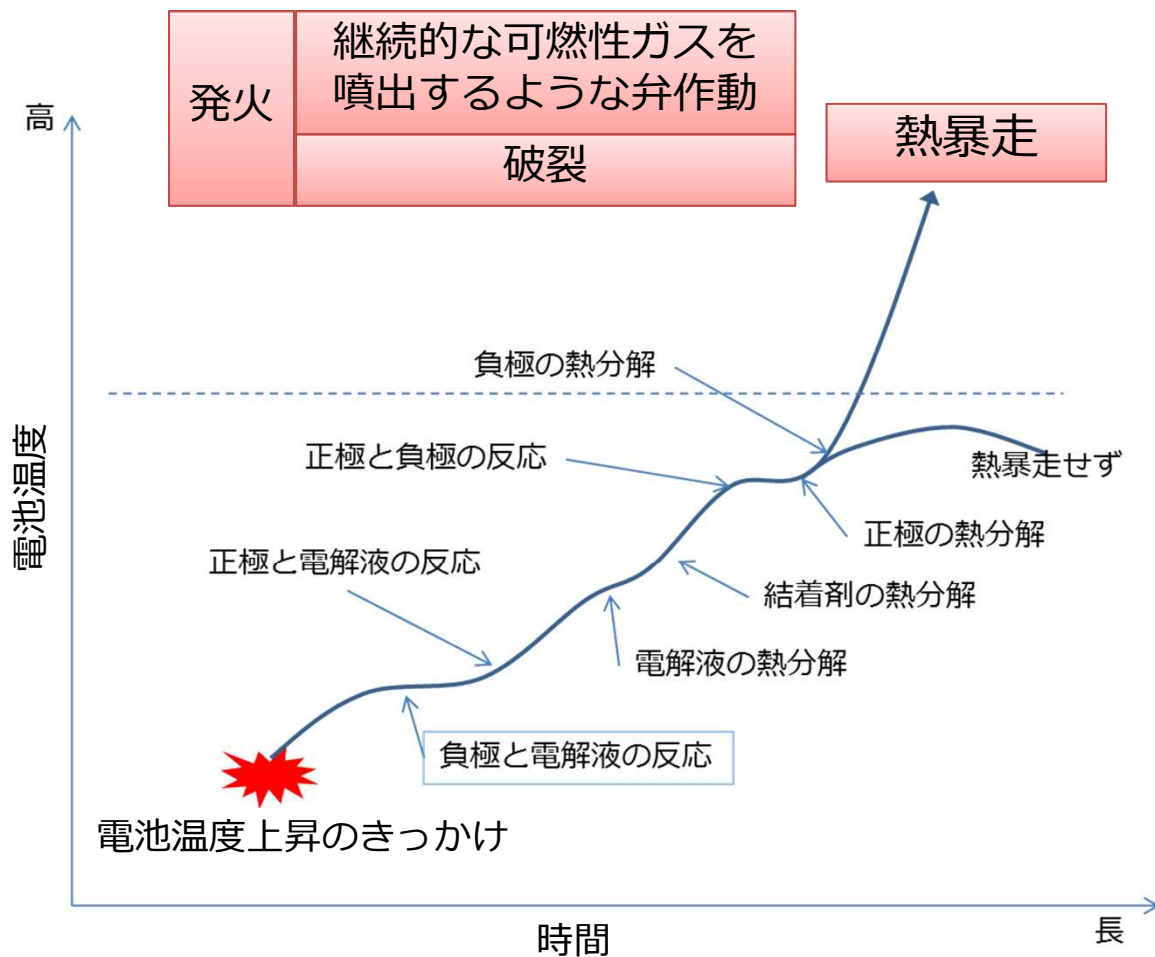
※ 1)カーボンブラック等、2)粉体である活物質と導電助剤を成形体にする糊

<出典：池田宏之助 編著「図解 電池のはなし」, 日本実業出版社>

電気／電子部品の故障による事故



リチウムイオンバッテリーの熱暴走



電池の熱暴走イメージ図

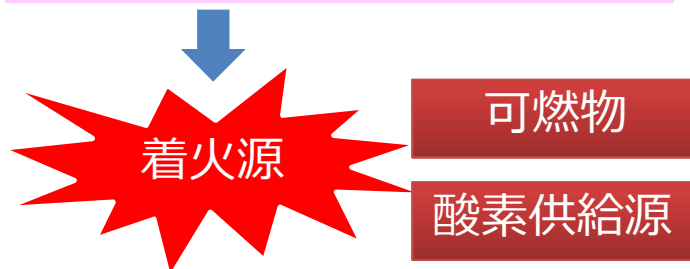
<出典「エナジーデバイス」の信頼性入門 蔦島真一 編著>

温度上昇のきっかけ

例：内部ショート

ショート箇所に短絡電流集中

ジュール熱発生



電池内部が高温になる要因

内部ショート

外部ショート

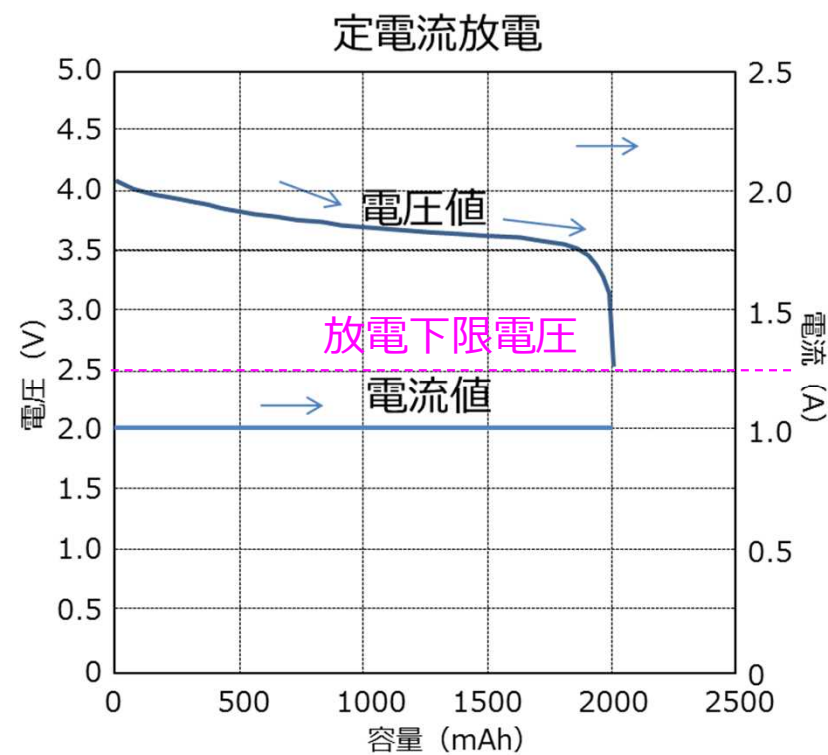
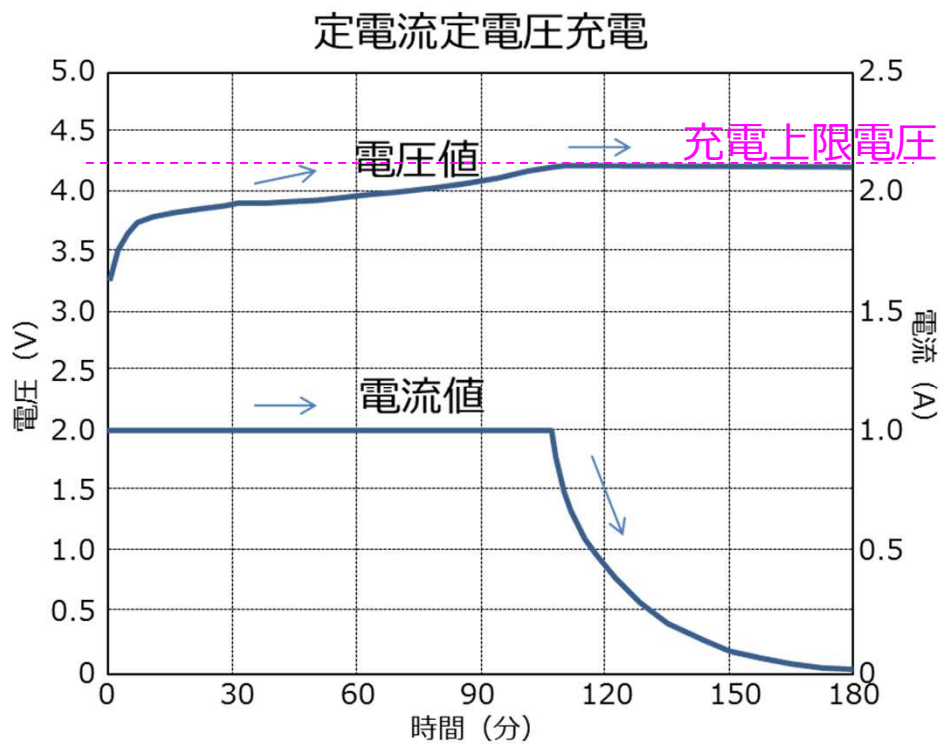
外部からの熱

