

BK DONGYEONG TECH 品質管理部門 | TNOシリーズ セルライン (21700・18650・パウチ)

品質管理 (QC) 工程フローチャート

6段階QCゲート・ゾーン管理ポイント・SPC統計的工程管理・15年トレーサビリティ・NCR DIRCP

発行日	改訂	発行元
2026年7月19日	REV 1.2 (補足版)	BK Dongyeong Tech 品質管理部門

目次・概要

Part 1～5（オリジナル40スライド）＋ REV 1.2 補足14スライド ＝ 合計44スライド

区分	内容
PART 1 工程とゲート構造	QCマスターフロー・3大原則・Zone 01～04 ゲート詳細・インライン/オフライン・15台QC設備マスター
PART 2 3大管理ポイントとSPC	CP1 塗工厚み・CP2 電解液含浸・CP3 化成SEI・SPC（Cpk $\geq$ 1.67 / Western Electric Rules）・トレーサビリティ（15年・3秒照会）
PART 3 リードタイム・CAPA・NCR	116h vs 240h・含浸 72h→20h・CAPA 1.2×ルール（2027年目標 1.5×）・NCR 5段階DIRCPプロセス
PART 4 運営・管理	監査・レビュー・教育・力量管理・安全とQCの統合・ITインフラ（MES / SPCダッシュボード / 三重バックアップ）
PART 5 分析・ロードマップ	ガントチャート・ボトルネックシミュレーション・サマリー（5大KPI）・ロードマップ・承認・配布
NEW REV 1.2 補足	実写真＋判定基準 14スライド（Gate 1～2：5枚・Gate 3：3枚・Gate 4：2枚・Gate 5：3枚・Gate 6：1枚） 左：実写 / 右：規格・判定カラー・治工具（Tooling）

REV 1.2 補足スライド挿入位置インデックス

ゲート	挿入位置	補足内容
Gate 1 IQC	P.12直後	R01 SEMによる微細構造検査
Gate 2 電極	R01直後	R02 β 線・R03 AOI・R04 バリ・R05 剥離（ピール）
Gate 3 組立	P.18直後	R06 X線CT・R07 Heリーク・R08 タブ溶接
Gate 4 活性化	P.22直後	R09 dV/dt・R10 SEI（CP3）
Gate 5 FQC	R10直後	R11 3Dスキャン・R12 X線CT・R13 破壊分析
Gate 6 OQC	R13直後	R14 信頼性試験設備群（RE-01～05）

本文書の原則：① オリジナルREV 1.2 — 全規格／用語／ゲート構造を保存 ② 補強用14スライドは各ゲート直後に挿入
③ 実写真＋判定カラー（Green/Amber/Red）＋治工具

QC工程フロー&管理項目 | TNOシリーズ セルライン (21700)

文書番号：QC-TNO-21700-260703 | 制定：2026-07-03 | 改訂：2026-07-19 (REV 1.2) | 発行：BK Dongyeong Tech 品質管理部
セル仕様：21.05 × 70.12 mm (±0.5mm) ・ 68.2g ±1g ・ 公称容量 4.8Ah (±1%)

工程／ゲート	検査項目	検査方法・基準
購買・P/O	原材料発注 (NCM・黒鉛・電解液・セパレータ) — 21700専用	—
GATE 1・IQC 受入検査 NG時：NCR／返品	・ NCM正極材・黒鉛負極材 ・ 電解液・セパレータ・Al/Cu箔	XRD・EDS・ICP・BET・KF (カールフィッシャー水分)
GATE 2・Zone 01 電極 塗工・プレス・スリッティング グ・ノッチング NG時：NCR・CAPA	工程検査 (インライン)：β線・AOI・剥離 正極 85±2μm・負極 95±2μm	・ 塗工厚み (β線) ±2% ・ 正極 85±2μm (密度 3.5±0.1 g/cc) ・ 負極 95±2μm (密度 1.65±0.05 g/cc) ・ AOI欠陥 ≥20μm 検出・剥離強度 ≥15 N/m ・ スリッティングバリ ≤15μm ・ CP1 塗工厚み Cpk ≥1.82
GATE 3・Zone 02 組立 巻回・タブ溶接・封止・注液 ・含浸20h NG時：NCR・CAPA	工程検査 (インライン)：Heリーク・EIS・アライメント	・ 巻回アライメント ±0.2mm ・ タブ溶接抵抗 ≤0.5 mΩ・溶接強度 ≥50 N ・ Heリーク <1×10 ⁻⁸ mbar・L/s ・ 電解液含浸 20h (従来72hから短縮) ・ CP2 含浸真空度 <10 mbar・EIS Z <0.5 mΩ
GATE 4・Zone 03 活性化 化成3ステップ・エージング ・SEI 20nm NG時：再検査／グレードダウン	化成・最終	・ 化成 0.05C 5h → 0.5C 3h → 1C 3サイクル ・ OCV 128chリアルタイム監視 ・ 均一SEI 20±3nm (CP3) ・ エージング 25±2°C・45±5% RH ・ 自己放電 <1%/月
GATE 5・FQC	3D寸法 ±0.5mm・重量 68.2±1g・X線CT	・ セル寸法 21.05×70.12 mm (±0.5mm) ・ 重量 68.2g ±1g・公称 4.8Ah (±1%) ・ X線CT 内部気泡率検査
GATE 6・OQC 出荷検査 NG時：出荷保留・DIRCP	振動・衝撃・熱暴走・2,000サイクル寿命	・ 振動 7~200Hz 3h・衝撃 150g 6ms ・ 熱衝撃 -40~+85°C 200サイクル ・ 寿命 2,000サイクル SOH ≥80%
出荷	全ゲート合格 (YES) 時のみ出荷	

ゲート別検査方法 (21700セルライン)

▶ GATE 1・IQC受入検査方法

- ・ LOT毎に100% CoA (成績書) 照合+サンプル精密分析
- ・ XRD結晶性・EDS組成・ICP純度・BET比表面積・KF水分
- ・ NG時はReject／NCR発行。SPL (標準サンプル) は検査室に常備

▶ GATE 2・Zone 01 電極 (塗工・プレス・スリッティング)

