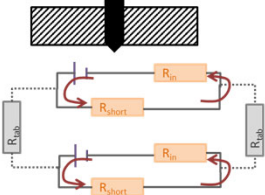


# バッテリーモジュール・パックの 熱、安全性シミュレーション技術

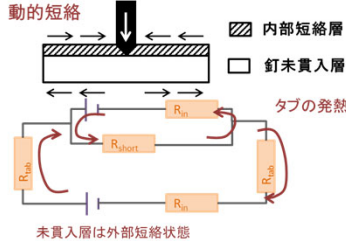
## 動的釘刺しモデル

リチウムイオン電池の内部短絡状態を容易に再現する釘刺し試験は、安全性評価のために広く使用されています。一方で、釘刺し短絡中に電池内部で生じる現象は明らかでない点も多く、数値解析モデルはメカニズム解明や試験結果の予測に有用なツールです。当社では独自に釘刺し貫入の過程を考慮するモデルを開発しており、従来に比べて高精度な予測が可能です。

従来方法：完全短絡



動的短絡



未貫入層は外部短絡状態

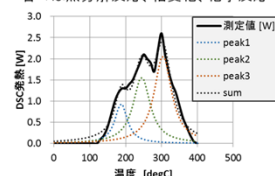
電気化学発熱

$$Q_{\text{Joule}} = i_j \nabla \phi_j$$

$$Q_{\text{reac}} = i \left( \phi_s - \phi_l - E_{\text{eq}} + T \frac{\partial E_{\text{eq}}}{\partial T} \right)$$

反応熱生成のモデリング

DSC測定データを単一反応に分離  
各々は熱分解反応、相変化、化学反応



$$k = \gamma \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) x^n (1-x)^m (-\ln x)^p$$

反応・輸送方程式

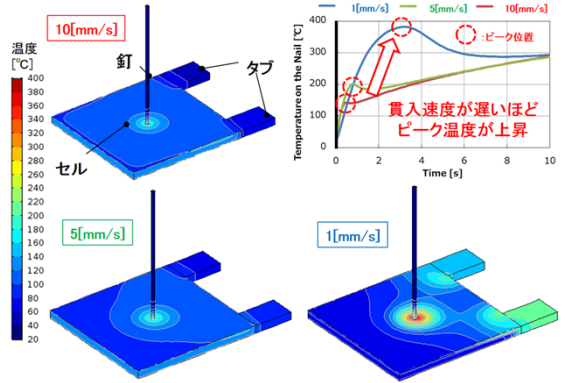
固相電位: Poisson方程式  $\mathbf{i}_s = -\sigma_s \nabla \phi_s$

固相Li濃度: 拡散方程式  $\frac{\partial c_s}{\partial t} = \nabla \cdot (-D_s \nabla c_s)$

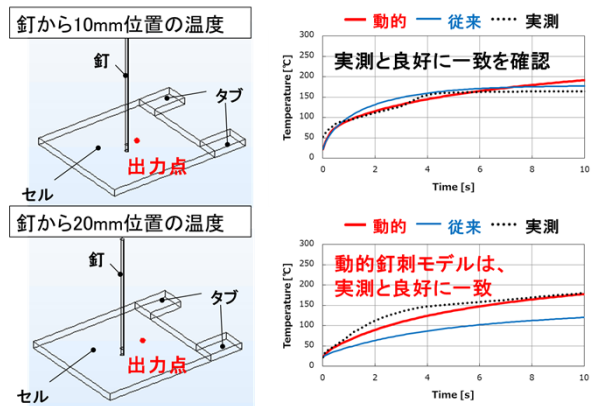
界面反応: Butler-Volmer式  $i_{\text{loc}} = i_0 \left( \exp\left(\frac{\alpha_a F \eta}{RT}\right) - \exp\left(-\frac{\alpha_c F \eta}{RT}\right) \right)$

液相電位: Nernst-Planck式  $\nabla \cdot (-\sigma_l \nabla \phi_l + \frac{2\sigma_l RT}{F} \left(1 + \frac{\partial \ln f}{\partial \ln c_l}\right) \nabla \ln c_l) = i_{\text{loc}}$

## ★貫入速度の影響比較

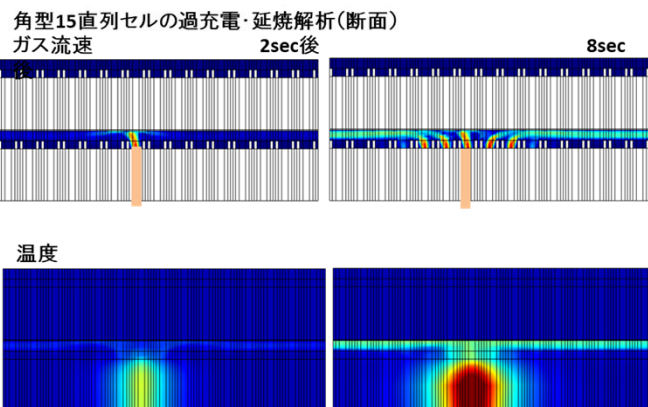
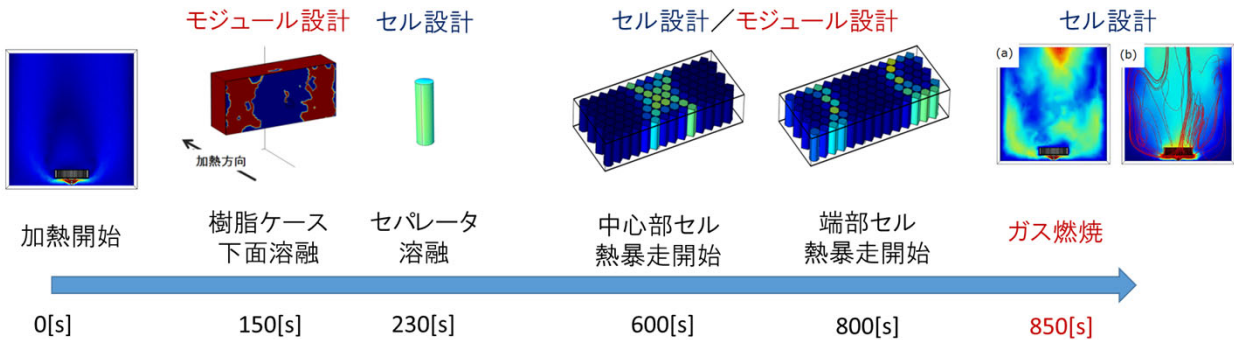


## ★実測との比較



## バッテリーモジュール・パックの延焼シミュレーション

バッテリーモジュール内で熱暴走したセルからの延焼によって他のセルが次々と熱暴走すると、より危険性が高まります。これらの現象を予測することで、モジュールの安全設計に有用な情報が得られます。当社ではセルからのガス放出も含め、これらの現象を予測する数値解析モデルを開発しています。



## セル内圧力と噴出ガス流量の経時変化