過充電

過電流

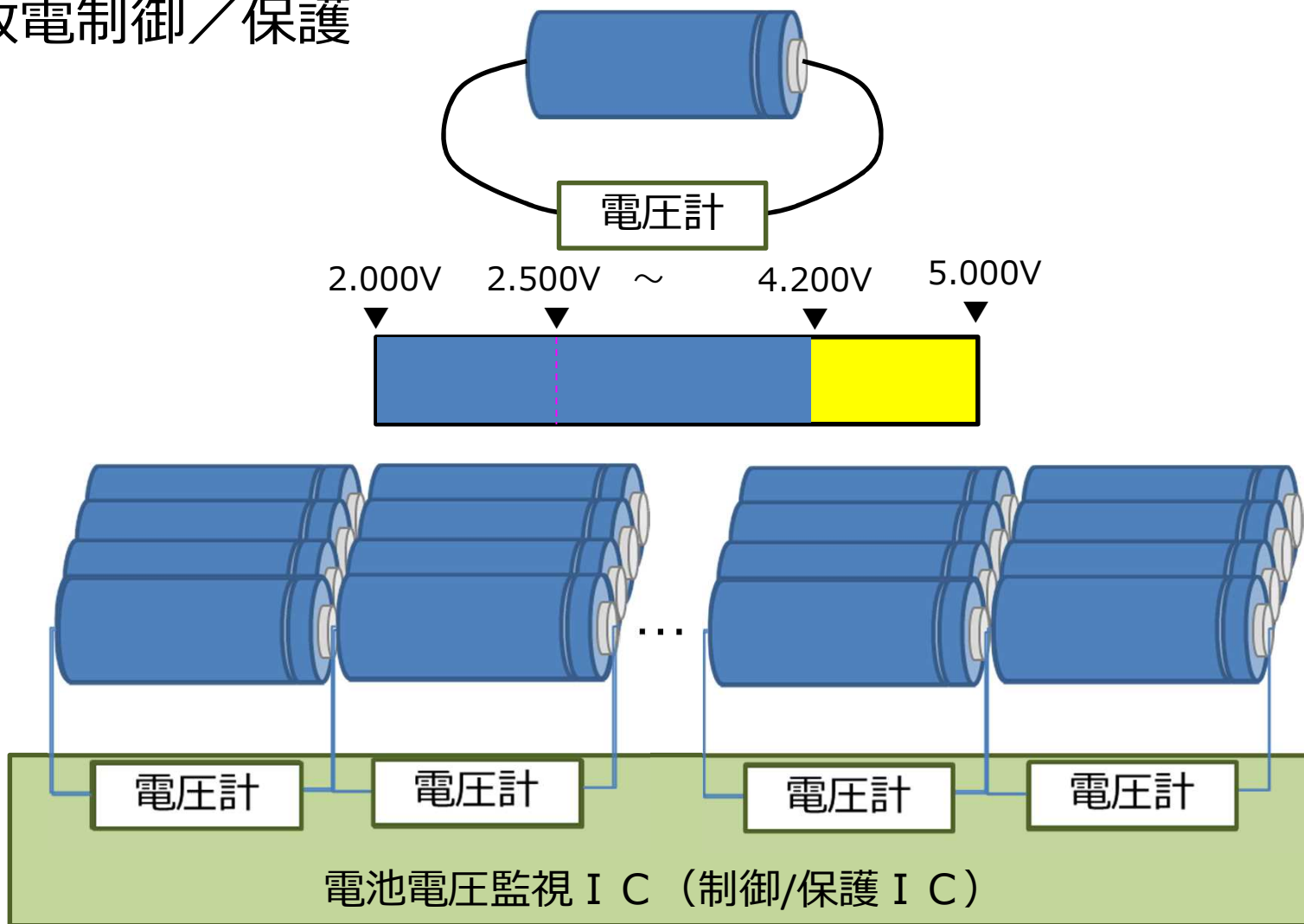
過放電

リチウムイオンバッテリー充電／放電特性



(例) 定格容量2000mAhのリチウムイオンバッテリーの充放電特性

リチウムイオンバッテリー 充放電制御／保護



リチウムイオンバッテリーパックの事故事例（1）



事故品
リチウムイオン
バッテリー
ブロック状態



事故品入手時



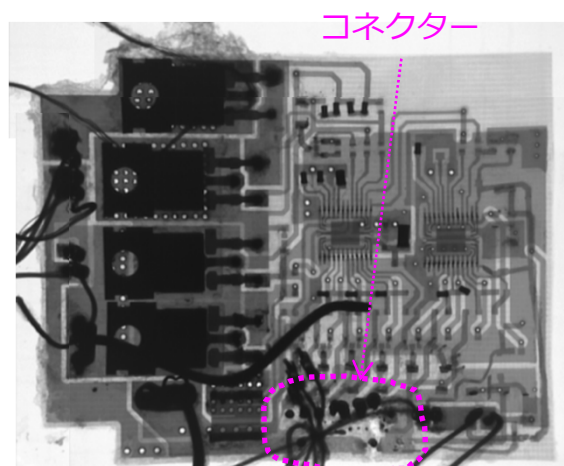
同等品

外郭樹脂ケース
の一部を除去

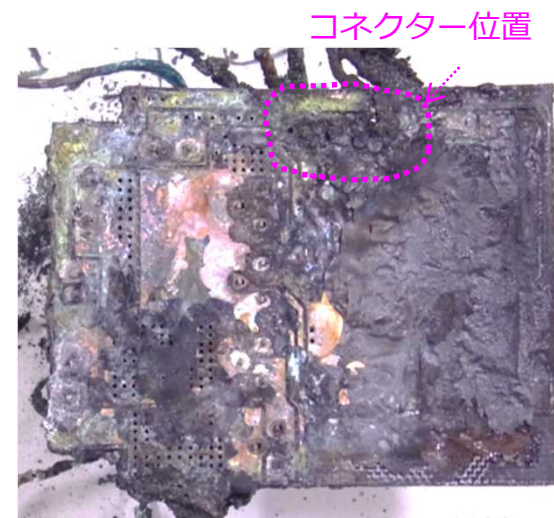
リチウムイオンバッテリーパックの事故事例（2）



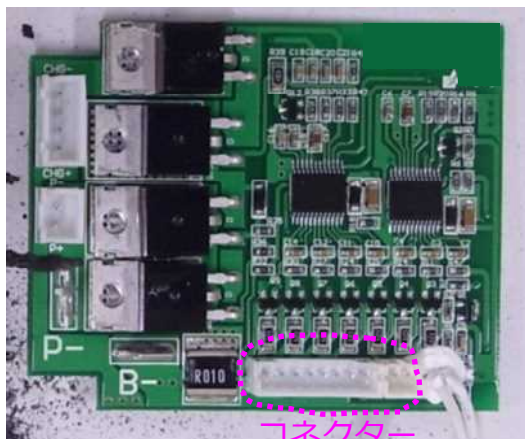