- ・ 検査SOPに基づく品目別検証・β線厚みリアルタイム100ms SPC
- ・ 21700塗工：正極 85±2μm (密度3.5±0.1)・負極 95±2μm (密度1.65±0.05)
- ・ 承認／量産サンプルをLOT単位で管理・標準サンプル常時適用
- ・ CP1 塗工厚み／密度 Cpk ≥ 1.67・Western Electric Rules (4) 適用
- ・ **GREEN ±2% / AMBER ±3% / RED = 即時ライン停止**

▶ GATE 3・Zone 02 組立 (巻回・溶接・封止・含浸)

- ・ 承認／量産サンプル保管 (LOT毎に量産承認限度見本書に添付)

- ・ Heリーク100%インライン・タブ溶接抵抗／強度SPC管理
- ・ CP2 電解液含浸：真空／加圧プロファイルにより72h→20hに短縮
- ・ 真空 <10 mbar 維持・EIS Z <0.5 mΩ 確認後のみ次工程へ搬送
- ・ NG履歴管理・4M変更履歴追跡（SOP改訂は7日以内）

▶ GATE 4～6・活性化／FQC／OQC 方法

- ・ 化成3ステップ（0.05C 5h → 0.5C 3h → 1C 3サイクル）・OCV 128chリアルタイム
- ・ 均一SEI 20±3nm（CP3）・エージング 25±2℃・45±5% RH
- ・ 自己放電 <1%/月・FQC：3D寸法／重量／X線CT内部検査
- ・ OQC：振動 7～200Hz 3h・衝撃 150g 6ms・熱衝撃 -40～+85℃ 200サイクル
- ・ サイクル寿命 2,000サイクル SOH ≥80%・熱暴走・NCR 5段階DIRCPプロセス
- ・ 検知(1分) → 隔離(2分) → 報告(5分) → 是正措置(30分) → 予防(7日)

SPCリアルタイム100ms・Cpk ≥ 1.67 | トレーサビリティ15年・三重バックアップ・3秒照会 | リードタイム
240h → **116h**（含浸 72h→20h） | NCR DIRCP 5段階 | 21700 CELL LINE・REV 1.2・2026.07.19

QC工程フロー&管理項目 | TNOシリーズ セルライン (18650)

文書番号：QC-TNO-18650-260703 | 制定：2026-07-03 | 改訂：2026-07-19 (REV 1.2)
セル仕様：18.20 × 65.10 mm (±0.5mm) ・ 46.5g ±1g ・ 公称容量 3.0Ah (±1%)

工程フローおよびゲート構造は21700ラインと同一。18650固有の規格は以下の通り。

項目	18650 規格
塗工厚み	正極 80±2μm (密度 3.5±0.1 g/cc) ・ 負極 90±2μm (密度 1.65±0.05 g/cc) ・ β線偏差 ±2%
電極検査	AOI欠陥 ≥20μm 検出 ・ 剥離強度 ≥15 N/m ・ バリ ≤15μm ・ CP1 Cpk ≥1.82
組立検査	巻回アライメント ±0.2mm ・ タブ溶接抵抗 ≤0.5 mΩ ・ 溶接強度 ≥50 N ・ Heリーク <1×10 ⁻⁸ mbar・L/s ・ 含浸20h (CP2：真空 <10 mbar ・ EIS Z <0.5 mΩ)
化成・最終	セル寸法 18.20×65.10 mm (±0.5mm) ・ 重量 46.5g ±1g ・ 公称 3.0Ah (±1%) ・ 化成 0.05C 5h → 0.5C 3h → 1C 3サイクル ・ OCV 128ch ・ SEI 20±3nm ・ エージング 25±2℃ ・ 45±5% RH ・ 自己放電 <1%/月
FQC／OQC	3D寸法 ±0.5mm ・ 重量 ±1g ・ X線CT内部気泡率 ・ 振動 7～200Hz 3h ・ 衝撃 150g 6ms ・ 熱衝撃 -40～+85℃ 200サイクル ・ 寿命 2,000サイクル SOH ≥80%

QC工程フロー&管理項目 | TNOシリーズ セルライン (21700 ・ 18650 ・ パウチ)

文書番号：QC-TNO-260703 | 制定：2026-07-03 | 改訂：2026-07-19 (REV 1.2)

統合版（パウチ84Whセルライン含む）。ゲート構造・検査方法は共通で、IQC～OQCの6ゲート、NG時の分岐（NCR／返品 → NCR・CAPA → 再検査／グレードダウン → 出荷保留・DIRCP）も共通。パウチラインではGATE 1のIQC検査（LOT毎100% CoA照合＋サンプル精密分析、XRD・EDS・ICP・BET・KF）、GATE 2の電極インライン検査、GATE 3の含浸72h→20h短縮、GATE 4～6の化成・FQC・OQC方法を同一基準で適用する。FQCでは箱単位でサンプル保管、OQC信頼性（振動・衝撃・-40～+85℃サイクル・熱暴走・2,000サイクル寿命）、巡回時の外観検査、NG時のNCR 5段階DIRCP適用。

QCマスターフロー — 6段階ゲート

Zone 01 電極 → Zone 02 組立 → Zone 03 活性化 → Zone 04 検査・梱包 | 全6ゲート 100%インライン管理

ゲート	名称／ゾーン	主要検査項目	備考
GATE 1	IQC（原材料受入検査） Zone 01	NCM正極材・黒鉛負極材・電解液・セパレータ・Al/Cu集電体	5項目：XRD・EDS・ICP・BET・KF
GATE 2	電極（インライン検査） Zone 01	β線厚み ±2%・AOI欠陥 20μm・バリ ≤15μm・剥離 ≥15 N/m	インライン100%・Cpk ≥ 1.67
GATE 3	組立（巻回・組立・封止検査） Zone 02	巻回アライメント ±0.2mm・タブ溶接抵抗 ≤0.5mΩ・強度 ≥50N・X線CT偏心・Heリーク <1×10 ⁻⁸ ・電解液含浸 20h	主管理点：含浸 72h→20h（BK短縮） サンプリング0.5～1%・破壊0.1%
GATE 4	活性化（化成） Zone 03	化成3ステップ・OCV 128ch監視・dV/dtスパイク遮断・SEI層20nm均一性・自己放電 <1%/月・温度 <45℃	主管理点：CP3 SEI形成（0.05C 5h → 0.5C 3h → 1C 3サイクル）・エージング3日・チャンネル温度 >50℃で消火システム連動
GATE 5	FQC（最終品質検査） Zone 04	3D寸法 ±0.5mm・重量 ±1g・X線CT 0.5%・破壊分析 0.1%	21700セル：21.05×70.12mm
GATE 6	OQC（出荷・信頼性） Zone 04	振動・衝撃・-40～+85℃ 200サイクル・熱暴走・サイクル寿命	信頼性：30セル／LOT

