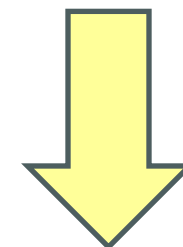


EVバッテリーを対象とした 安全診断技術の環境性能評価への拡張

主席研究員 小鹿 健一郎
環境研究部

本日の構成

1. EVと環境の整理
2. EVの安全性に関する国際基準調和の動向
3. 使用過程で安全を守る対策
4. 安全性診断から安全を低下させない設計へ
5. 安全マージンを評価する仕組み



従来の安全
の範疇を超
えるトピック

⇒6.車両からリユース運用まで評価の共通化が大事

1.EVと環境の整理（走行時ゼロエミッション）

有害物質に関して

- NOx (窒素酸化物)
- PM (粒子状物質)
- HC (炭化水素)

上記の排出無し



多くの人が環境適合と認識

CO2に関して

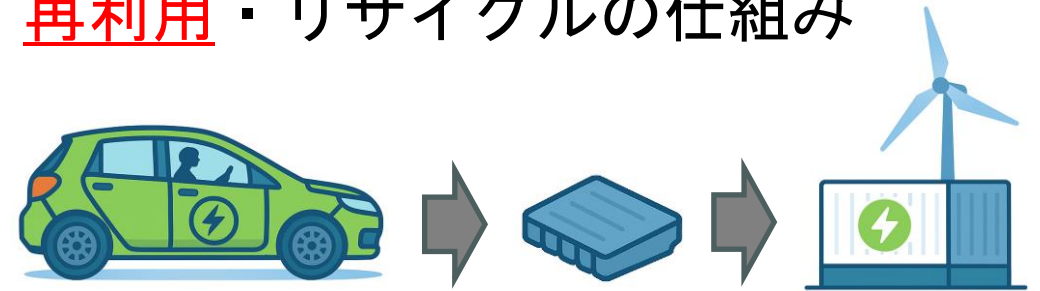
発売当初:

走行時の排出ゼロが強調された。

近年:

ライフサイクル全体を通した評価

- 電力供給の脱炭素化
- バッテリー製造時のCO2排出の考慮
 - 長期利用・再利用・リサイクルの仕組み



EVがカーボンニュートラルの対策技術であるためには、安全性低下を起こすことなくリユースされることも大事

二次利用はバッテリーの安全性が維持されていることが前提

このスライドは、発表当日にお示しします。

2.EVの安全性に関する国際基準調和の動向

UNR100-05改定の例

従来

文書による安全性の説明のみ

05改定

文書による説明

+

車両またはバッテリーパックを対象
とした熱連鎖試験の実施

ただし

保護対象：乗員のみ

安全要件

- ・ 乗員に異常を知らせる警報を出すこと。
- ・ 警報発報から5分間、車室内を安全な状態で維持すること。

車両が燃えても乗員が助かればよい。

⇒駐車場での大規模火災の解決策とならない。
(参考:定置用では、8時間観察で電池システムの破裂
発火なし)

EVの安全性に関する国際基準調和の動向(EVSフェーズ3)



中国

熱連鎖試験における保護対象の拡大

1. Thermal propagation test—Protection scope

- However, multiple countries have reported incidents of EV fire accidents caused by REESS. Although no casualties have occurred, these incidents have resulted in significant property losses.

In October 2024, a fire broke out in an underground parking lot of a residential community in Guangdong Province, China, destroying three cars and multiple electric bicycles. The fire department confirmed that the cause was thermal runaway in the battery of one of the new energy vehicles



- In addition, reports from several countries indicate that some underground parking facilities have banned new energy vehicles, reflecting public concerns about the risk of EV fire.
- Currently, according to data collected by third-party testing agencies in China, the performance of traction batteries in thermal propagation tests far exceeds the requirement of "five-minute advance warning before fire or explosion"
- We recommend that, on the basis of ensuring occupant safety, efforts should be made to reduce the damage to surrounding vehicles and infrastructure caused by single cell thermal runaway

Ref. EVS30-D02

駐車中の火災に対して懸念を表明



日本

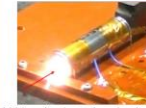
使用過程におけるEVバッテリーの安全確保

Japan's focus in the next phase



Maintaining EV battery safety during the in-use phase

With EV batteries, there are cases where their thermal stability reduces as they degrade.



Lithium-ion batteries simulating use in low-temperature environments. If degradation progresses as lithium metal precipitates, batteries become prone to thermal runaway.



Lithium metal deposition reduces thermal stability.

