

リチウムイオン電池セパレータの温度による強度特性評価

Temperature properties of lithium-ion battery separator of piercing and tensile test

■はじめに

Introduction

リチウムイオン二次電池（本稿では以下「リチウムイオン電池」と記載）は、高いエネルギー密度とセル電圧を有するため、情報端末や家電などの電源として広く利用されています。近年では、一般家庭への普及率が向上しているハイブリッド自動車や電気自動車の駆動エネルギー源として注目されており、その需要は今後も増加していくものと考えられています。

リチウムイオン電池は短絡や過充放電、衝撃などによって不安定になることがあり、安全性を確保するために電池を構成する部品レベルにおいても様々な保護機構が備わっています。構成部品のうち、リチウムイオン電池セパレータは正負極電極間の接触を防止すると同時にリチウムイオンを通過させるスペーサとしての役割を担い、また電池短絡時には異常電流、温度上昇を防ぐ機能を有しています。

一方でリチウムイオン電池セパレータは、粗い表面

性状を有する正極と負極に接触する形で設置されるため、高い機械的強度が求められます。電池は充電の際などに温度上昇を伴うことから、ある程度の温度上昇でも機械的強度を保っている必要があります。これを確認するため、リチウムイオン電池セパレータの突き刺し試験と引張試験における強度が、温度変化に対してどのように変化するかを測定しました。本稿ではこの事例を紹介いたします。

補足) リチウムイオン電池のセパレータについては、既発行の島津アプリケーションニュース T146「リチウムイオン電池セパレータの測定」、i229「リチウムイオン電池セパレータの多面的評価」においても評価事例をご紹介しています。

T. Murakami

■突き刺し試験

Piercing Test

試料は小形電子機器に使用されるリチウムイオン電池（円筒型）から取り出したセパレータであり、雰囲気温度を変えて突き刺し特性の変化を測定しまし

た。Fig.1 に試験の様子、Table 1 に試験条件の詳細情報を記載しています。

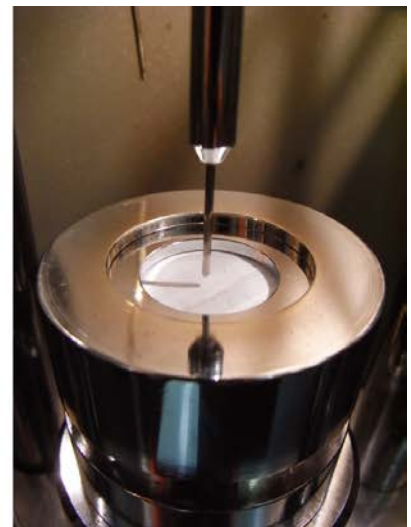


Fig.1 試験写真
Overview of Piercing Test

Table 1 試験条件(突き刺し試験)
Test conditions (Piercing Test)

1) 装置	島津精密万能試験機 AG-X 形
2) ロードセル容量	1 kN
4) 治具	突き刺し試験：かご形治具，レトルトパウチ突き刺し治具
5) 恒温槽	TCR-1W
6) 負荷速度	50 mm/min
7) 試験温度	25 °C, 60 °C, 90 °C
8) ソフトウェア	TRAPEZIUMX (シングル)

Fig.2 に得られた試験力-変位曲線，Table 2 に試験温度に対する最大試験力と最大変位を示します。

25 °C と 60 °C における試験結果を比較すると，最大試験力については差異がみとめられませんが 最大変位の値は 60 °C において増大していることがわかります。60 °C と 90 °C における特性値を比較すると，90 °C で最大試験力の低下がみられますが，最大変位については同様の値を示しています。以上より，本試験で用いたリチウムイオン電池セパレータは，60 °C において，伸び特性が上がるにもかかわらず，強度の低下を示さないことが推測できます。

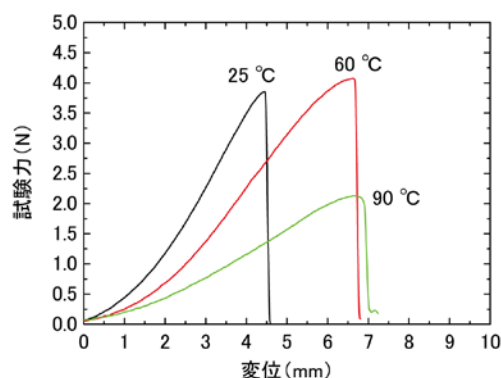


Fig.2 試験力-変位曲線
Test Result (Piercing Test)

