



# リチウムイオンバッテリー製造工程における 電極スラリーのろ過

Customer Application Brief

# リチウムイオンバッテリー製造工程における電極スラリーのろ過

## はじめに

リチウムイオン(Li-ion)バッテリーセルは、負極、正極、電解液、セパレーター、その他の部品で構成されます。リチウムイオン電池の動作原理を簡単に説明すると、リチウムイオンが負極と正極の間を移動することで放電と充電を行います。

バッテリーセルの主な製造工程は以下の通りです：

## 混合

この処理工程では、負極と正極の固体材料の有効成分を粉末の状態で液体中で別々に混合します。正極スラリー、負極スラリーと一般的に呼ばれます。

## コーティング

負極スラリーは銅箔に対し、正極スラリーはアルミ箔に対してダイコーターを用いてスラリーを一定の厚みで塗工します。一般的に、負極の方が正極に比べて薄く塗工されます。電極の厚みや質量は、電池エネルギー密度に影響します。膜が厚いほど容量が大きくレート特性が低下し、薄いほどレート特性が向上する一方、容量が小さくなると一般的にいわれます。設計通りの性能や仕様で量産するには、均一に連続して塗工する必要があります。塗工面の厚みに差が出たりすると、電池の品質・性能に大きく関与します。また塗工ロールの途中で欠陥が発生するとそのロール全体が使用できなくなることもあります。そのため塗工前にろ過システムを構成することにより、安定した均一のスラリーを供給でき、万が一スラリー混合時に不慮の異物が混入した場合でも流出を防ぐことができます。



図 2：3M™ CTG-Klean 密封型フィルターシステム GPJ シリーズ

ろ過やコーティングの不備に関連する欠陥には次のようなものがあります：

- クレーター
- ゲル凝集
- 傷
- 水泡
- コーティング・ピット

本アプリケーション・ブリーフでは、電極スラリーの品質を向上させ塗工工程での不具合を低減するためのろ過システムについて説明します。適切なるろ過を行うことにより大きな粒子や変形しやすい異物を取り除き、安定したスラリーを供給し生産効率の良化に貢献します。

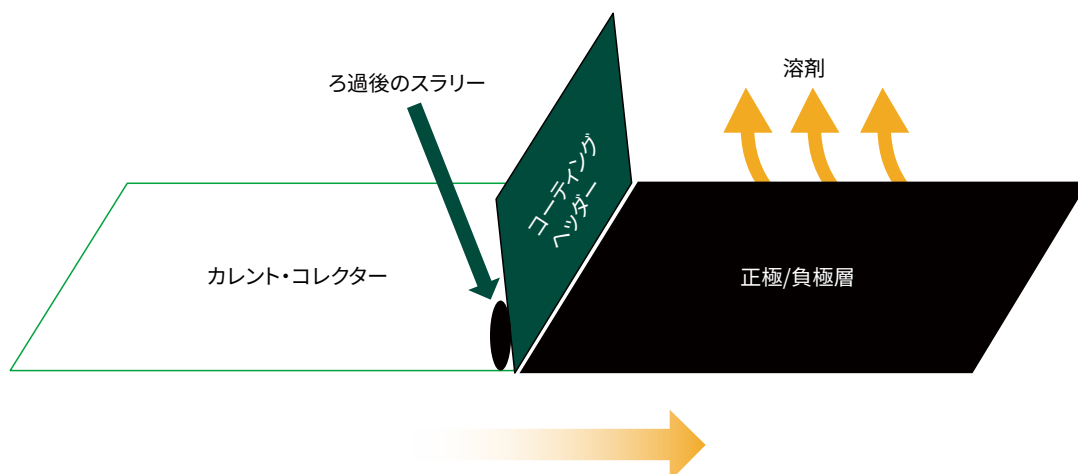


図 1：コーティングプロセス

## スラリーの組成

正極スラリーは、活性成分として三元系材料( $\text{Li}(\text{NiCoMn})\text{O}_2$ )または $\text{LiFePO}_4$ 、接着剤としてポリフッ化ビニリデン(PVDF)、溶媒としてN-メチルピロリドン(NMP)、添加剤としてその他の化学物質を含み