Proposal from Japan

- Since batteries operate in various environments, regulations should consider battery safety during the in-use phase.
*They should also consider swappable batteries used by a variety of users.
- Establishing regulations that consider the in-use phase enables timely maintenance, thereby suppressing potential future vehicle fires.
- For example, regulations including provisions on the following points could be considered:
 - Durability requirements for battery terminals and structure considering the in-use phase (swappable batteries)
 - Introduction of battery monitoring requirements utilizing non-destructive safety diagnostic technology
 - Addition of requirements for devices that inform drivers of reduced battery safety based on diagnostic results with alerts and warning lights

Swappable battery EVs



Source: JAMA

Ref.
EVS30-D03

使用過程における安全性低下を懸念

⇒バッテリーは使用しているうちに安全性が低下することがある。

バッテリーが熱暴走に至るメカニズムの例

熱連鎖試験の対象： フェーズ2までの前提
製造時不具合(異物混入など)

What failure scenarios are targeted?

Factors that may potentially trigger exothermic degeneration of the Li ion cell and initiate a thermal runaway

Trigger	How can it happen?	Addressed by other tests in the GTR
Overcharge	Defective connectors. Faulty charging circuit	YES Overcharge test, (BMS sequential tests)
External heat source	Ground fire or other heat source in proximity of battery	YES External fire test, Overtemperature test (BMS sequential tests)
Overcurrents	Out of spec usage of battery caused by BMS failure	YES Overdischarge test, External short circuit test (BMS sequential tests)
Internal short circuit by deformation	Physical abuse of battery pack	YES Mechanical impact test, Mechanical integrity test
Spontaneous internal short circuit	Manufacturing defect	NO

➡ The only trigger not already addressed in the GTR is **spontaneous internal short circuit**.



Info class External UTM/Annika Ahlberg Tidblad/ISC and propagation

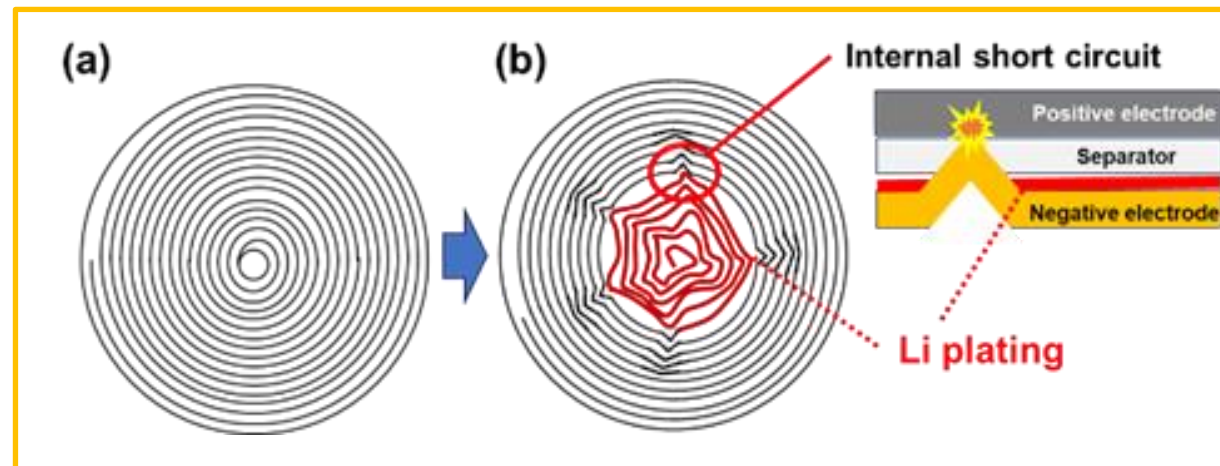
2016-08-07

Ref. EVSTF09-08-TF5-06

バッテリーの安全性は変わらない前提

リチウム析出による熱安定性低下・変形

巻回型セル内にリチウム析出が起こり、変形により、内部短絡が発生する様子。
(このとき、熱安定性も同時に低下)

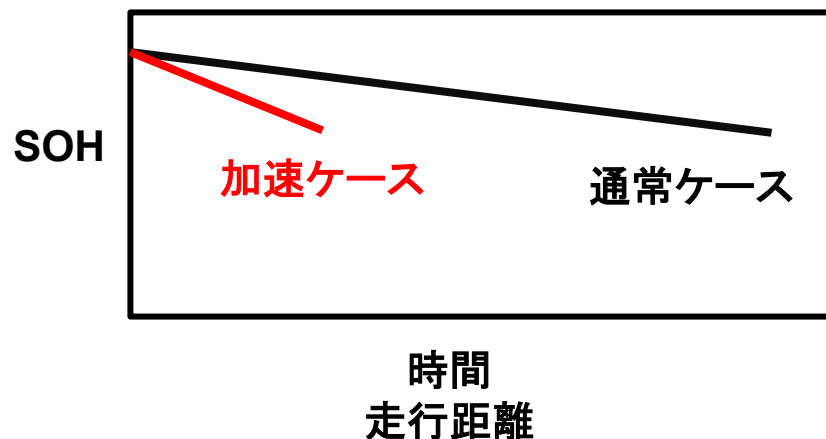


K.KOSHIKA et. al. JSAE annual conference 2026 Spring

使用過程で安全性が低下しうる

3.使用過程で安全を守る対策

加速劣化試験



課題の例

- 加速劣化が実際の劣化を再現していない可能性がある。(SOHが同じでもリチウムの析出状況などが違う可能性がある。)
- 所有者の使い方によっては、想定した加速条件が不十分となる事例も発生する。

