

# 製品寿命を左右するリチウムイオン電池の評価

製品寿命は電池寿命で決まる

2023年12月15日

沖エンジニアリング株式会社  
信頼性ソリューション事業部  
小岩 賢太郎

## 目次

### 1. 概要

- 1.1 サステナブル社会と資源
- 1.2 リチウムイオン電池の概要
- 1.3 リチウムイオン電池搭載製品の寿命
- 1.4 リチウムイオン電池の寿命と対策

### 2. リチウムイオン電池の良品解析と安全性評価

- 2.1 リチウムイオン電池の良品解析
- 2.2 リチウムイオン電池の安全性評価
- 2.3 リチウムイオン電池搭載機器の延焼性評価

### 3. まとめ

## 目次

### 1. 概要

- 1.1 サステナブル社会と資源
- 1.2 リチウムイオン電池の概要
- 1.3 リチウムイオン電池搭載製品の寿命
- 1.4 リチウムイオン電池の寿命と対策

### 2. リチウムイオン電池の良品解析と安全性評価

- 2.1 リチウムイオン電池の良品解析
- 2.2 リチウムイオン電池の安全性評価
- 2.3 リチウムイオン電池搭載機器の延焼性評価

### 3. まとめ

## 1.1 サステナブル社会と資源

**サステナブル社会とは、限りある資源を残して、人々が豊かに暮らし続ける社会である。貴重な資源であるレアメタルを利用した製品をより長く使用することもその対応策の一つと考える。**

サステナブル社会とは、限りある資源を次の世代に残し、自然環境を壊さず、こらからの未来も人々が豊かに暮らし続ける社会を示す。

資源とは、人の生活や産業等の活動の為に、利用可能なものが全て含まれるが、鉱産資源（鉱物、レアメタル）など、自然環境に影響を及ぼす資源は、リサイクルや使用量の削減などの早急な対策が求められている。

対策の一つとして、レアメタルが使用されているもの（製品）を長く使用することも、自然環境の保護や、資源の保全に繋がり、持続可能な社会に貢献するものとする。



出典：国際連合広報センター

## 1.2 リチウムイオン電池の概要 (1/3)

レアメタルが使用されている身近な製品として、**リチウムイオン電池**にフォーカスする。

### ■ リチウムイオン電池搭載製品の例



モバイルバッテリー/スマートフォン



電動自転車



ドライブレコーダー



電動工具

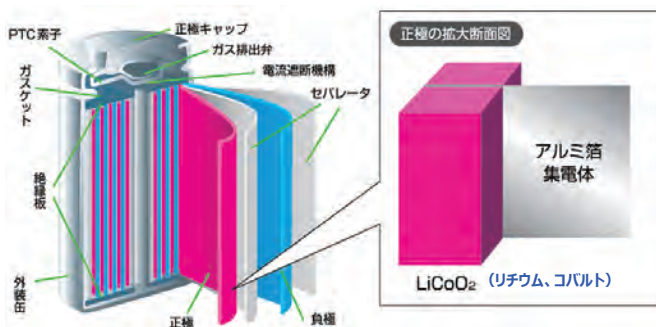


電気シェーバー

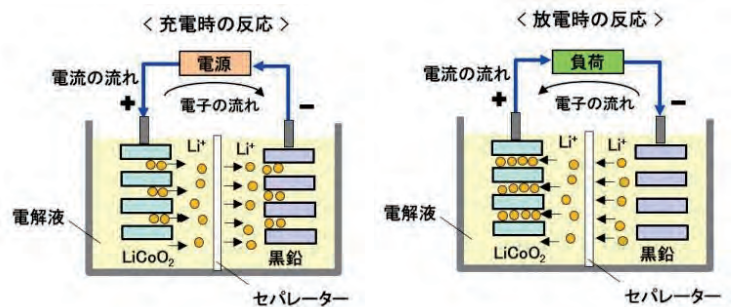
## 1.2 リチウムイオン電池の概要 (2/3)

