

Technical Note テクニカルノート LIB-04 '2016-11-07

Title: リチウムイオン電池パックの充放電プロセスにおける充電効率

Fig-01 : 中国製バッテリー・パック

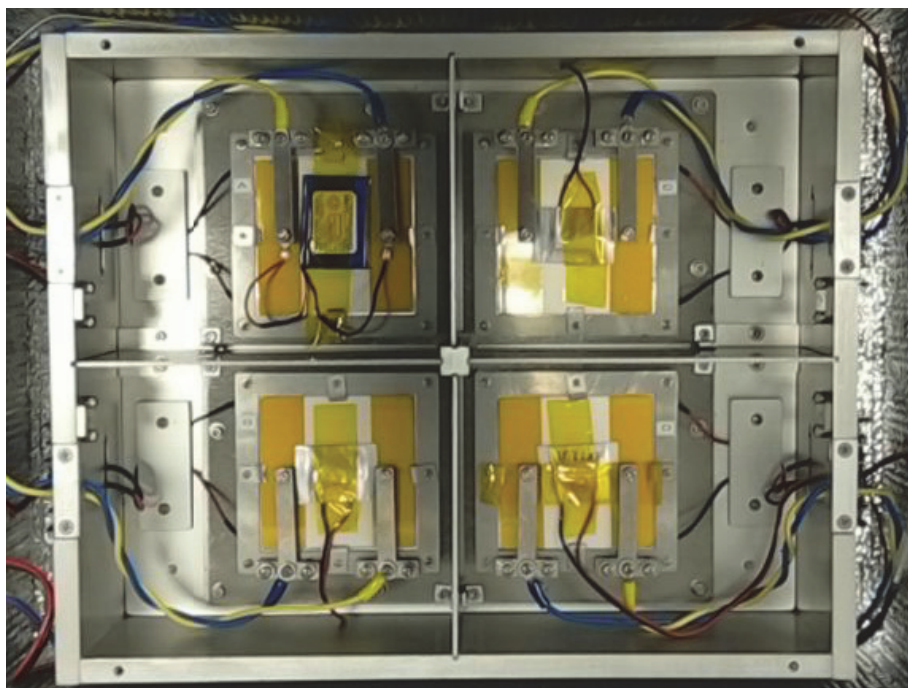


電池容量が350mAh (3.7V) ,電池サイズは40mm×29mm 厚み4.5mmのBattery Packの充放電時の熱量測定を紹介します。電池は未使用ですが、製造年月日が2006.07.11と10年を経過した古いものです。中国・上海のEDAN Technology製

使用装置 : 4ch_7070_熱流検出モジュール (高感度仕様)
試料サイズ : 最大70mm角ラミネートセル・および18650type
示差方式の場合、2測定試料の同時測定が可能です。

Fig-02は4ch_熱流検出モジュールの第1ch(左側上)にバッテリーパックをセットした状態、他のchには熱量校正ヒータがセットされています。

Fig_02:4ch_7070_熱流検出モジュールを真上から見た状態

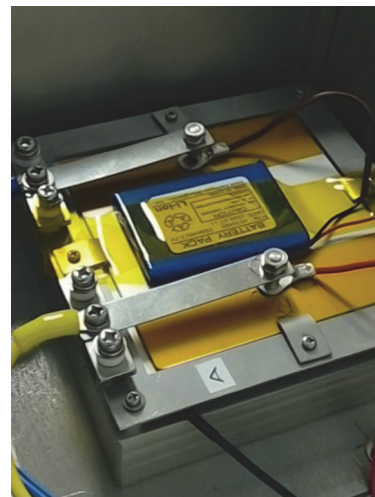


この熱流検出モジュールは充放電システム付の恒温槽にセットして、-40℃~60℃の範囲の等温条件で、充放電サイクル時の電池から発生する吸熱、発熱反応を測定します。高感度仕様は電池容量が数mAhから2000mAh程度のリチウム・イオン電池を対象としています。