診断を活用した整備



- 将来予測ではなく診断時のバッテリー状態に応じた整備ができる。
- 所有者の使い方の幅に対応できる。

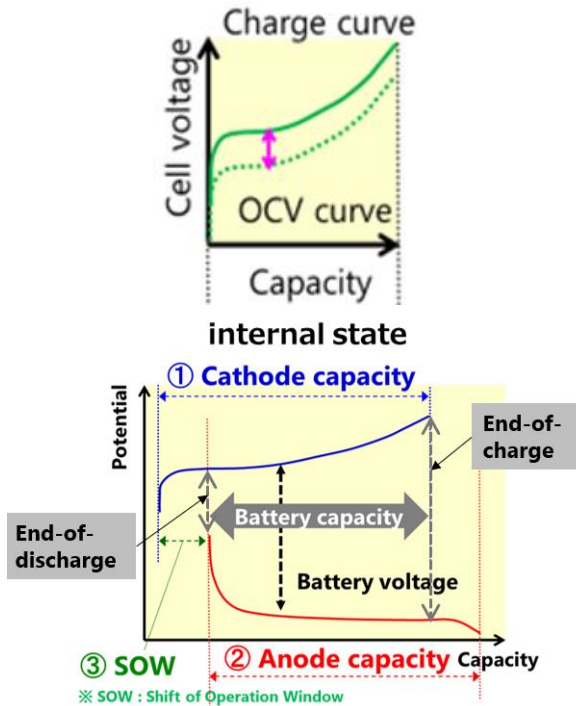
診断結果に基づく整備の方が、劣化予測に比べて安全性確保の確実性が高い。

非破壊診断技術の例

交流インピーダンス法、内部抵抗測定法、充電・放電曲線微分解析法 (dV/dQ)、充電曲線解析法 (SOH、SOSにも対応)

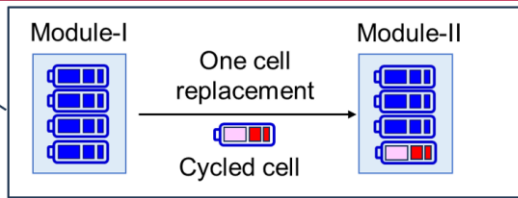
非破壊診断によるリチウム析出の検出

充電曲線解析の原理



充電曲線の情報を正極、負極、SOWに分離し、セルの内部状態を推定する。

組電池内のリチウム析出セルの検出



Result of safety diagnosis for Module-II

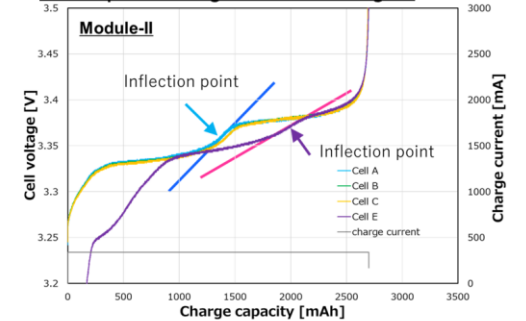
Check point

1. Negative electrode capacity retention
2. Shape of the charge curves

1. Negative electrode capacity retention was less than 98%(threshold)

	Cell-A	Cell-B	Cell-C	Cell-D	Cell-E (Degraded)
Initial (module-I)					
Cell capacity (mAh)	3523.9	3537.2	3538.1	3526.4	-
Negative electrode capacity (mAh)	4153.9	4289.2	4274.6	4357.8	-
SOW capacity (mAh)	481.6	467.9	467.1	478.6	-
After cell replacement (module-II)					
Cell capacity (mAh)	3589.9	3600.2	3594.5	-	2793.8
Negative electrode capacity (mAh)	4346.7	4481.8	4457.8	-	4020.3
SOW capacity (mAh)	415.1	404.4	410.2	-	1212.1
Negative electrode capacity retention (%)	104.6	104.5	104.3	-	92.3

2. Slope of tangent line changed



Ref. Kobayashi, Y. et.al, Journal of Power Sources, Volume 621, 235210, 2024.