事故品の基板部品面



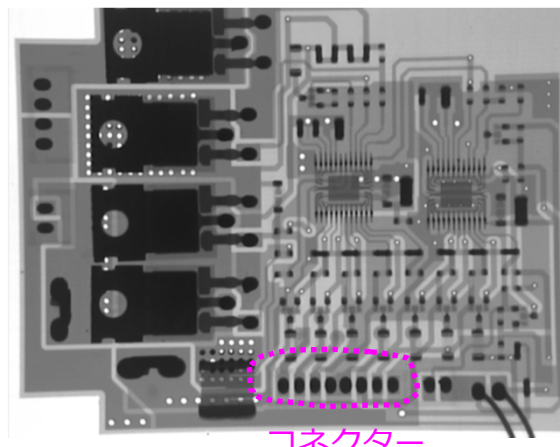
事故品の基板X線透視観察像



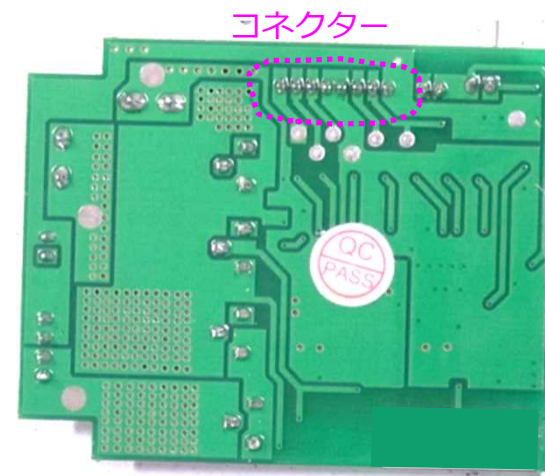
事故品の基板裏面



同等品の基板部品面



同等品の基板X線透視観察像

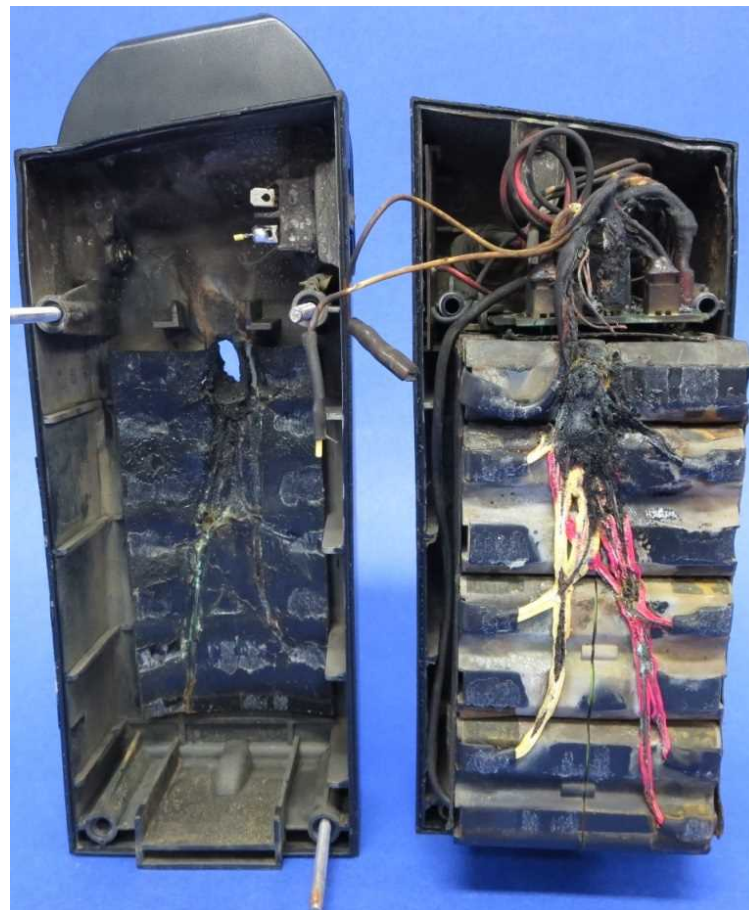


同等品の基板裏面

リチウムイオンバッテリーパックの事故事例（2）

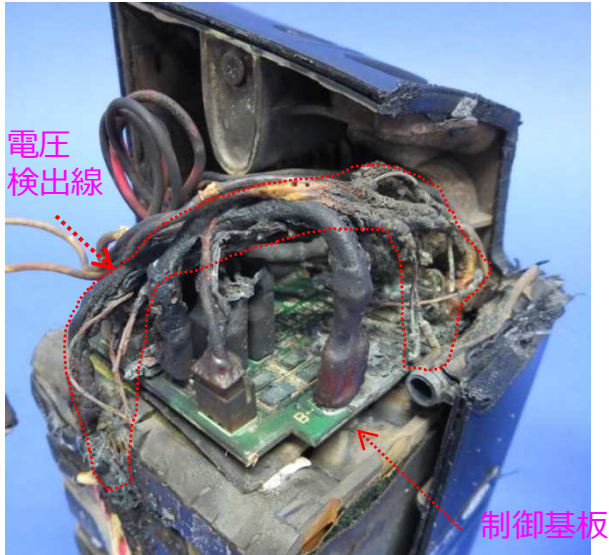


事故品
バッテリーパック

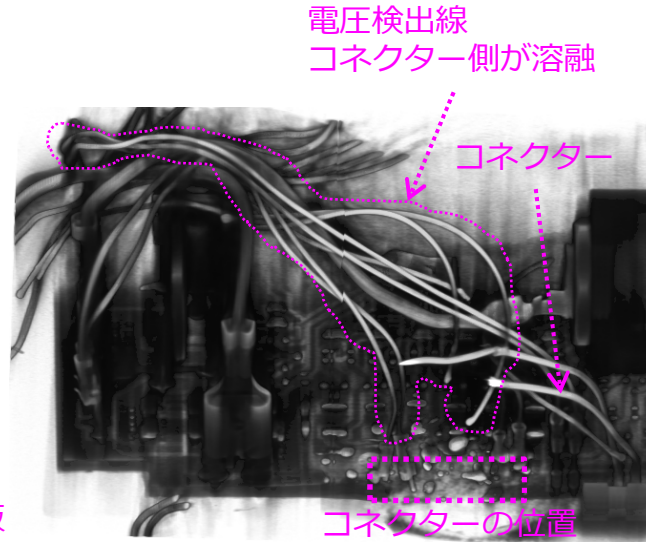


事故品
バッテリーパック内部