ます。負極スラリーは次のものから構成されます。接着剤としてスチレンブタジエンゴム(SBR)、溶媒として純水、添加剤としては、増粘剤としてのカルボキシメチルセルロース(CMC)などがあります。

## ろ過プロセスの役割

スラリーの製造工程は時間がかかります。より長い時間とエネルギーを投入すれば良好な混合を達成できますが、品質を極限にまで高めるためには、何時間も混合が必要になる場合もあります。そのためフィルターカートリッジを使用して効率よくろ過をし粒子を取り除くことで生産効率の最適化を実現できます。フィルターは複数のろ過精度が違うフィルター等を組み合わせてシステムを構築することでより安定した品質の良いろ過が実現できます。フィルターの選定は一概にどの組み合わせが良いというものではなく、ろ過をするスラリーの中に含まれる粒径と粒度分布に依存します。

後段の塗工プロセスに安定したスラリーを供給するためにはろ過システム内の各種フィルターの圧力損失をモニターすることが重要です。モニターすることで品質の悪いスラリーが流出するのを未然に防ぐことができます。前述の通り本用途での推奨されるシステム構成としてフィルターを多段で設置することでより安定したろ過を実現します。(図3)

各フィルターにはデプスタイプのフィルターが採用される例が多く(詳細後述)(図4)、加えて生産性の向上を目的としてソフトカプセルタイプを選択される場合も多いです。

正極/負極スラリーにはゲル状の異物が含まれている場合があります。このゲル状異物は、スラリー中のバインダーが早期に硬化または乾燥することによって生じます。もしゲル状異物が除去されないまましていると正極や負極に堆積し、電池性能の低下につながります。このスラリーのろ過プロセスでは、優れた分級性能をもつフィルターが必要となります。使用したい粒子を通過させ、不要な大きな粒子を除去やゲル状異物を除去します。

この用途には硬質構造のメディアを備えたデプスフィルターカートリッジが有効です。(図5)

スラリーは粘度が高いため、より加圧してろ過を行うため、その加圧に耐えられる硬いフィルターを使用することで最後まで安定したろ過性能を発揮します。

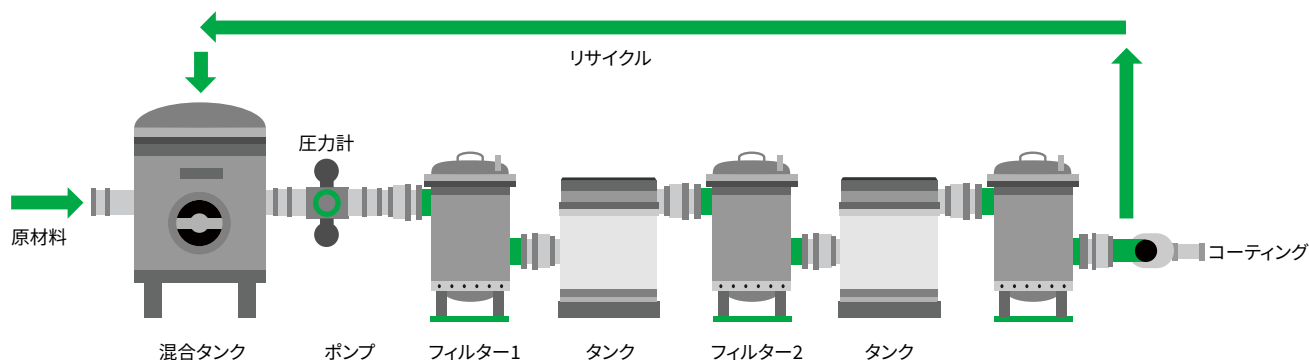


図3: 一般的な正極/負極スラリーのろ過工程

## コラム

### 粘度の高いスラリーをろ過する

正極スラリーと負極スラリーともに粘度が非常に高いです。このような粘度の高い液のろ過をするためには高い圧力でろ過する必要があるためフィルターカートリッジが圧力で変形しづらい硬質タイプのフィルターが好適です。

