2. 小型锂离子可充电电池的特长

2-1. 小型锂离子可充电电池的主要特长

相比电气双层电容器，小型锂离子可充电电池具有高容量、低漏电流的特长；相比一般的锂离子可充电电池，具有快速充放电、长寿命、高安全性等特长。因此，它可以实现一般的锂离子可充电电池难以做到的大电流放电，以及电气双层电容器做不到的长时间放电。

2-2. 与电气双层电容器的对比

相比同尺寸的尼吉康电气双层电容器，小型锂离子可充电电池的能量要高约50倍。因此，如果用小型锂离子可充电电池代替电气双层电容器，将能够支持设备的长时间驱动。

※下记数值并非保证值

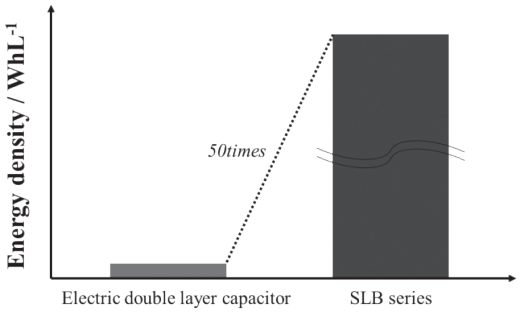

图2-1　本公司的电气双层电容器和
小型锂离子可充电电池的体积能量密度的对比

此外，正如前文“1-2. 小型锂离子可充电电池的材料”所述，这种锂离子可充电电池是利用电极活性物质和电解液中的锂离子之间的电化学反应进行电能的储存和释放。在充电状态下，除非能量释放到外部，一般情况下电极活性物质在其充电电压下化学稳定，因此自放电很少。此外，作为负极活性物质的钛酸锂具有卓越的热稳定性，因此该电池即使在高温环境下也耐自放电。图2-2所展示的就是φ3×7L 0.35mAh规格的产品在充满电后的各种环境温度下的自放电行为。

※下记数值并非保证值

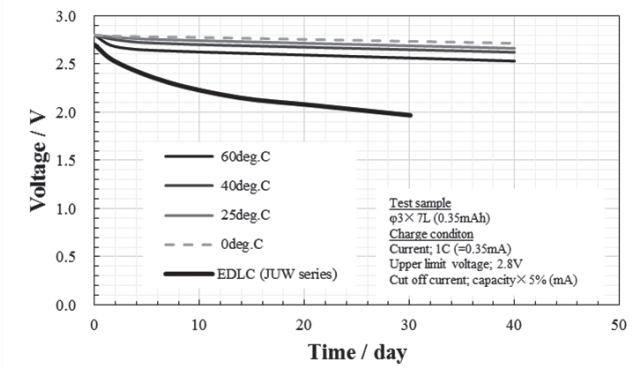

图2-2　对φ3×7L 的0.35mAh产品充满电后，
各温度下保存时的电池电压的变化

对尼吉康的电气双层电容器用2.7V电压充电，并且在60℃环境下保存30天后，电压降至1.97V。而对小型锂离子可充电电池（φ3×7L）用2.8V电压充电并保存后，电压仅降至2.6V，表明其漏电很小。鉴于本产品的自放电很少，即使长时间不充电，也可以有效利用，因为能量收集技术所充电的能量可以长时间保留。

2-3. 与一般的锂离子可充电电池的对比

2-3-1. 快速充放电性能

相比一般的锂离子可充电电池，小型锂离子可充电电池具有卓越的快速充放电特性。一般的锂离子二次电池可在约1小时内完成充电，但本产品可在最大20C（1小时内充电所需电流值的20倍，例如φ3×7L0.35mAh规格的情况下，1C ＝ 0.35mA，20C ＝ 7mA）的条件下进行充电和放电。φ3×7L规格的各C倍率下的充电时间和充电率的关系如图2-3所示。当使用最大保证充电电流值的20C进行充电时，其可在3分钟内充满约全部容量的80%。

由于该电池可以在短时间内快速充电，当电池没电或者忘记充电时，只需充电一小段时间，便可以开始使用。

※下记数值并非保证值

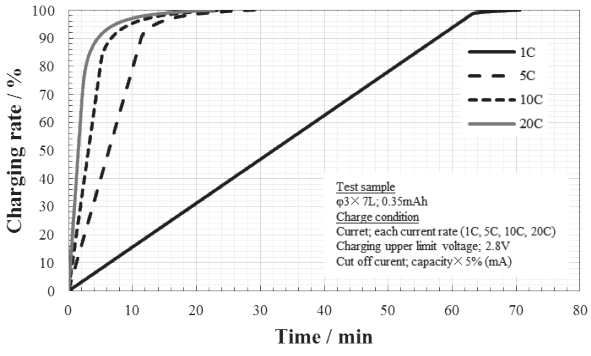

图2-3　各种充电电流倍率下φ3×7L的
充电时间和充电率的关系

图2-4表示各C倍率下φ3×7L规格的放电时间和剩余电量的关系。当使用相当于最大保证放电电流值20C进行放电时，电池可在约3分钟内完全放电。该产品尺寸虽小却能支持大电流放电的特性，使其非常适用于需要高功率的设备。