リチウムイオンバッテリーパックの事故事例（2）

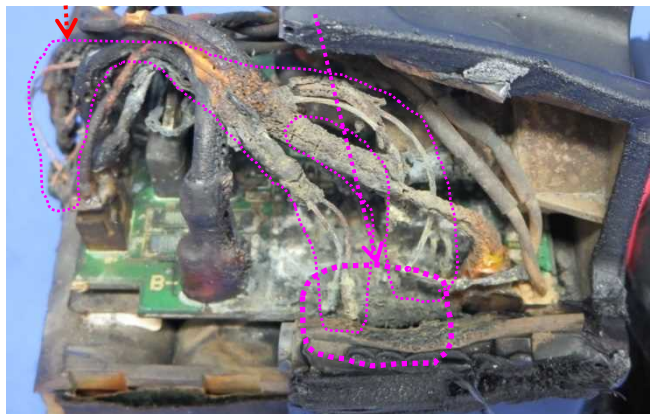


事故品 制御基板の状態



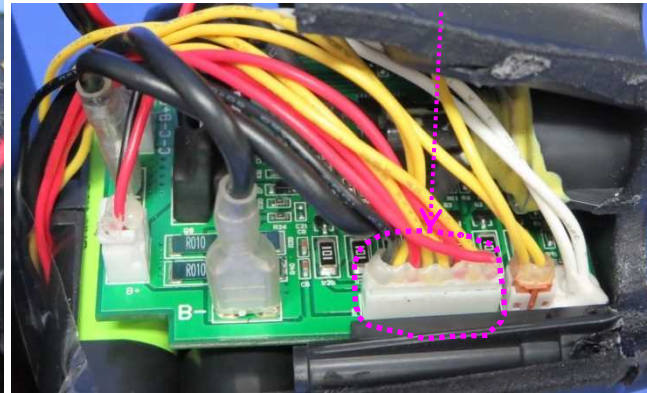
事故品制御基板 X線CT観察結果

電圧検出線 コネクターの位置



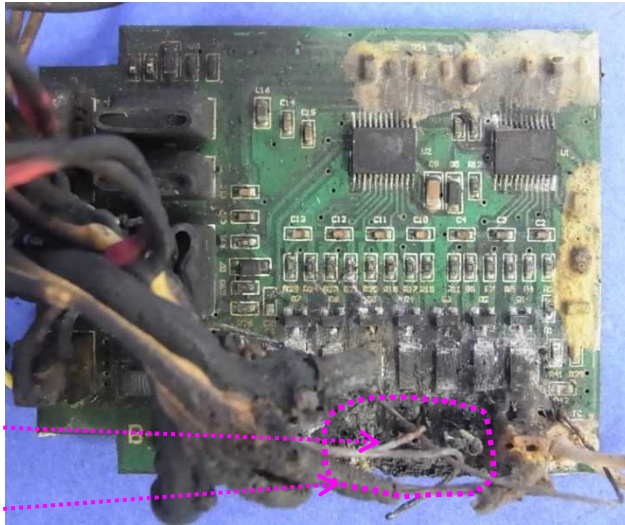
事故品 コネクターを中心とした焼損部

電圧検出線 コネクター



同等品 コネクター周辺

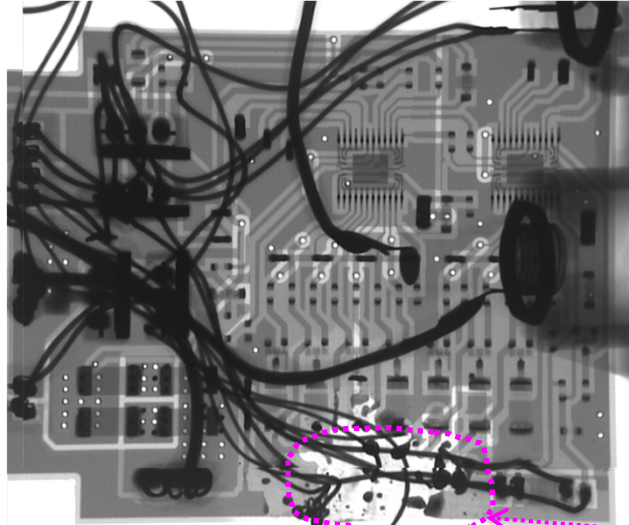
リチウムイオンバッテリーパックの事故事例（2）



コネクタ位置

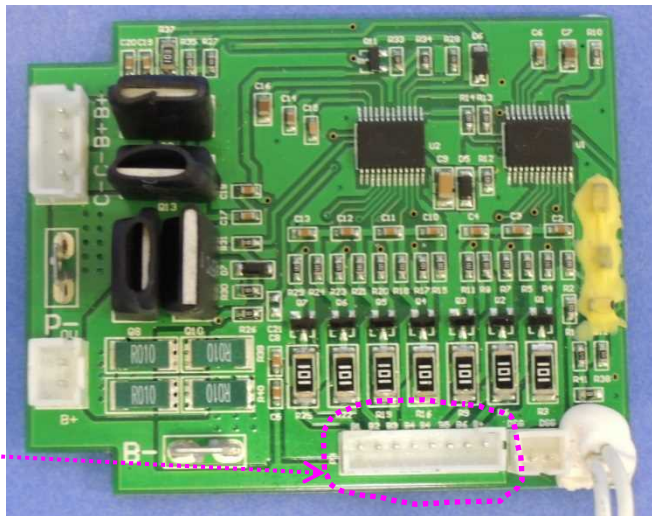