電池容量が2Ah~10Ah、電池サイズが1辺70mmを越える場合は高出力仕様の熱流検出モジュールを使用します。
電池サイズに応じて熱流検出モジュールを製作することが可能です。

このテクニカル・ノートでは室温環境に熱流検出モジュールをセットし、充放電装置としてHJ1001SD8(北斗電工)を使用しています。

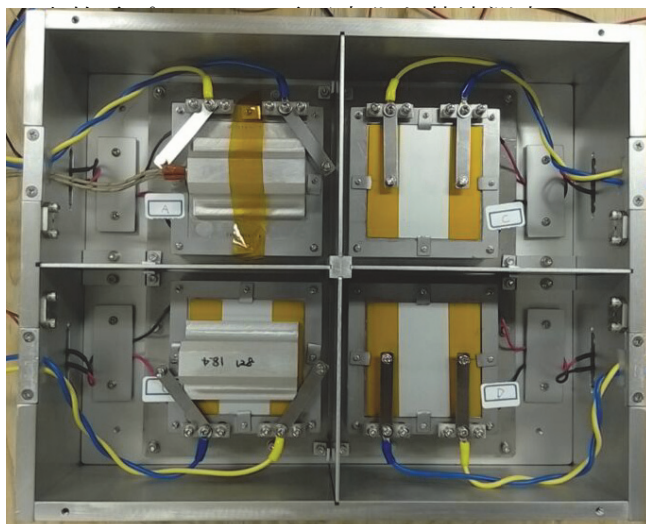
Fig-03 : バッテリー・パックを充放電システムと接続するバネ機構付き電極部



Technical Note テクニカルノート LIB-04 '2016-11-06

Title: リチウムイオン電池パックの充放電プロセスにおける熱量測定

Fig-04 : Ch1,Ch2に18650typeをセットした場合



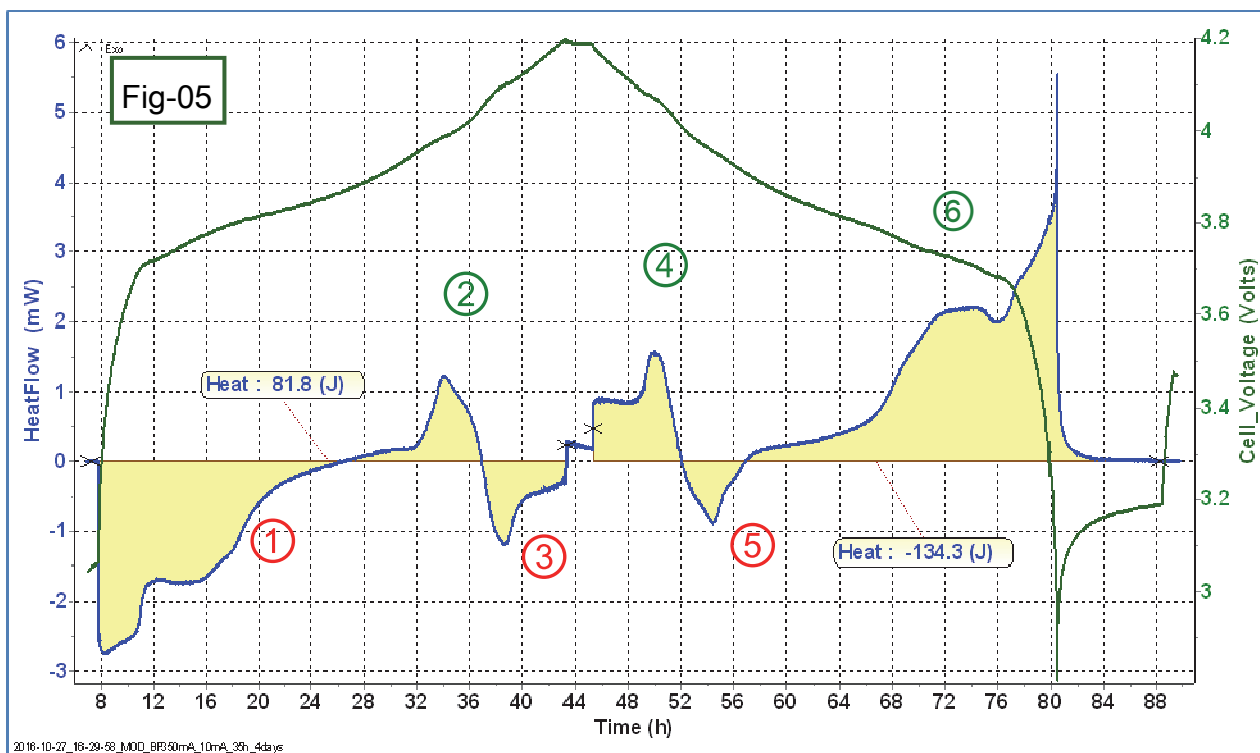
ラミネート型リチウムイオン電池の充放電効率率は95%以上と云われています。ただし充電効率は充放電電流によっても変化します。充電効率がどの程度の違いがあるかをこのバッテリーパック(350mAh)を