Module-II was diagnosed as containing an unsafe cell

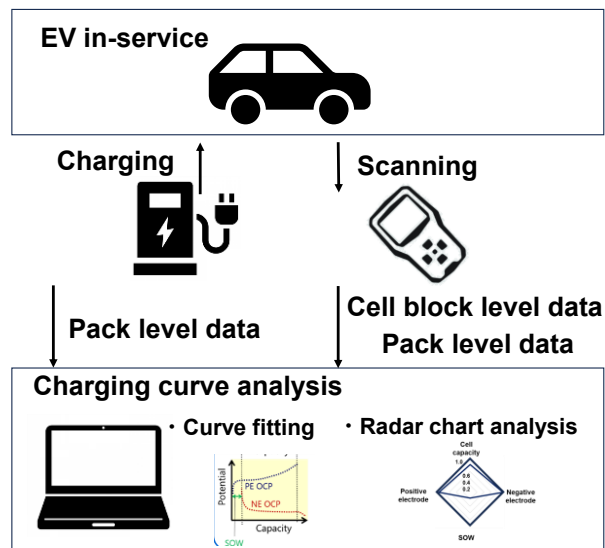
National Traffic Safety and Environment Laboratory 13

K.KOSHIKA et. al. JSAE annual conference 2025 Spring

組電池内の不安全なセルを特定できることを検証

車両を対象とした法規イメージ

車両を対象とした診断



将来はオンボード診断も
可能

安全要件のイメージ

定期的にバッテリーの状態をモニタリングし、
バッテリーの熱暴走リスクが上昇した際に、注
意灯を点灯させること。



速やかにバッテリーの
点検・整備を受けてく
ださい。

トピック 4 の構成説明

4.安全性診断から安全を低下させない設計へ

- a. 非破壊診断技術の研究の方向性
- b. リチウム析出が起こるメカニズム
- c. 10万キロ走行の車両の診断結果
- d. 近年のセルのエネルギー密度・急速充電の状況
- e. 米国で起きたリコール

⇒安全マージンの設計が十分でなかったのでは？

4.安全性診断から安全を低下させない設計へ

研究の方向性

①熱暴走リスク上昇検知
⇒負極容量維持率で判定

既に一部
発表済み

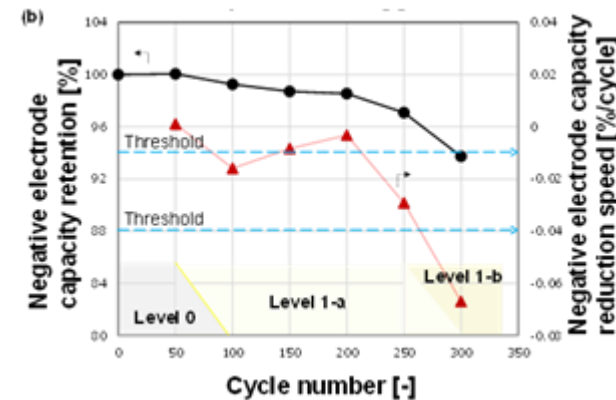
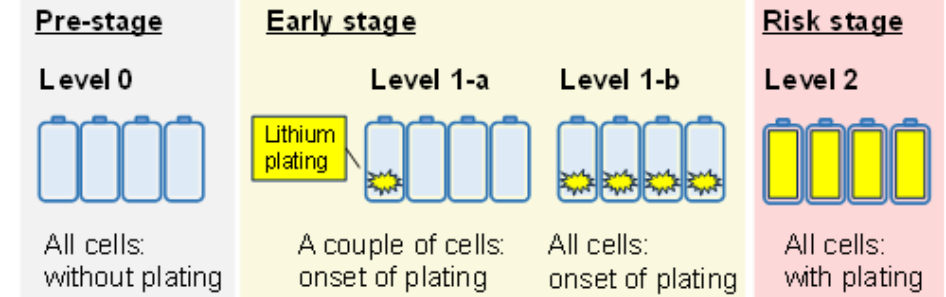
②析出初期段階検知
⇒負極容量低下速度で判定