焼損炭化箇所

事故品の基板部品面



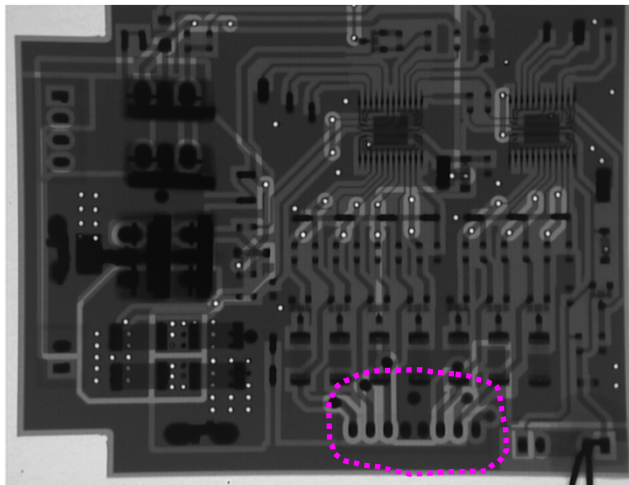
焼損炭化箇所

事故品の基板X線透視観察像



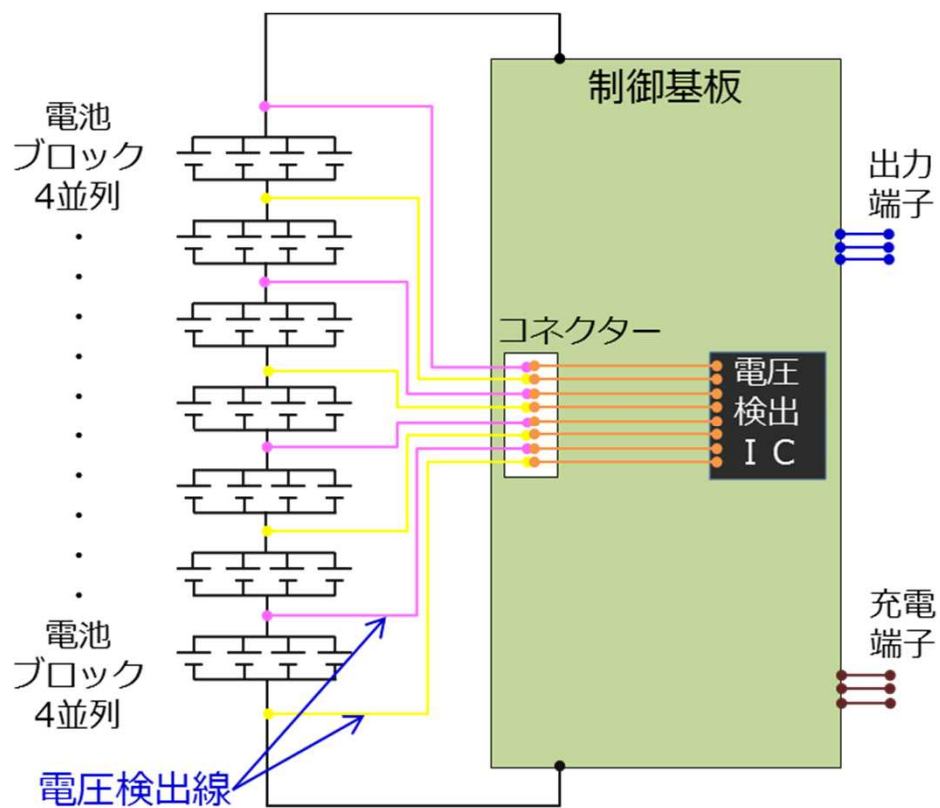
コネクタ

同等品の基板部品面

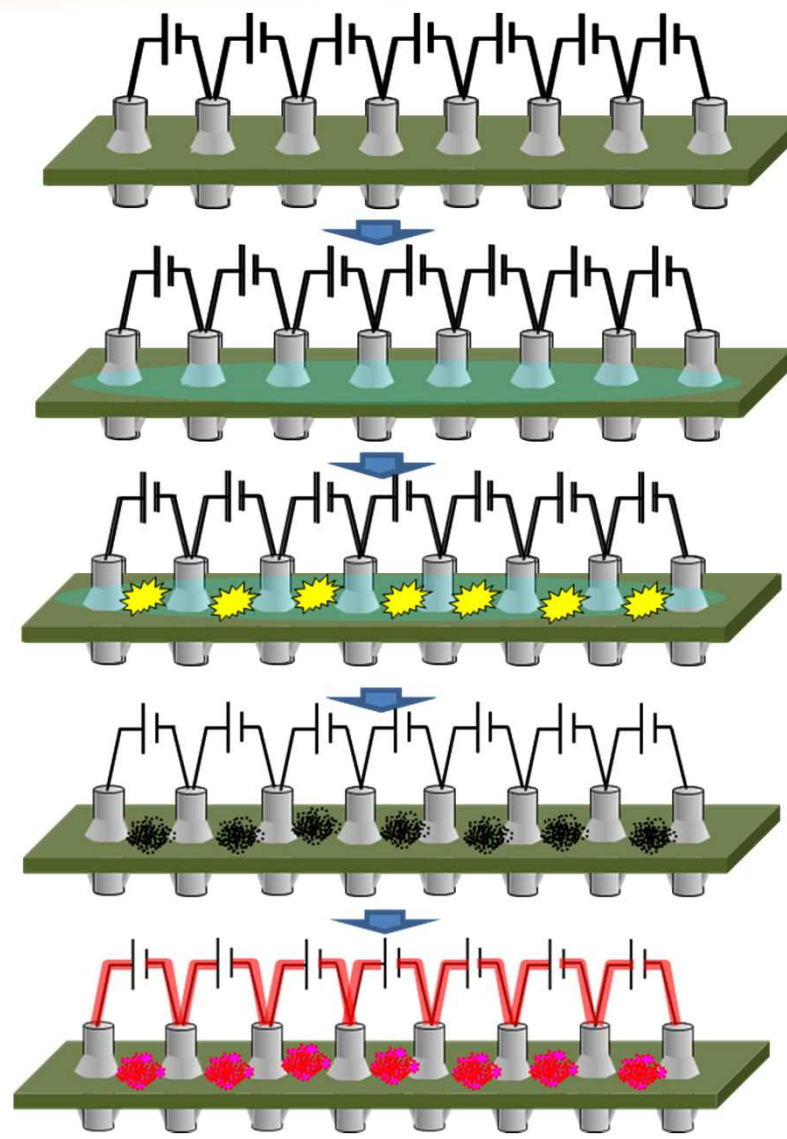


同等品の基板X線透視観察像

事故発生メカニズム

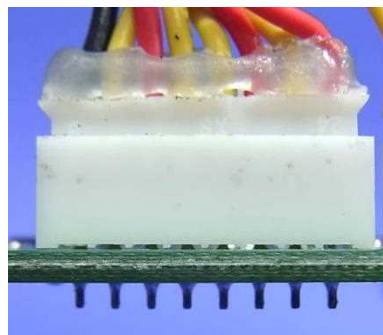


製品構成イメージ



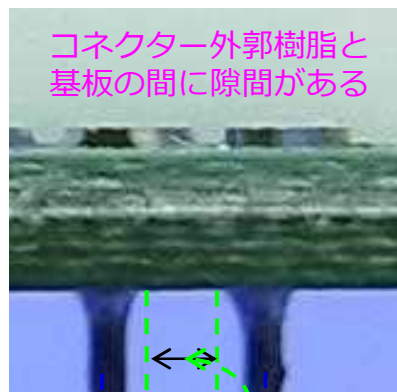
コネクタピン実装部分イメージ

事故発生メカニズム エレクトロケミカルマイグレーションからトラッキング現象



