

「はかる」技術で未来を創る



二次電池における充放電試験の基礎セミナー



脱炭素／エネルギー

2026/5/15 若尾浩明、山岡晃輔

セミナー講演内容(全体)

【第1部】

二次電池評価の基礎から応用解析手法のご紹介

- 二次電池とは
 - 二次電池の概要
- 充放電試験とは
 - 評価の目的
 - 試験の種類と各種条件
- 電気化学測定とは
 - 評価の目的
 - 試験の種類
- 詳細解析事例のご紹介
 - 出力特性評価(電極内イオン拡散評価、インピーダンス解析)
 - 寿命評価(高精度クーロン効率測定、 $dQ/dV \cdot dV/dQ$ 解析)
- 質疑応答

【第2部】

評価解析ソリューション紹介とシステムの実演

- 充放電/電気化学 測定における注意点
 - 測定時の注意点と課題となるポイント
- 東陽テクニカのソリューション紹介
 - 課題に対する当社ソリューションの紹介
- BCSシリーズの特長
 - 製品の特長
 - Variable機能を用いた事例紹介
- 新解析ソリューション"Echem-DA-Lab"
 - 概要
 - 直流解析
 - 交流解析
- 質疑応答

第1部：二次電池評価方法の基礎(充放電/電気化学測定)から応用(GITT、 dV/dQ 解析)

■ 二次電池とは

- 二次電池の概要

■ 充放電試験とは

- 評価の目的
- 試験の種類と各種条件

■ 電気化学測定とは

- 評価の目的
- 試験の種類

■ 詳細解析事例のご紹介

- 出力特性評価(電極内イオン拡散評価、インピーダンス解析)
- 寿命評価(高精度クーロメトリー、 $dQ/dV \cdot dV/dQ$ 解析)

第1部：二次電池評価方法の基礎(充放電/電気化学測定)から応用(GITT、 dV/dQ 解析)

■ 二次電池とは

- 二次電池の概要

■ 充放電試験とは

- 評価の目的
- 試験の種類と各種条件

■ 電気化学測定とは

- 評価の目的
- 試験の種類

■ 詳細解析事例のご紹介

- 出力特性評価(電極内イオン拡散評価、インピーダンス解析)
- 寿命評価(高精度クーロメトリー、 $dQ/dV \cdot dV/dQ$ 解析)

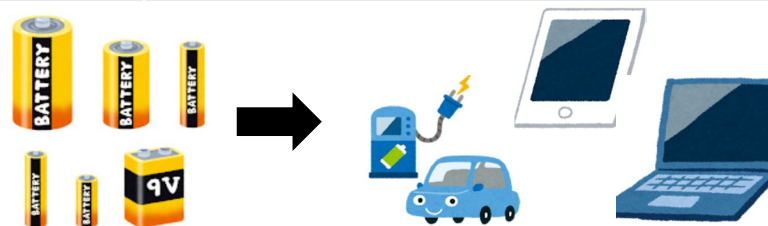
二次電池概要-種類と位置づけ

■ エネルギーデバイスの種類と二次電池の位置づけ

種類	特長	代表例
一次電池	化学反応によってエネルギーを放出する。 使いきり。	アルカリ乾電池、マンガン乾電池、 酸化銀電池、空気亜鉛電池
二次電池	化学反応によってエネルギーを蓄え、放出する。 繰り返し使える。	鉛蓄電池、アルカリ蓄電池、 リチウム二次電池(液系、全固体)
キャパシタ	電気二重層や静電的にエネルギーを蓄え、 放出する。	アルミ電解、電気二重層(EDLC)、 リチウムイオン
燃料電池	水素と酸素の化学反応により電気を発生させる。	固体高分子型、リン酸型、固体酸化物型
太陽電池	太陽光を電気に変換する	シリコン系、化合物系、有機系

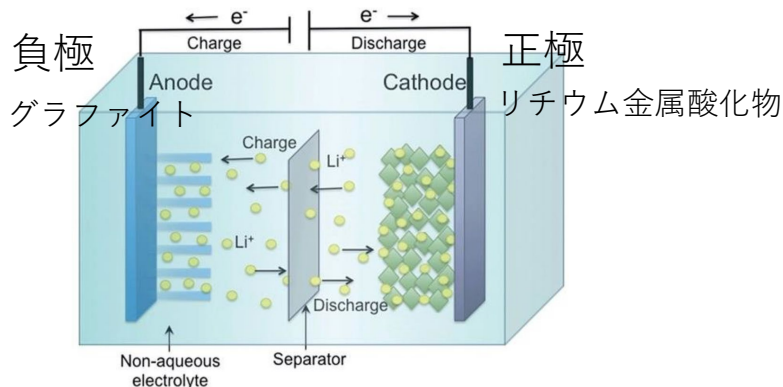
二次電池のメリット

- ☑繰り返し充電可能 ⇒ **コスト削減・環境負荷軽減**
- ☑高エネルギー密度 ⇒ **長時間使用が可能**
- ☑安定動作 ⇒ **電子機器に最適**
- ☑応用範囲が広い ⇒ **家庭用から産業用まで対応**



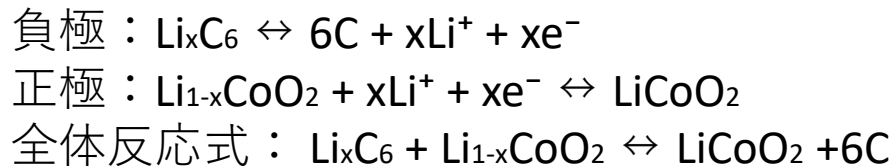
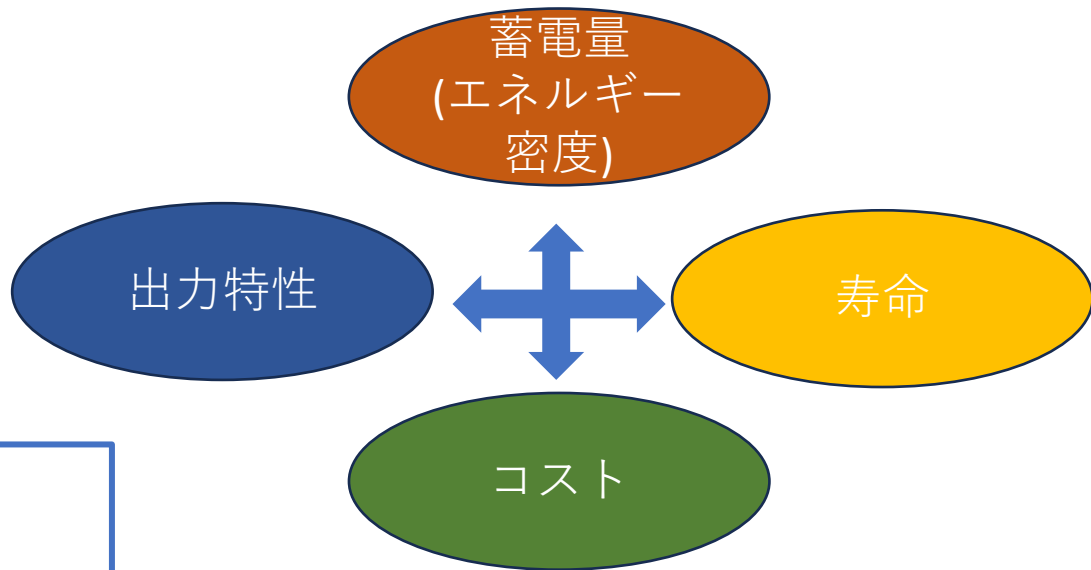
二次電池概要-リチウムイオン電池とは？

- 正極・負極間での Li^+ の挿入/脱離により、充電/放電が行われる



出典：Mohammadmehdi Ghiji et al., A Review of Lithium-Ion Battery Fire Suppression, Energies, 2020, 13, 5117, CC BY 4.0

- 代表的な4つの評価項目



充放電試験や電気化学測定で確認！

第1部：二次電池評価方法の基礎(充放電/電気化学測定)から応用(GITT、 dV/dQ 解析)

■ 二次電池とは

- 二次電池の概要

■ 充放電試験とは

- 評価の目的
- 試験の種類と各種条件

■ 電気化学測定とは

- 評価の目的
- 試験の種類

■ 詳細解析事例のご紹介

- 出力特性評価(電極内イオン拡散評価、インピーダンス解析)
- 寿命評価(高精度クーロメトリー、 $dQ/dV \cdot dV/dQ$ 解析)

充放電試験-概要と目的

■ 二次電池の充放電試験とは？

電池に電流を流して充電・放電を繰り返す試験

定電流・定電圧などの条件で電池の振る舞いを観察・記録する

■ 主な目的

評価カテゴリー	内容
性能評価	容量(Ah)、電圧、内部抵抗などを測定し、電池の基本性能を把握
寿命評価(サイクル試験)	何回充放電できるかを測定し、電池の劣化具合をチェック（数百～数千回）
安全性評価	異常時（過充電、過放電、短絡など）における電池の挙動を確認し、リスクを評価
温度依存性の確認	高温・低温環境下での性能変化を調査（例：-20℃～80℃など）
開発・品質管理	新製品の開発段階での最適設計のため、また量産時の品質チェック用

充放電試験-試験の種類と条件

■ CC充電, CC放電

Constant Current

上下限電圧に達するまで定電流の充放電(CC)を行う

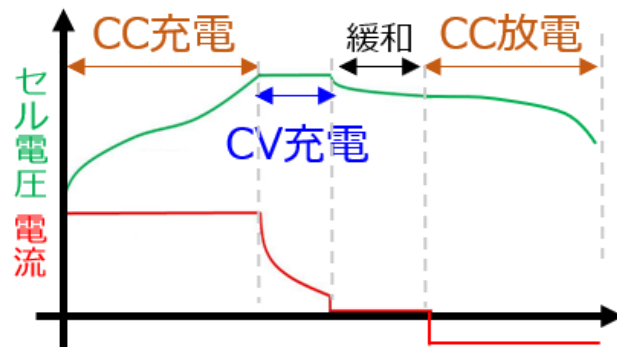
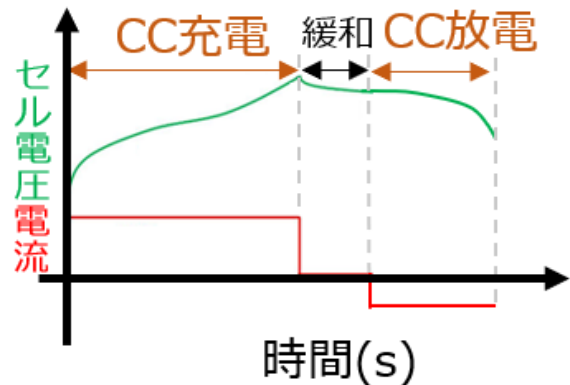
■ CC-CV充電, CC放電

Constant Current Constant Voltage

上限電圧に達するまで定電流充電(CC)を行い、
達したのちに定電圧(CV)で充電する方法

～定電圧(CV)を行う理由～

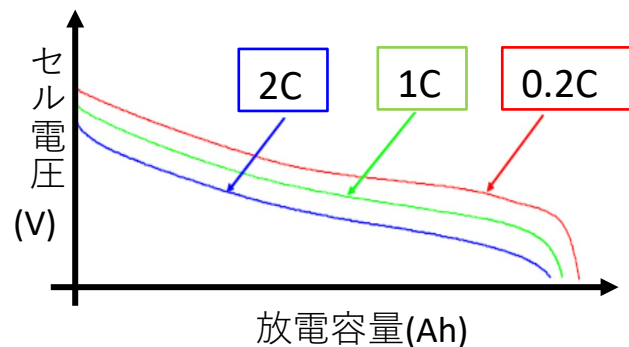
- ・満充電にする → エネルギーを詰め込む
- ・過充電を防ぐ → 安全に満充電にする
- ・電池の劣化を抑える → 発熱や副反応を防ぐ



充放電試験-試験の種類と条件

■ 充放電スピード(cレート特性)

電池の全容量を1時間で放電しきる電流値が1C、
2Cなら1Cの2倍(30分)の電流値(スピード)で充電/放電を行う。



■ カットオフ条件(電圧・電流・時間・容量ほか)

- 充放電を終了させる条件
- 指定した条件になったら次の測定ステップに移行
(特定のサイクルの放電容量やセル温度も設定可能)

Cレート(充電電流)設定

① ☒ CC step

Charge C x N with N = 1.00 and I > 0 (I = 0 mA)

Limits

Ewe > 4.200 V ☒ Hold on this limit (CV step)

Time > 10.000 h

Records

Time 10.000 s

☐ Record with geometric progression of time

CV step

Ewe in Potentio

Limits

Time > 1.000 h

III < 0.100 mA

Records

Time 120.000 s

Global limits

BioLogic社装置の設定画面

充放電試験-試験の種類と条件

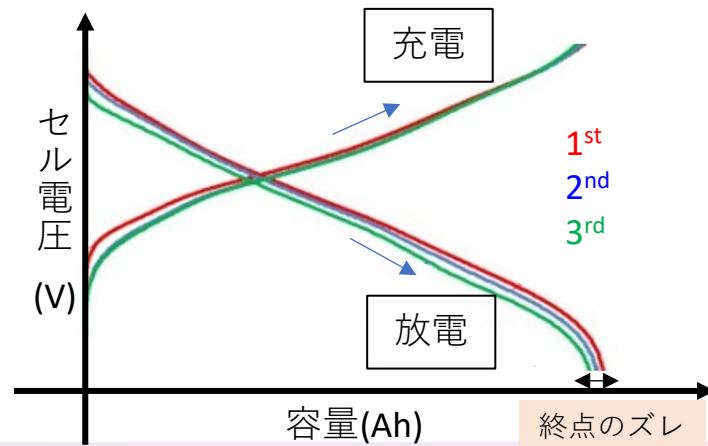
■ 充放電曲線 (セル電圧 vs. 容量)

電池を充電・放電する際のセル電圧と容量変化の関係を示すグラフ
メインの評価ポイントは容量やその保持率となる

(解析例)

- ・ 繰り返し試験での寿命確認 $\Leftrightarrow$ 電解液の分解、活物質の劣化
- ・ プラトーな電位領域の有無 $\Leftrightarrow$ 電極活物質の結晶構造の変化

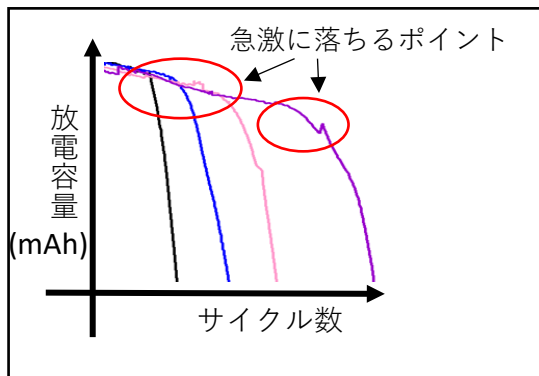
$\Rightarrow$ 他の解析手法と組み合わせて反応として何が起こったかを推測していく



充放電試験-試験の種類と条件

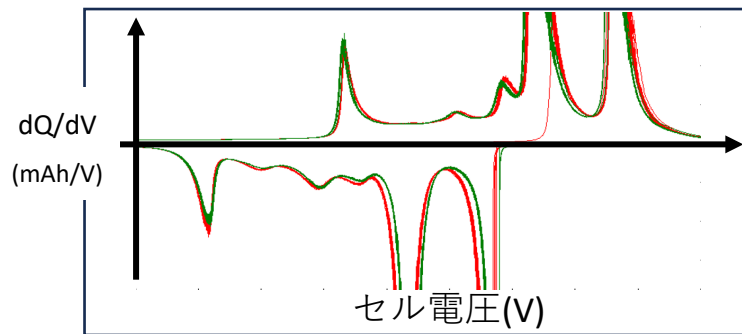
■ サイクル寿命評価 (放電容量 vs. サイクル数)

電池の長期的な性能・安定性・劣化挙動を評価する
一定サイクル後に急激に劣化する現象が観察されることもある
(Li析出や電荷液分解、粒子の崩壊)



