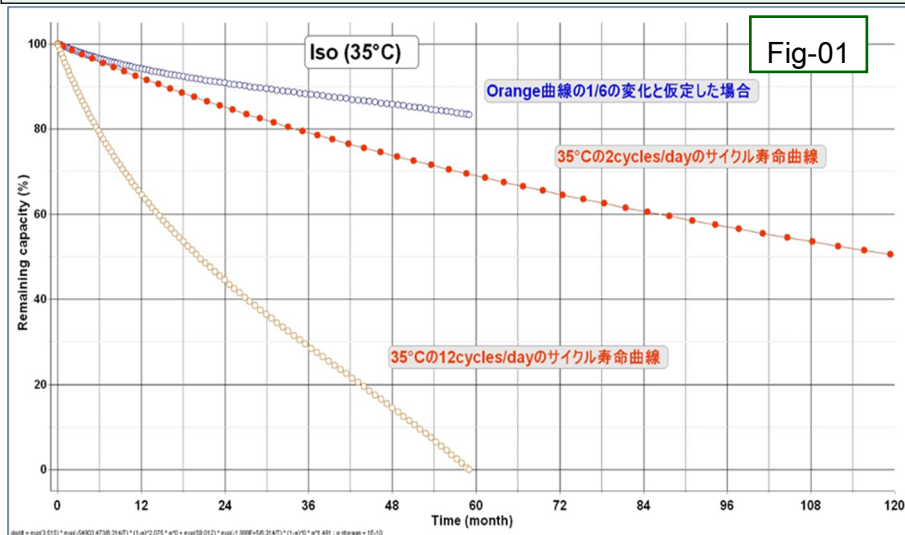


Technical Note テクニカルノート LIB-16/1 2018-11-18

Title: リチウムイオン電池_充放電サイクル試験データによる寿命予測

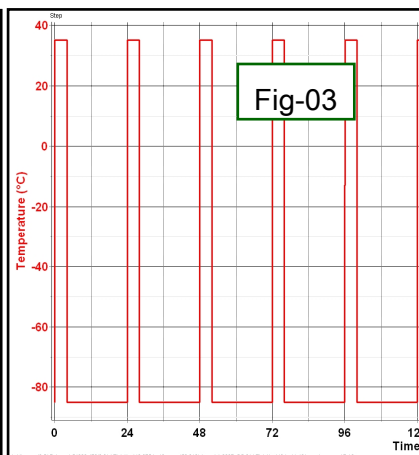
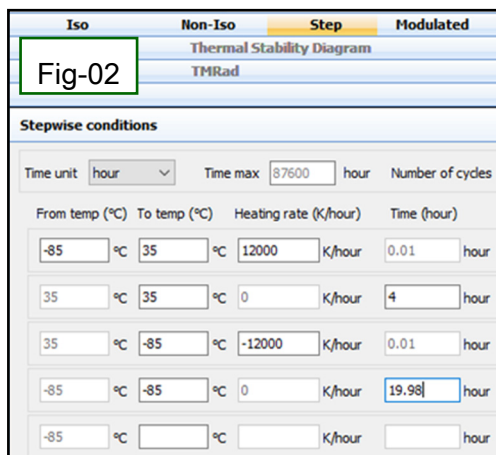
Fig_01 : 35°Cにおける充放電電流1C(12cycles/day,2cycles/day) の容量維持率



Fig_01は充放電サイクル試験データから推定される35°Cの容量維持率曲線です。詳しくはテクニカルノートLIB-13を参照して下さい。充放電回数は12サイクル/日です。日常使用条件が仮に2サイクル/日だとすればどのように予測曲線を計算すれば良いのでしょうか？