リチウムイオン電池は、充放電反応によって繰り返し使用できる特徴をもっている。

### ■ リチウムイオン電池の構造(円筒型)



### ■ リチウムイオン電池の動作原理



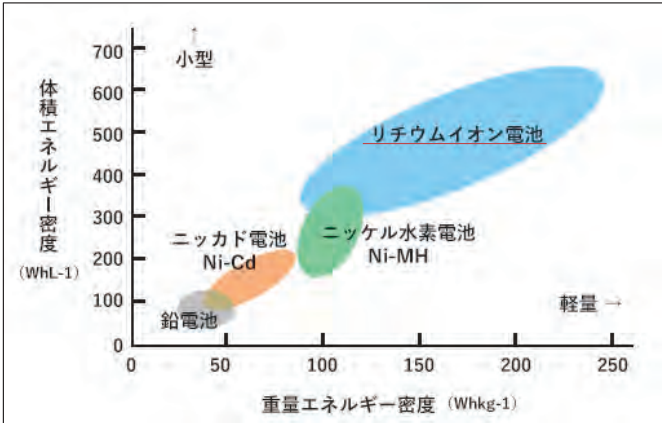
出典：株式会社インプレス  
スマートグリッドフォーラム

出典：自動車ニュース クリッカー

## 1.2 リチウムイオン電池の概要 (3/3)

リチウムイオン電池は、エネルギー密度が高く、軽量・小型化が可能な電池である。

### ■ 各種電池のエネルギー密度比較



出典：アクソonderタマシ株式会社

### ■ 軽量・小型化の理由

電池の種類	公証電圧値 [V]	出力対重量比 [W/kg]
リチウムイオン電池	3.7	3,000~1,400
Ni-MH電池	1.2	1,000~250
Ni-Cd電池	1.2	150

出典：アクソonderタマシ株式会社

同じエネルギー密度の値であれば、リチウムイオン電池が最も軽く、小型な電池が作れる

### ■ 特徴：繰り返し使用可能、エネルギー密度が高い、軽量・小型化が可能

## 1.3 リチウムイオン電池搭載製品の寿命

リチウムイオン電池搭載製品の故障の原因は、リチウムイオン電池を起点とした事例が多い。(リチウムイオン電池の寿命、故障≒製品寿命と考えることも可能)

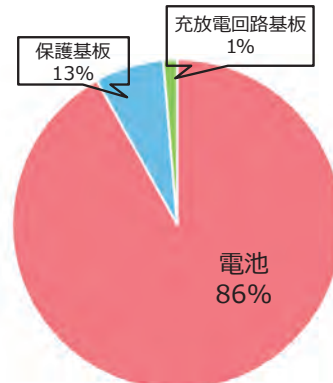
2019年度から、リチウムイオン電池の焼損原因調査を始め、2020年度に焼損解析(注1)のサービスを開始した。2022年度から良品解析(注2)のサービスを提供して、2023年10月までに350件以上の案件を実施した。

### ■ 解析件数

表1. 依頼案件 実施件数

年度	焼損解析 [件]	良品解析 [件]	備考
2019	33	-	-
2020	35	-	焼損解析のプレスリリース (2021年3月)
2021	111	-	-
2022	107	2	良品解析のプレスリリース (2023年1月)
2023	50	14	
合計	336	16	352 件

### ■ 焼損要因



- ・電池 → セパレータ\*破壊やセパレータずれによる焼損 (電池内部電極ショート)
- ・保護基板 → 電解液付着によるトラッキング焼損 (電池液漏れ)
- ・充放電回路基板 → 水濡れによるトラッキングや外部サージによる部品焼損 (外部要因)

大半が電池起因の焼損故障

(注1) 焼損解析 … 焼損、発火が発生した電池製品の発生原因調査

(注2) 良品解析 … 電池の内在する欠陥や不具合構造などを検出し、評価をする解析調査

## 1.4 リチウムイオン電池の寿命と対策（1/2）

リチウムイオン電池の寿命・故障とは、

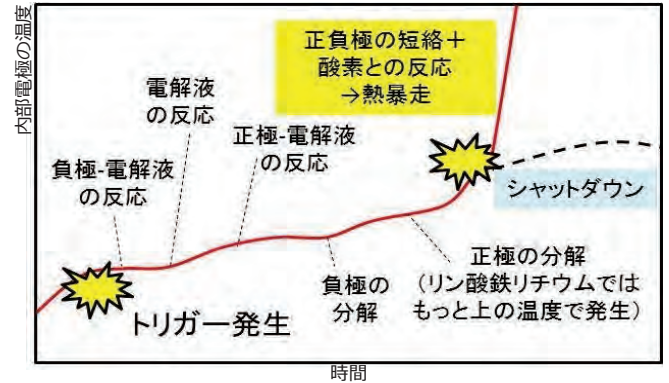
- ① 寿命は、電池の劣化（容量低下）により、使用時間が短くなる、製品が起動しない。
- ② 故障は、異常により電池を起点した焼損、発火が発生する（事故）。