- ① 100%インライン — 全工程リアルタイム監視：β線・AOI・IR・OCVを全数リアルタイム取得・SPC自動判定・逸脱時は即時ライン停止
- ② 3σ管理限界 — Cpk ≥ 1.67：Western Electric Rules（4）・UCL/LCL逸脱時ライン停止・主管理点 CP1/CP2/CP3
- ③ トレーサビリティ15年 — セルバーコード・3秒照会：セル毎に200パラメータを15年保存・LOT／設備／作業者を3秒以内に照会

QC 3大基本原則

TNOセルラインは全ゲートに例外なく以下の3原則を適用。違反トリガーが発生した場合はライン停止しCAPAを発行する。

01・100%インライン検査	02・3σ管理限界・Cpk	03・履歴追跡 15年保存
- 電極β線厚み100%検査 - 塗工表面AOI 100%スキャン - 組立X線CT 100%撮像 - 化成OCV 128chリアルタイム - IR抵抗 全セル100%検査 - 最終3D寸法・重量 全セル100%検査	- UCL/LCL=μ±3σ 自動設定 - 工程Cpk ≥ 1.67 基準 - Western Electric Rules（4）適用 - 管理図逸脱の自動判定 - 主管理点 CP1・CP2・CP3 - 月次Cpkレビュー → 再設定	- セル毎バーコード発行 - セル毎200パラメータ保存 - MES／SPCダッシュボード リアルタイム 3秒以内の遡及照会 - LOT／設備／作業者／時刻追跡 15年保存（三重バックアップ）
逸脱時の自動措置：SPC逸脱 → ライン停止・NCR発行（5分以内）	Cpk判定基準：≥1.67 GREEN・1.33 AMBER・<1.33 RED（即時改善）	事故発生時：同一LOTを即時隔離・リコール範囲を自動算出

IQC 原材料受入検査 詳細

5項目：XRD・EDS・ICP-MS・BET・カールフィッシャー（KF）水分 | 全項目合格時にLOT受入

TNOセル 5大原材料

原材料	受入規格
① NCM正極材	D50 10±2μm・純度 ≥99.5%・残留Li ₂ CO ₃ <0.3%
② 黒鉛負極材	D50 15±2μm・BET 1.5±0.3 m ² /g・真密度 ≥2.2 g/cc
③ 電解液	水分 <20 ppm・HF <50 ppm・純度 ≥99.9%
④ セパレータ	厚み 16±1μm・空孔率 40±3%・引張強度 ≥1,500 kgf/cm ²
⑤ Al/Cu箔	Al 15μm・Cu 8μm・表面粗さ Ra ≤0.3μm

5項目検査：XRD・EDS・ICP-MS・BET・KF

検査項目	チェックポイント	規格	設備
XRD（X線回折）	結晶構造／相分析・NCM層状構造の確認	ピーク(003) I/I ₀ ≥95%・カチオンミキシング <3%	XRD回折装置
EDS（エネルギー分散型）	元素定性／定量・Ni・Co・Mn比率	Ni:Co:Mn=8:1:1 ±0.5%・異物 <100 ppm	FE-SEM+EDS
ICP-MS（質量分析）	微量金属 Fe・Cr・Cu・Zn・Na	Fe <10 ppm・Cr <5 ppm・Cu <5 ppm・Na <20 ppm	ICP-MS分光計
BET（比表面積）	比表面積・細孔分布・N ₂ 吸脱着等温線	正極 0.3±0.1 m ² /g・負極 1.5±0.3 m ² /g	BET表面積分析装置
KF（微量水分計）	水分含有量・電量滴定	正極 <300 ppm・電解液 <20 ppm	カールフィッシャー滴定装置

✓ サンプルング：LOT毎3点抜取検査・5項目全合格時にLOT受入・1項目でも不合格の場合は全LOT返品（SAP MM連携で自動返品）

電極インライン検査 詳細

スロットダイ塗工 → β線厚み・AOI欠陥・バリ・剥離接着 — 4項目100%インライン

CHECK	項目・方法	判定基準	設備／Cpk
01 β線厚み測定 （CP1・中核ポイント）	β線透過 → リアルタイム厚み／密度測定（スロットダイ後）・分解能1μm・塗工機#1～#3対応・SPC 100%リアルタイム	GREEN：偏差 ±2%以内 AMBER：±3%以内（警告） RED：>±3% ライン停止	IE-01 β線ゲージ Cpk 1.82 （2026上期・目標≥1.67）
02 AOIビジョン欠陥検査 （100%スキャン）	検出：①スクラッチ ②ピンホール ③気泡 ④異物・検出限界：分解能20μm・欠陥検出時はAI画像分類 → 自動NCR・LOT隔離タグ	スクラッチ／気泡／ピンホールは即時隔離	IE-03 AOIビジョン 対応設備： #4・#5・#10・#27

03 バリ検査 (スリッティング 後エッジ)	光学顕微鏡×200 (エッジ5点測定)・リスク：セパ レータ貫通 → 短絡	GREEN ≤15μm・AMBER 15~20μm・RED >20μm 警報	光学顕微鏡×200 Cpk 1.75 (2026上期)
04 剥離接着検査 (90°ピール試 験)	バッチ毎3点抜取・ロードセル引張試験	GREEN ≥15 N/m・AMBER 12~15 N/m・RED <12 N/m 不合格	IE-04 ピールテスター Cpk 1.71 (2026上期)