Table 2 試験結果(突き刺し試験)
Summary of results (Piercing Test)

試験温度 (°C)	最大試験力 (N)	最大変位 (mm)
25	3.85	4.45
60	4.07	6.63
90	2.13	6.68

■ 引張試験 Tensile test

引張試験に用いたセパレータは市販リチウムイオン電池（角型）から取り出したもので，PE（ポリエチレン）が主成分である 2 種類の試料（以降，試料名を①，②と記載）です。引張試験を行う際には Fig.3(a)

に示しているセパレータ試料を，それぞれ長辺方向と短辺方向の 2 方向で，全長 35 mm（平行部：10(L)x2(W) mm）のダンベル形状（Fig.3(b)）に加工して測定を行いました。

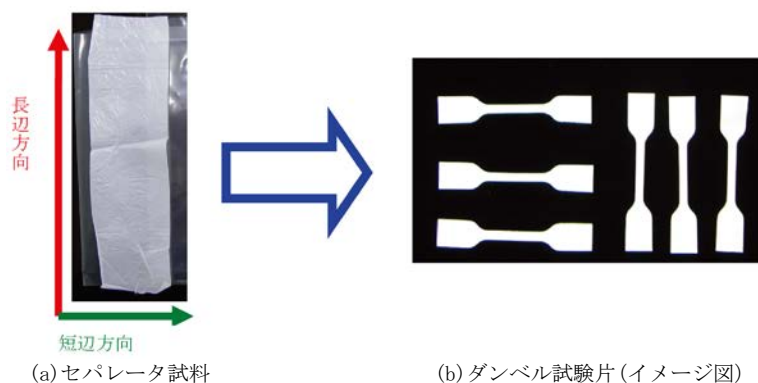


Fig.3 試料概観
Test samples

Table 3 に引張試験の試験条件を示します。

Table 3 試験条件(引張試験)
Test conditions (Tensile test)

1) 装置	島津精密万能試験機 AG-X 形
2) ロードセル容量	100 N
4) 治具	50 N 用空気式平面形つかみ具 (平面歯, 空気圧 0.4 MPa)
5) 恒温槽	TCR-1W
6) 負荷速度	50 mm/min
7) 試験温度	25 °C, 60 °C, 90 °C
8) ソフトウェア	TRAPEZIUMX (シングル)

Fig.4, Fig.5 に試料①の短辺方向, 長辺方向における応力-ひずみ線図をそれぞれ示します。また、Fig.6, Fig.7 には試料②の短辺方向, 長辺方向における応力-ひずみ線図をそれぞれ示します。さらに、Table 4 に各温度における機械的特性値を示します。

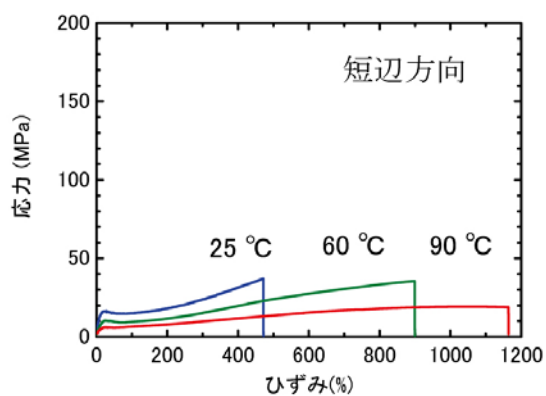


Fig.4 試料①短辺方向の応力-ひずみ線図
Test results (Sample ① short side)

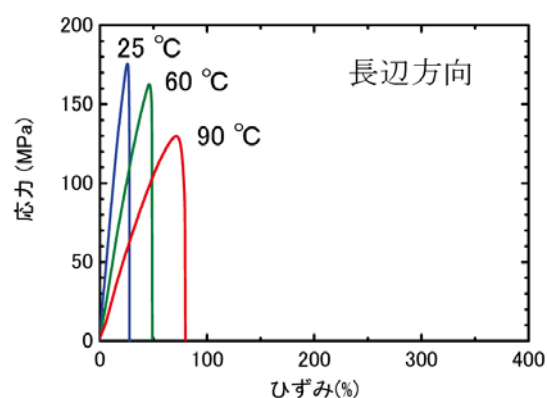


Fig.5 試料①長辺方向の応力-ひずみ線図
Test results (Sample ① long side)