■ dQ/dV曲線 (dQ/dV vs. セル電圧)

「電圧あたり、どれだけ容量が増えたか」を見るグラフ
※ dQ/dV = 電圧に対する充電または放電容量の変化率
電池の反応メカニズム分析や劣化診断、
作成されたセル間のばらつきを評価することができる



その他、寿命予測可能なクーロン効率測定、 Li^+ の電極内拡散挙動を確認できるGITTについて、
応用編として測定事例を後ほど紹介いたします

第1部：二次電池評価方法の基礎(充放電/電気化学測定)から応用(GITT、 dV/dQ 解析)

■ 二次電池とは

- 二次電池の概要

■ 充放電試験とは

- 評価の目的
- 試験の種類と各種条件

■ 電気化学測定とは

- 評価の目的
- 試験の種類

■ 詳細解析事例のご紹介

- 出力特性評価(電極内イオン拡散評価、インピーダンス解析)
- 寿命評価(高精度クーロメトリー、 $dQ/dV \cdot dV/dQ$ 解析)

二次電池は”電気化学反応によって蓄電/放電するデバイス”

⇒電極と電解液の酸化還元反応を解明/評価するには、

充放電試験だけではなく、電気化学測定も必要となるケースが多い

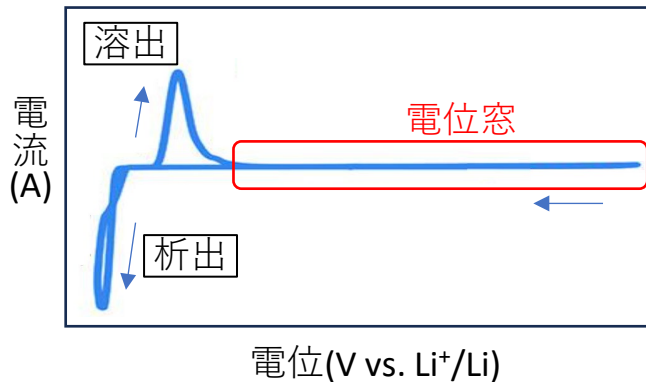
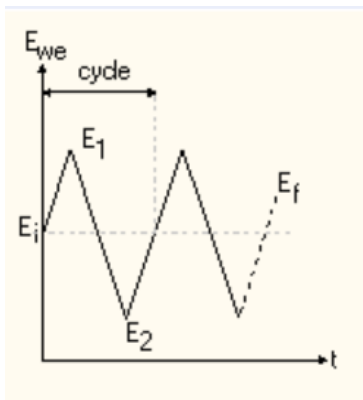


- ・電気化学反応が活性化される電位範囲は？
- ・反応の可逆性や速度は？
- ・劣化の進行具合を定量的に知りたい！

サイクリックボルタンメトリー(CV)と電気化学インピーダンス分光法(EIS)を紹介いたします。

電気化学測定ーサイクリックボルタンメトリー(CV)

充放電試験だけではわからない「どこで」「どう反応しているか」を把握する測定



■ サイクリックボルタンメトリーでわかること(電極-電解液界面)

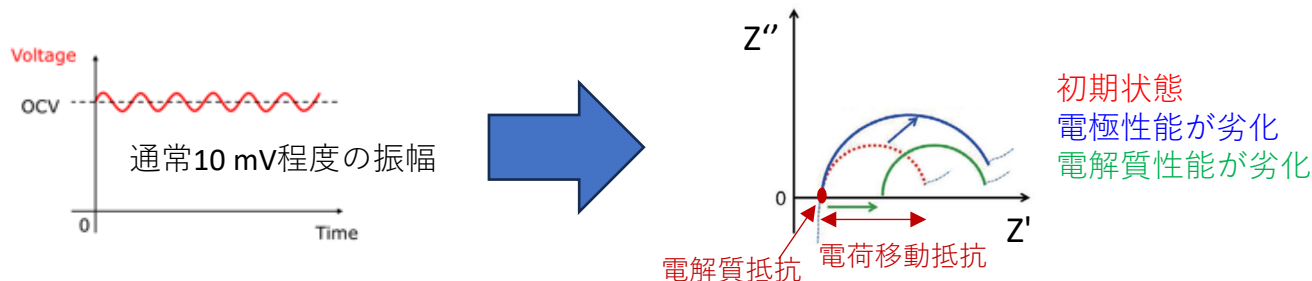
- 電解液の電位窓、Liの溶解析出
- 活物質の充放電特性 (Li⁺の挿入・脱離の様子など)
- 反応の開始電位・対称性

評価カテゴリー	CVの役割
電位窓評価	CVで電解電位を確認
新規正極/負極材料の電位特性	酸化還元ピークで確認
イオン拡散の速度論	掃引速度依存性から解析

電気化学インピーダンス分光法(EIS)-概要

電気化学インピーダンス分光法(Electrochemical Impedance Spectroscopy)

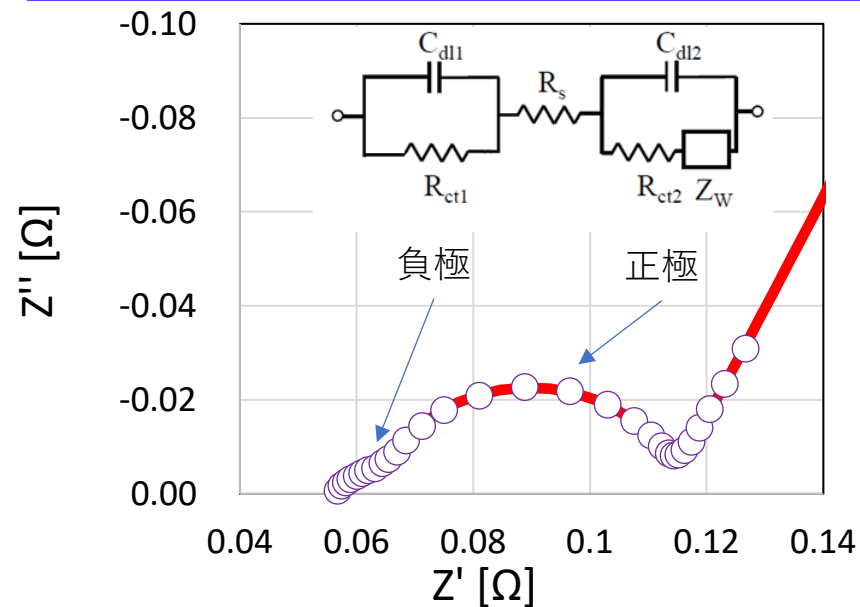
- 周波数を変化させながら、微小な交流信号をサンプルへ入力、その応答を解析して交流の抵抗(インピーダンス)を測定する手法



- 異なる反応過程を分離可能(時定数として)、かつ非破壊で計測。
(例)電荷移動抵抗や電解液のイオン伝導抵抗など
- 充放電試験(SOC調整含む)と組み合わせることで、セルの内部抵抗の増大(劣化)がどの部分で進んでいるかの判断も可能となる。
(例)SOC50%の状態の劣化状態確認、100回の充放電サイクルを行った後の劣化判断

EIS-二次電池測定例

【例】市販18650型リチウムイオン電池, OCV=3.5 [V], 2極式



R_s : 電解液抵抗(セパレータ) R_{ct} : 界面電荷移動抵抗
 C_{dl} : 電気二重層容量 Z_w : ワールブルグインピーダンス

- 等価回路モデルを設定し、フィッティングにより、各素子の成分を定量的に見積もることが可能
- BioLogic社装置であればフィッティング解析機能を標準で搭載
- 正極と負極での時定数がある程度(最低1桁程度)異なればプロット分離が可能

EISデータのフィッティングにより各反応を定量化
→電池の劣化要因の推定や材料探索に有用

第1部：二次電池評価方法の基礎(充放電/電気化学測定)から応用(GITT、 dV/dQ 解析)

■ 二次電池とは

- 二次電池の概要

■ 充放電試験とは

- 評価の目的
- 試験の種類と各種条件

■ 電気化学測定とは

- 評価の目的
- 試験の種類

■ 詳細解析事例のご紹介

- 出力特性評価(電極内イオン拡散評価、インピーダンス解析)
- 寿命評価(高精度クーロメトリー、 $dQ/dV \cdot dV/dQ$ 解析)

性能説明の必要性

電池性能の数値だけでなく、その理由を説明できる解析が近年強く求められている。

反応メカニズムの識別困難

充放電装置のみで反応メカニズムを区別するのは難しく、原因特定が課題となる。

詳細解析手法の重要性

GITTやインピーダンス解析などの手法で反応現象を定量的に把握し設計を高度化する。

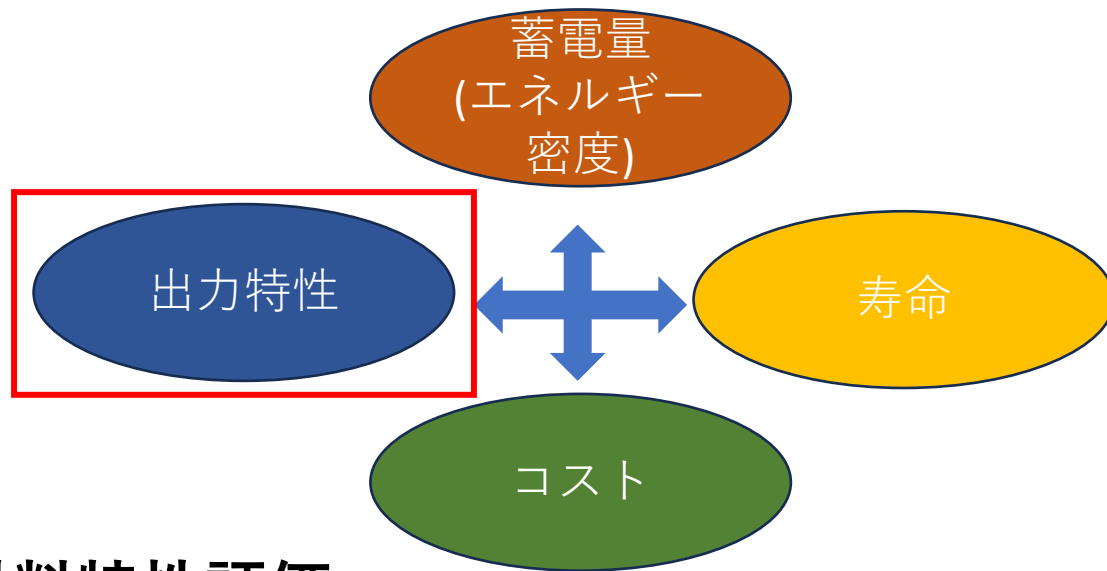
出力特性向け評価事例とソリューション

電池の出力特性評価



- ・イオン拡散
- ・電荷移動反応
- ・内部抵抗

■ 代表的な4つの評価項目

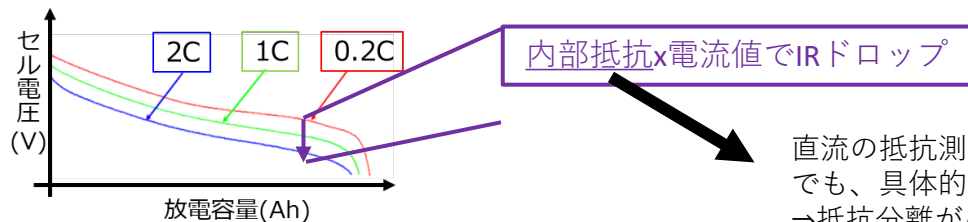


①インピーダンスによる材料特性評価

②GITTによる拡散係数の評価

上記2つをご紹介します

ソリューション：インピーダンス解析による素過程分離



直流の抵抗測定(DCIR)で電池全体の抵抗値はわかる
でも、具体的にどこがどのように変化したかはわからない
⇒抵抗分離が必要
⇒インピーダンス解析！

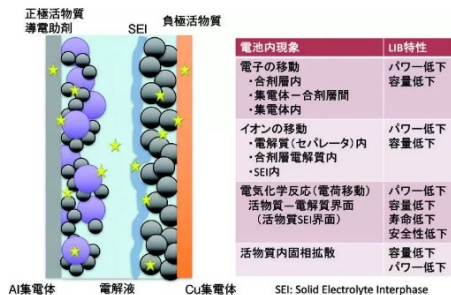
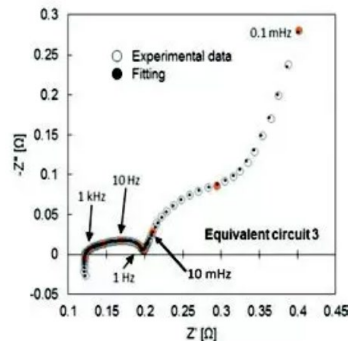
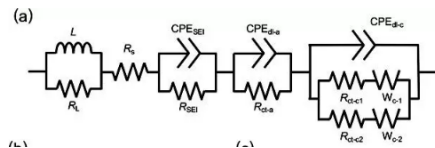


図1：リチウムイオン二次電池内部の模式図およびインピーダンスと相関する部位のまとめ



【メリット】

- ・非破壊試験
- ・反応メカニズムを分離して定量化

【デメリット】

- ・解析が難しい(属人性あり)
- ・フィッティング解析の手間

課題：充放電試験を停止してインピーダンス測定
平衡状態 ≠ 使用中の電池

<https://www.toyo.co.jp/magazine/detail/id=34121>

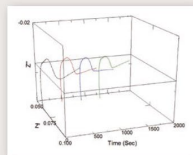
ソリューション：インピーダンス解析による素過程分離

動的な挙動確認にも適用可能

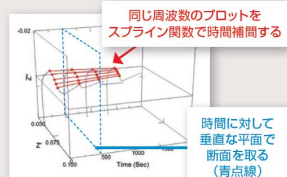
⇒ **3Dインピーダンス測定**

レート違いの挙動を確認可能

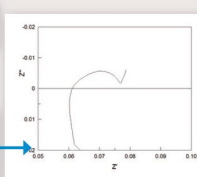
3D インピーダンス法概要



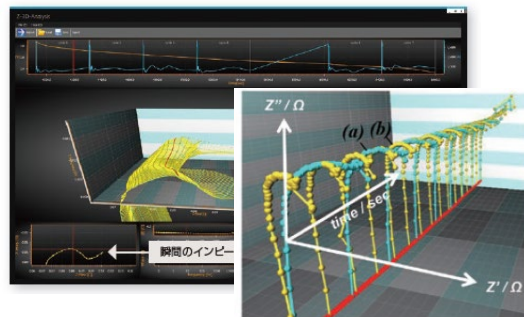
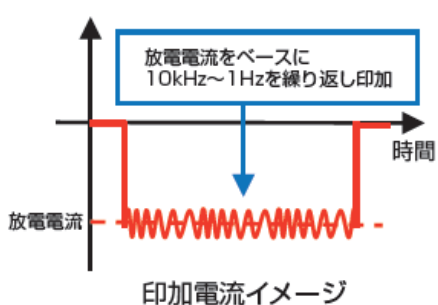
ナイキスト線図に時間の情報を加えて測定した結果



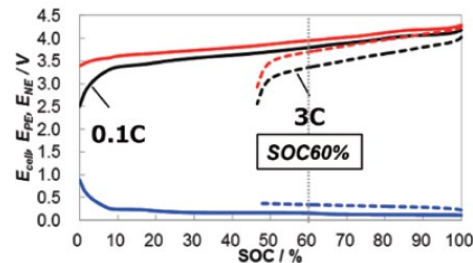
時間に対して
垂直な平面で
断面を取る
(青点線)



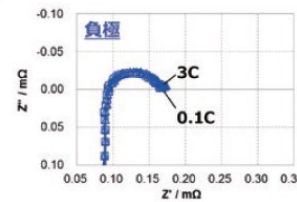
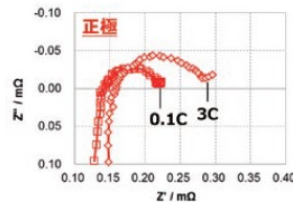
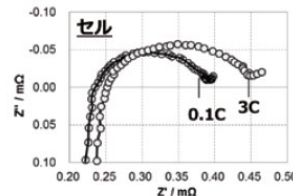
算出されたナイキスト線図