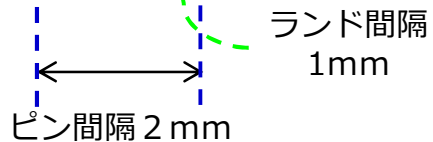
ソケット
ピンヘッダー

同等品 コネクター

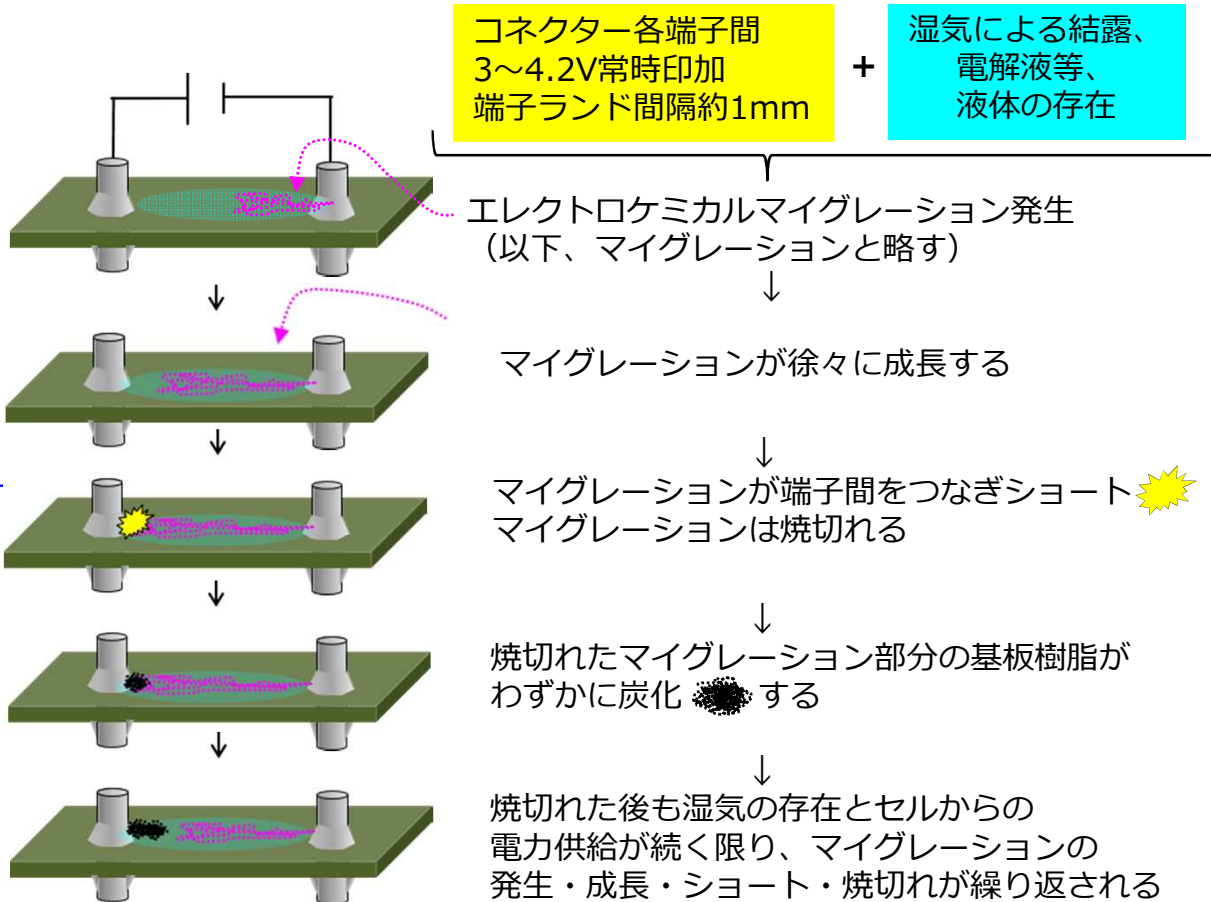


コネクター外郭樹脂と基板の間に隙間がある

ピンヘッダー

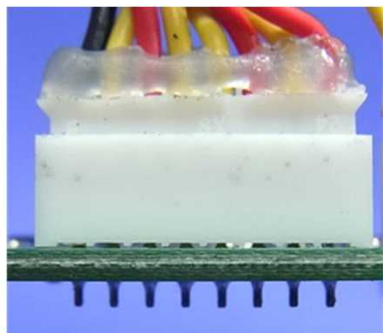


同等品コネクター 端子間隔



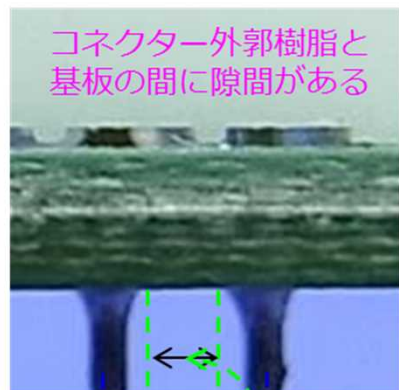
コネクターピン間に炭化導電路が形成されるイメージ(1/2)

事故発生メカニズム エレクトロケミカルマイグレーションからトラッキング現象

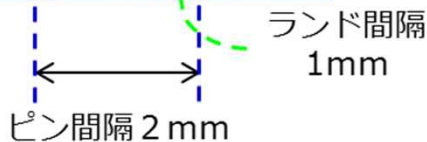


ソケット
ピンヘッダー