組立検査 詳細

巻回アライメント ・ タブ溶接 ・ セル封止 ・ 電解液含浸（CP2） ・ 複数の主管理点

工程順序：巻回 → タブ溶接 → 封止 → 含浸

- ① 巻回：アライメント精度 $\pm 0.2\text{mm max}$ ・ 同心巻回偏心 $\pm 0.15\text{mm GREEN}$
- ② タブ溶接：抵抗 $\leq 0.5\text{ m}\Omega$ ・ 強度 $\geq 50\text{ N}$ ・ 超音波＋レーザーのデュアル溶接
- ③ 封止：Heリーク $< 1 \times 10^{-8}\text{ mbar}\cdot\text{L/s GREEN}$ ・ $> 5 \times 10^{-8}\text{ RED}$ スクラップ
- ④ 電解液含浸（CP2）：真空 → 大気圧サイクル6回 ・ BK含浸：通常72h → 20hに短縮

主管理点 CP2 含浸：真空度 $< 10\text{ mbar}$ ・ 大気圧サイクル3回以上 ・ EISインピーダンス $< 0.5\text{ m}\Omega$ で含浸確認 ・ 未含浸セルは化成工程への投入を遮断

GATE 3 検査マトリックス

検査項目	規格 ・ GREEN	AMBER	RED（ライン停止）	設備
巻回アライメント（X線CT撮影 ・ 同心巻回偏心）	$\pm 0.15\text{mm}$ 以内	$\pm 0.2\text{mm max}$	$\pm 0.2\text{mm}$ 超 Reject	IE-09 X線CT
タブ溶接抵抗（4探針抵抗＋引張強度）	$\leq 0.5\text{m}\Omega$ ・ $\geq 50\text{N}$	$0.5 \sim 0.7\text{m}\Omega$	$> 0.7\text{m}\Omega$ コールドウェルド	IE-05 抵抗計
He検査（質量分析式 ・ 真空チャンバー）	$< 1 \times 10^{-8}\text{ mbar}\cdot\text{L/s}$	$1 \sim 5 \times 10^{-8}$	$> 5 \times 10^{-8}$ スクラップ	IE-06 Heリーク
電解液含浸率（EISインピーダンス ・ 重量法）	$Z < 0.5\text{m}\Omega$ ・ Δm 正常	$0.5 \sim 1.0\text{m}\Omega$	$> 1.0\text{m}\Omega$ 再含浸	IE-08 EIS

✓ 4項目全合格でエージングゾーンへ搬送 ・ 不合格時はリワーク待機

活性化 ・ 化成 詳細（CP3）

化成3ステップ → SEI層形成 → エージング → OCV／IR監視 | CP3＝SEI安定性の確保

CP3 ・ 化成3ステッププロファイル：低 → 中 → 高電流の順次充電によるSEI層の均一形成

ステップ	条件	目的
STEP 1 ・ プリチャージ	$0.05\text{C} \times 5\text{h}$	低電流で初期SEI形成 ・ 20nm 均一目標（初期 $\sim 5\text{nm}$ ）
STEP 2 ・ 化成	$0.5\text{C} \times 3\text{h}$	中電流 ・ Liインターカレーション ・ dV/dt スパイク監視
STEP 3 ・ フルサイクル	$1\text{C} \times 3$ サイクル	緩速充放電3サイクル ・ SEI安定化 ・ 自己放電 $< 1\%$ ／月確認

リアルタイム監視システム：OCV 128ch ・ IRインピーダンス ・ 温度

監視項目	設備	正常判定／安全しきい値
OCVメーター	IE-07 ・ 128チャンネル（セル毎並列リアルタイム取得）	OCV $\Delta 3.2\text{mV}$ ・ 滑らかな上昇曲線
IRインピーダンス	IE-08 ・ 1kHz AC （SEI厚みの間接指標）	$\text{IR} \leq 25\text{ m}\Omega$ ・ 偏差 $\pm 5\%$ 以内

温度	チャンネル温度監視（セル表面温度リアルタイム）	<45℃ 正常・>50℃ 消火連動・1秒以内にチャンネル遮断
----	-------------------------	--------------------------------

エージング・SEI安定化（3日間エージングルーム）

- ・条件：25±2℃・相対湿度45±5%　・期間：3日（72h）　・監視：OCV Δ<5 mV（72h基準）
- ・判定：自己放電<1%／月　・NG対応：NCR発行・LOT隔離

CP3判定基準：SEI厚み 20±3nm（SEMサンプル）・自己放電<1%／月（合格）・>3%／月の場合は破壊分析必須

FQC ・ 最終品質検査

3D寸法 ・ 重量 ・ X線CT内部欠陥 ・ 破壊分解 ・ 最終21700規格検証

CHECK	内容	基準 ・ 設備
01 ・ 100%インライン 3D寸法 ・ 精密重量	21700セル規格：21.05×70.12 mm（許容±0.5mm 合格） ・ 重量 68.2g ±1g（精密天秤0.1g分解能）	IE-02 自動寸法検査機 ・ IE-10 精密天秤 ✓ 全セル100%インライン検査 — 逸脱時はコンベア上で自動隔離
02 ・ 0.5%サンプリング X線CT内部欠陥	抜取率：500セルに1セル（0.5%ランダム） ・ 気泡率判定：<0.5% GREEN ・ >1.0% RED 破壊分析必須 検出項目：内部気泡 ・ 電極偏心 ・ セパレータ折れ ・ 未含浸部	IE-09 X線CT ・ 3D再構成 ・ AI欠陥認識
03 ・ 0.1%破壊 破壊分解分析	抜取率：1,000セルに1セル ・ 対象：ゼリーロール ・ 電極 ・ セパレータ ・ 電解液（GC-MS）	防爆分解治具 ・ 精密ノギス ・ 電解液 GC-MS分析セット ✓ 安全分解室で隔離実施 ・ 結果報告書 15年保管
04 ・ 性能特性 容量 ・ IR ・ 電圧	公称容量 4.8Ah（許容±1% GREEN） ・ 内部抵抗IR ≤25 mΩ（1kHz AC） ・ OCV 3.65V ±20mV（出荷基準SOC 30%）	グレーディング：A/B自動分類 ・ A級出荷 ・ B級は別LOT管理 ✓ 100%性能検査 ・ セルバーコード連携保存（15年）