Rate	current	測定時間
0.0285C	(10mA)	80時間
0.075CC	(28mA)	29時間
0.20CC	(70mA)	14時間
0.80CC	(280mA)	5時間

で測定したときの充放電効率を求めてみました。

また充電効率と電池から発生する熱量との関係を調べてみます。

Fig-05 : バッテリーパック350mAh 0.0285CC_10mAの充放電プロセス



充電時のピークは最初の①吸熱ピーク、その後の②発熱ピークと③吸熱ピークとなり、すべてのピークの積分値 (81.8J) は発熱量ではなく、逆の吸熱量です。一方の放電時は④発熱ピーク、⑤吸熱ピーク、⑥発熱ピークの合計は (-134.3J) となり合計としては発熱反応となります。

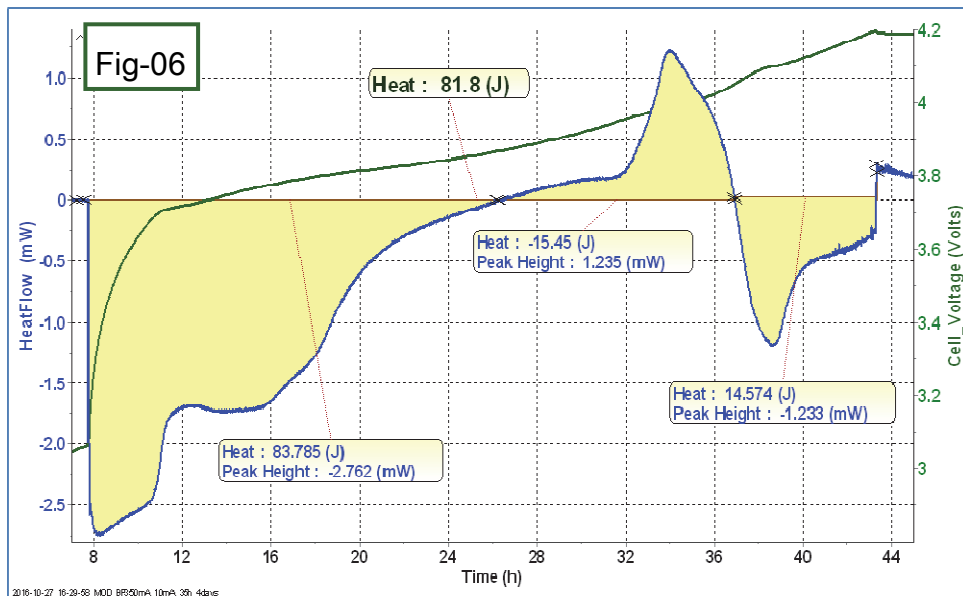
ピーク②と⑤、③と④の対は可逆反応であることを示唆しています。このように充放電レートを低くするとジュール発熱が小さくなり、相対的に電池の化学反応による反応熱が顕著に検出されます。