測定結果



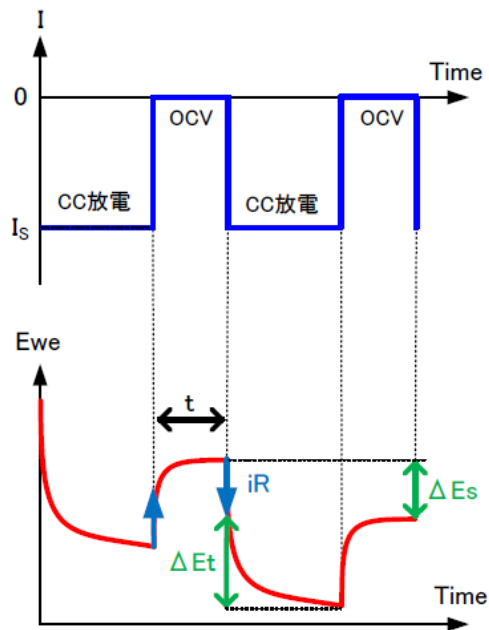
—正極
—負極
—セル全体



SOC60% 時のインピーダンス挙動
過渡状態では正極の反応抵抗が増大している

GITT : Galvanostatic Intermittent Titration Technique

電池の中でリチウムがどれくらいゆっくり／速く動くかを見る方法
Li⁺が電極内でどれくらい速く広がるか（＝拡散係数）を導出可能



著作権の都合により図は表示していません

$$D_{Li} = \frac{4}{\pi \tau} \left(\frac{n_m V_M}{S} \right)^2 \left(\frac{\Delta E_s}{\Delta E_t} \right)^2$$

<https://www.biologic.net/documents/determination-diffusion-coefficient-inserted-species-host-electrode-eis-pitt-gitt-techniques-an70/>

出典：Pati et al., Unraveling diffusion kinetics of honeycomb structured Na₂Ni₂TeO₆ as a high-potential and stable electrode for sodium-ion batteries, J. Mater. Chem. A, 2022

GITT : Galvanostatic Intermittent Titration Technique

【用途例】

各電位域（SOC域）におけるLiイオン拡散挙動の変化を評価
得られた拡散係数のSOC依存性から、

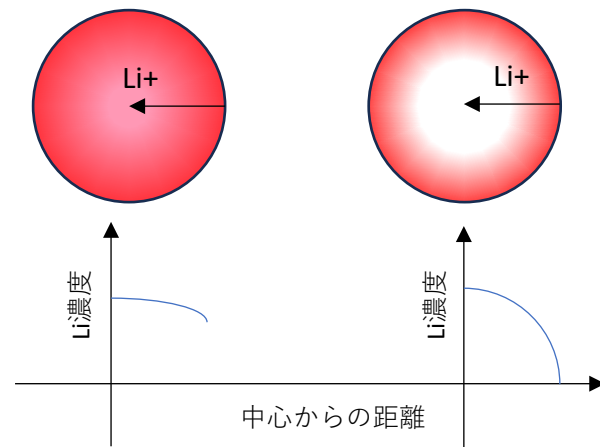
出力特性低下要因

レート性能制限因子

Li析出リスク

などとの関連を解析

例えば低電位域において活物質内部のLi拡散が低下する場合、
反応不均一化を引き起こし、出力性能や急速充電性能へ影響する。



PITT : Potentiostatic Intermittent Titration Technique

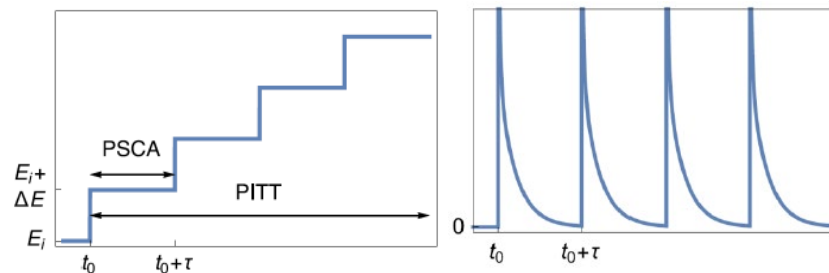
- ・ 電位依存性をもっと把握したい場合 ・

階段状の定電圧制御を行う**PITT**という手法もある。

これなら特定電位での相転移等を確認可能。

※高い制御性能+高確度が必要。

階段状の定電圧制御



- ・ 電位を10mV変化
- ・ 各電位の電流応答を記録
- ・ 理論モデルに当てはめる

PITTの従来の問題点

- 電圧制御機能が必要



BioLogic充放電装置は
電圧制御 + 高確度測定
⇒詳細は第2部にて

寿命評価の基本と課題

繰り返し充放電の重要性

寿命評価は容量保持率と内部抵抗の変化を長期間繰り返し測定することが基本。

例えば、EV用途では数千サイクルの耐久性が求められ、評価に多大な時間とコストがかかる。

高cレート試験の課題

高cレート試験は評価時間短縮を目的としますが、
実使用条件と異なる劣化を引き起こすリスクがあり

評価手法の課題

従来手法は時間的制約と再現性の問題があり、効率的な新手法が必要とされています。

これでもいいけど
別の方法って無いの？



出力特性向け評価事例とソリューション

- ・ 寿命予測試験

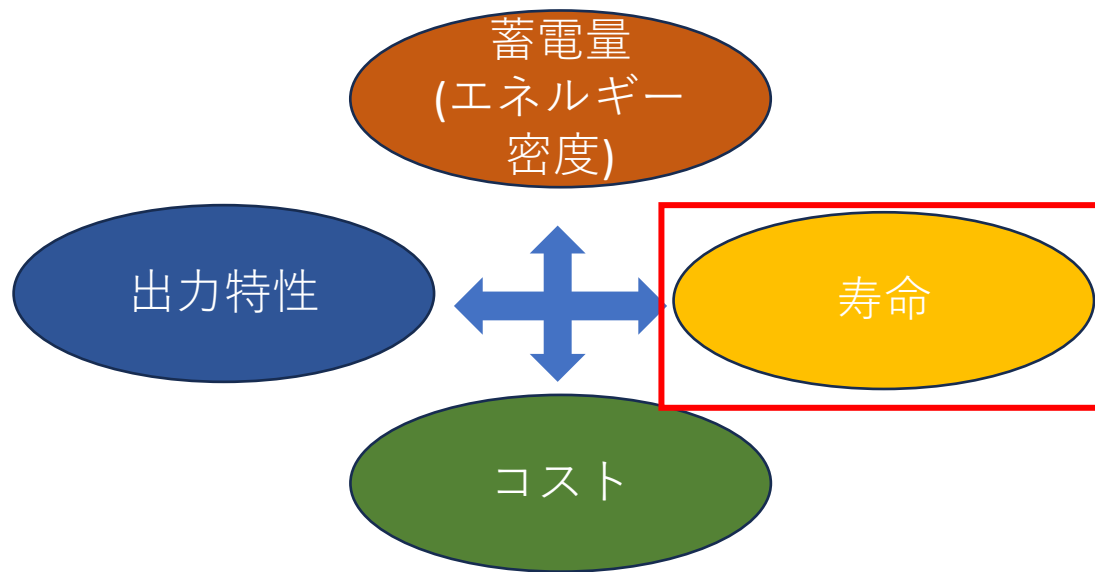
高精度クーロン効率測定を用いた
低レートでの寿命評価

- ・ スリッページ解析

- ・ 劣化要因の特定

dQ/dV (電圧微分)
 dV/dQ (容量微分)

■ 代表的な4つの評価項目



ソリューション：高精度クーロン効率測定

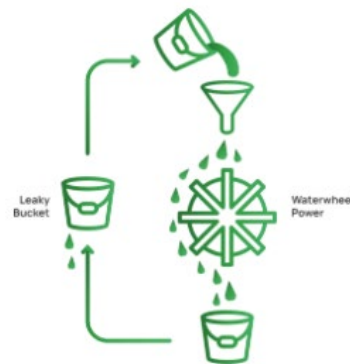
実運用と同じ条件で充放電試験を行い、
少ないサイクルで長期サイクル同様の結果を得る

アプローチ：クーロン効率測定

$$\text{放電容量} \div \text{充電容量}$$

入れた電荷量に対して、どれだけ取り出せたか

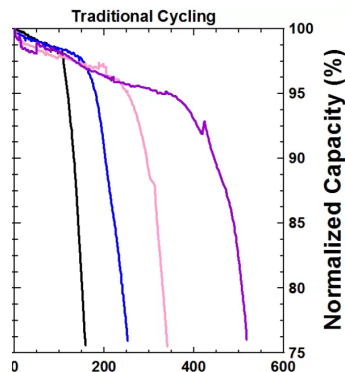
この測定を高精度に行うことで、従来試験より大幅な時間短縮を実現



①上のバケツの水の量 = 充電容量

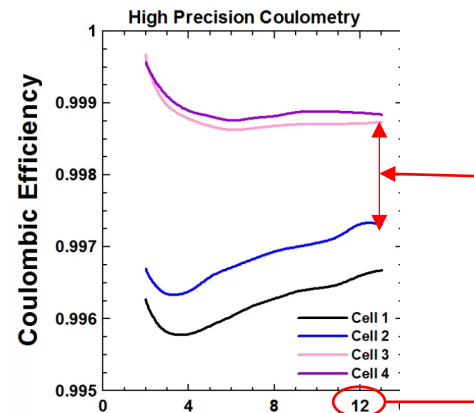
②水車を回す際に水車に水滴が残る

③下のバケツの水の量 = 放電容量
水車に残った水滴を除いた分の水がたまる



誤差に埋もれ、大量の
サイクルでないと差が
わからない/判断できない

少ないサイクル数で
明らかな差を確認可能
(左図の長期試験結果とも一致)
= 研究開発スピードの向上



クーロン効率測定による早期条件判定

評価条件

- 正極：LiFePO₄ (LFP)
- 負極：人工黒鉛 (AG1 / AG2)
- セル形態：ラミネートセル (約200 mAh)
- 充放電レート：C/2
- 温度：40°C および 55°C
- 電解液：LiPF₆ または LiFSI 系

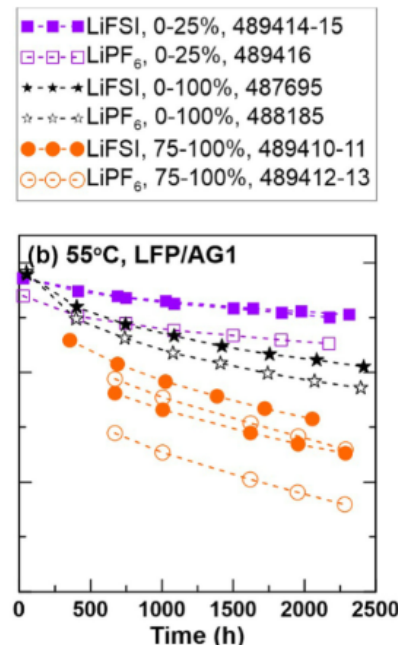
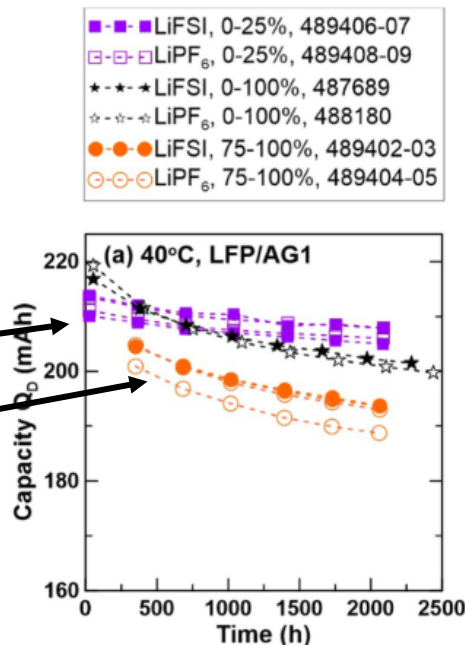
行っている試験内容：

SOC範囲のみ変更して充放電試験

0-25%,
25-50%
50-75%,
75-100%

【結果】

- ◆ 低SOC(0-25%) 容量劣化が小さい
- ◆ 高SOC(75-100%) 容量劣化が大きい



※異なる黒鉛ロット (AG1 / AG2) でも同一傾向を確認
※LiPF₆ と LiFSI の両電解液で同様のSOC依存劣化を確認

出典：Zsoldos et al., The Operation Window of Lithium Iron Phosphate/Graphite Cells Affects their Lifetime, J. Electrochem. Soc., 2024, CC BY 4.0

クーロン効率測定による早期条件判定

低SOC/高SOC違いにおける CEを用いた差異早期検出の可否

評価条件

- 同一セル・同一条件でSOC範囲のみ変更

◆ 高SOC条件では初期サイクルから

CEに明確な差が出現

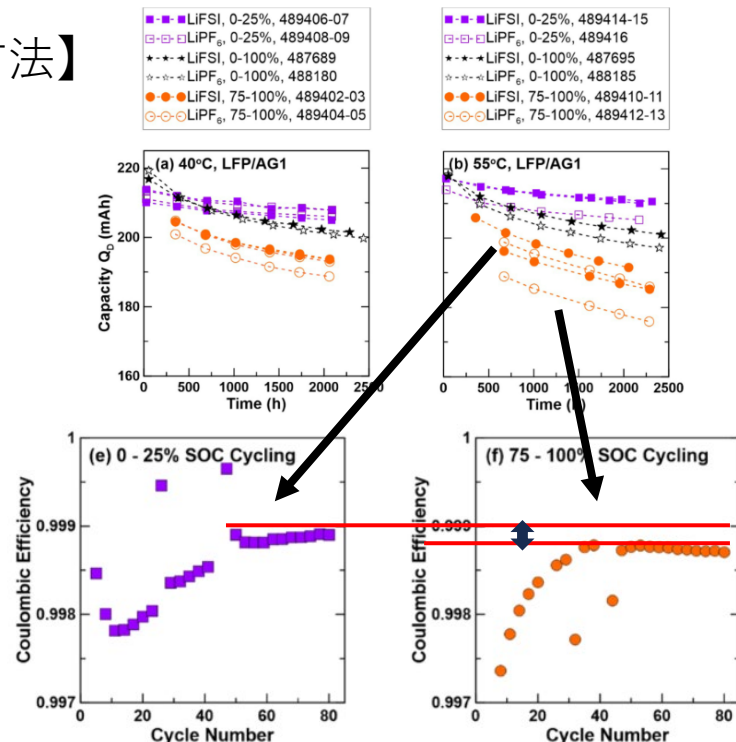
→ 数十サイクルで

使用条件の良し悪しを判別可能

CE差は初期数十サイクルで安定的に観測された

CEを副反応の大小を初期に検出するセンサーとして使用

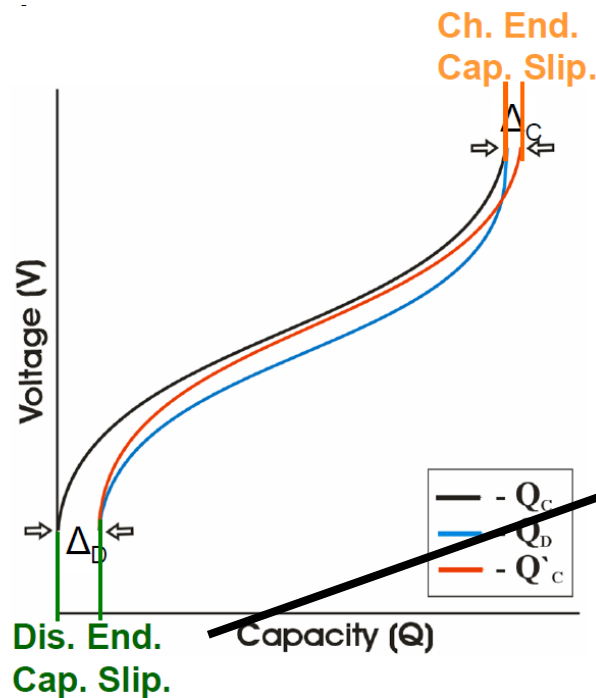
【従来方法】



【高精度クーロン効率測定】

出典：Zsoldos et al., The Operation Window of Lithium Iron Phosphate/Graphite Cells Affects their Lifetime, J. Electrochem. Soc., 2024, CC BY 4.0