### ■ 劣化（容量低下）の要因

- 1) 使用による経年劣化  
(リチウムイオン電池は消耗品である)
- 2) 仕様を満たしていない
- 3) 製造品質に不具合や欠陥がある

### ■ リチウムイオン電池の発火、焼損要因

- 1) 熱暴走反応（注3）の発生  
リチウムイオン電池の過充電、内部短絡、外部短絡、外部加熱、それらの複合要因をトリガーとして、電池内部で熱暴走反応が発生する。



(注3) 熱暴走反応 … リチウムイオン電池の内部電極に於いて、反応が連鎖し、熱の制御が出来なくなる現象や状態

## 1.4 リチウムイオン電池の寿命と対応策（2/2）

故障などを未然に察知し、製品寿命を延ばすために良品解析、安全性評価が有効

対策①：リチウムイオン電池の良品解析

対策②：リチウムイオン電池および製品の安全性評価（延焼性の確認）

### ■ 対策のポイント

#### 1) リチウムイオン電池劣化要因 ⇒ 良品解析

- ・ 要求仕様を満足しているか
- ・ 製造品質に不具合や欠陥がないか（早期に劣化する構造になっていないか）

#### 2) 異常発生時のリチウムイオン電池の発火、焼損 ⇒ 電池、製品の安全性の評価

- ・ 発火防止：リチウムイオン電池の発火、焼損が発生しない機構が機能するか
- ・ 延焼性の確認：電池搭載製品が、発火、焼損した際にどのような状態となるか

# 目次

## 1. 概要

- 1.1 サステナブル社会と資源
- 1.2 リチウムイオン電池の概要
- 1.3 リチウムイオン電池搭載製品の寿命
- 1.4 リチウムイオン電池の寿命と対策

## 2. リチウムイオン電池の良品解析と安全性評価

- 2.1 リチウムイオン電池の良品解析
- 2.2 リチウムイオン電池の安全性評価
- 2.3 リチウムイオン電池搭載機器の延焼性評価

## 3. まとめ

## 2.1 リチウムイオン電池の良品解析 (1/8)

当社で行っている、リチウムイオン電池の良品解析は、電池の焼損解析や電子部品の良品解析手法をベースに、リチウムイオン電池をさまざまな手法で検査することで、内在する欠陥や不具合構造を検出し、起こりうる不具合と重要度を考慮した判断基準で、対象の電池を評価する方法である。

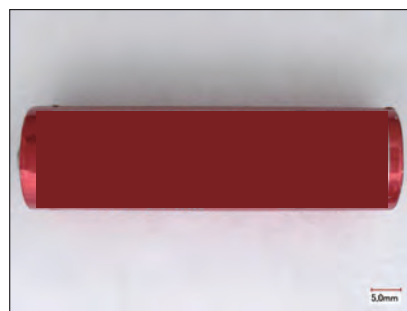
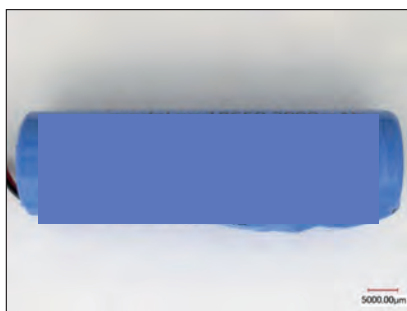
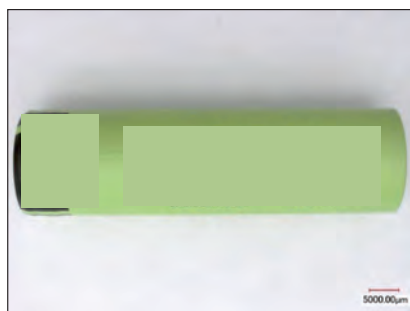
検査項目	対象個数	使用装置	検査対象	検出される欠陥要因 (例)
電気特性検査	5個	バッテリーインピーダンスメーター、充放電測定装置	開放電圧値、内部抵抗値、充放電容量値	抵抗異常、容量差
外観検査	5個	実体顕微鏡、デジタルカメラ、マイクロスコープ	安全弁の状態、端子TAB電極の溶接状態、捺印の状態	傷、凹み、穴、臭気、捺印異常、基板実装不良
外形寸法検査	5個	測長装置	ケース外形寸法	寸法異常、膨れ量、変形量
重量検査	5個	電子天秤	電池重量、乾燥重量 (オプション)	重量ばらつき
グロスリーク試験	5個	リーク試験機	気密性	ピンホール、封止異常
透過X線検査	5個	透過X線装置	電池内部状態、電池巻き状態、異物等	巻きずれ、異物混入
X線CT検査	1個	マイクロフォーカスX線CTシステム	内部電極の状態、安全弁の状態	巻き乱れ、巻きずれ、活物質の塗布ムラ、封止不良
分解検査	1個	実体顕微鏡、デジタルカメラ、マイクロスコープ	内部電極の状態、セパレータのかぶり量、活物質の塗布状態	セパレータずれ、活物質剥離、活物質塗布ムラ、密着強度不足
セパレータ構造検査	1個	走査型電子顕微鏡、エネルギー分散型分析装置	セパレータの構造	セラミックコートの有無
焼損耐性の調査	1個	デジタルカメラ、電源、データロガー、ビデオ撮影	電池単体、製品	発煙・発火の有無、発火前後の状態

