

研究論文

リチウムイオン二次電池用 Ni リッチ LiMO_2 正極材料中空粒子
の調製とその出力特性およびサイクル特性

随 大漢*, 田端琉童*, 福西美香*, †松本 太*

Novel Hollow-Structured Ni-Rich LiMO_2 Cathode Particles for Lithium-Ion
Batteries: Enhanced Rate Capability and Cycle Performance

by

Dahan SUI*, Ryudo TABATA*, Mika FUKUNISHI* and Futoshi MATSUMOTO*†

(Received Feb. 16, 2026; Accepted Mar. 13, 2026)

Abstract

Ni-rich layered oxide cathodes suffer from poor rate-capability when fabricated into high-density electrodes due to limited ionic and electronic transport pathways. In this study, hollow-structured $\text{LiNi}_{0.6}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ (NMC631) particles were synthesized using a polymer-bead template method to improve electrochemical performance under high active material density conditions. The hollow architecture was designed to promote particle–particle contact for electronic conduction while facilitating electrolyte penetration and Li^+ transport within the particle interior. Cathodes prepared with hollow NMC631 particles exhibited significantly improved rate capability compared with non-hollow counterparts at high electrode densities. At an active material density of 2.58 g/cm^3 , hollow particles with a $5 \mu\text{m}$ inner diameter retained over 30% of their 0.1 C discharge capacity at 5 C, whereas non-hollow particles showed nearly no capacity under the same conditions. However, the hollow structure led to reduced cycling stability, likely due to the increased electrode–electrolyte interfacial area. Surface coating with a thin NMC111 layer effectively mitigated this degradation and improved cycle retention. These results demonstrate that hollow structuring of Ni-rich NMC cathode particles is an effective strategy for enhancing rate performance in high-density electrodes while maintaining acceptable cycling stability through surface stabilization.

Keywords: Hollow particle, Rate performance, NMC631, NMC811, Charge/discharge cycle, Lithium-ion battery

1. 緒言

リチウムイオン二次電池 (LIB) は、モバイル電源として利用されることで私たちの生活を大きく変えてきた¹⁾。現在でも、より高いエネルギー密度と出力密度を実現するた

めの研究開発が世界中で行われている。特に、高いエネルギー密度と出力密度の両方の特性を有する材料の研究開発が盛んに行われている²⁾。LIBにおいて、高いエネルギー密度と出力密度を同時に実現することは困難であると考えられている³⁾。困難である理由を図示すると Fig. 1(A)および(B)のようになる。活物質層内の Li^+ イオンと電子の動きを考えると、 Li^+ イオンが活物質粒子表面にアクセスしやすくするためには、活物質層内の粒子間隔を広げる必要がある。この場合、電子伝導距離が長くなり、充放電に利用できる電流の大きさは電子伝導の遅さの影響を受けてしまう (Fig. 1(A))。逆に、粒子間隔を狭めて電子伝導距離を短くし、粒

令和8年2月16日受付

* 神奈川大学化学生命学部応用化学科: 神奈川県横浜市神奈川区六角橋3-27-1
TEL 045-481-5661 ext. 3885
fmatsumoto@kanagawa-u.ac.jp
Department of Applied Chemistry, Kanagawa University, 3-27-1, Rokkakubashi, Kanagawa-ku, Yokohama, Kanagawa 221-8686, Japan

†:連絡先/Corresponding author