③析出前段階検知
(=析出リスク上昇検知)
⇒組電池内の『セルの均一性』
『セルのバランス』等で判定

検討を開始

安全性低下してから警報を出すので
はなく、安全性を低下させない。

継続的なデータ収集による初期段階検知



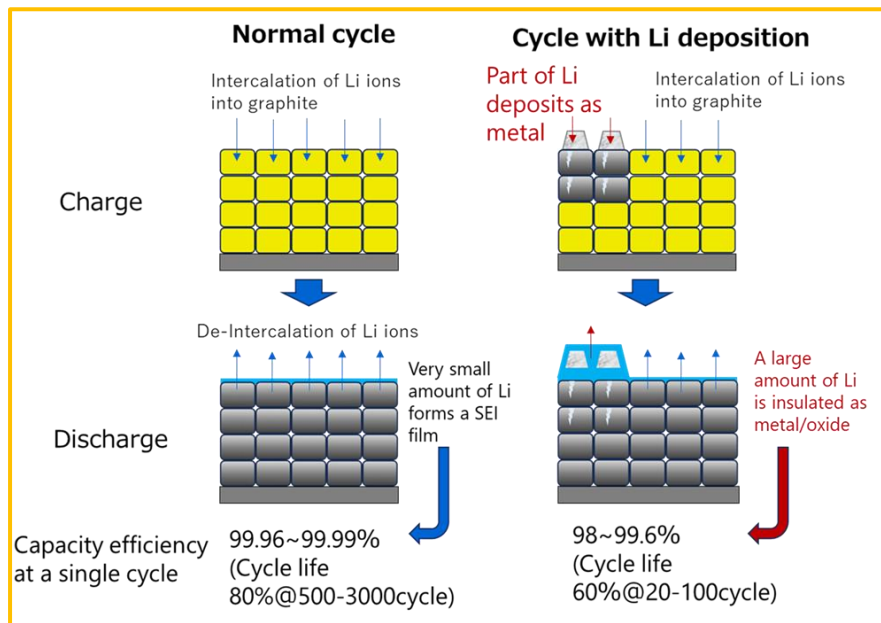
負極容量の変化
の速さから析出初
期段階の検出が
可能に。

K.KOSHIKA et. al. JSAE annual conference 2026 Spring

継続的なモニタリングを実施することでリチウ
ム析出初期段階を検知可能

リチウム析出が起こりやすい状況の整理

原則は負極容量の低下



K.KOSHIKA et. al. JSAE annual conference 2024 Spring

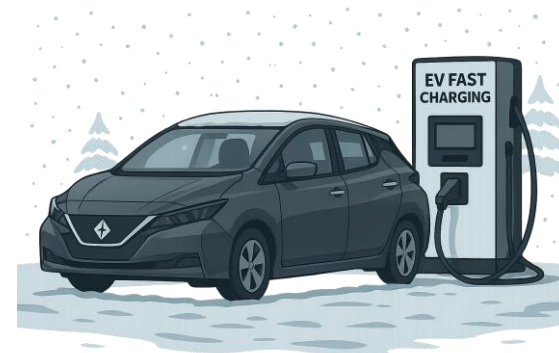
新品時と同じ電流値で充電しても、負極の容量が減ると、より高レートで充電している状況になる。

具体的な状況

①組電池内のバラつきで一部の電池に負荷がかかる



②低温環境での急速充電



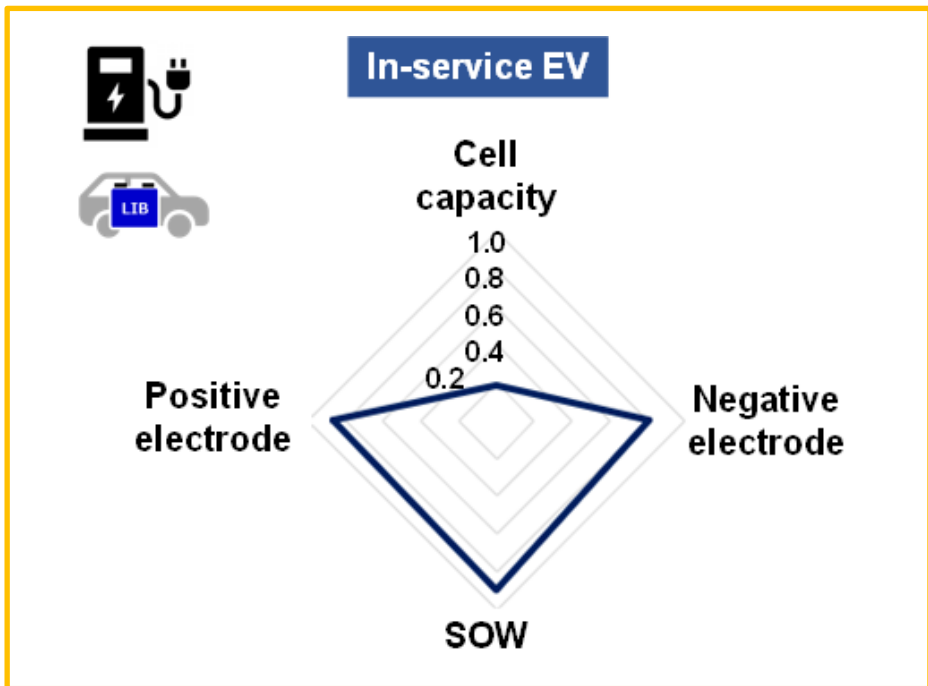
リチウム析出のリスクが高まった状態

- ・ 負極の容量が低下している
- ・ 組電池内のセルがバラついている
- ・ 低温環境で急速充電することが多い

非破壊診断で把握することが可能⇒析出前段階検知

非破壊診断実例紹介-10万キロ走行超え初代LEAF (日本でEV火災が起きていない理由を考察)