#### 一般的なデプスフィルター



フィルターが圧力で潰れている

#### 硬質構造のフィルター



図4: 硬質構造メディアのフィルターと一般的な柔らかい構造メディアの比較

## コラムつづき

## フィルターの硬さの比較

### 一般的なデプスフィルター

変形し潰れてきている



3M™ PolyPro-Klean™ ポリプロピレン不織布  
デプスフィルターカートリッジ PPK シリーズ

### 硬質構造のフィルター

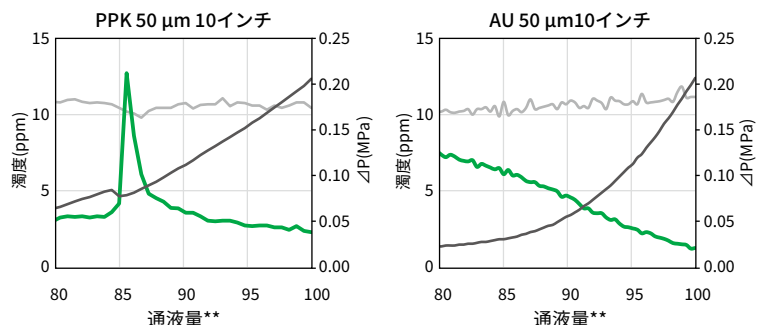
変形せずに形状を維持



3M™ 硬質デプスフィルターカートリッジ  
AU シリーズ

弊社社内試験による：同圧縮荷重での変形具合の確認  
(10インチカートリッジを使用)

スタンドに取り付けたフォースゲージで、徐々にカートリッジに荷重を掛け、  
5kg に達した時の状態を撮影



吹抜け(異物の吐出)が  
起きている

— 原液濁度  
— ろ液濁度  
— ΔP

初期から終期まで  
安定したろ過が出来ている

弊社社内試験による：パフォーマンス試験機を使用

[試験条件]カートリッジ形状：10インチ 流量：25L/min

使用ダスト：ISO 12103-1, A4 COARSE TEST DUST ダスト濃度：40 mg/L

\*試験は一例です、様々な目的(分級など)に応じたご提案が可能です

\*\*スタート時を0、ΔP0.2MPa時の通液量を100として、80から100までの範囲を表示

図4：硬質構造メディアのフィルターと一般的な柔らかい構造メディアの比較

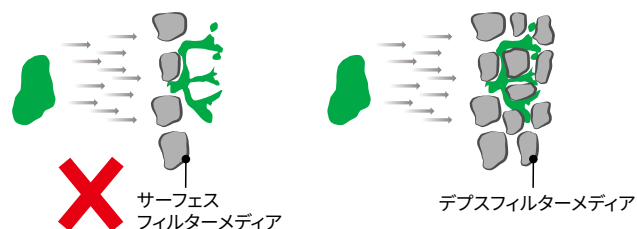
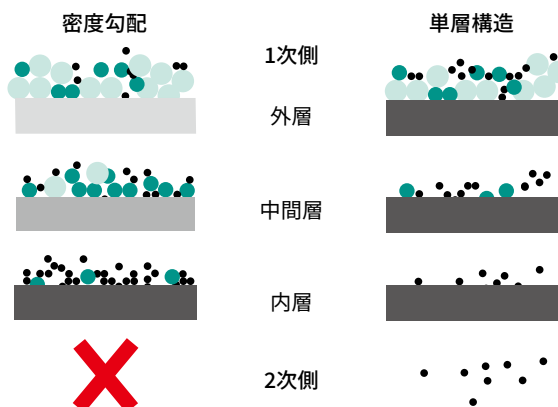