## 2.1 リチウムイオン電池の良品解析 (2/8)

円筒型リチウムイオン電池 (18650) を例に、それぞれの検査結果について紹介する。

・ 対象試料

- ◆ 電池A : 3.7V , 2350mAh
- ◆ 電池B (首掛け扇風機内蔵電池) : 3.7V , 2000mAh
- ◆ 電池C : 3.7V , 4200mAh



サンプル外観像  
(左 : 電池A / 中 : 電池B / 右 : 電池C)

## 2.1 リチウムイオン電池の良品解析 (3/8)

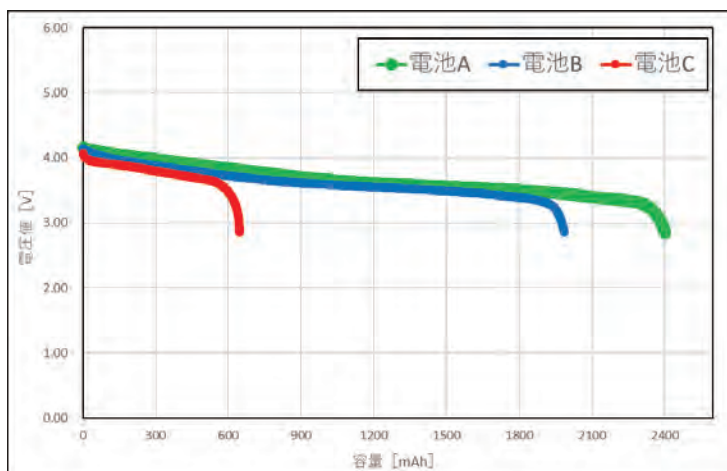
### 電気特性検査 (電池容量測定)

- 検査箇所 : ±電極間
- 検査項目 : 充放電容量測定

サンプル名	製品仕様※ (mAh)	測定値 (mAh)
電池A	2350	2400
電池B	2000	1993
電池C	4200	648

※ カタログ値

電池容量測定結果



放電測定条件=CCEモード、下限2.85V、0.2C

- ・ 電池AおよびBは、要求仕様を満たしていた。
- ・ 電池Cは、要求仕様を満たしていなかった ⇒ **模倣品、仕様未達の可能性**

## 2.1 リチウムイオン電池の良品解析 (4/8)

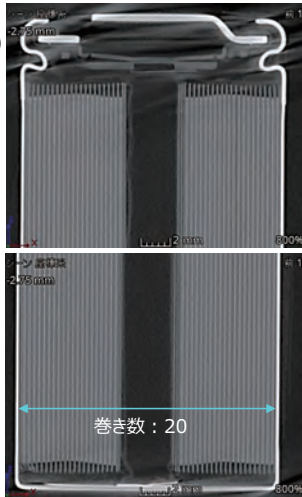
### X線CT検査

- 検査箇所：電池内部構造
- 検査項目：内部電極の状態、安全弁の状態、異物混入の有無

電池A  
(3200mAh)