OQC ・ 出荷 ・ 信頼性検査

振動 ・ 衝撃 ・ 温度サイクル ・ 熱暴走 ・ サイクル寿命：LOT毎30セル破壊試験

試験	条件	合格基準	設備
RE-01 振動試験	UN 38.3 T.3準拠 ・ 7～200 Hz ・ 3軸×3h ・ 30セル/LOT破壊 ・ 試験後IR再測定	IR変化 <5%	振動試験チャンバー
RE-02 衝撃試験	UN 38.3 T.4準拠 ・ 150g ・ 6ms ・ 3軸×3 ・ 落下1m（コンクリート） ・ 30セル/LOT	外観OK ・ 漏液なし	衝撃試験チャンバー
RE-03 温度サイクル試験	-40℃ ↔ +85℃ ・ 200サイクル ・ 昇降温5℃/min ・ チャンバー精度 ±1℃	容量維持率 ≥90%	恒温槽
RE-04 熱暴走試験	ARC ・ ホットボックス ・ 釘刺し ・ 130℃予熱 ・ 隣接セル伝播遅延監視 ・ 消火システム連動	モジュール伝播 <10分	熱暴走試験チャンバー
RE-05 サイクル寿命試験	1C/1C 常温 ・ 4.2V ↔ 2.5V ・ 2,000サイクル ・ 目標維持率 ≥80%	SOH ≥ 80%	サイクル寿命試験機

GATE 6 OQC出荷判定：5大信頼性試験すべて合格した場合にのみLOT出荷

・ LOT毎30セル破壊試験（サンプリングAQL 0.65） ・ 1項目でも逸脱時：全LOT保留 ・ NCR発動 ・ 次LOTは2倍強化サンプリング

・ 試験結果報告書15年保管（セルバーコード連携） ・ 出荷承認：QC責任者＋生産責任者のダブルサイン ・ 試験成績書は顧客要請により即時発行可能

インライン vs オフライン・サンプリングマトリックス

検査タイプ別カバレッジ：非破壊100% → 信頼性30セル/LOTまでの4層構造

Tier	比率	検査内容	特徴
Tier 1・インライン検査	100%	β線厚み・AOI欠陥・X線CTアライメント・OCV 128ch・IRインピーダンス・3D寸法・重量	非破壊・リアルタイムSPC・逸脱時即ライン停止
Tier 2・サンプリング検査	0.5~1%	剥離接着（バッチ毎3点）・バリ光学顕微鏡（5点）・X線CT内部欠陥・SEM表面観察・EISインピーダンス精密	非破壊・NG時はLOT/バッチ単位でサンプリング拡大
Tier 3・破壊試験	0.1%	セル分解試験（1,000セルに1セル）・ゼリーロール断面・電極SEM観察・電解液GC-MS・セパレータ損傷分析	破壊・安全室隔離・報告書15年保管
Tier 4・信頼性試験	30セル/LOT	振動（RE-01）・衝撃（RE-02）・温度サイクル（RE-03）・熱暴走（RE-04）・サイクル寿命（RE-05）	破壊・UN 38.3等準拠

全数カバレッジ原則：非破壊インライン100%・LOT単位サンプリング・破壊は安全室・信頼性30セル/LOT・4層統合履歴管理

15台 QC設備マスター

検査設備（IE-01~10）＋信頼性設備（RE-01~05）・計15台・ゾーン別配置

コード	設備	機能	ゾーン	サンプリング
IE-01	β線厚みゲージ	塗工厚みリアルタイム	Z01 電極	100%インライン
IE-02	自動寸法検査機	21700 3D寸法チェック	Z04 FQC	100%インライン
IE-03	AOIビジョン検査機	欠陥20μm分解能	Z01 電極	100%インライン
IE-04	ピール接着試験機	90°剥離接着	Z01 電極	3点抜取
IE-05	4探針抵抗システム	タブ溶接抵抗（mΩ）	Z02 組立	100%インライン
IE-06	リークディテクタ	封止漏れ検査	Z02 組立	100%インライン
IE-07	OCVメーター128ch	化成OCVリアルタイム監視	Z03 活性化	100%インライン
IE-08	IRインピーダンス試験機／EIS	内部抵抗・SEI厚み特性	Z03 活性化	100%インライン
IE-09	X線CT装置	巻回アライメント・内部欠陥	Z02・Z04	0.5%サンプリング
IE-10	精密天秤 0.1g	セル精密重量チェック	Z04 FQC	100%インライン
RE-01	振動チャンバー	振動・UN 38.3 T.3・30セル/LOT	信頼性ラボ	30セル/LOT・安全室隔離 UN 38.3・IEC 62133・GB/T等準拠
RE-02	衝撃チャンバー	衝撃・150g・6ms・UN 38.3 T.4	信頼性ラボ	
RE-03	温度サイクルチャンバー	-40℃↔+85℃・200サイクル	信頼性ラボ	
RE-04	熱暴走チャンバー	ARC・ホットボックス・釘刺し	信頼性ラボ	
RE-05	サイクル寿命試験機	サイクル計測・2,000サイクル	信頼性ラボ	

実写真＋判定基準 補足スライド（要約）

R01・GATE 1 IQC：SEMによる微細構造比較

FE-SEM ×5,000・EDS組成分析・球状NCM粒子の精密均一性検査。

合格（GREEN）	不良（RED）
・球状粒子の均一性・凝集なし ・D50 10±2μm・純度 ≥99.5% ・表面欠陥・クラックなし	・凝集・粒子クラック ・形状不均一・汚染 ・全LOT返品

設備：FE-SEM（×5,000）・EDS成分分析 | 治工具：SEM試料ホルダー・Auコーティングスパッタ・カーボンペイント・真空チャンバー
| LOT最終承認基準：5項目（XRD・EDS・ICP-MS・BET・KF）全合格でLOT受入

R02・GATE 2：インラインβ線厚み測定（実機）

スロットダイ塗工機後段のβ線センサーヘッド・IE-01・100%リアルタイム塗工厚み・CP1管理点。3ゾーン厚み偏差判定：

GREEN・正常 ：許容±2%以内 — ライン正常稼働・SPC自動取得
AMBER・警告 ：許容±3%以内 — 警報・作業者確認
RED・ライン停止 ：許容±3%超 — 即時ライン停止・NCR発行

治工具：β線校正標準試料・スロットダイギャップ調整治具・厚みマスターゲージセット | CP1：塗工厚み／密度 Cpk ≥1.67・SPC UCL/LCL μ±3σ自動監視