※下记数值并非保证值

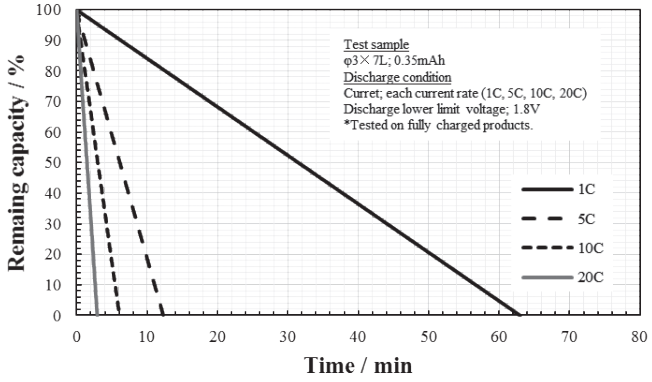

图2-4　各种放电电流倍率下φ3×7L的放电时间和剩余电量的关系

2-3-2. 低温特性

小型锂离子可充电电池具有卓越的低温特性。一般的锂离子可充电电池在远低于0℃的环境下进行充电时，负极（石墨）上锂离子不易被吸留，并容易以锂金属的形式析出。析出的锂金属会成长为枝晶状，并会穿透分隔正极和负极的电解纸，这就会导致电池内部短路。当电池发生内部短路时，短路部位会因为极大电流的通过而发热，随即会发生一连串放热反应，例如负极和电解液之间的反应、电解液本身的分解反应、正极和电解液之间的反应，以及因短路时发生的火花和正极的晶体结构崩溃而释放出的氧气引起的氧气燃烧反应等，最终导致热失控和起火。不过，正如在“1-2. 小型锂离子可充电电池的材料”所述，尼吉康的产品采用钛酸锂作为负极，因此即使在极低的温度环境（-30℃）下，电池也可以照常充电和放电。

图2-5为各种环境温度下利用相当于1C的电流值对φ3×7L进行充电时的充电曲线图，图2-6为相同条件下的放电曲线图。因为低温环境下设备内的电解液或者电极和电解液之间的反应电阻会增加，所以在开始充电（放电）时电压的上升（下降）会变大，而容量会减小。实际上，-30℃环境下的充电容量约为常温（25℃）环境下的52%，放电容量约为常温环境下的46%。由于一般的锂离子二次电池比本产品的电阻更大，因此在极低的温度环境下，一般的锂离子电池可能会达到过充电/过放电电压，从而导致热失控、爆裂和起火，这也就是为什么一般电池组内部会放置热敏电阻来控制电池的温度，使其在低温下不工作。但小型锂离子可充电电池即使在寒冷地区也能像通常一样安全使用。