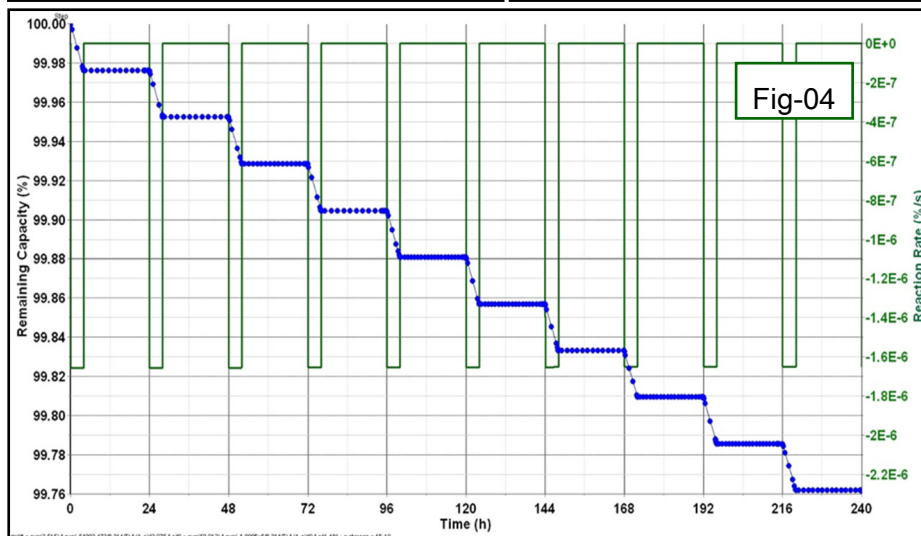
- ① 容量維持率の変化を2/12=1/6と単純計算したFig_01の上段の曲線で良いのでしょうか？
- ②あるいは時間軸を6倍にして計算したオレンジ色曲線が正しいのでしょうか？

③それとも2サイクル 4時間/日だけ充放電し、残りの20時間は充放電しない条件で計算すれば良いのでしょうか？



Fig_02は③による操作方法で Thermokineticsの予測曲線を35°Cの“STEP”モードを使って設定する画面です。

Fig_03が35°Cと-85°Cの間を行き来する温度プログラム曲線の設定画面です。実際の温度プログラムはこのような矩形温度曲線が3650本(10年間)設定されています。35°C等温条件の4時間は劣化が進行し、-85°Cの20時間では劣化は進行しません。②, ③の計算は同じ結果になります。仮に容量維持率曲線がルート則になっている場合は①と②, ③の結果が一致します。*1



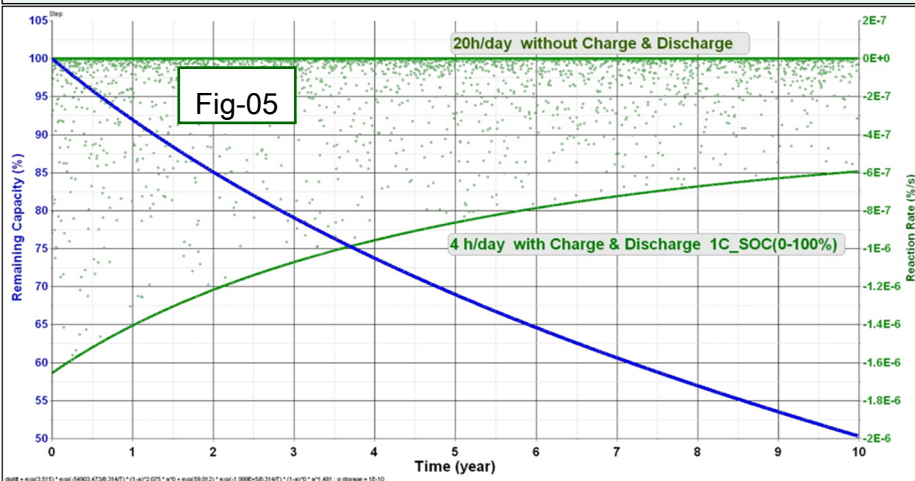
Fig_04は35°Cの4時間で容量維持率が0.023%づつ減少することを示しています。変化速度が0.023%/sでも3650回(10年間)では単純計算では73%ですがFig_05に示すように10年後には50%強になっています。

テクニカルノートLIB_13はNMC系セルについての充放電サイクルテストデータによる解析例です。
*1 : ①と②,③の計算結果が一致しないということは容量維持率曲線が1個のルート則では表現できないことを意味します。