スリッページ解析



充電側のスリッページ

Δ_C : Charge endpoint slippage

→副反応の指針

放電側のスリッページ

Δ_D : Discharge endpoint slippage

→Li失活反応の指針

容量窓がどれだけ減ったかを表す**Fade**を算出可能

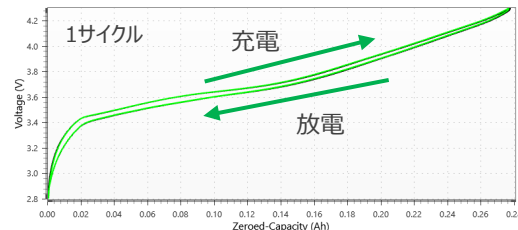
$$\text{Fade} = \Delta_C - \Delta_D$$

劣化の要因の推定と有効容量への影響を定量化できる

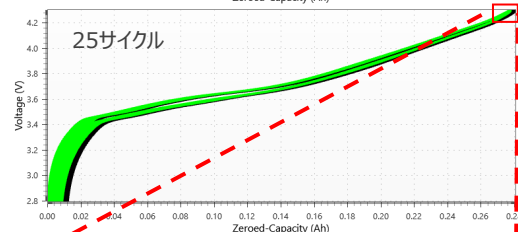
精密充放電評価から得られる評価・解析（スリッページ評価）

【スリッページ評価】

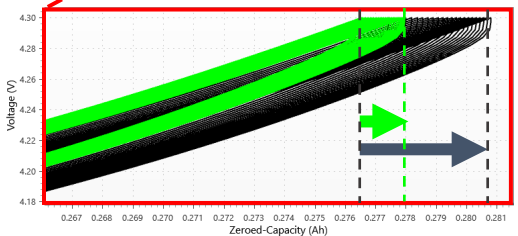
充放電サイクルごとの容量シフトを追跡する解析手法



放電カーブは充電カーブ(右上)終端から、左に向かって描く(放電終端は左下)

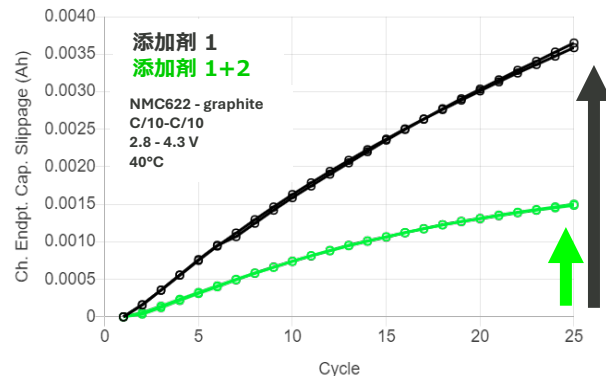


充電終端(カットオフ付近)のズレを拡大



■ 副反応による電子の移動が充電カーブをスリップさせる
(見かけ上、充電容量が大きくなる)

【添加剤違いによる充電容量スリッページの例】



添加剤 1 (黒)の方がスリップしている量が多い

→添加剤「1」と「1+2」の比較では「1」の方が副反応量が
多いということがわかる

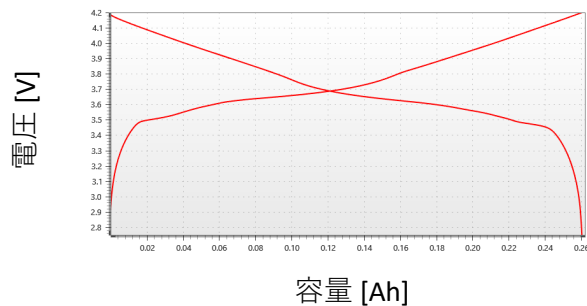
副反応の進み具合を見る評価指標として使える！

※本来は放電側と組み合わせて解釈する

クローン効率ブログシリーズ：第4部/全5回 - 充電終点容量のスリッページについて - NOVONIX | 電気化学測定ラボ | 東陽テクニカ | “はかる”技術で未来を創る | 物性 / エネルギー

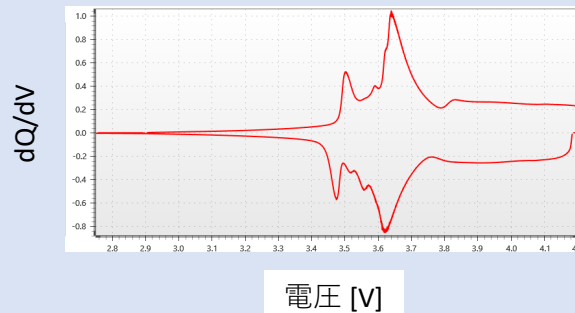
ソリューション：dQ/dV（電圧微分）とdV/dQ（容量微分）

充放電カーブ：電圧vs容量



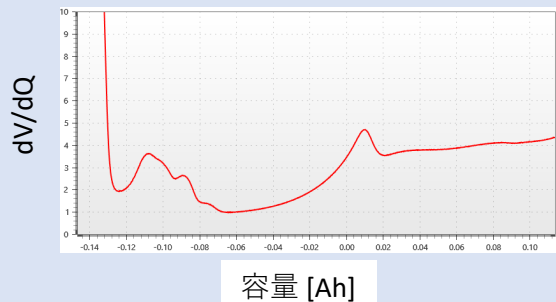
電圧変化量で
割り算

dQ/dV（電圧微分）

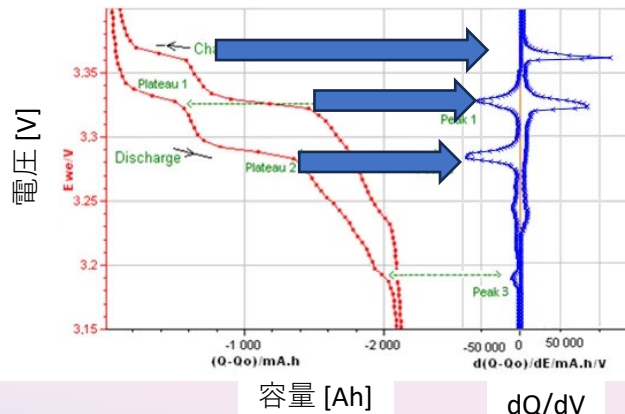


容量変化量で
割り算

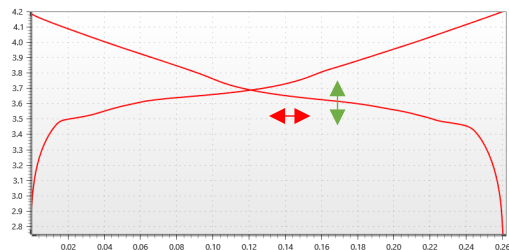
dV/dQ（容量微分）



dQ/dV（電圧微分）：電圧変化量で除算のイメージ

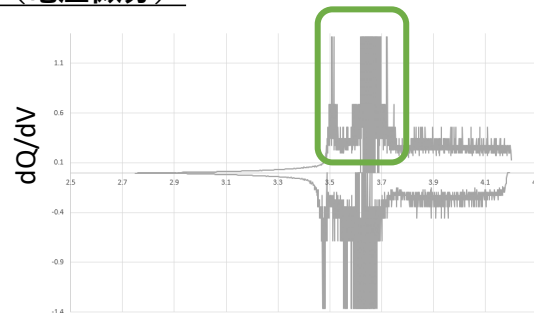


dV/dQ (容量微分)



電圧変化：小→dQ/dV
分母小→ノイジー

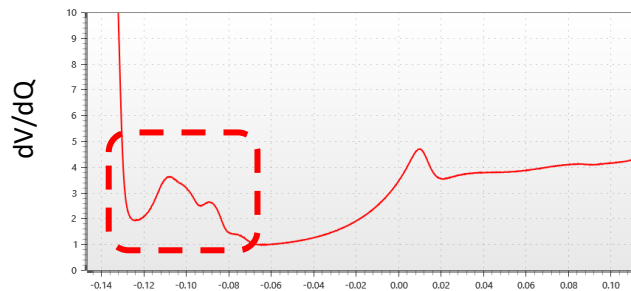
dQ/dV (電圧微分)



電圧 [V]

dV/dQ (容量微分)

容量変化：一定量→dV/dQ
データ安定：詳細解析



容量 [Ah]

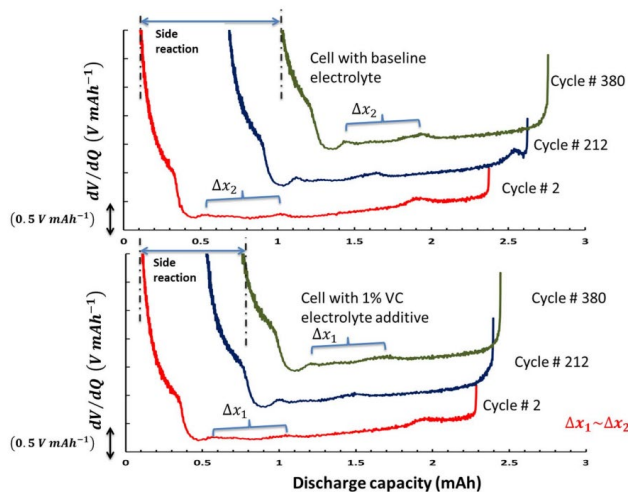
dV/dQ (容量微分) のメリット

- ・高測定感度：特性変化を敏感に検出
- ・ステージ変化を捉えるのに有効

事例紹介：添加材(VC)違いのdV/dQ解析

負極（グラファイト）はLi挿入時に相転移が起こる。
それdV/dQを確認すると鋭いピークが現れる。

【フルセルの dV/dQ 結果】



添加剤なし（上）あり（下）にて、特性の差はあるが
2・212・380サイクルにて負極の反応は変化が少ない

もし活物質（今回の場合はグラファイト）が失われるなら：
利用可能サイト数が減少し、ピーク間距離が変わるはず。

しかし、実際には
ピーク形状と間隔は維持

つまり：

活物質の損失は小さい

という結論になります。

一方で、全ピークはサイクルとともに同じ方向へ移動。

これは、

活物質の状態変化そのものではなく Liロス

を示します。

つまり：**LLI (Loss of Lithium Inventory)**が進行している。

詳細解析のまとめご紹介

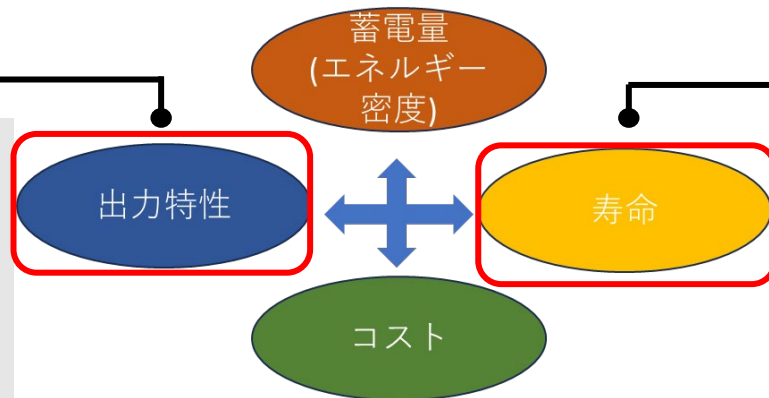
出力特性評価の解析事例

■ 抵抗成分の分離

- ・EIS測定とフィッティング解析
- ・3D インピーダンス測定

■ 活物質内の拡散特性

- ・GITTとPITT測定



寿命評価の課題とソリューション

■ 寿命予測試験

- ・高精度クーロン効率測定

■ 劣化の定量化

- ・スリッページ解析
- ・dQdV/dVdQ解析

第1部は以上です。
ご清聴ありがとうございました。

第2部：評価解析を簡単に行うソリューション紹介

■ 充放電/電気化学 測定における注意点

- 測定時の注意点と課題となるポイント

■ 東陽テクニカのソリューション紹介

- 課題に対する当社ソリューションの紹介

■ BCSシリーズ

- 製品の特長
- Variable機能を用いた事例紹介

■ 新解析ソリューション“Echem-DA-Lab”

- 概要
- 直流解析
- 交流解析

第2部：評価解析を簡単に行うソリューション紹介

■ 充放電/電気化学 測定における注意点

- 測定時の注意点と課題となるポイント

■ 東陽テクニカのソリューション紹介

- 課題に対する当社ソリューションの紹介

■ BCSシリーズ

- 製品の特長
- Variable機能を用いた事例紹介

■ 新解析ソリューション“Echem-DA-Lab”

- 概要
- 直流解析
- 交流解析

—「再現性」を軸にデータを解釈する—

■ なぜ再現性が重要か

二次電池の解析では **数 mV / mA / mΩ の差** が劣化や特性の解釈を変える
真のサンプル挙動なのか、測定条件差なのかを切り分ける必要がある

今回は以下4つに注目

- ・ 温度管理
- ・ 接触抵抗
- ・ 測定器の制御
- ・ 解析の定量化

充放電/電気化学試験における注意点

①セルの温度管理

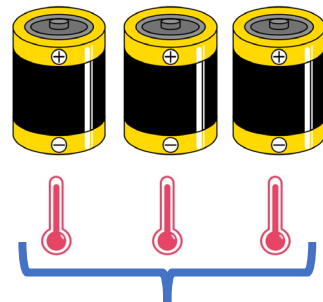
電池性能は温度に大きく依存

- ・ 高温：反応が活発になり容量や出力が一時的に増加
- ・ 低温：反応が遅くなり、容量・電圧低下や内部抵抗の上昇が起きる

恒温槽を用いた評価が一般的

複数設定温度で評価する必要あり ⇔ 実験ボリュームが多くなる

課題：実験ボリュームの増加、セル毎の温度ムラ



同じ電流値で評価をしていても
温度が変われば結果も変わる

②サンプルの固定方法

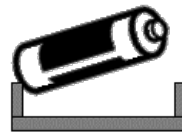
サンプル固定方法次第で接触抵抗(※)の影響を無視できなくなる

IRドロップによる電圧測定誤差や接触の再現性が取れないことによる結果のばらつきが生じる

特に低抵抗の電池サンプルや大電流を使用する高いCレートの充放電試験で注意が必要

※接触抵抗＝セルと測定端子の接点部分で発生する電気抵抗

課題：再現性がないことによる結果のばらつき



サンプルの接触が変わると
接触抵抗へも影響する可能性

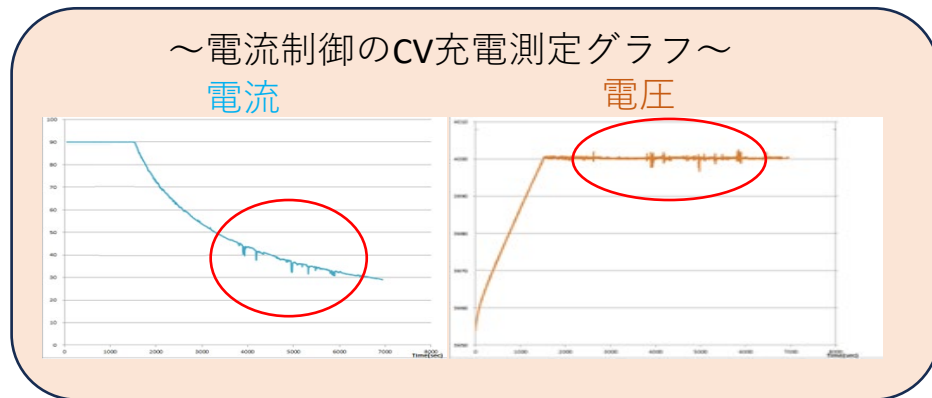
充放電/電気化学試験における注意点

③測定器の制御

そもそも測定器が正しく制御できていないと
測定データの信頼性が下がる

例)CCCV充電時のCV充電時で制御が乱れる(右図)