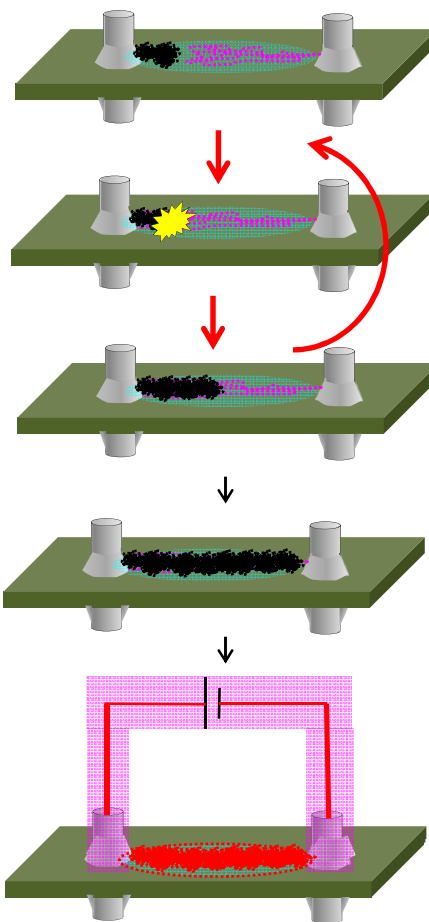
同等品 コネクター



コネクター外郭樹脂と基板の間に隙間がある
ピンヘッダー



同等品コネクター 端子間隔

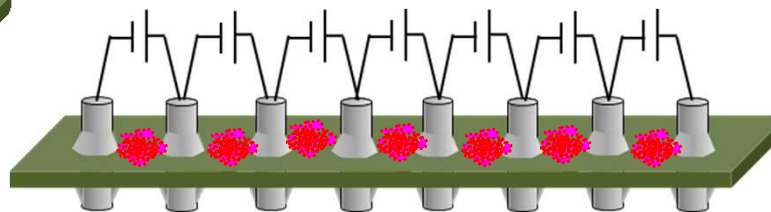


焼切れた後も湿気の存在とセルからの電力供給が続く限り、マイグレーションの発生・成長・ショート・焼切れが繰り返される

↓
マイグレーション発生・成長・ショート・焼切れが繰り返されることにより、基板上の炭化部分が徐々に拡大する

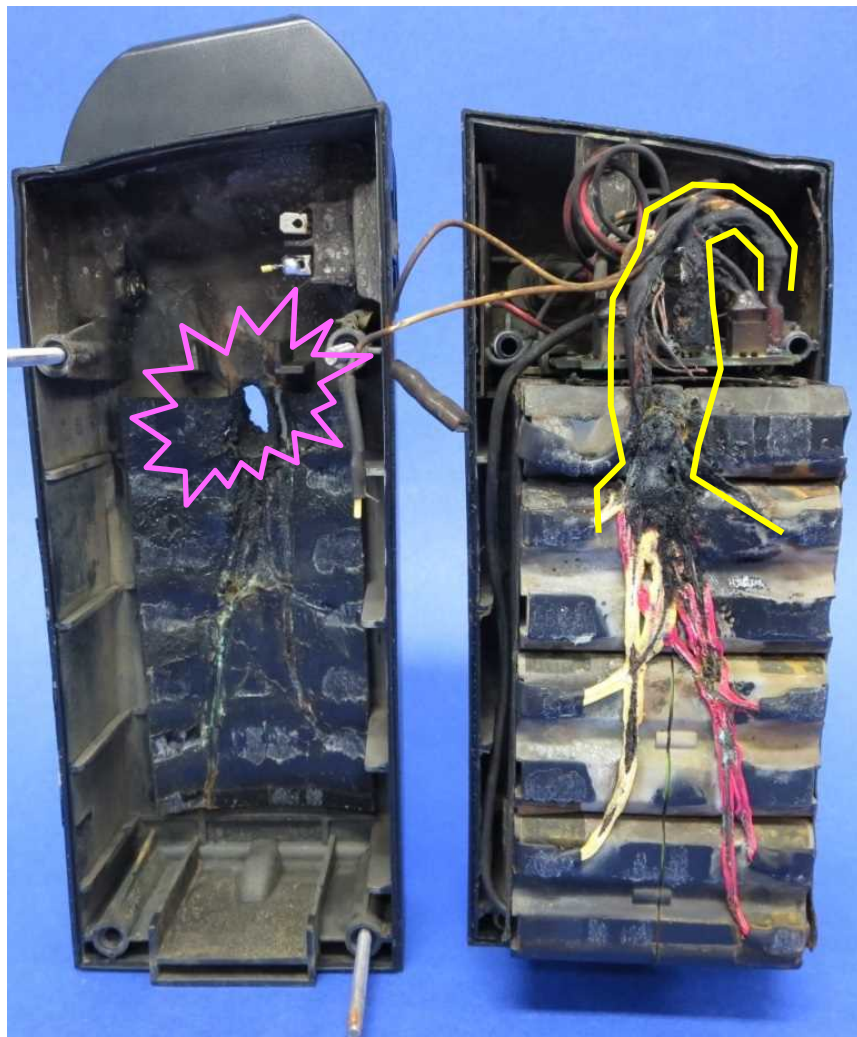
↓
炭化部分はやがて炭化導電路となり、電圧検出線と基板の炭化導電路で形成された低抵抗の閉回路にセルブロックから大電流が流れる