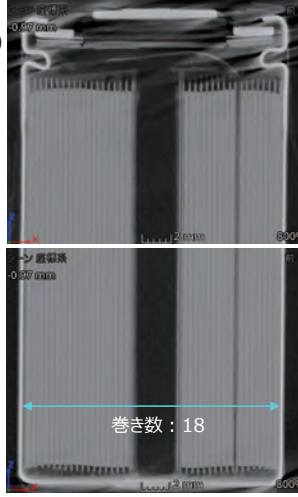
+側

-側



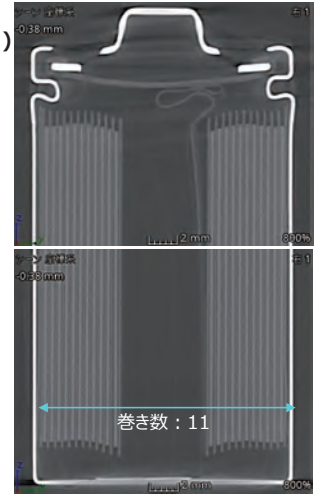
内部組立構造に異常は観察されない

電池B  
(2000mAh)



内部組立構造に異常は観察されない

電池C  
(4200mAh)



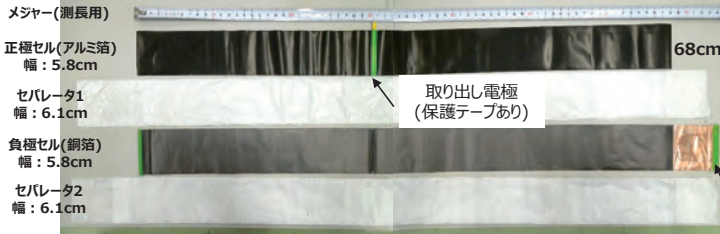
電池A, Bと比較して巻き数が少ない

## 2.1 リチウムイオン電池の良品解析 (5/8)

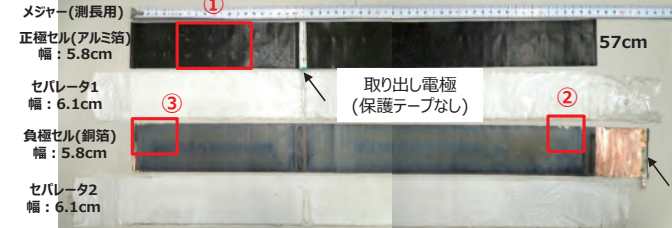
### 分解検査

- 検査箇所：電池内部構造
- 検査項目：内部電極の状態、セパレータの被り量、活物質の塗布状態、異物混入の有無

● 電池A



● 電池B



● 電池B



①拡大像



②拡大像

③拡大像

活物質の剥離は、電解液のガス化、内部電極箔の腐食などの要因

⇒ 早期に電池が劣化する可能性が懸念される



## 2.1 リチウムイオン電池の良品解析 (6/8)

内部電極の金属箔が露出した部分は、劣化反応が進行し、電池容量の低下(使用時間が短くなる)が発生することで、製品寿命が短くなる要因となる。

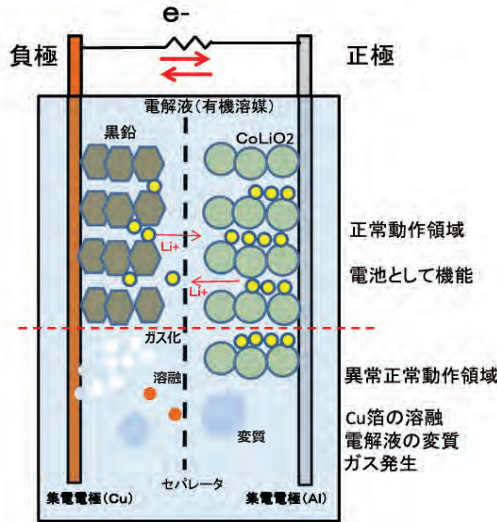
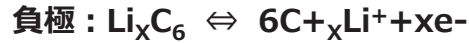


図. 内部電極の反応モデル

- 充放電反応 (化学式)