課題：測定器のスペック、制御方法



④解析が煩雑かつ作業員へ依存

データの解析に時間がかかる

特にインピーダンスデータの解析(フィッティング解析)では人によって解析結果が異なってしまうことも・・・

課題：解析に時間がかかる、解析結果の作業員依存性

第2部：評価解析を簡単に行うソリューション紹介

■ 充放電/電気化学 測定における注意点

- 測定時の注意点と課題となるポイント

■ 東陽テクニカのソリューション紹介

- 課題に対する当社ソリューションの紹介

■ BCSシリーズの特長

- 製品の特長
- Variable機能を用いた事例紹介

■ 新解析ソリューション“Echem-DA-Lab”

- 概要
- 直流解析
- 交流解析

東陽テクニカのソリューション提案

注意点	課題
セルの温度管理	実験ボリュームが多くなること、セル毎の温度ムラ
サンプルの固定方法	再現性がないことによる結果のばらつき
測定器の制御	測定器のスペック、制御方法
解析の煩雑さ	解析に時間がかかる、解析結果の作業依存性

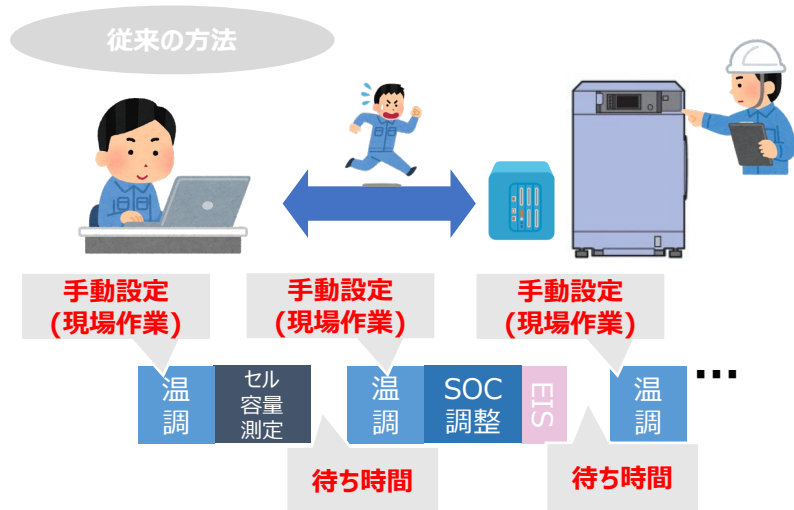
東陽テクニカではこれらの課題に向き合い、お客様の困りごとを解決する提案を用意しています。
自社開発品を中心に解決手法を次スライド以降で説明いたします



東陽テクニカのソリューション提案

注意点	課題
セルの温度管理	実験ボリュームが多くなること、セル毎の温度ムラ

充放電の試験だけではなく、インピーダンス測定と組み合わせて全て自動で実験を行うことが可能！



待ち時間・作業時間短縮により評価効率が改善し、開発/研究速度が向上！

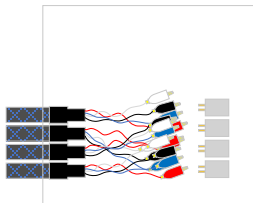
東陽テクニカのソリューション提案

注意点	課題
サンプルの固定方法	再現性がないことによる結果のばらつき

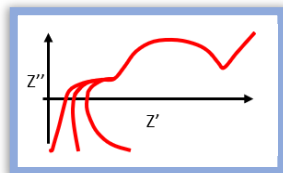
4端子接続による接触抵抗対策や作業性を考慮したホルダを設計/製作
お客様ニーズに合わせたサンプルホルダをご提供

従来の方法

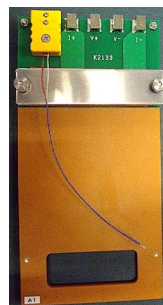
恒温槽内での
配線作業が大変



測定毎に値が変化

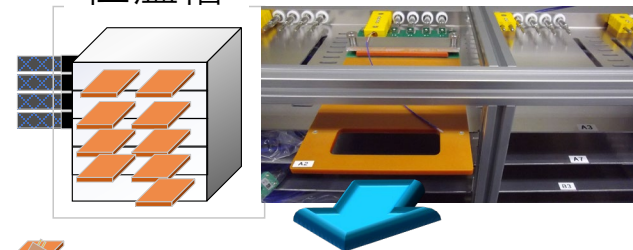


東陽
ソリューション



4端子接続ホルダ
(セルの温度計測にも対応)

恒温槽



恒温槽にフレームを取り付け、
サンプルホルダを付け外し可能

- ・ 恒温槽内の作業空間不要
- ・ 設置時に他のチャンネルへ干渉しない

専用設計サンプルホルダを含めた測定システムで、正しい測定結果を高効率で取得可能！

東陽テクニカのソリューション提案

注意点	課題
測定器の制御	測定器のスペック、制御方法

高確度な制御/測定と電圧制御方式の組み合わせで、測定器由来の結果ばらつきを無くす

従来の方法

サンプルによる結果の違いが
測定器のせいでは確認できない



東陽
ソリューション

BioLogic社充放電装置では
“**高確度**”・“**高分解能**”・“**平均化**”によって
測定器のせいでは起こる結果への影響を
最大限減らすことが可能！



電圧制御のCV充電やPITTも実行可能！
⇒測定器の制御による結果の乱れを低減

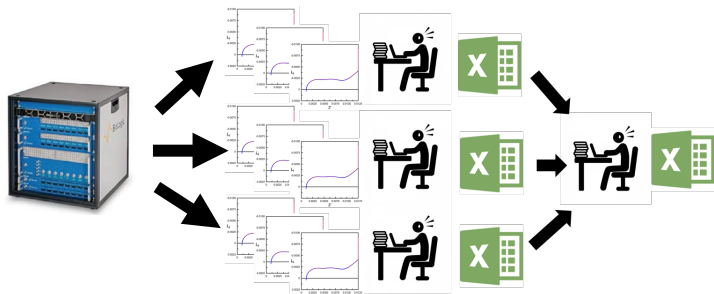
データ解析時、測定器の誤差による影響を考慮する必要性が無くなる！

東陽テクニカのソリューション提案

注意点	課題
解析の煩雑さ	解析に時間がかかる、解析結果の作業依存性

多種多様な解析ソフトウェアで高効率かつ人への依存性の少ない手法をご提案

従来の方法



各々の作業者が独自でデータ解析
場合によっては解析ソフトウェアが異なることも・・・
フィッティング解析では作業者によって結果も変化
等価回路や初期値の属人性がハードルを高めている

東陽
ソリューション



NEW

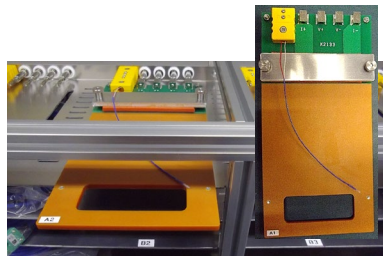
電気化学解析プラットフォーム＆
二次電池解析パッケージ

- ・ 解析の高効率化
- ・ 作業者によって結果に影響しない

東陽テクニカのソリューション提案まとめ

注意点	課題	東陽テクニカのソリューション提案
正しい温度管理と評価	実験ボリュームが多くなること、セル毎の温度ムラ	恒温槽制御ソフトによる高効率な充放電試験
サンプルの固定方法	再現性がないことによる結果のばらつき	ニーズに合わせたサンプルホルダで測定結果のばらつきを無くす
測定器の制御	測定器のスペック、制御方法	BioLogic社充放電装置BCS-900シリーズによる測定器誤差の低減
解析の煩雑さ	解析へのコスト、解析結果の作業者依存性	作業時間短縮及び作業者に依存しない解析ソフトウェアのご提案

恒温槽制御ソフト
CONT-TEMP2




Echem-DA-Lab

東陽テクニカのソリューション提案まとめ

注意点	課題	東陽テクニカのソリューション提案
正しい温度管理と評価	実験ボリュームが多くなること、セル毎の温度ムラ	恒温槽制御ソフトによる高効率な充放電試験
サンプルの固定方法	再現性がないことによる結果のばらつき	ニーズに合わせたサンプルホルダで測定結果のばらつきを無くす
測定器の制御	測定器のスペック、制御方法	BioLogic社充放電装置BCSシリーズによる測定器誤差の低減
解析の煩雑さ	解析へのコスト、解析結果の作業者依存性	作業時間短縮及び作業者に依存しない解析ソフトウェアのご提案

これら2つのソリューション提案について、
詳細を次スライドから説明します

第2部：評価解析を簡単に行うソリューション紹介

■ 充放電/電気化学 測定における注意点

- 測定時の注意点と課題となるポイント

■ 東陽テクニカのソリューション紹介

- 課題に対する当社ソリューションの紹介

■ BCSシリーズ

- 製品の特長
- Variable機能を用いた事例紹介

■ 新解析ソリューション“Echem-DA-Lab”

- 概要
- 直流解析
- 交流解析

BCSシリーズ モジュール式充放電システム

電気化学測定システムをベースに設計された
電池の研究開発に適した充放電装置

【ハードウェア性能】

- ・電気化学試験への対応
- ・ハイスpek測定
- ・幅広いラインナップ



【ソフトウェア性能】

- ・日本語対応 & 直感的なGUI
- ・Variables機能

BCSシリーズ モジュール式充放電システム

電気化学測定システムをベースに設計された
電池の研究開発に適した充放電装置

【ハードウェア性能】

- ・電気化学試験への対応
- ・ハイスペック測定
- ・幅広いラインナップ



【ソフトウェア性能】

- ・日本語対応 & 直感的なGUI
- ・Variables機能



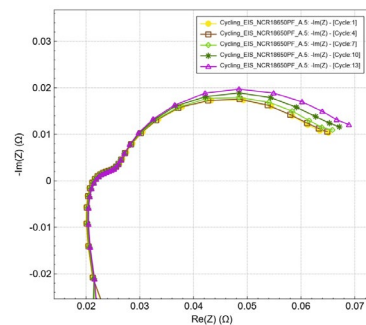
BCSシリーズ モジュール式充放電システム

電気化学測定対応 & 高精度

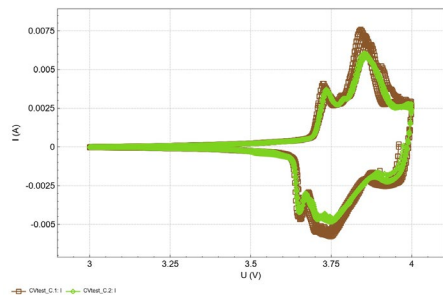
- ・インピーダンス/ CV測定などの電気化学測定に対応
- ・CSVでの試験パターン設定も可能

- ・18bit分解能+平均化処理で高精度な試験に対応

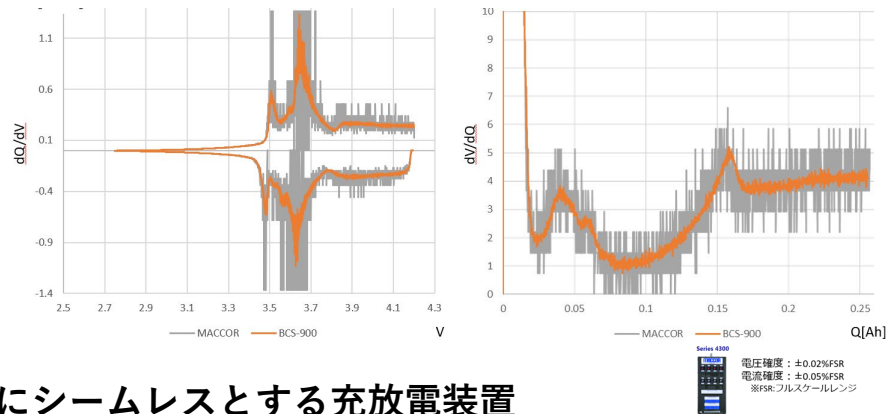
【インピーダンス測定】



【サイクリックボルタンメトリー】



【他の充放電装置とのdQdV/dVdQ解析比較】



電池の充放電試験を今まで以上にシームレスとする充放電装置

BCSシリーズラインナップ

Premium	BCS-905	BCS-905n	BCS-910	BCS-910n	BCS-915	BCS-975R	Essential	BCS-1012	
									
チャンネル数	8					8	チャンネル数	32	
最速サンプリング	1msec					1msec	最速サンプリング	5m sec	
制御時間	1msec					5msec	制御時間	5m sec	
熱電対	オプション		標準搭載：K熱電対(-25℃～200℃/精度±2℃)			オプション	熱電対	オプション	
電圧							電圧		
電圧レンジ	0～10V	-2.5～7.5V	0～10V	-5～5V	0～9V	0～5V	電圧レンジ	0～5V	
電圧制御分解能 電圧測定分解能	150μV 40μV（18bit）		150μV 40μV（18bit）		150μV 40μV（18bit）		電圧制御分解能 電圧測定分解能	200μV 0.83μV（24bit）	
電圧制御/測定精度	値の0.01%±300μV		値の0.01%±300μV		値の0.01%±300μV		電圧制御/測定精度	値の0.04%±500μV	
スループート	150kV/sec		150kV/sec		3kV/sec		スループート	5kV/sec	
電流							電流		
出力電流	±150mA		±1.5A		±15A		出力電流	±6A	
電流レンジ	10μA～100mA（5レンジ）		100μA～1A（5レンジ）		1mA～10A（5レンジ）		電流レンジ	60mA,600mA,6A（3レンジ）	
電流制御分解能 電流測定分解能	800nA 0.2nA（18bit）		80μA 2nA（18bit）		80μA 20nA（18bit）		電流制御分解能 電流測定分解能	1.2μA 8.9nA（24bit）	
電流制御/ 測定精度	値の0.05% ±フルスケールレンジの0.015%（10μA～100mAレンジ） 値の0.1% ±フルスケールレンジの0.015%（1Aレンジ） 値の0.3% ±フルスケールレンジの0.04%（10Aレンジ）					値の0.3% ±フルスケールレンジの0.03%		電流制御/ 測定精度	値の0.03% ±フルスケールレンジの0.06%
並列接続	-			対応（8ch並列：±120A）		対応（4ch並列：±300A）		並列接続	-
インピーダンス（オプション）							インピーダンス（オプション）		
周波数範囲	10mHz～10kHz					10mHz～2kHz		周波数範囲	-

BCSシリーズ モジュール式充放電システム

電気化学測定システムをベースに設計された
電池の研究開発に適した充放電装置

【ハードウェア性能】

- ・電気化学試験への対応
- ・ハイスペック測定
- ・幅広いラインナップ



【ソフトウェア性能】

- ・日本語対応 & 直感的なGUI
- ・Variables機能



単純な制御ソフト・複雑な試験も可能

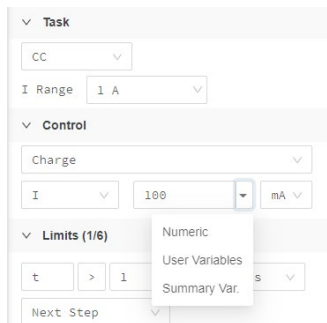
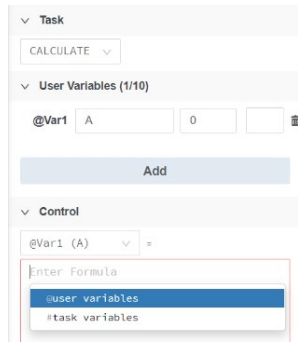
■ 試験条件の設定を単純化

- 直感的でわかりやすいGUI
- 日本語化対応

■ Variables（ユーザー設定の変数）

- 電圧・電流・容量
- 計算式も入力可能
- 算出した変数は試験条件にも反映できる

例) 5サイクル前の放電容量に基づいて0.1C放電



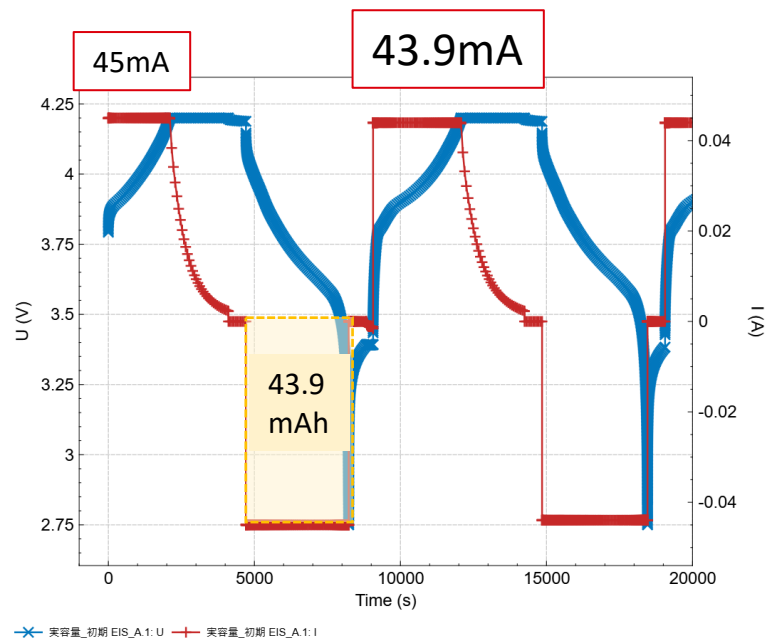
■ 使用できるパラメーター

- サンプルパラメーター
 - 理論容量
 - 最大/最小電圧
 - 最大電流
- ステップパラメーター
 - 各ステップの次のパラメーター
 - 電圧/電流/充電容量/放電容量/エネルギー/電力
 - ステップの最初/最大/最小/測定値
- 四則演算
 - $+$ $-$ $/$ $\times$ $\div$

■ 使用できる範囲

- 設定値（電流値・電圧値）
- ターミネーション条件（ステップやループの終了条件）
- 計算値の記録

実放電容量に基づく電流値の自動設定



- 初期サイクルの放電容量を取得
- 次サイクル以降、実容量に基づいて電流値を自動決定
- 測定を止める必要なし

従来の方法



充放電

容量確認
設定入力

充放電

...