↓
炭化導電路と電圧検出線が異常発熱する



コネクターピン間に炭化導電路が形成されるイメージ(2/2)

事故発生メカニズム



①コネクターピン間に湿気浸入

②コネクターピン間でエレクトロケミカルマイグレーション発生

③ピン間基板表面に炭化導電路形成
炭化導電路に電流が流れ始める

④炭化導電路が異常発熱
→基板焼損

⑤電圧検出線に電流が流れ始める

⑥電圧検出線が異常発熱

⑦被覆樹脂溶融／焼損

⑧外郭樹脂接触箇所溶融／焼損

⑨接していたリチウムイオン
バッテリー受熱、焼損

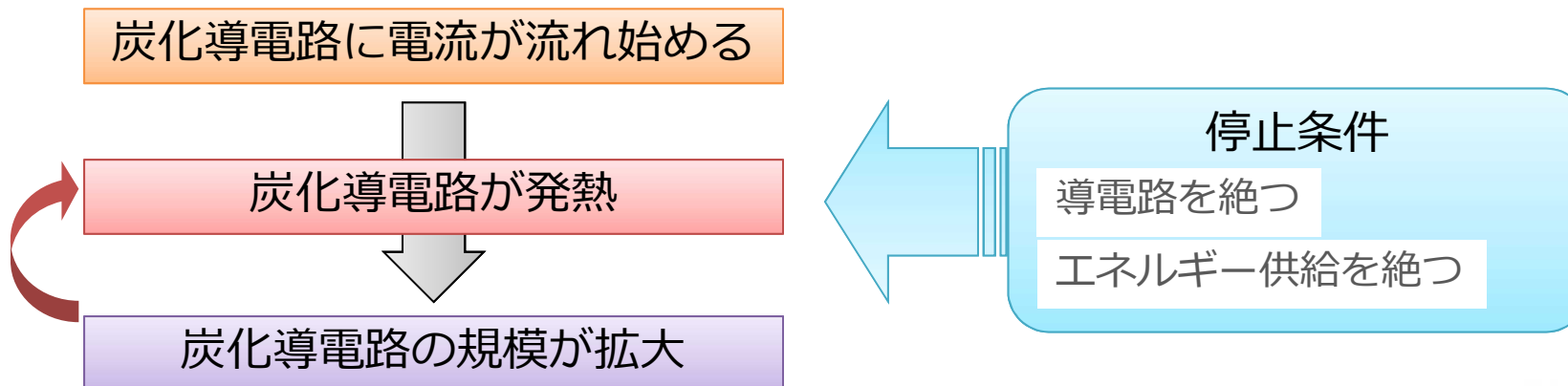
事故に至る条件

この事故の特徴 (1)

- ①電池セルの充放電制御／保護のために必要な電圧検出線には、常に直流電圧が印加されていた
- ②電圧検出線のコネクタ接続部分など、回路基板の端子間距離が近い
- ③結露や液体浸入によって回路基板端子間の絶縁が低下した

エレクトロケミカルマイグレーションの条件が整っていた

マイグレーションと短絡が繰り返され徐々に炭化導電路が形成される



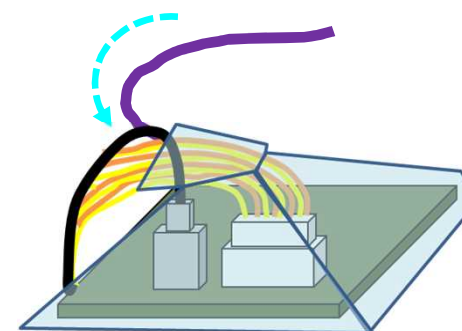
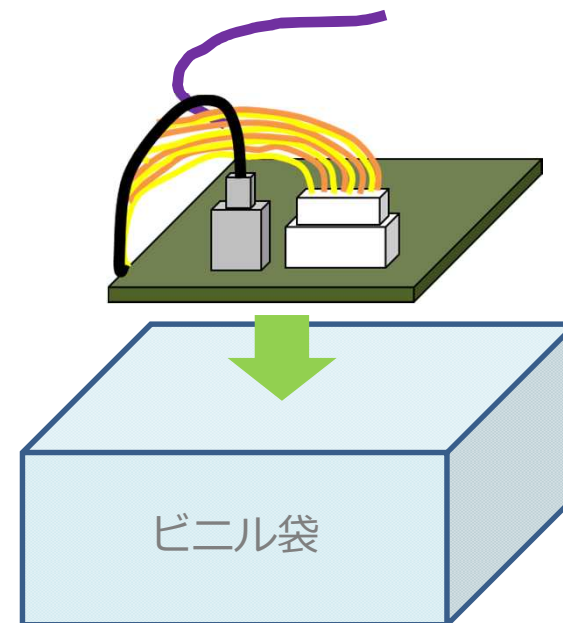
事故に至る条件

この事故の特徴 (2)

基板が水平に設置されていた

液体付着対策として回路基板が
ビニル袋で包まれていたが、
水分が浸入した

端子間に浸入した湿気が抜けにくい



事故防止のために

電気回路に湿気、水分が浸入しないようにする

端子／配線間の間隔を十分に広くとる

耐湿コーティング

機器が使用される環境を想定した
事前評価が必要

… 防水性
耐湿性評価

(屋外使用、湿気のある場所、温度変化のある場所…)