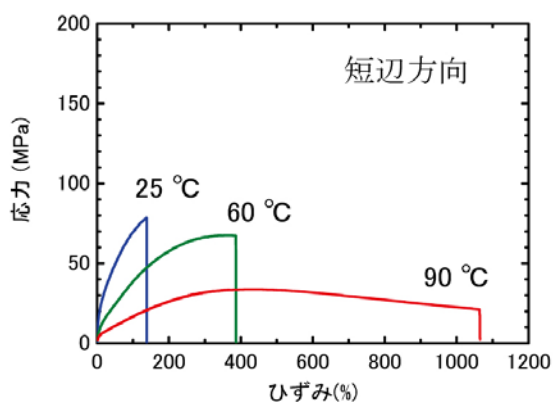


Fig.6 試料②短辺方向の応力-ひずみ線図
Test results (Sample ① long side)

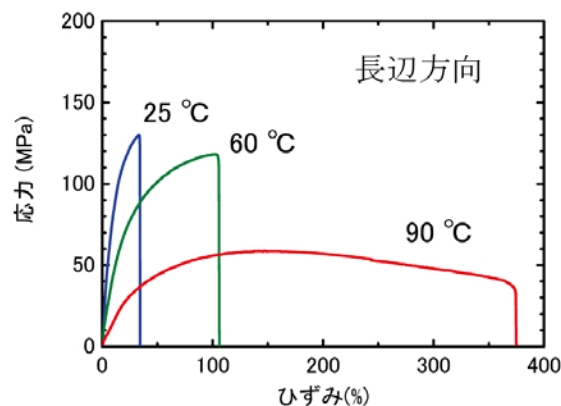


Fig.7 試料②長辺方向の応力-ひずみ線図
Test results (Sample ② long side)

Table 4 試料①および②の短辺方向と長辺方向の機械的特性値
(Summary of results Tensile Test)

試料	25 °C		60 °C		90 °C	
	引張強度 (MPa)	破断ひずみ (%)	引張強度 (MPa)	破断ひずみ (%)	引張強度 (MPa)	破断ひずみ (%)
①短辺方向	36.9	471.4	35.4	898.8	19.3	1044.0
①長辺方向	175.6	26.8	162.5	57.0	129.9	76.7
②短辺方向	78.2	138.5	68.8	347.6	33.8	427.9
②長辺方向	129.5	34.1	118.3	105.3	58.7	367.2

各サンプルにおいて、短辺方向の方が長辺方向よりも引張強度は低く、伸びが大きいことがわかります。Table4において、数値で比較すると試料①長辺方向は試料①短辺方向と比べて、引張り強度が約5倍の値となり、また破断ひずみが約1/15に減少しています。以上の結果より、このセパレータは長辺方向への一軸延伸に近い状態で製造されていると考えられます。また、試料②短辺方向の引張強度は試料①短辺方向の約2倍になり、また破断ひずみは大幅に減少していることがわかります。試料②長辺方向も試料②短辺方向と同様の傾向があり、試料②長辺方向の方が引張り強度の増加と破断ひずみの減少傾向が大きいことから、試料②は低延伸倍率の2軸延伸によって製造されており、短辺方向よりも長辺方向の延伸倍率が大きいことが推定できます。

試験温度に対する機械的特性についても興味深いデータが得られています。25°Cと60°Cにおけるサンプルの破断ひずみと引張強度を比べると、試験温度の上

昇によって、60°Cにおける破断ひずみの値は2倍程度大きくなっているにもかかわらず、引張強度の低下はわずかなことがわかります。上記と同様、60°Cと90°Cにおけるこれらの特性値を比較すると、破断ひずみは25°Cと60°Cの値を比べた場合と同様に値が大きくなる傾向がありますが、引張強度については値が著しく低下していることがわかります。以上より、本試験で用いたリチウムイオン電池セパレータは60°Cにおいて、伸び特性が上がるにもかかわらず、優れた機械的強度を維持していることがわかります。

セパレータには高い機械的強度を有した状態で、電池内の温度変化に対応できる仕様が求められています。今回、ご紹介した雰囲気温度制御下におけるリチウムイオン電池セパレータの突き刺し試験と引張試験の結果からわかるように、島津精密万能試験機AG-Xと豊富な付属装置を用いると、リチウムイオン電池セパレータの機械的特性を評価することが可能です。