ソリューション



Variables機能で計算！
次の試験のCレートの自動入力

充放電

充放電

充放電

...

評価の工数削減
評価の加速

実容量×ループカウントでCレート条件を変えながらの試験も簡単設定

Step	Task	Controls
1	REST	
2	CC_CV	I Range: 1A CC: I = 1 A in CHARGE until U reaches 4.2 V CV: U = 4.2 V until I < 5 mA
3	CC	I Range: 1A I = 100 mA in DISCHARGE
4	CALCULATE	@Var2 (RealCapa) = #3.SUMMARY_Q
5	LOOP	Loop 1: Type LIST on 10;5;2;1 Label: C-rate
6	LOOP	Loop 2: Type COUNTER from 1 to 100 Label: Lifecycle
7	CALCULATE	@Var1 (Current) = \$NOMINAL_CAPACITY / #5.VALUE
8	CC	I Range: 1A I = @Var1 (Current)
9	CALCULATE	@Var1 (Current) = @Var1 (Current) * -1
10	CC	I Range: 1A I = @Var1 (Current)

初期サイクル

Var2 (変数2) = 初期容量

ループカウント機能 (Loop count)
→10,5,2,1を変数とする

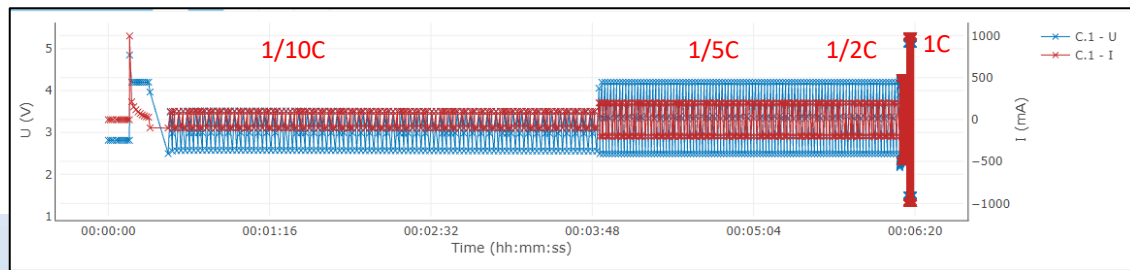
100サイクル

Var1 (変数1) = Var2 (変数2: 初期容量) / ループカウント
→1/10C, 1/5C, 1/2C, 1C

ループ
Cレートサイクル

■ループカウント機能

- 従来：Cレート毎に条件設定
→条件・設定ミスの原因
- 1つの条件で様々なCレート試験に対応
→条件・設定の変更が容易



放電容量の変化でサイクルを停止

Step	Task	Controls	Limits	Records
1	CC_CV	充電 CC: I = @Var1 (ActCAPcha) until U reaches 4.2 V CV: U = 4.2 V until < CxN with N = 0.05 (2.2500 mA)	t > 10 h Next Step	$\Delta t = 60$ s $ \Delta U = 5$ mV
2	REST		10 min Next Step	$\Delta t = 60$ s
3	CC	放電 I = @Var2 (ActCAPdis)	10 h Next Step 7.5 V Next Step	$\Delta t = 60$ s $ \Delta U = 5$ mV
4	REST		t > 10 min Next Step	$\Delta t = 60$ s
5	CALCULATE	@Var1 (ActCAPcha) = #3 SUMMARY_DISCHARGE_Q / 3600		
6	CALCULATE	@Var2 (ActCAPdis) = (-1) * #3 SUMMARY_DISCHARGE_Q / 3600		
7	LOOP	Loop 1: Type COUNTER from 1 to 1000	@Var5 (CE) < 0.9 Stop	
8	CC_CV	充電 CC: I = @Var1 (ActCAPcha) until U reaches 4.2 V CV: U = 4.2 V until < CxN with N = 0.05 (2.2500 mA)		
9	REST			
10	PEIS	I Range: Auto limited (min: 1mA; max: 1A; init: 1A) CV: U vs. Uoc = 0 mV t > 10 s Amplitude Ua = 10 mV Scan from fi = 10 kHz to ff = 0.1 Hz Nd = 11 Nda = 2 Drift correction disabled		$\Delta t = 10$ s
11	CC	放電 I = @Var2 (ActCAPdis)	t > 10 h Next Step U < 2.75 V Next Step	$\Delta t = 60$ s $ \Delta U = 5$ mV
12	REST		t > 10 min Next Step	$\Delta t = 60$ s
13	CALCULATE	@Var5 (CE) = #12 SUMMARY_DISCHARGE_Q / #3 SUMMARY_DISCHARGE_Q		

初期サイクル

ループ
2000サイクル

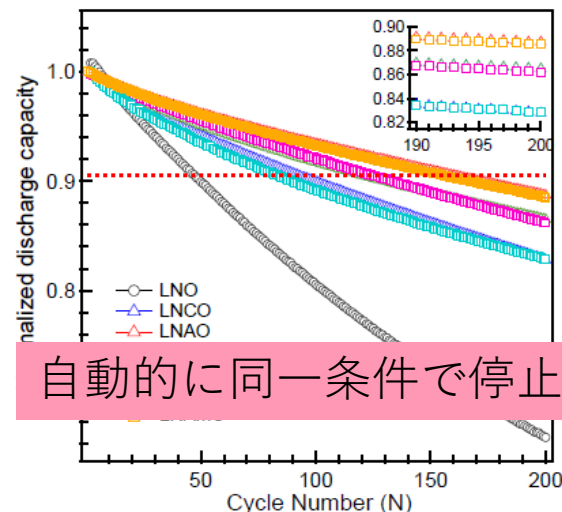
Loop Limit(ループの終了条件) :
→ サイクルの放電容量/初期放電容量 < 0.7
→ 初期容量の70%まで低下したら終了

Variable =

放電容量 / 1サイクル目の放電容量

■ ループにも終了条件

- 容量
- DCIR/ACIR値
- 初期サイクルに対する変化



自動的に同一条件で停止

GITTにおける拡散係数Dを測定中に計算

GITT

Step	Task	Controls
1	REST	
2	CC_CV	I Range: 1A CC: CxN with N = 1 (45.000 mA) in CHARGE until U reaches 4 V CV: U = 4 V until < CxN w
3	REST	
4	CC	I Range: 1A CxN with N = 1 (45.000 mA) in DISCHARGE
5	REST	
6	CALCULATE	@Var3 (OCVend) = #5.SUMMARY_END_U
7	LOOP	Loop 1: Type COUNTER from 1 to 100
8	CC	I Range: 1A CxN with N = 1 (45.000 mA) in CHARGE
9	REST	
10	CALCULATE	@Var1 (ChaENDV) = #8.SUMMARY_MAX_U
11	CALCULATE	@Var2 (Et) = #8.SUMMARY_END_U - #8.SUMMARY_BEG
12	CALCULATE	@Var4 (Es) = #9.SUMMARY_END_U - @Var3 (OCVend)
13	CALCULATE	@Var3 (OCVend) = #9.SUMMARY_END_U
14	CALCULATE	@Var5 (D) = (@Var2 (Et) / @Var4 (Es)) * (@Var2 (Et) / @Var4 (Es))

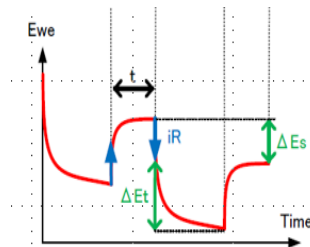
初期サイクル

GITT

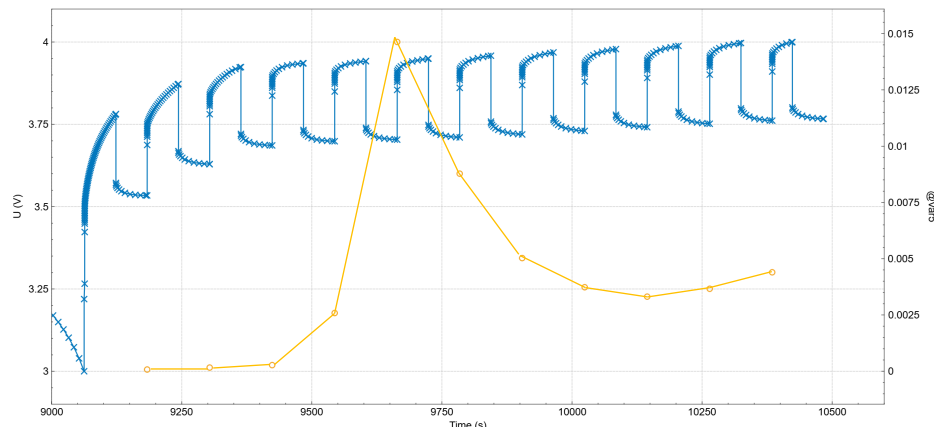
ΔEtを取得

ΔEsを取得

Dを算出



$$D_{Li} = \frac{4}{\pi \tau} \left(\frac{n_m V_M}{S} \right)^2 \left(\frac{\Delta E_s}{\Delta E_t} \right)^2$$



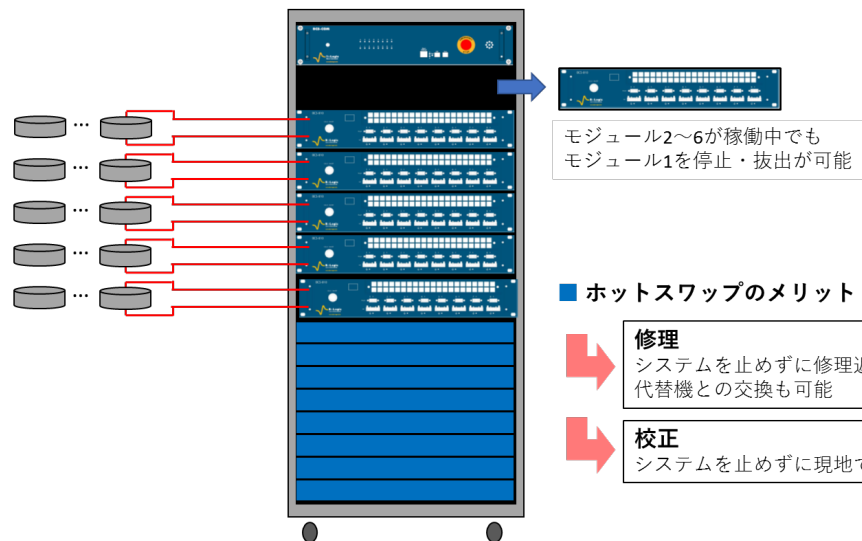
※充電時のGITT波形と拡散係数

測定中に拡散Dを算出して
グラフ化することが可能

ホットスワップ

他チャンネルが運転中にモジュールを抜き差し出来る機能。
これにより万が一、修理や定期的な校正を行う場合でも
システム全体を停止する必要がありません。

ホットスワップのイメージ図



■ ホットスワップのメリット



修理

システムを止めずに修理返送が可能。
代替機との交換も可能



校正

システムを止めずに現地での校正可能

修理/校正サービス

東陽テクニカにて自社修理/校正可能
校正はお客様の現場へ訪問して行うこともできるため
校正による測定停止期間を最小限に抑えられます。



BCSシリーズ まとめ

- 電気化学測定
 - サイクリックボルタンメトリー
インピーダンス測定可能
- 高精度測定
 - 高分解能・瞬間的に25点の平均化
- シンプルかつ高い柔軟性
 - シンプルなGUI
 - Variable（変数）機能による多様なテスト
- 豊富なラインナップ
 - 最小10 μ Aレンジ、最大300Aまで対応可能
 - コストパフォーマンスモデル

『 高性能 × 柔軟な試験設計 × 高い運用性 』

汎用性とハイスペックを兼ね備えた充放電装置で
あなたの電池の研究開発を加速させます



デモンストレーション(無償)、
短期間レンタル(有償)等、
ニーズに沿ったプランもご用意
お気軽にお問い合わせください。

第2部：評価解析を簡単に行うソリューション紹介

■ 充放電/電気化学 測定における注意点

- 測定時の注意点と課題となるポイント

■ 東陽テクニカのソリューション紹介

- 課題に対する当社ソリューションの紹介

■ BCSシリーズの特長

- 製品の特長
- Variable機能を用いた事例紹介

■ 新解析ソリューション“Echem-DA-Lab”