負極容量が維持されていた

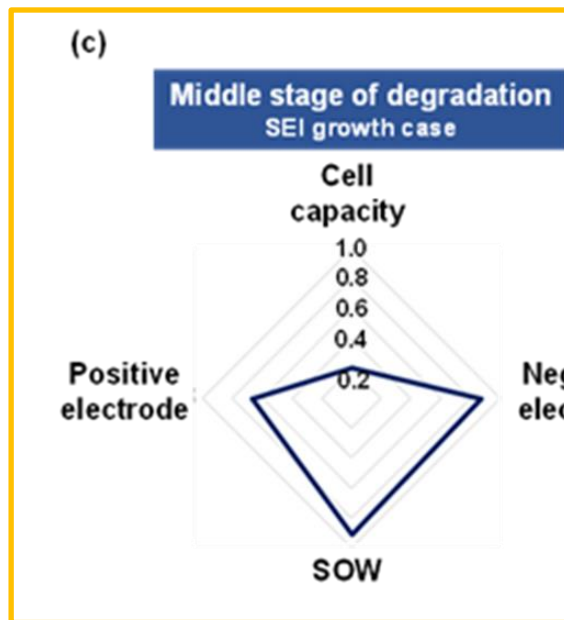


K.KOSHIKA et. al. JSAE annual conference 2025 Fall

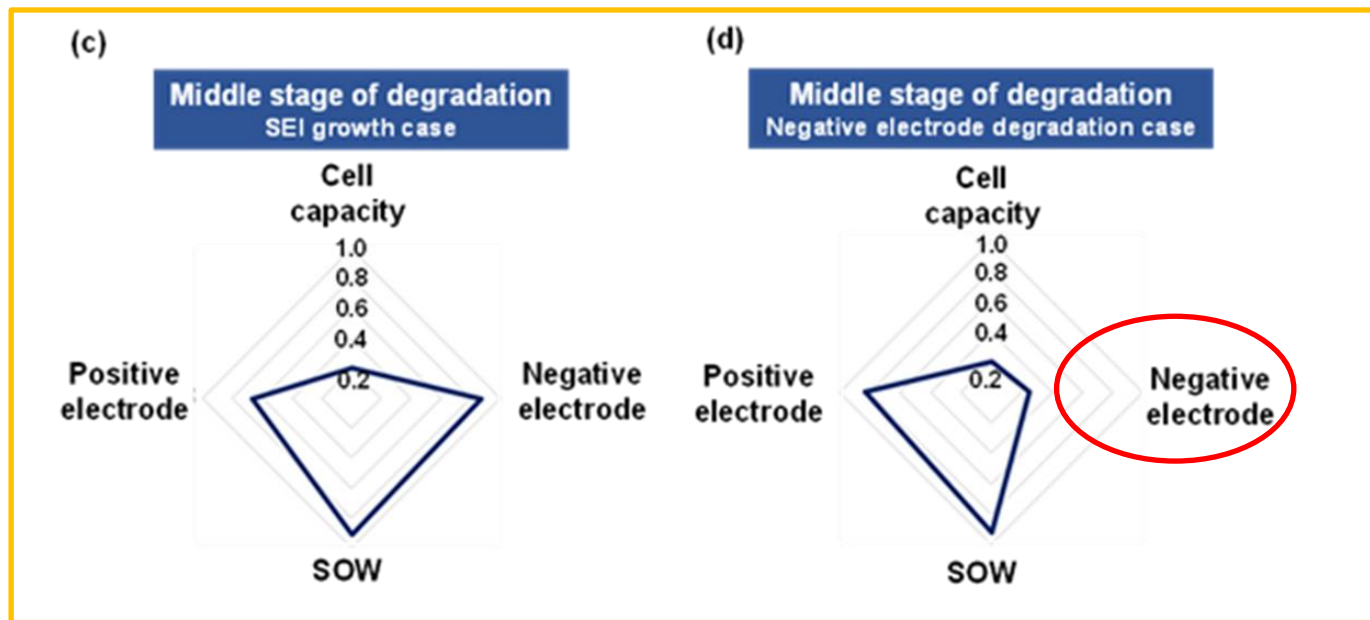
SEI成長型のレーダチャートであった。

参考：劣化の典型例紹介（SEI成長、負極劣化）

SEI成長型



負極劣化型



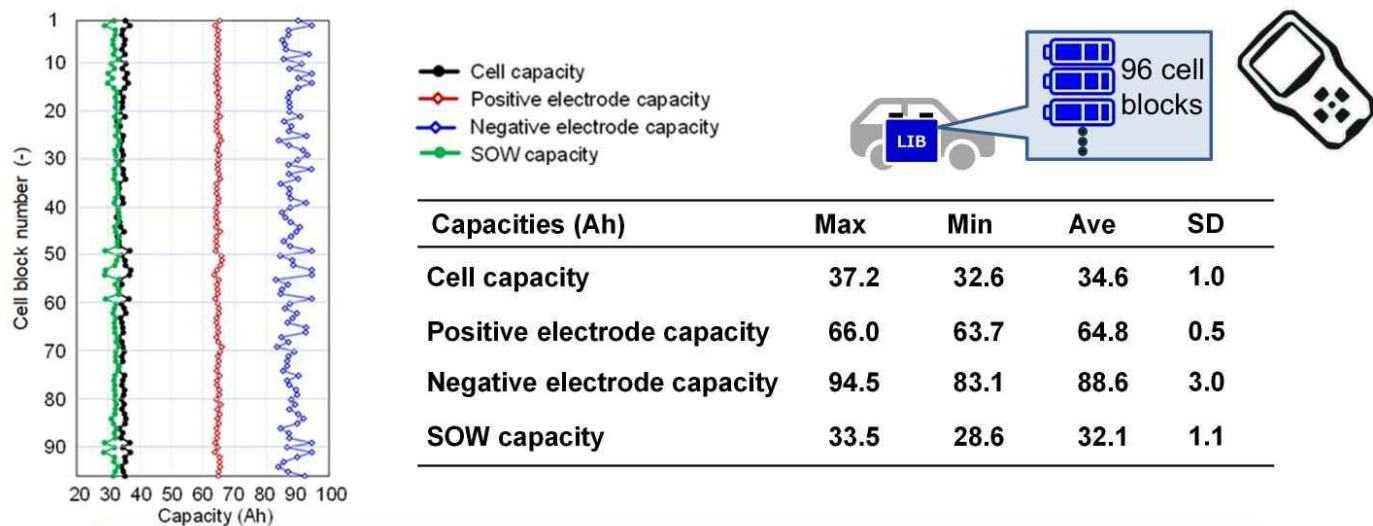
K.KOSHIKA et. al. JSAE annual conference 2025 Fall

負極容量が維持されリチウム析出が発生しづらい状況であった。

非破壊診断実例紹介-10万キロ走行超え初代LEAF（2）

セルブロック間の容量バラつきが大変小さい

結果：各セルブロック電圧法で推定されたパック内の各セルの状態



96個の充電データから、96個の内部状態推定結果を取得。
セル容量の平均は34.6Ah、標準偏差1.0 Ahで初期容量61.3 Ahと比較すると1.6%であった。

National Traffic Safety and Environment Laboratory

9

診断結果：

- 容量バラつきが小さい
(=均一性レベルが高い)

一部のセルに負担がかかるリスクが低い

リチウム析出の
リスクが低い

当該車両は、非常に安全性
が高く維持される設計であつ
た可能性が高い。

K.KOSHIKA et. al. JSAE annual conference 2025 Fall

近年のセルエネルギー密度・急速充電は？

①バッテリーが高エネルギー密度化

- 2010年
 - LEAF 155 Wh/kg、
 - BYD e6 97 Wh/kg
- 2020年
 - Tesla Model Y 269 Wh/kg