図5：デプスメディアとサーフェスメディアの比較



## スラリーの廃液を減らす

電極スラリーは高価です。したがって、スラリーの廃棄量はできるだけ低減する必要があります。ソフトカプセルタイプのフィルターを採用することにより液の回収することができそれを再利用するこ

とも可能です。また洗浄作業での溶媒の使用を最小限に抑え、作業者の負担とダウンタイム時間を低減できます。廃棄時にも分離することができ、廃棄コストも低減できます。



## 解決策

**1** バッテリーの欠陥は、電極上での大きな粒子や変形ゲルなどの異物をろ過によりなくした安定したスラリー塗工をすることで著しく減少させることができます。

コーティング工程の安定性を実現するには3M™ Betapure™硬質デプスフィルターカートリッジ AUシリーズフィルターカートリッジが適しています。硬質タイプのデプスフィルターで高粘度スラリーろ過に適した構造です。圧力がかかった状態でもフィルター自身の構造を維持し吹き抜け現象安定したろ過性能を最後まで発揮します。また、サーフェスタイプのフィルターに比べ同じ圧力損失下で、より変形しやすいゲル状の異物を保持することができます。さらに、均一な気孔率を持っており大きなサイズの粒子を補足し使用したい一定以下の小さなサイズの粒子を分級し通過させます。

**2** 3M™ CTG-Klean 密封型フィルターシステムGPJシリーズはフィルターカートリッジをソフトカプセルの中に入れた構造です。この構造により多くの部分でろ過する液体が金属製ハウジングに接液しないため洗浄工程を削減でき、またカートリッジ交換時にも作業者が液に触れる機会を減らして交換作業が可能になるため現場の安全性の向上、ダウンタイム削減に貢献でき、生産性が向上できます。

ソフトカプセルは通常のカプセルタイプのフィルターと比較すると薄いフィルムだけとなっていますが、金属ハウジングと組み合わせることで耐圧力を満たす構造になっております。また比較して使用する材料の重量も少なく廃棄物を減らせるように設計されており、柔らかいフィルム構造のため使用後にハサミなどでカットして残液の回収が可能になっております。(図6)

**3** これらのフィルターには、それぞれ独自の特徴と利点があります。前述の通り今回の正極/負極スラリーのろ過には硬質タイプのフィルターが好適であるためまず3M™ Betapure™ AU シリーズでご評価いただくのがおすすめです。

これらの設計上の利点は、  
お客様の総コストの削減に貢献します。

20インチ  
GPJタイプフィルター



フィルター交換あたり  
7,000円の節約

正極スラリーのコストが  
14,000円/Lの場合(当社試算)

約0.5Lのスラリーを回収

カプセルフィルターシステムGPJシリーズの中には  
2024年9月時点で、下記のフィルターカートリッジが適用できます。

- 3M™ Betapure™ AU シリーズ
- 3M™ Micro-Klean™ MJ シリーズ
- 3M™ Micro-Klean™ RT シリーズ
- 3M™ Betapure™ NT-T シリーズ
- 3M™ Betapure™ PPK シリーズ
- 3M™ Betapure™ SKYL シリーズ

### 汚れない

交換作業を  
楽にできる



洗浄の時間が短縮され、  
作業者の負担を低減

### 臭わない

作業環境を  
よりよくできる



密封されているので  
臭気の拡散を減らせ、  
直接液に触れずに済む

### 回収できる

製品ロスを  
軽減できる



環境コンタミが少なく  
再利用も可能  
廃棄時に液分離が容易

### 中が見える

ろ過後の状況が  
確認できる



液をすべて抜くことなく  
確認が可能

図 6 : 3M™ CTG-Klean 密封型フィルターシステム GPJ シリーズの特長

## まとめ

スラリーコーティング工程では、スラリー混合後にいくつかのろ過ポイントがあります。3Mはスラリーが仕様に適合した最高の状態で塗工できるように、ろ過ソリューションをご提案可能です。