Technical Note テクニカルノート LIB-04 '2016-11-06

Title: リチウムイオン電池パックの充放電プロセスにおける熱量測定

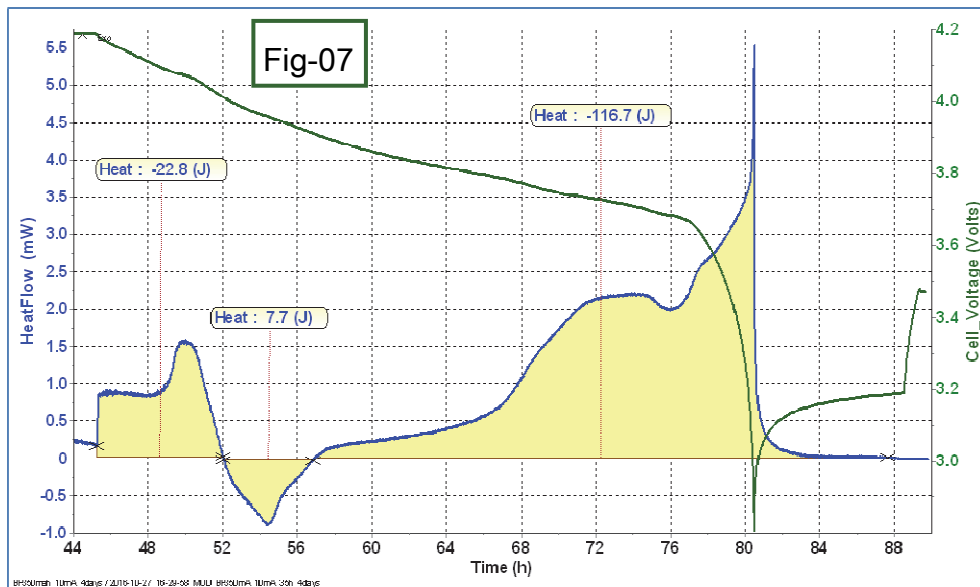
Fig-06 : 充電プロセスの電圧変化と熱流測定



製造時から10年以上経過した未使用の中国製リチウムイオン電池パック(350mAh)は相当劣化して電池容量が低下していると予想していました。

しかし測定結果によれば電流値10mA_{CC}で充電すると定格の350mAhあることが判明しました。

Fig-07 : 放電プロセスの電圧変化と熱流測定



電力量換算の充放電効率も電流レイトが0.1~0.2Cでは97~99%であり、電池は劣化はしていません。

リチウムイオン電池の基本性能は非常に優れていることがわかります。



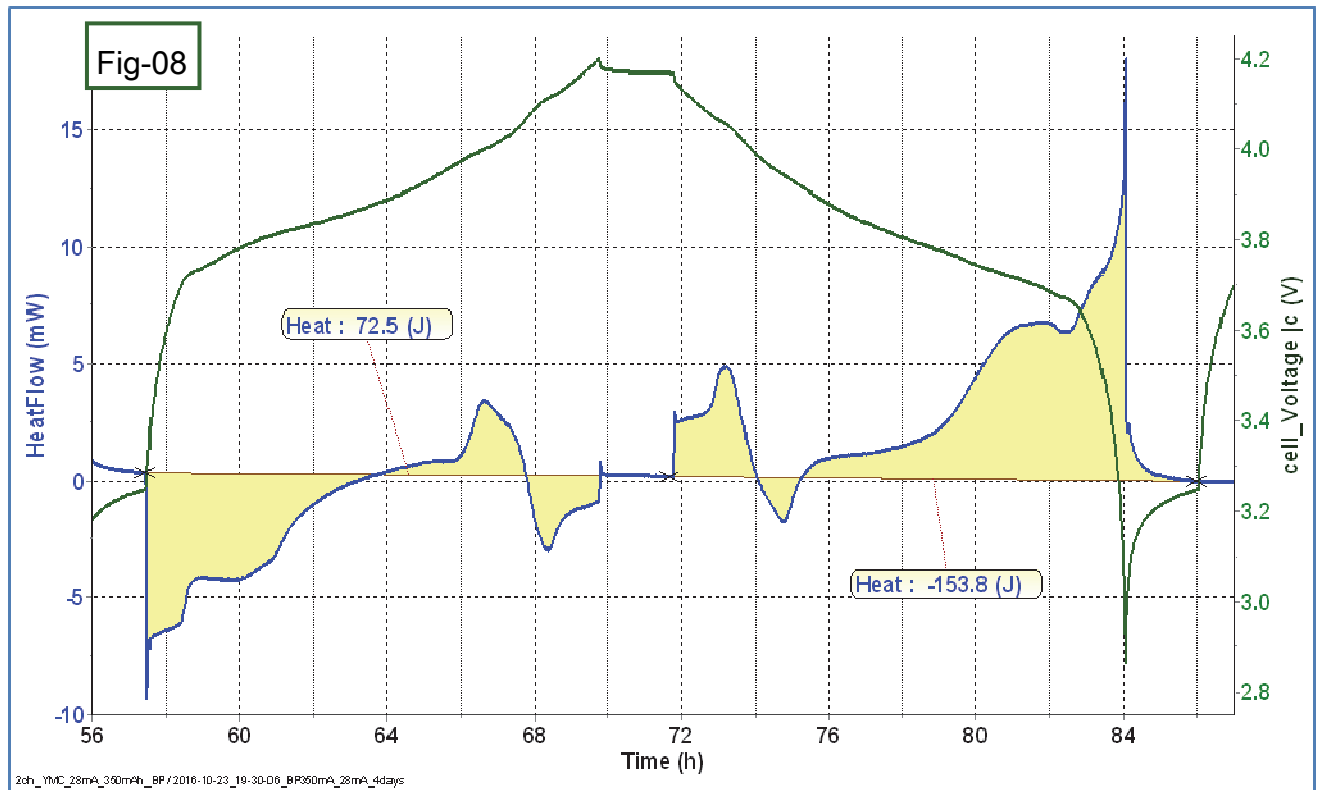
10mA充放電	電力量	電力換算充放電効率	発熱量	電池容量
01:充電process	4965Ws		81.8 (吸熱)	355.8mAh
02:放電process	4894Ws	02/01比率 98.57%	-134.3 (発熱)	354.4mAh
差分	ΔWs=71J		-52.5J (1.06%)	

電力量換算の充放電効率は98.57%
 電力量損失は-71J
 熱流信号によるエネルギー損失量は-52.5J

Technical Note テクニカルノート LIB-04 '2016-11-06

Title: リチウムイオン電池パックの充放電プロセスにおける熱量測定

Fig-08 : バッテリーパック350mAh 0.08CC_28mAの充放電プロセス



Fig_05の充電電流10mAから2.5倍の28mA(0.08CC)に増加した場合、電池内部抵抗によるジュール発熱は $2.5 \times 2.5 = 6.25$ 倍となります。Fig_05とFig_08の熱流ピークのプロファイルはそれほど変わりがありません。

Table-01は電流レイト 10,28,70,280mAについて測定結果をまとめた表です。

④⑤の電力は電池電圧に設定した充放電電流値を積算して電力に換算してから積分したものです。投入電力と消費電力から電力換算の充電効率を算出した表⑦の結果と③の熱流信号の吸発熱量から算出した熱量損失量が一致しません。⑥電力損失の方が④熱量損失よりも大きくなっています。