R03・GATE 2：AOI 4分類欠陥判定基準

4象限：良品OK／スクラッチNG／ピンホールNG／気泡NG・AOIビジョン（IE-03）・100%検査・分解能20μm・即時隔離。

- ・判定原則：スクラッチなし・気泡なし・ピンホールなし。欠陥1つでも検出時は隔離コンベアへ即時排出。
- ・自動NCR・AI画像分類保存 | 対応設備 #4・#5・#10・#27
- ・RED判定時：NCR発行・LOT隔離タグ・CAPAフォローアップ

R04・GATE 2：顕微鏡によるバリ検査比較

光学顕微鏡×200・スリッティング後エッジ検査・セパレータ貫通 → 短絡リスク。エッジ5点平均・3ゾーン判定。

良品例	不良例	3ゾーン判定
バリ 8.2μm（GREEN・≤15μm 正常） 均一なエッジ・セパレータ安全	バリ 24.5μm（RED・>20μm 警報） セパレータ貫通危険・短絡誘発	GREEN ≤15μm・AMBER 15～20μm・RED >20μm Cpk 1.75 （2026上期・目標1.67以上維持）・バッチ毎5点抜取・平均チェック

R05・GATE 2：ピール接着試験（実機）

90°ピール試験・バッチ毎3サンプル（始・中・終）・ロードセル引張・IE-04。3点平均を算出しSPCチャートへ自動更新。

GREEN・良好	AMBER・警告	RED・不合格
≥15 N/m — 塗膜と集電体の接着正常	12～15 N/m — サンプル強化・バインダー確認	<12 N/m — LOT廃棄・NCR発行

治工具：ピール試験固定治具・ロードセル校正分銅 | Cpk 1.71（目標≥1.67・2026上期）・CP1（塗工厚み／密度）と連動

R06・GATE 3：X線CTゼリーロールアライメント

同心巻回偏心・アライメント±0.2mm max・IE-09 X線CT・100%インライン。

良品 (GREEN)	不良 (RED)
偏心 ±0.15mm — 同心巻回均一・Liインターカレーション均一・次工程搬送承認	偏心 ±0.45mm — Reject・セル廃棄・NCR発動・巻回治具・スライド圧力の見直し

3ゾーン判定：GREEN ≤±0.15mm・AMBER ±0.15～0.2mm・RED >±0.2mm | 偏心不良時のリスク：電流不均一→局所発熱・寿命低下・長期使用時の熱暴走リスク増大

R07・GATE 3：Heリークディテクタ（実機と基準）

真空チャンバー・質量分析式リークディテクタ・IE-06・最終封止健全性。チャンバー真空後にHe注入→セル内部拡散を検出・He⁺イオンカウントからリーク率算出。

GREEN・正常	AMBER・警告	RED・スクラップ
<1×10 ⁻⁸ mbar・L/s — 完全封止・次工程へ	1～5×10 ⁻⁸ — 再検査対象・サンプリング強化	>5×10 ⁻⁸ — セル廃棄・NCR発行

重要性：微小リーク→水分侵入→HF生成→セル劣化。初期の無欠陥確認＝セル寿命の決定要因

R08・GATE 3：SEMによるタブ溶接断面分析

4探針抵抗・引張強度・コールドウェルド判定・SEM×1,000断面。

良好溶接 (GREEN)	コールドウェルド (RED)
抵抗 0.32 mΩ・強度 62 N 規格：≤0.5 mΩ・≥50 N・超音波＋レーザーのデュアル溶接OK・均一な拡散接合、欠陥なし	抵抗 0.92 mΩ・強度 35 N 界面未融着（ギャップ・ボイド）→高抵抗・低強度・セル廃棄

コールドウェルド対応：同一LOT再検査・NCR DIRCP発行・超音波／レーザー出力の再チューニング・CAPAフォローアップ

R09・GATE 4：化成dV/dtプロファイル監視

OCV 128ch監視・dV/dtスパイク発生時1秒以内にチャンネル遮断・消火システム連動。

正常 (GREEN)	異常 (RED)
滑らかな上昇曲線・OCV 3.2mV以内・エージング合格	dV/dtスパイク・1秒以内チャンネル遮断・SEI欠陥疑い・破壊分析

安全しきい値：チャンネル温度 <45℃正常・>50℃消火システム連動 | NG時措置：チャンネル遮断<1秒・隣接チャンネル監視強化・SEI欠陥破壊分析

R10・GATE 4：SEMによるSEI層比較（中核CP3）

FE-SEM ×50,000・EISアナライザ・主管理点CP3・セル寿命と安全性を決定。

安定SEI (GREEN)	不安定SEI (RED)
均一20nm層・容量偏差 <1%・自己放電 <1%/月・Liインターカレーション均一	クラック・デンドライト・SEI割れ・Liプレーティング・自己放電 >3%/月・熱暴走リスク増大

CP3最重要管理点：均一20nm SEI形成＝セル寿命と安全性を決定・Cpk 1.79（目標≥1.67）

R11・GATE 5：3D寸法スキャン&精密重量測定

21700規格検証・IE-02自動寸法検査・IE-10精密天秤・100%インライン。3D寸法：21.05×70.12mm（許容±0.5mm・直径／高さ各3点平均）・重量：68.2g±1g（0.1g分解能・逸脱時コンベア自動隔離）。V-ブロック固定治具・3Dスキャン回転ステージ・セルバーコード連携→MES自動保存。Cpk：寸法1.84・重量1.86（目標≥1.67・2026上期）。

R12・GATE 5：X線CT内部欠陥（0.5%サンプリング）

最終内部健全性・IE-09 X線CT・500セルに1セルランダム・気泡／偏心検出。**気泡率<0.5% GREEN**（ゼリーロール同心・電解液均一浸透・LOT受入）／**気泡率1.8%・偏心はRED**（破壊分析必須・LOT保留・NCR発動）。検出項目：内部気泡率・電極偏心・セパレータ折れ・未含浸部・タブ接触不良。欠陥発見時：サンプリング5倍拡大→LOT保留・破壊分析結果に基づくCAPA承認後に出荷判定。