3M™ Betapure™ 硬質デブスフィルターカートリッジAUシリーズフィルターカートリッジは、中芯にポリプロピレン、外側にポリエチレンを使用した繊維の両材質間の熔融温度の差により、

均一な空隙を持つ理想的な配列のろ材を形成した均一な空隙密度を持つ強固な構造のフィルターです。硬い構造により高差圧下でも変形が少なく、高粘度液体の分級ろ過に好適です。

本アプリケーションの正極/負極スラリーのろ過に適しています。さらにソフトカプセルタイプのGPJシリーズを組み合わせることで、現場の安全性の向上、ダウンタイム削減に貢献でき、生産性が向上できます。

**技術情報:**  
本書に記載されるかまたはその他のソルベンタムによって提供された、技術情報、ガイダンスおよびその他の記載はソルベンタムが信頼できると考える記録、試験または経験に依拠していますが、その正確性、完全性または代表性について保証するものではありません。当該情報は、それを知らされて自分で判断をする十分な知識と技術的技量のある方々を対象とするものです。当該情報は、ソルベンタムまたは第三者の知的財産権を許諾や黙示許諾するものではありません。

**製品の選択および利用:**  
ソルベンタムのコントロールの及ばない多くの要因およびユーザーの知識と管理範囲内にある独自の要因が、特定の用途におけるソルベンタム製品の使用および性能に影響を与える可能性があります。従い、お客様は本製品を評価しお客様の用途に適しているかどうかを判断する（例えば、労働安全衛生法、JIS等の職場の安全性評価と適用されるすべての規制に関する適合性に関する評価を含む）ことについて一切の責任を負います。ソルベンタム製品を適切に評価、選択、使用しなかった場合、または適用されるすべての安全に関連する規制に適合しなかった場合には、傷害、病気、死亡、および／または財産上の損害が生じる可能性があります。

**保証、限定的な救済および免責事項:**  
ソルベンタムは、当該ソルベンタム製品のパッケージまたは製品資料に別途の保証が明記されていない限り、ソルベンタムは、ソルベンタムが製品を出荷した時点で、当該製品が該当するソルベンタム製品の仕様を満たしていることを保証します。ソルベンタムは、明示または黙示を問わず、商品性、特定目的への適合性、または取引の過程、慣習、商習慣から生じる黙示の保証または条件（ただしこれに限定されるものではありません）を含め、その他の保証または条件を負いませんのであらかじめご了承ください。万が一ソルベンタム製品に保証の対象とされるような欠陥がある場合、これに対する唯一の救済は、ソルベンタムの選択により、本製品のご購入代金を返金させていただくか、もしくは本製品を交換させていただくことに限らせていただきます。

**責任の制限:**  
法令によって禁止される場合を除き、ソルベンタムは、ソルベンタム製品から生じる直接的、間接的、特別的、付随的、派生的な損失または損害（逸失利益またはビジネス上の機会損失を含むがそれに限られません）について、主張される法理論に関係なく、上記【保証、限定的な救済および免責事項】の項目内に記載される保証以外には一切責任を負いません。

Solventum およびそのロゴ、その製品名等に使用される商標は Solventum 及びその関連会社の商標です。3M およびそのロゴは 3M およびその関連会社の商標です。その他の商標はそれぞれの権利者の商標です。



ソルベンタム合同会社  
フィルター製品事業部

<https://www.solventum.com/ja-jp/home/filtration-and-engineering/>

Please Recycle. Printed in Japan.  
© Solventum 2024. All Rights Reserved.  
CUN-E27-B(0924)

3M のヘルスケア部門はソルベンタム (Solventum) という独立した企業になりました。

カスタマーコールセンター

製品のお問い合わせはナビダイヤルで

 **0570-000-460**

9:00～17:00 / 月～金（土日祝年末年始は除く）