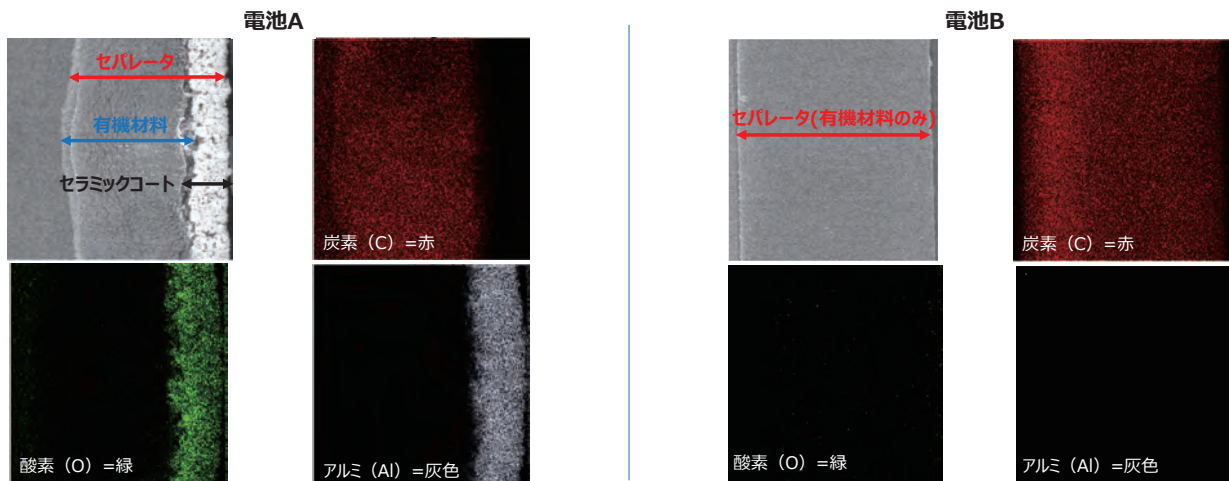
- 劣化反応 (化学式)



## 2.1 リチウムイオン電池の良品解析 (7/8)

### セパレータの構造検査

- 検査箇所 : セパレータ
- 検査項目 : セパレータの構造 (セラミック層によるコーティングの有無)

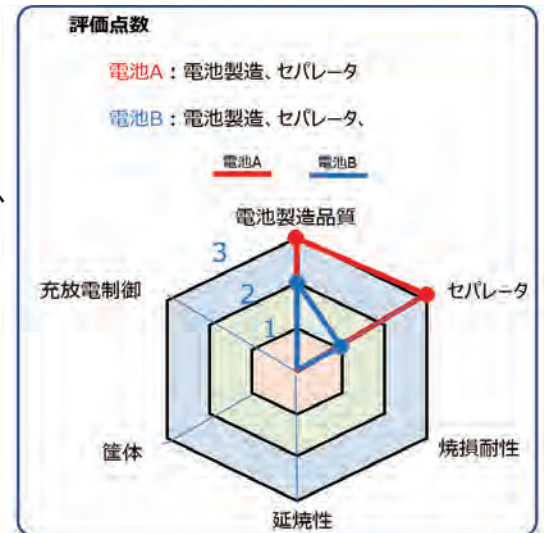


セラミックがコーティングされたセパレータは、耐熱性や、耐性が強い (同じ厚さの場合)

## 2.1 リチウムイオン電池の良品解析（8/8）

### 良品解析の結果（まとめ）

- 電池Aは、仕様を満たし、電池構造に問題点はない。
- 電池Bは、仕様を満たしているが、内部構造の要因により、電池Aよりも早期劣化のリスクが高いと判断する。
- 電池Cは、仕様を満たしていない模倣品と判断する。



## 目次

### 1. 概要

- 1.1 サステナブル社会と資源
- 1.2 リチウムイオン電池の概要
- 1.3 リチウムイオン電池搭載製品の寿命
- 1.4 リチウムイオン電池の寿命と対策