 - Chevrolet Bolt 266 Wh/kg
 - VW ID.3 Pro S 265 Wh/kg

Ref:Ue, M., Current Status and Trends of Automotive Lithium-ion Batteries, Electrochemistry, The Electrochemical Society of Japan, 2025.

②超急速充電の登場

- 2025年から超高速充電器(150 kW)が日本で販売開始
- (参考:欧米の超高速充電器は350 kW)
 - 現時点の急速充電器は出力50 kWがほとんど。
 - 出力90 kWは高速道路を中心に近年導入が始まった。

米国でのリチウム析出によるリコール

Part 573 Safety Recall Report	24V-700
Manufacturer Name : Nissan North America, Inc. Submission Date : SEP 19, 2024 NHTSA Recall No. : 24V-700 Manufacturer Recall No. : R24B2  NHTSA NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION	

- 過剰なリチウム析出が起こり、電気抵抗を増加させ、SOCの変動を生じさせた。
- このような状態で引き続き急速充電を行うとバッテリー火災が起こる可能性がある。

〈あくまで推測〉

最初の設計時点で、安全マージンが十分でなかった可能性がある。(使用過程における安全性低下が十分に織り込めていない。)

5.安全マージンを評価する仕組みを設計できないか？

仕組みのプロセスイメージ

2段階での評価・確認

①販売前(型式認証時等)

- ・ 最低の安全基準を超えた安全性を有していることの評価

②使用過程(車検時等)