- 概要
- 直流解析
- 交流解析

開発背景：二次電池研究現場が抱える課題



性能評価
劣化診断

充放電サイクルデータ
インピーダンス
充放電カーブ
レート特性
dQ/dV解析

大量のデータが蓄積

得られたデータ管理の現状

解析ソフトがバラバラ
個人エクセル管理
解析の属人化

数多くのデータがあるものの、データが分断されており
横断的な比較や長期トレンド解析が難しい

新解析ソリューション：“Echem-DA-Lab”概要



Echem-DA-Lab

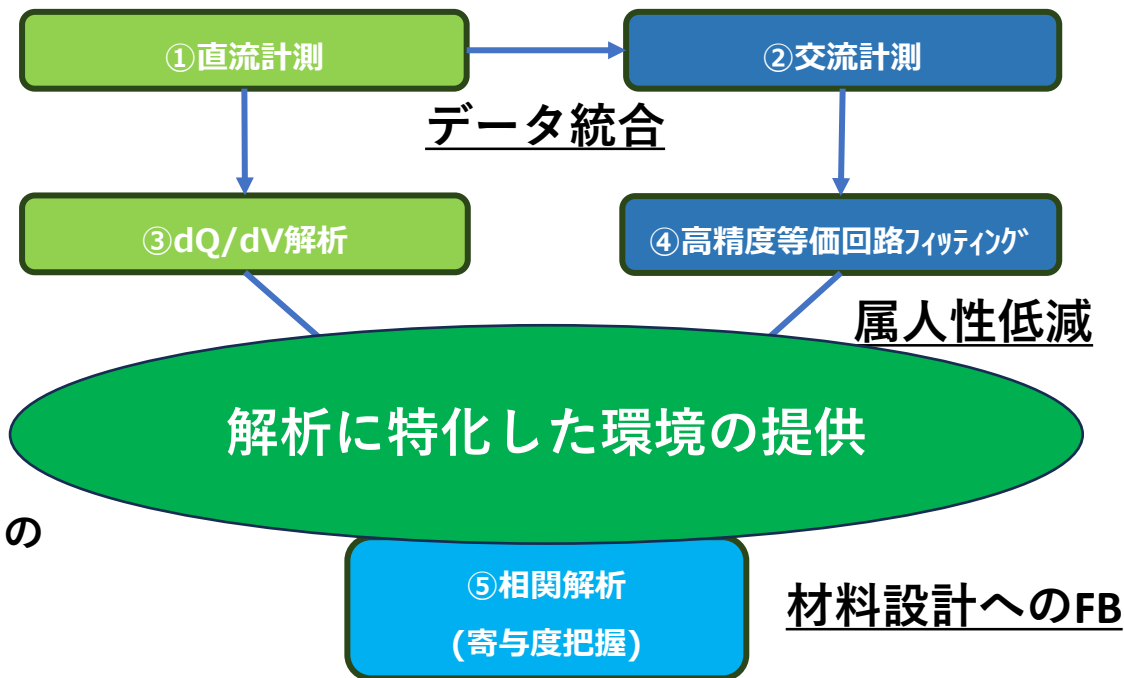
大量に蓄積された二次電池測定における様々なデータを統合し
そのデータを“活用するもの”へと変えるための解析プラットフォーム

交流インピーダンス測定における 3 課題

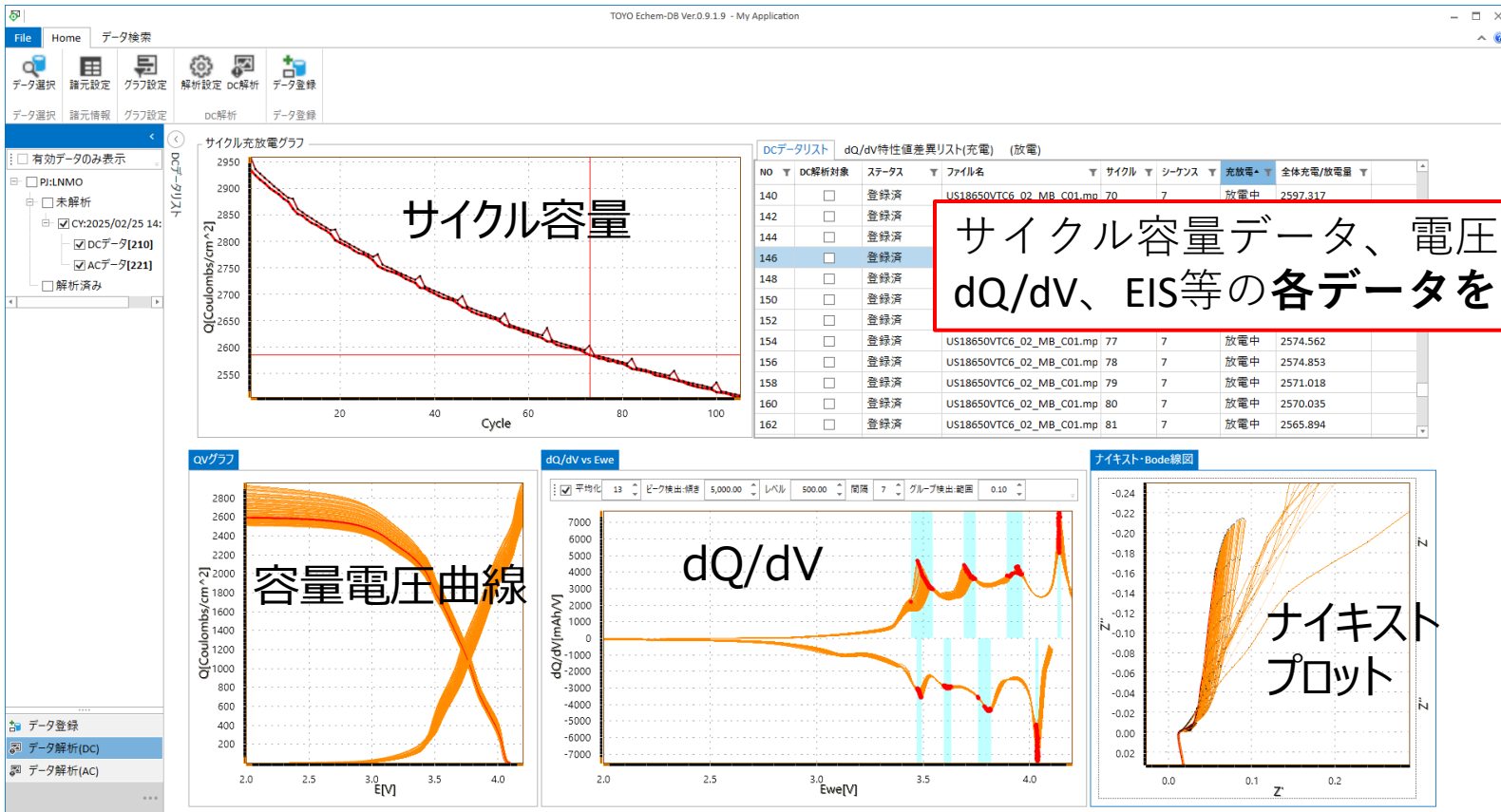
- <1> 直流計測との相関の精密化
- <2> 等価回路フィッティングの属人性の軽減
- <3> 材料設計へのフィードバック

上記3課題の解決とともに、相関解析

↓
充放電サイクル劣化への内部抵抗の
寄与度把握を目指す



データ統合 充放電データとEISデータのリンク

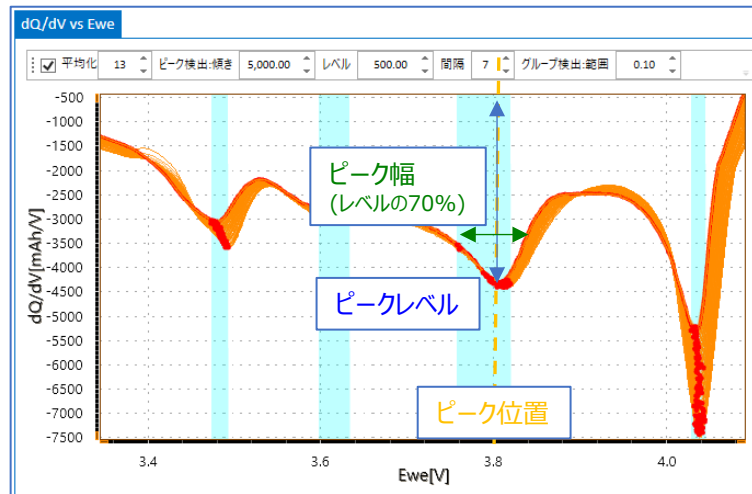


サイクル容量データ、電圧容量曲線、
dQ/dV、EIS等の各データをリンク

直流解析 dQ/dVピーク機能解析

■ dQ/dVピーク解析

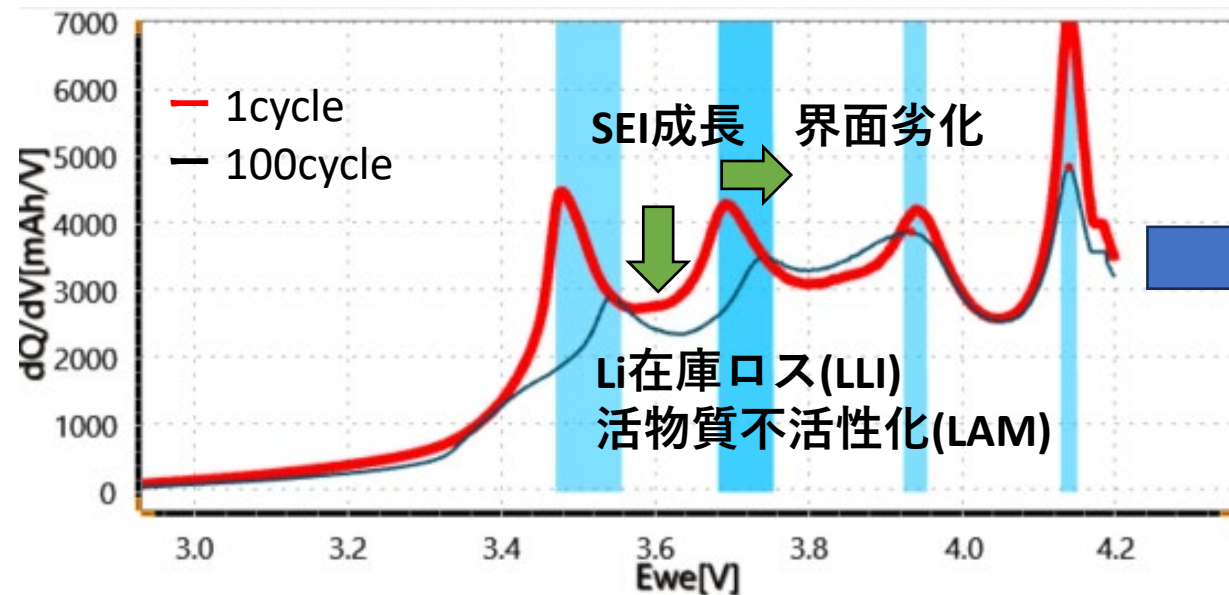
- dQ/dVグラフから下記情報を得る
- ①**ピーク位置**：特定の反応が起こる電位
 - ピーク位置の変化：電極材料の組成変化や劣化を示唆
- ②**ピークレベル**：反応の強度または関与する活物質イオン量に比例
 - ピーク高さの減少：活物質の減少や反応性の低下
- ③**ピーク幅**：反応の均一性や反応抵抗に関連
 - ピーク幅の増加：電極材料の不均一性や反応抵抗の増加を示唆
- ④**ピーク面積**
 - ピークレベルの30%まで落ち込んだ位置間または隣接ピーク以外の領域面積を得る



サイクル数を経ることによるピーク変化を定量化可能

dQ/dV解析機能の実例

18650電池 dQ/dV曲線を用いた解析(1cycleと100cycle目の比較)



Peak Group Name	Position [%]	Level [%]	Width [%]	Area [%]	Symmetry [%]
<Name1>	1.919	-35.188	22.987	15.123	-5.953
<Name2>	1.377	-18.308	-20.990	-49.848	-63.490
<Name3>	-0.247	-7.519	-38.640	-38.079	119.789
<Name4>	0.006	-32.624	-9.428	-47.364	-2.930

定量化してその推移を表示

■ 定量化したピーク変化の値をもとに、データ解釈ヒントを出力可能

dcデータリスト dQ/dV特性値差異リスト(充電) (放電)

比較サイクル: 始点 1 終点 100 ☐ 詳細表示

ピーク No	ピーク 位置	ピーク レベル	ピーク 幅	ピーク 面積	ピーク 対称性	ピーク 分離度	データ解釈ヒント
001	-0.345	-14.113	137.545	83.663	-36.296	1	ピークレベルが低くなったことから、活物質の減少・反応性の低下・電極の劣化・拡散/反応抵抗成、ピーク幅が増加したことから、電極材料の不均一性または反応抵抗の増加の可能性あり
002	-0.133	-4.863	-24.938	-4.016	1554.2	1	ピーク面積が増加したことから、副反応などにより反応が複雑化した可能性あり
003	-0.458	-3.498	-27.982	-25.412	2	2	ピーク対称性が低いことから、反応の可逆性の低下がみられる。反応過程における拡散制限や局所
004	-0.033	-26.878	14.404	-39	-62.962	2	ピーク位置が左に移動したことから、電極材料の組成変化または劣化の可能性あり

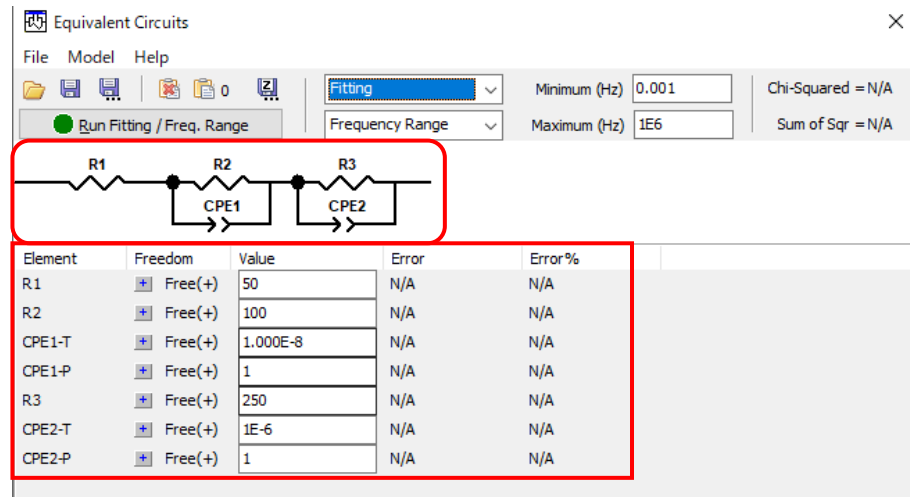
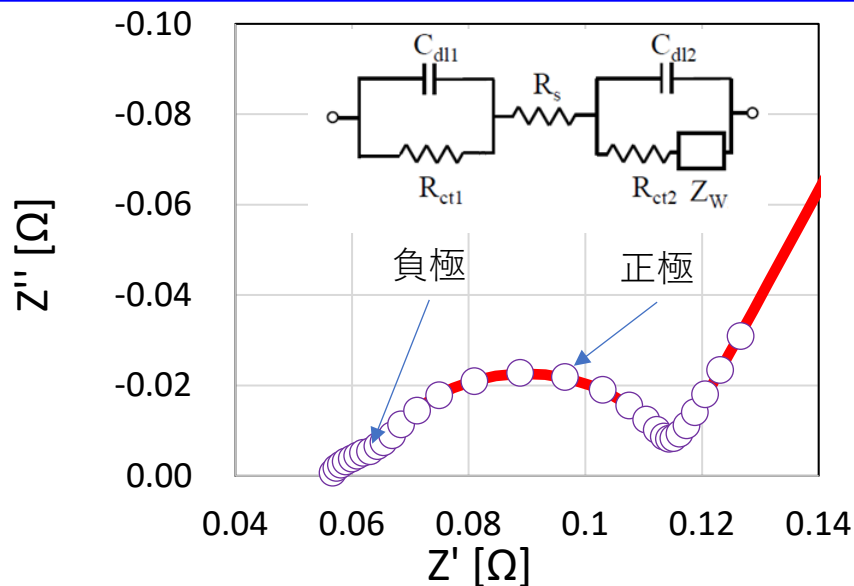
編集可能なナレッジリスト

Position	>=	0.4	ピーク位置が右に移動したことにより、電極の劣化(活物質の組成変化など)、内部抵抗成分の増大、SEI被膜の厚み増加、副反応生成物の蓄積など、劣化の可能性あり
Position	<=	-0.4	ピーク位置が左に移動したことにより、電極材料の組成変化または劣化の可能性あり
Level	>=	10.0	ピークレベルが高くなったことから、反応が集中またはより急激に進行している可能性あり
Level	<=	-10.0	ピークレベルが低くなったことから、活物質の減少・反応性の低下・電極の劣化・拡散/反応抵抗成分の増大の可能性あり
Width	>=	20	ピーク幅が増加したことから、電極材料の不均一性または反応抵抗の増加の可能性あり
Area	>=	25	ピーク面積が増加したことから、副反応などにより反応が複雑化した可能性あり
Area	<=	-25	ピーク面積が減少したことから、内部劣化により、特定の相転移に寄与する活物質の減少、または反応可能な面積の減少の可能性あり
Symmetry	-	0.8:1.2	ピーク対称性が高いことから、反応がほぼ可逆で、電極内部の状態が均一であることを示唆
Symmetry	>=	25	ピーク対称性が低いことから、反応の可逆性の低下がみられる。反応過程における拡散制限や局所的な極化・副反応の影響の可能性あり
Symmetry	<=	-25	ピーク対称性が低いことから、反応の可逆性の低下がみられる。反応過程における拡散制限や局所的な極化・副反応の影響の可能性あり
DegreeOfSeparation	>=	2	分離度が2以上の為、内部抵抗の増加・反応動力学的低下・劣化によるイオン・電子の各伝導性の悪化の可能性あり