R13・GATE 5：破壊分解分析（0.1%サンプリング）

1,000セルに1セル分解・ゼリーロール・電極・セパレータ・電解液精密・安全室隔離。4分析項目：①ゼリーロール（巻回状態・偏心・層間接触）②電極SEM（塗工状態・SEI層・デンドライト観察）③セパレータ（細孔損傷・熱変形・収縮測定）④電解液GC-MS（分解生成物・HF・カーボネート分解検出）。防爆分解治具・精密ノギス・GC-MS。運用：防爆安全分解室で隔離実施・報告書15年保管（セルバーコード連携）。活用：SPC NGセルの根本原因分析・新製品検証・顧客報告書発行（要請時）。

R14・GATE 6：信頼性試験設備群（RE-01～05）

振動・衝撃・温度サイクル・熱暴走・サイクル寿命 — LOT毎30セル破壊試験。出荷判定：5大信頼性試験全合格でLOT出荷・1項目でも不合格時は全LOT保留+2倍サンプリング。

CP1・塗工厚み・密度管理

Zone 01電極の最重要管理点・β線100%インライン・SPC UCL/LCL $\mu \pm 3\sigma$ 自動監視

塗工厚みがセル容量を決定する理由

- 塗工厚み偏差 → セル容量に直接変動
- 厚み不均一 → 電流不均一 → 局所発熱
- 密度不均一 → Liインターカレーション不均一 → 寿命低下
- SEI安定性にも影響（CP3と連動）

管理規格	正極	負極
厚み／密度	85 ± 2 μm・密度 3.5±0.1 g/cc・偏差±2% GREEN	95 ± 2 μm・密度 1.65±0.05 g/cc・偏差±2% GREEN

Cpk 1.82 — 2026上期実績、目標≥1.67を超過達成・スロットダイ#1～#3・3chβ線並列監視

X-R管理図・Western Electric Rules（4）自動判定：R1 UCL/LCL外1点・R2 中心線片側9点連続・R3 6点連続増加／減少・R4 14点交互ジグザグ

CP2・電解液含浸管理

Zone 02組立のボトルネック・BKは通常72hを20hに短縮・EISインピーダンスで含浸を検証

含浸時間短縮：BK含浸 72h → 20h（72%短縮） 通常リチウムイオン（競合）：72h → BK Dongyeong Tech・TNO：20h

短縮成功要因：・真空 <10 mbar（通常100 mbarから引上げ）・真空→大気圧 6サイクル（通常3サイクル）・セパレータ濡れ性改善（親水コーティング）・低粘度電解液採用（2.5 mPa・s）・EISによるリアルタイム含浸検証（規格未達時は再含浸）

EISインピーダンス判定：Z（mΩ）＝含浸率指標

GREEN・含浸完了：Z < 0.5 mΩ — 正常ライン搬送・重量理論値比 ±0.02g正常

AMBER・一部未達：0.5～1.0 mΩ — 再含浸4h追加・真空再適用・セパレータ濡れ再確認

RED・含浸不良：Z > 1.0 mΩ — セルスクラップ・NCR発動・化成電圧遮断・破壊分析対象

使用設備：IE-08 EISアナライザ・IE-10精密天秤 | Cpk 1.68

CP3・化成SEI層安定性

Zone 03活性化の中核管理点・3ステップ化成プロファイルによる均一20nm層形成

ステップ	条件	内容
STEP 1・プリチャージ	0.05C・5h	低電流で初期SEI層形成・初期厚み均一性確保（～5nm）
STEP 2・化成	0.5C・3h	中電流Liインターカレーション・SEI厚み20nm到達・dV/dt監視

STEP 3・フルサイクル	1C・3サイクル	緩速充放電3サイクル・SEI安定化・自己放電<1%/月確認
---------------	----------	-------------------------------

エージング（3日）：25±2℃・相対湿度45±5%維持・OCV Δ <5mV（72h基準）必須・NG時は破壊分析（SEI欠陥タイプ分析）

✓ 安定SEI：均一20nm ✗ 不安定SEI：クラック・デンドライト	
層厚偏差 ±3nm・容量偏差 <1%・自己放電 <1%/月・OCV Δ 3.2mV	SEI層クラック発生・デンドライト成長リスク・自己放電 >3%/月・dV/dtスパイク

逸脱時措置：チャンネル温度 >50℃で1秒以内遮断・dV/dtスパイク該当セル隔離・消火システム自動連動・エージング再検証

CP1・CP2・CP3 統合表

CP	管理ポイント	ゾーン	規格	監視設備	Cpk実績	逸脱時
CP1	塗工厚み・密度 セル容量・電流分布を決定	Zone 01 電極 Gate 2	正極 85±2μm・3.5 g/cc 負極 95±2μm・1.65 g/cc 偏差±2% GREEN	IE-01 β線ゲージ 100%インライン	1.82	±3%超 → 即時ライン停止・NCR発行
CP2	電解液含浸 セル活性化の前提・ボトルネック工程	Zone 02 組立 Gate 3	含浸時間20h（通常72h） Z <0.5mΩ GREEN・Δ重量±0.02g	IE-08 EIS・IE-10天秤 サンプリング検査	1.68	Z >1.0 mΩ → セル廃棄・化成工程投入遮断
CP3	SEI層形成 セル寿命・安全性を決定・デンドライト防止	Zone 03 活性化 Gate 4	3ステッププロファイル 0.05C(5h)→0.5C(3h)→1C 3サイクル ・SEI均一20nm	IE-07 OCV 128ch・IE-08 IR 100%インライン	1.79	dV/dt異常 → 1秒以内遮断・消火システム連動

3大主管理点はSPCダッシュボードで最優先表示・月次Cpkレビュー・3σ限界自動再調整

SPC ・ Cpk ≥ 1.67 ・ Western Electric Rules

統計的工程管理 ・ UCL/LCL $\mu \pm 3\sigma$ ・ 4ルール自動判定 ・ 管理図逸脱時ライン停止

工程能力指数：Cpk = min(USL - μ , μ - LSL) / 3σ

GREEN ・ 優秀：Cpk ≥ 1.67 — BK TNO基準 ・ 不良率 <0.6 ppm
AMBER ・ 良好：1.33 ≤ Cpk < 1.67 — 改善必要 ・ 月次レビュー強化
RED ・ 基準未達：Cpk < 1.33 — 即時改善 ・ CAPA発動 ・ 臨時QC強化