※下记数值并非保证值

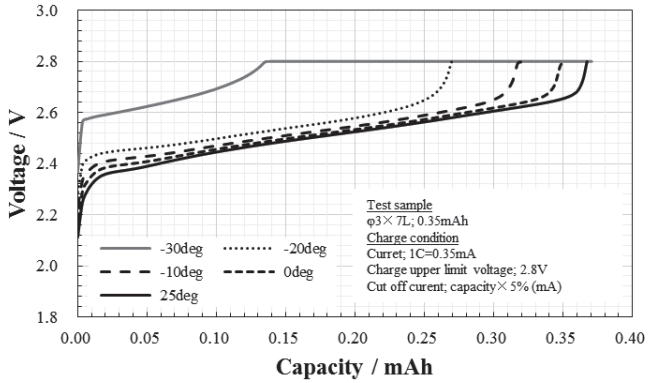

图2-5　各种环境温度下φ3×7L的1C电流值的充电曲线

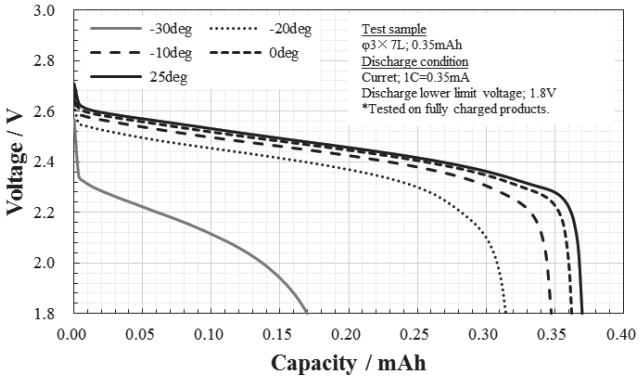

图2-6　各种环境温度下φ3×7L的1C电流值的放电曲线

2-3-3. 过充电耐性

相比一般的锂离子可充电电池，小型锂离子可充电电池具有很强的过充电耐性。2.8V是最大限度地发挥本产品特性的额定上限电压，但即使在超过2.8V的电压下进行反复充放电的充放电循环试验，该产品的容量也不会急剧恶化。图2-7表示了用10C的电流对φ3×7L反复进行3.3V到1.8V的充放电循环试验时，循环次数和1C放电容量的维持率之间的关系。即使用3.3V的电压进行1,500次过充电循环，电池容量仍维持在初始容量的98%左右。

由此可得出结论，即使在无法维持正常充电电压的情况下，本产品的特性也不会突然恶化。

※下记数值并非保证值

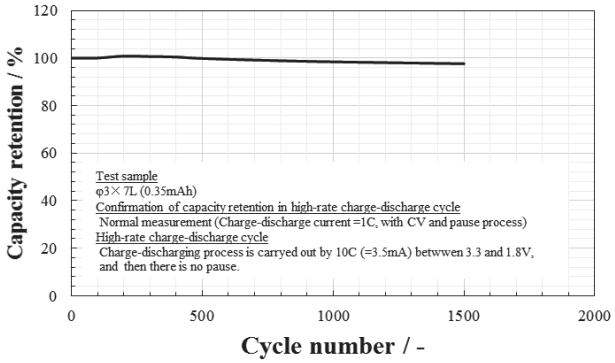

图2-7　充电电压达到3.3V时对φ3×7L进行充放电循环的循环次数与容量维持率的关系

2-3-4. 过放电耐性

相比一般的锂离子可充电电池，小型锂离子可充电电池具有很强的过放电耐性。1.8V是最大限度地发挥本产品特性的额定下限电压，但即使在0V的短路状态下长时间放置或者进行完全放电至0V的循环试验，本产品也能再次进行充放电。

例如，将本产品当作使用清洁能源的环境传感器并且使用太阳能发电时，如果长时间不充电，由于电力被集成电路(IC)消耗，可能会将其完全放电至0V。图2-8表示φ3×7L规格与电阻(15Ω)连接后，在各种环境温度下保存时，经过的时间和再次充电时的放电容量的变化。可以看出，即使在完全放电状态下保存约1,000小时，在各温度环境下也未观察到容量下降。

※下记数值并非保证值

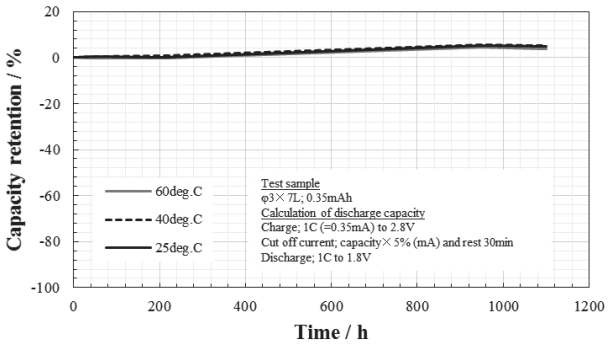

图2-8　各种环境温度下以完全放电状态保存时放电容量的变化率

此外，图2-9表示在各种环境温度下，在2.8V至0V的电压范围内对φ3×7L进行充放电循环时放电容量的变化率。从完全放电状态下的保存试验的结果也能看出，容量的下降变得明显，但经过1,800次循环后，在60℃环境下容量约减少30%，在40℃环境下容量约减少22%，这说明本产品即使多次进行完全放电后再充电也可立即工作而不会发生故障。

※下记数值并非保证值

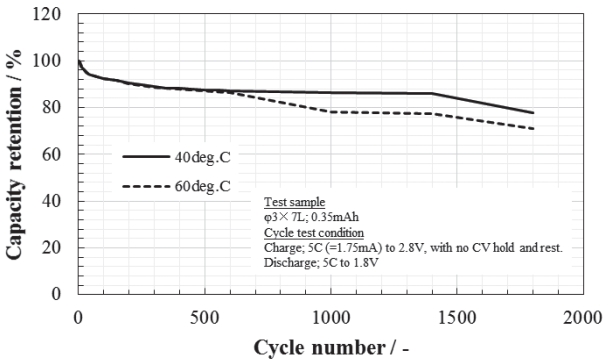

图2-9　各种环境温度下进行完全放电至0V的循环试验时放电容量的变化率