### 2. リチウムイオン電池の良品解析と安全性評価

- 2.1 リチウムイオン電池の良品解析
- 2.2 リチウムイオン電池の安全性評価
- 2.3 リチウムイオン電池搭載機器の延焼性評価

### 3. まとめ

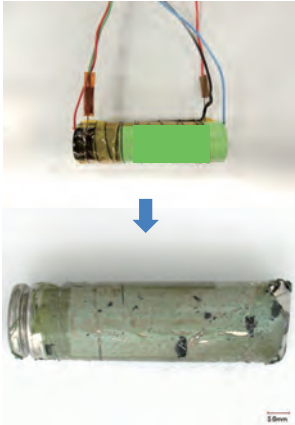
## 2.2 リチウムイオン電池の安全性評価（1/3）

### 延焼性の評価事例（前述の電池A,Bを使用した電池単体での評価）

■ 評価方法

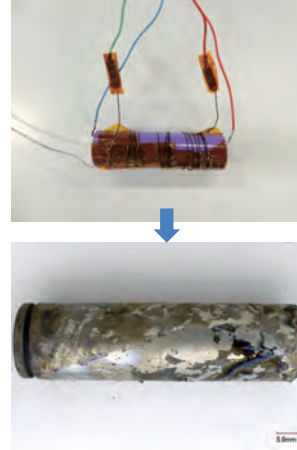
- ①保護回路を経由せず、電池に直接配線を接続、電源（6.6A, 42V設定）による過充電を実施
- ②電池に巻き付けたニクロム線に通電し、外部より加熱を実施

電池A（電池単体）



過充電 + 外部過熱評価により発火

電池B（電池単体）



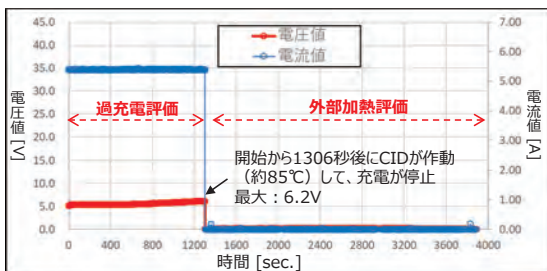
過充電評価により発火

熱電対、充電線、外部加熱線の取り付け

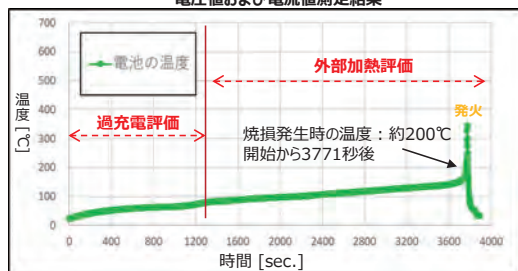
## 2.2 リチウムイオン電池の安全性評価（2/3）

### 延焼性の評価事例（前述の電池A,Bを使用した電池単体での評価）

電池A（電池単体）：過充電評価+外部加熱評価



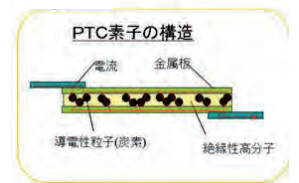
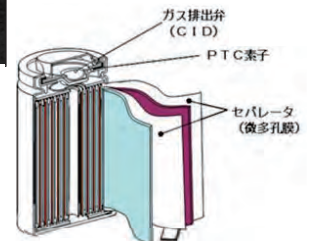
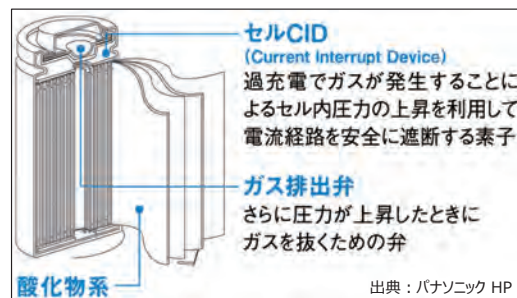
電圧値および電流値測定結果