- ・ 使用過程で低下することが予想される要素について、それが維持されているか評価

使用過程における変化を前提とするので車検のタイミングでも実績を確認

安全性が低下しにくいデザインの例

①セルレベル

- ・ 安全性の高い材料を選択
- ・ 負極容量にマージンがある設計

②組電池レベル

- ・ セルの均一性
- ・ セル間のバランス
- ・ モジュール単位の交換が容易な設計

③車両レベル

- ・ バッテリーの温度管理
- ・ バッテリーの状態モニタリング機能
- ・ 組電池内のリバランス機能

④車両＋使い方レベル

- ・ ユーザに合わせた充電上限の設定
- ・ バッテリーの状態に合わせた急速充電器活用アドバイス

各レベルにそれぞれの対策があり、それを総合的に評価することが必要

使用過程での評価の例

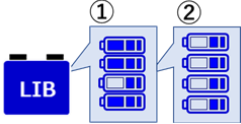
実際に安全性が低下していないかの確認

⇒車検時等に非破壊診断を実施

(1回の診断で2つのアウトプット)

①車検用アウトプット

Judgment	Details
Pass	Remaining safety margin
Fail	①Need partial replacement ②Need whole replacement



安全・不安全を診断

②アドバンスセーフティー 確認用アウトプット

<u>1.State of Safety</u> Remaining safety margin 2 stars ★★☆	<u>2.State of Health</u> Capacity retention 1 star ★☆☆
<u>3.Risk of faster degradation</u> High Cell balance level : ★★★ Middle Cell uniformity level: ★☆☆ Low	
<u>4.Expected improvement by partial replacement</u> If you replace partially, you can get these improvements SOS : ★★★ ⇒ ★★★★★ SOH : ★☆☆ ⇒ ★★★★★ Risk of faster degradation : High ⇒ Low	

安全マージンを半定量化

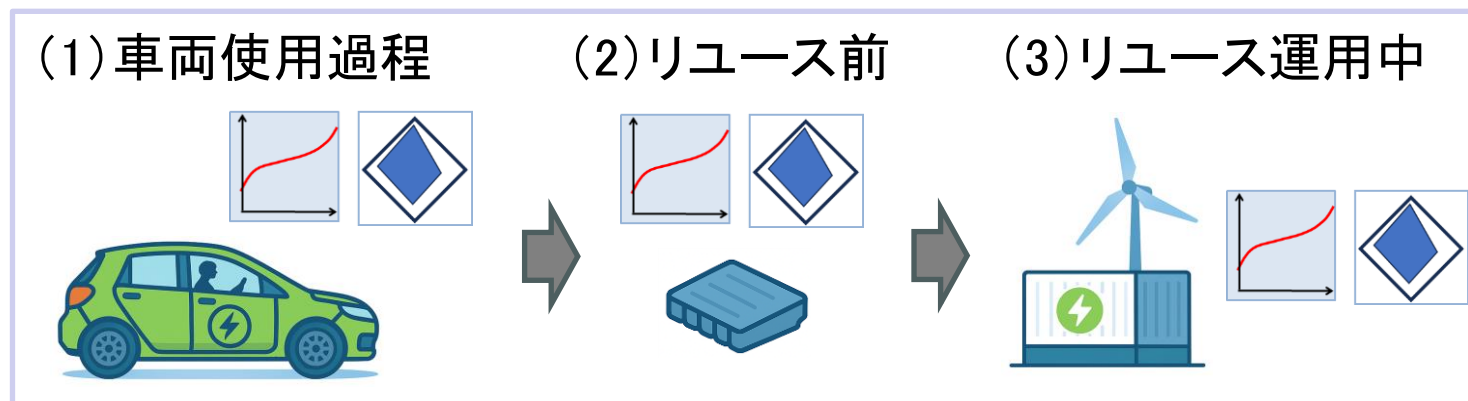
使用過程でアドバンスセーフティーの 維持を確認するメリットの例

- 使用過程においても対策が機能していることを車両オーナーも確認できる。
- 任意のバッテリーパスポート標準のなかに診断結果を記録し、残すこともリユース・リパーパスに向けた貴重な情報となる可能性がある。
⇒(リユース・リパーパス側の一回の評価結果だけよりも信頼性がある。)

6.車両からリユース運用まで評価の共通化が大事

非破壊診断を車両からリユース運用まで共通化できれば、、、、。

- ・リユース側がリユース運用中に必要な安全マージンの程度情報をもとに車両から降ろしたバッテリーパックをリユースできるか判断できる。
- ・リユース時に安全に使用できる期間を見積もれば、リユースバッテリーに適正な価格が設定される。



評価方法が共通だと、リユース側でも適切に車載バッテリーの価値を評価できる。

本日の講演のまとめ

- EVバッテリーの安全性には短期・長期の二つの観点がある。
 - 現行のGTR20などで安全要件とされる乗員保護は短期的な安全性にあたる。
 - リユース、リパーパスを含めた安全性の維持は長期的な安全性にあたるとともに、サステナビリティ(持続可能性)の観点からまさに安全と環境がオーバーラップした領域であると整理することができる。
- 使用過程時に安全性低下を抑制することで、EVを安全・安心・サステイナブルなモビリティとしていくことが可能であると考えられた。