編集可能なナレッジリストをもとに
データ解釈のヒントを出力
→知見の統一や研究のアイディア
支援が可能

交流解析 解析ソリューション(リリース済み)開発背景

【例】市販18650型リチウムイオン電池,OCV=3.5 [V], 2極式



交流解析ソフトウェア ZViewのフィッティング画面

等価回路の作成・初期値の入力が必要

R_s : 電解液抵抗(セパレータ) R_{ct} : 界面電荷移動抵抗
 C_{dl} : 電気二重層容量 Z_w : ワールブルグインピーダンス

等価回路設計の属人性 フィッティングの初期値依存性が課題

交流解析 弊社開発の解析ソリューション(リリース済み)



Z-ASSIST

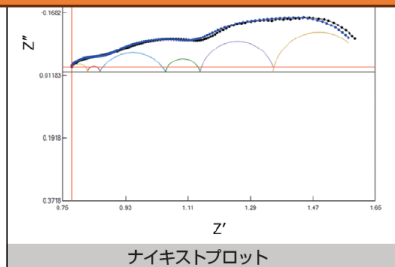
DRT解析

インピーダンス解析支援ソフトウェア

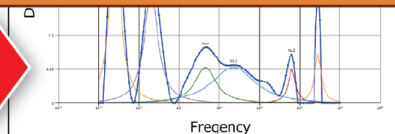
概要

Z-ASSIST は電気化学インピーダンス解析支援ソフトウェアです。インピーダンス測定結果の解析を行うために必要な等価回路モデルを自動生成するもので、新たに緩和時間分布 (DRT) 法を適用することによって、解析時に必要な初期パラメータの最適値を導出できます。

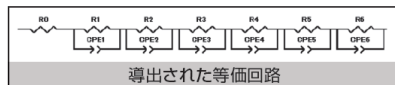
数学的な等価回路設計による属人性低下



ナイキストプロット



緩和時間分布関数 (DRT スペクトル)



導出された等価回路

産総研中部センター取得の円筒型 SOFC のインピーダンススペクトル測定結果

本製品は、国立研究開発法人産業技術総合研究所の研究成果を活用しています



Z-RW-Analysis

等価回路フィッティング

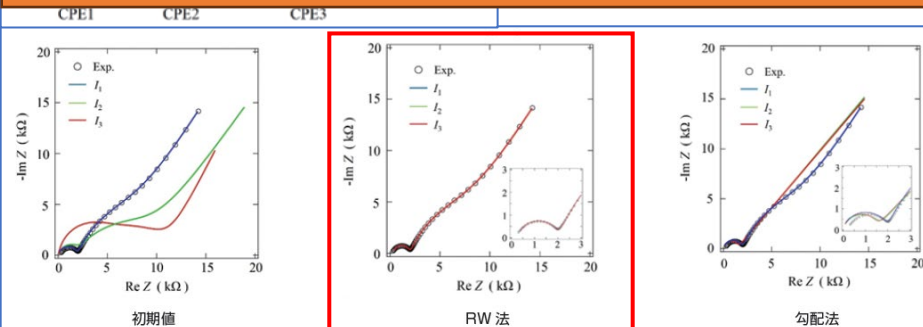
インピーダンス解析ソフトウェア

概要

Z-RW は新たな等価回路フィッティング手法として注目されている RW 法を用いたインピーダンス解析ソフトウェアです。従来の計算手法とは異なりフィッティング結果に初期値が依存せず、解析が難しいデータに対してフィッティング精度が向上します。

酸化物系固体電解質の等価回路モデル

初期値依存性をなくした高精度フィッティング



本製品は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務の結果、国立大学法人東京大学が開発した成果を活用しております。
※ [Unique fitting of electrochemical impedance spectra by random walk Metropolis Hastings algorithm]
(Kazuaki Kawahara, Ryo Ishikawa, Yuichi Ikuhara et.al, Journal of Power Sources 403(2018) 184-191)

交流解析 シームレスで高精度なフィッティングの実現

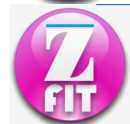
リリース済み弊社開発ソリューション一覧



- ① DRT法を用いた、**時定数同定**・等価回路フィッティングの初期値算出
 - Z-Assist Analysis



- ② Random Walk法を用いた、**高精度なフィッティング**
 - Z-RW Analysis



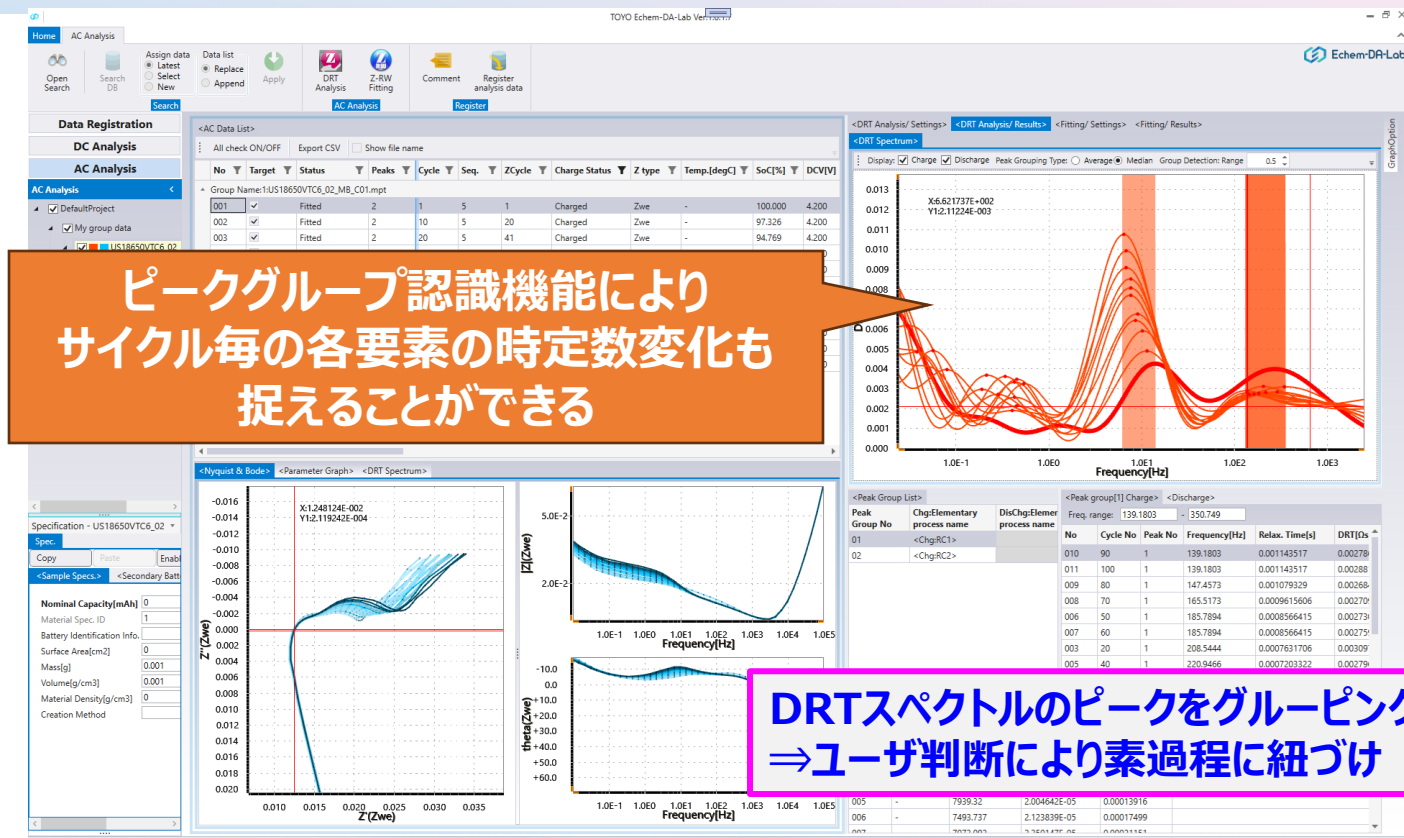
- ③ 独自機能による、複数EISデータの**自動・連続フィッティング**
 - Z-FIT Analysis



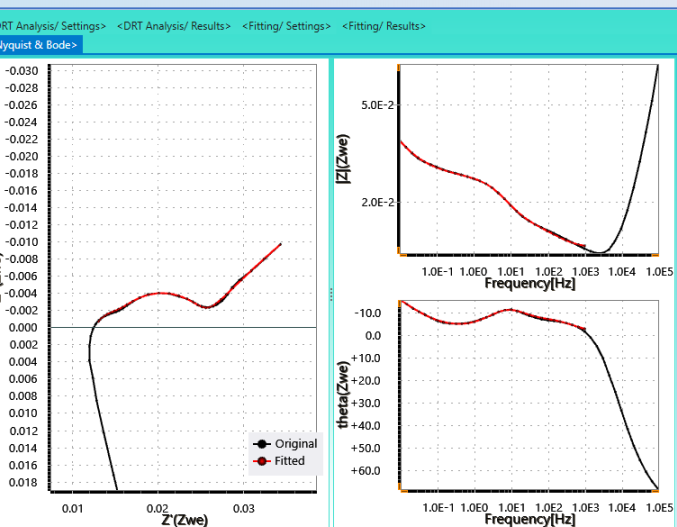
Echem-DA-Lab

上記①～③ツールを統合し、EISフィッティング精度の向上・属人性の低下
複数EISデータの自動・連続フィッティング

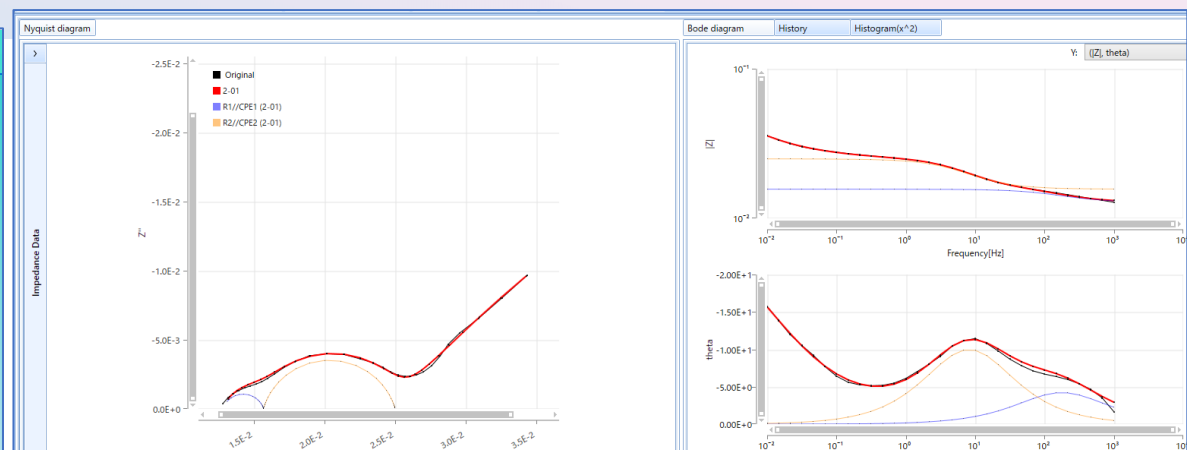
交流解析 DRT法を用いた時定数の算出



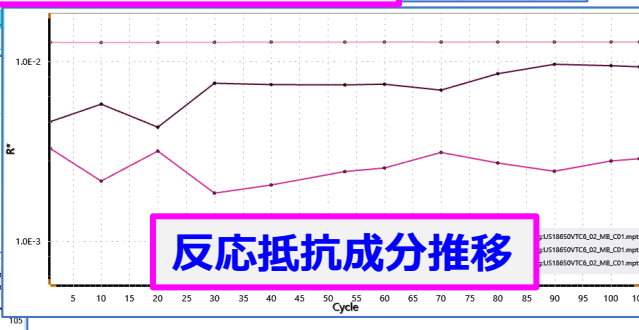
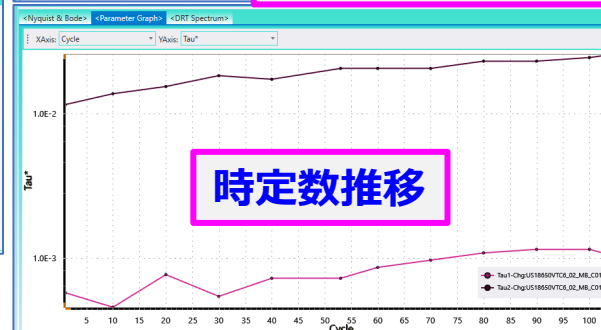
交流解析 Z-RWと連携したフィッティング結果例



Fitting parameters				
	Fixed	Param. name	Initial value	Fitted value
1	☐	R0	1.280463E-002	1.280418E-002
2	☐	R1	2.818112E-003	2.868856E-003
3	☐	CPE1-T	9.099678E-001	1.382712E+000
4	☐	CPE1-P	8.660000E-001	8.026777E-001
5	☒	Tau1	1.018744E-003	1.018744E-003
6	☐	R2	9.966745E-003	9.311185E-003
7	☐	CPE2-T	5.452966E+000	5.337031E+000
8	☐	CPE2-P	7.970000E-001	8.215005E-001
9	☒	Tau2	2.588401E-002	2.588401E-002
10	☐	R(Wo)	7.595433E-002	1.183821E-001
11	☐	Wo-R	1.768380E-004	3.522338E-004



**DRT解析で算出した時定数をもとにした
高精度フィッティング**



解析の標準化による属人性を低下させた高精度フィッティング

Echem-DA-Labの展望

機械学習機能の実装

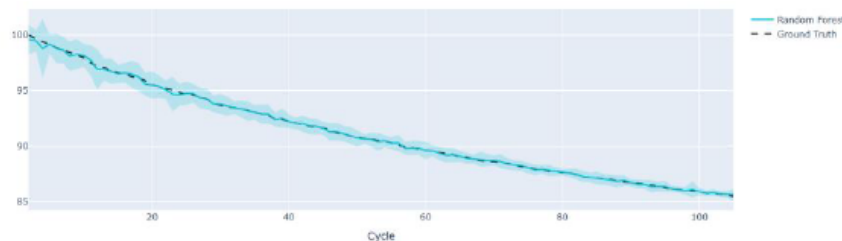
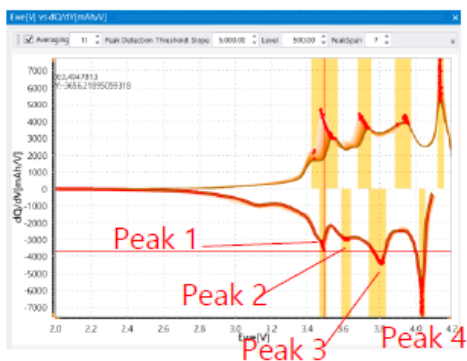
少量データ解析例...二次電池の容量劣化の原因をdQ/dV曲線から推定したい

Model	R ² mean	R ² std
Random Forest	0.983	0.012
XGBoost	0.981	0.009
Gaussian Process	0.833	0.1

Input
dQ/dVのピーク、ピーク幅、ピークシフト量

機械学習を使って
モデル化

Output
電池のSOH



サイクル vs クーロン効率

構築したモデルにおいて、容量劣化に起因するdQ/dVピークはどれかを可視化
どのような反応が劣化の要因になるかのヒントが得られる

第2部は以上となります。
ご清聴ありがとうございました。

本日のセミナーは以上となります。
ありがとうございました。