Technical Note テクニカルノート LIB-16/2 2018-11-18

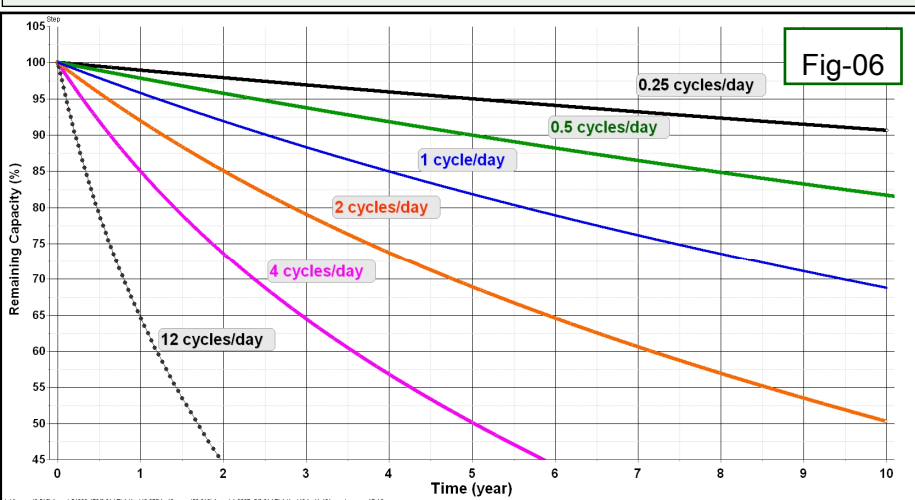
Title: リチウムイオン電池_充放電サイクル試験データによる寿命予測

Fig_05 : 35°C_1C_4hours/day_充放電サイクル_20hours/day_カレンダー寿命



Fig_05の緑色曲線は上段は温度が-85°Cの場合の反応速度（容量維持率変化速度）で0%/sであることを示しています。温度が0°Cだとすれば反応速度は0%/sではなく容量維持率がわずかに減少します。緑色曲線の下段は35°Cの温度条件で反応速度曲線で、1.6E-6%/s (0.023%/day) の反応速度になっています。充放電サイクルのない時間帯を低い温度条件に設定する温度プログラムにより充放電サイクル回数を変えた充放電維持率の推定曲線を算出ができます。

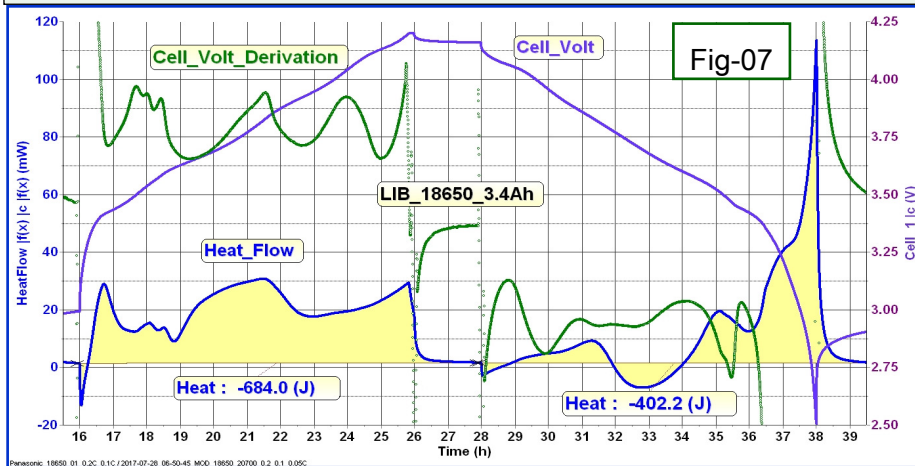
Fig_06 : 35°C_1C_4hours/day_充放電サイクル_20hours/day_カレンダー寿命



Fig_06は12 サイクル/日の予測曲線から4, 2, 1, 0.5, 0.25 サイクル/日の場合の容量維持率曲線を算出したものです。

このノートでのサイクル寿命推定は電池温度が35°C一定と仮定しています。電池温度は充放電時の発熱により気象条件の気温より高くなっていると推定しました。しかし電池温度は充放電条件によって変動し、サイクル寿命は電池温度によって左右されるので寿命推定には電池温度の正確な温度を推定することが重要になります。

Fig_07 : 18650_3.4Ah_0.1C (0.34A) の吸発熱測定データの一部



Fig_07はLIB_18650タイプの充放電中に発生する発熱量の測定データです。電流は0.34Aでありジュール発熱が非常に低く、かつ電池温度が可能な限り温度上昇しない条件で測定されています。1サイクルで1,080Jの発熱量で、電池の比熱が1.0 J/gK重量が50gとして完全断熱条件になっているとすれば電池温度 $\Delta T = 1,080 / (1.0 \times 50) = 21.6^\circ\text{C}$ の温度上昇となります。

Fig_07で使用する熱量測定システムは電池まるごとでの比熱測定が可能です。

テクニカルノートLIB_15は車載用EVモジュールなど大型リチウムイオン電池の比熱測定を紹介しています。