電池の温度変化



図. 電池AのX線CT像（+側）



## 2.2 リチウムイオン電池の安全性評価（3/3）

リチウムイオン電池の評価は、使用条件による安全性も確認できる

電池B（電池単体）：過充電評価

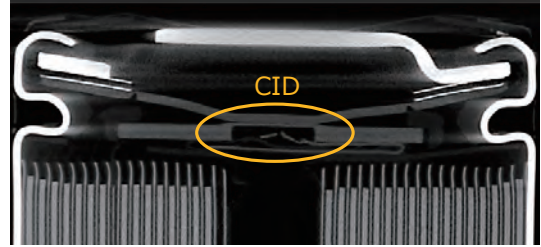
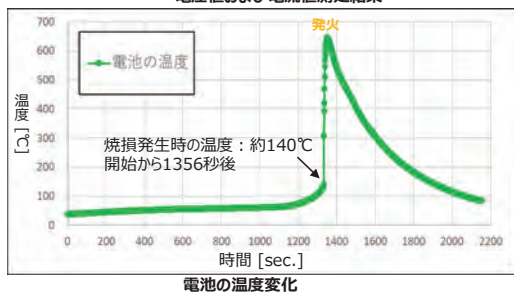
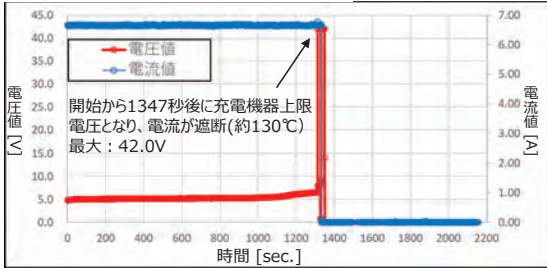


図. 電池BのX線CT像（+側）

CID（電流遮断機構）は設置されているが、作動前に電池の熱暴走反応が発生したのではないかと考えられる



電池Bは、過充電により焼損が発生したことから、電池Aよりも安全性が低いと判断する。

## 目次

### 1. 概要

- 1.1 サステナブル社会と資源
- 1.2 リチウムイオン電池の概要
- 1.3 リチウムイオン電池搭載製品の寿命
- 1.4 リチウムイオン電池の寿命と対策

### 2. リチウムイオン電池の良品解析と安全性評価

- 2.1 リチウムイオン電池の良品解析
- 2.2 リチウムイオン電池の安全性評価
- 2.3 リチウムイオン電池搭載機器の延焼性評価

### 3. まとめ

## 2.3 リチウムイオン電池搭載機器の延焼性評価（1/3）

### 延焼性の評価事例（電池Bを使用した製品による延焼性評価）

■ 評価方法

- ①保護回路を経由せず、電池に直接配線を接続、電源（6.6A, 42V設定）による過充電を実施
- ②電池に巻き付けたニクロム線に通電し、外部より加熱を実施

電池B（製品搭載状態）



過充電評価により発火



## 2.3 リチウムイオン電池搭載機器の延焼性評価（2/3）

### 延焼性の評価事例（電池Bを使用した製品での延焼性評価）



過充電試験後 観察像



電池搭載部 拡大観察像

筐体樹脂や、内蔵基板に激しい焼損を確認

## 2.3 リチウムイオン電池搭載機器の延焼性評価（3/3）

### 延焼性評価の結果（まとめ）

- 電池発火の際、製品より炎が噴出した。  
→ 人体への影響大。電池位置の変更、電池容量の変更などの検討が必要。
- 筐体（外装ケース）および基板に、延焼した状態が確認された。  
→ 難燃性の素材への変更などの検討が必要。



図A. 評価前



図B. 電池発火時



図C. 評価後 外観拡大像

## 目次

### 1. 概要

- 1.1 サステナブル社会と資源
- 1.2 リチウムイオン電池の概要
- 1.3 リチウムイオン電池搭載製品の寿命
- 1.4 リチウムイオン電池の寿命と対策

### 2. リチウムイオン電池の良品解析と安全性評価

- 2.1 リチウムイオン電池の良品解析
- 2.2 リチウムイオン電池の安全性評価
- 2.3 リチウムイオン電池搭載機器の延焼性評価

### 3. まとめ

### 3. まとめ

- リチウムイオン電池の良品解析、安全性評価、電池搭載品の延焼性評価について、リチウムイオン電池の特徴を踏まえてご紹介いたしました。
- 当社は、リチウムイオン電池の良品解析や、安全性評価を実施することで、リチウムイオン電池搭載製品を長く使用する製品開発の支援、については資源の保全に繋がり、サステナブル社会へ貢献するものと考えます。

ご清聴いただき、ありがとうございました

*Open up your dreams*

沖エンジニアリンク株式会社

- 信頼性ソリューション事業部
- 担当 : 小岩 賢太郎
- TEL : 03-5920-2366
- E-mail : oeg-solution@oki.com
- URL : <https://www.oeg.co.jp/>