充放電プロセスの電流値	0.0286C_10mA	0.08C_28mA	0.2C_70mA	0.8C_280mA
①充電プロセス 発熱量	81.8 Ws	72.5 Ws	34.3 Ws	-73.8 Ws
②放電プロセス 発熱量	-134.5 Ws	-153.8 Ws	-197.1 Ws	-282.0 Ws
③ ①-② 熱量損失合計	-52.7 Ws	-81.3 Ws	-162.8 Ws	-355.8 Ws
④充電プロセス 投入電力	4965 Ws	4823 Ws	4646 Ws	3496 Ws
⑤放電プロセス 消費電力	4894 Ws	4720 Ws	4433 Ws	2832 Ws
⑥ ④-⑤ 電力損失合計	71 Ws	103 Ws	213 Ws	664 Ws
⑦ 充放電効率 (電力換算)	98.57%	97.86%	95.42%	81.01%

損失エネルギーは

- ①電池の内部抵抗によるジュール熱の発生(非可逆)
- ②電池内部で起きる反応(可逆反応) ⇒ 熱収支はゼロ

Technical Note テクニカルノート LIB-04 '2016-11-06

Title: リチウムイオン電池パックの充放電プロセスにおける熱量測定

Fig-09 : バッテリーパック350mAh 0.2CC_70mAの充放電プロセス

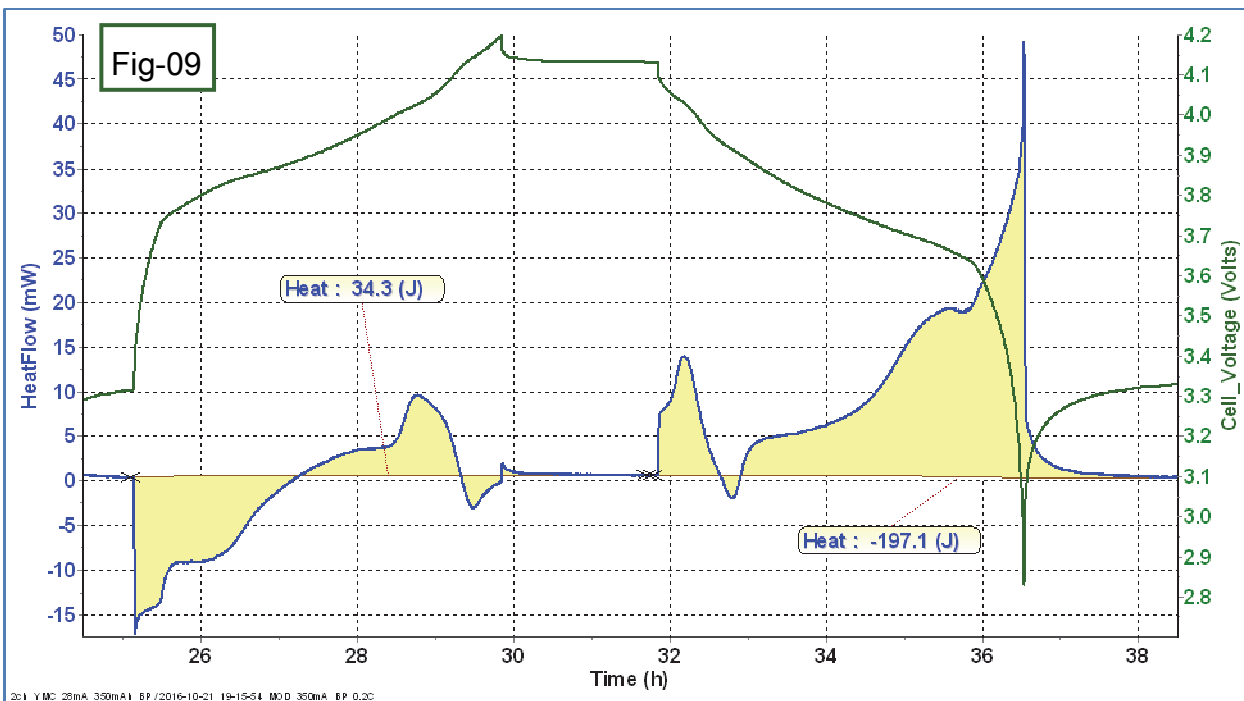


Fig-10 : バッテリーパック350mAh 0.8CC_280mAの充放電プロセス