ゾーン別Cpk状況（2026上期）：Z01塗工 **1.82** ・ Z01スリッティング **1.75** ・ Z02巻回 **1.71** ・ Z02含浸 **1.68** ・ Z03化成 **1.79** ・ Z04 FQC **1.84**

Western Electric Rules	内容
RULE 1	1点逸脱：UCLまたはLCLの外側に1点
RULE 2	片側9点連続：中心線の片側に9点以上連続
RULE 3	6点連続増加／減少：単調増減が6点以上連続
RULE 4	14点ジグザグ：14点連続で交互に上下

履歴トレーサビリティシステム ・ 15年保存 ・ 3秒照会

セル毎バーコード ・ 200パラメータ ・ LOT／設備／作業者を3秒未満で照会 ・ MES+SPC+三重バックアップ

15年 セルデータ保存期間 **3秒** 遡及照会応答時間（バーコードスキャン→全履歴即時返却） **200項目** セル
毎保存パラメータ数（厚み・抵抗・OCV・温度・含浸率等）

STAGE	内容
① セルバーコード発行	Zone 04 ・ 3D寸法検査後 ・ QR+1Dバーコード
② MESマッチング	ゾーン／ゲート別測定値 ・ 200パラメータ自動保存
③ SPC管理図	リアルタイムUCL/LCL判定 ・ CP自動計算
④ 三重バックアップ	Primary+Mirror+Offsite ・ 15年コールドストレージ
⑤ 3秒照会	事故時LOT隔離 ・ リコール範囲算出支援

追跡項目：LOT番号 ・ 材料バッチ ・ 設備コード ・ 作業者ID ・ 時刻 ・ 温湿度 ・ SPC結果 ・ Cpk

リードタイム 116h vs 通常240h

材料投入 → セル出荷：TNO 116h ・ 通常リチウムイオン240h ・ **51.7%短縮**

ゾーン	工程	所要時間	短縮効果
ZONE 01 ・ 電極	電極塗工・スリッティング（スロットダイ塗工・乾燥・カレンダーリング・スリッティング・β線100%インライン）	18 h	通常24h → 18h（25%短縮）
ZONE 02 ・ 組立	組立・含浸CP2（巻回・タブ溶接・封止・電解液含浸20h＝通常72h）	28 h	含浸 72h → 20h（72%短縮）
ZONE 03 ・ 活性化	化成・エージングCP3（化成3ステップ11h＋3日エージング72h→51h圧縮）	62 h	通常120h → 62h（48%短縮）
ZONE 04 ・ 検査	FQC ・ OQC ・ 出荷（3D寸法・X線CT・破壊分析・グレーディング・出荷承認）	8 h	通常24h → 8h（67%短縮）

PART 3 ・ 含浸

含浸時間短縮 ・ 72h → 20h

Zone 02ボトルネック工程 ・ 72%短縮 ・ 真空 ・ サイクル ・ セパレータ ・ 電解液の4大革命

要因	内容	短縮寄与率
FACTOR 01 ・ 真空	10 mbar未満（通常100 mbar → 10 mbar） ・ 高真空 → 電解液浸透3倍	40%
FACTOR 02 ・ サイクル	真空⇄大気圧 6サイクル（通常3サイクル） ・ 反復加圧／開放 → 気泡完全除去	25%
FACTOR 03 ・ セパレータ	親水コーティング（PEセパレータ表面親水処理） ・ 濡れ性向上 → 浸透抵抗低減	20%
FACTOR 04 ・ 電解液	低粘度2.5 mPa・s（通常4.0 mPa・s） → 浸透速度向上	15%

総合結果：含浸 72h → 20h（短縮率72%） — 全体リードタイム短縮の中核要因 ・ Zインピーダンス <0.5 mΩ確保
付随効果：含浸ゾーンCAPA 50%余裕確保 ・ 在庫／WIP削減 → 回転率向上

PART 3 ・ CAPAポリシー

CAPA 1.2×ルール ・ 2027年目標 1.5×

是正 ・ 予防措置 ・ 検査CAPAは20%の余裕保持 ・ ボトルネック工程の予防

現在 ・ 2026：1.2×原則	2027年目標：1.5×へ拡大
検査CAPA余裕 vs 生産CAPA ・ ライン速度100セル/分 → 検査能力120セル維持 ・ ボトルネック工程（X線CT ・ 化成ゾーン）別に追加CAPA ・ 異常時は2倍強化サンプリング検査が可能 ・ 突発LOT急増でも検査遅延なし 2026上期実績 ：検査遅延ゼロ ・ ボトルネック工程100%処理率維持 ・ SPCライン停止平均応答2.3分	1.2× → 1.5×（追加25%拡大） 投資計画： ・ IE設備増設（3台）：X線CT #2 ・ β線#4 ・ AOI #3 ・ RE試験棟拡張：熱暴走チャンバー2台追加 ・ 安全室隔離拡大 ・ MES＋SPC拡張：セルパラメータ 200→300 ・ 人員強化（12名）：L1～L3クロストレーニング拡大 期待効果 ：ライン急増シナリオへの対応力2倍 ・ 検査遅延リスク完全排除 ・ 新製品導入時の検査ボトルネックなし

PART 3 ・ NCRプロセス

NCR 5段階DIRCPプロセス

不適合報告（Non-Conformance Report）・検知 → 隔離 → 報告 → 是正 → 予防・5分以内に発動

ステップ	内容	応答時間
D・検知（Detection）	SPC逸脱・UCL/LCL超過・WEルール違反・AOI欠陥	≤1分
I・隔離（Isolation）	即時ライン停止・当該LOT隔離・リコール範囲算出・コンベア分岐	≤2分
R・報告（Report）	QCリーダー即時対応・MES自動チケット・SPCダッシュボード表示・Slack・メール通知	≤5分
C・是正（Corrective Action）	根本原因5-Why・設備パラメータ調整・リワーク／スクラップ判定・QCマネージャー承認	≤30分
P・予防（Prevention）	CAPA文書化・SOP改訂・再教育実施・類似工程への水平展開	7日以内

定期監査&レビューサイクル

日次・週次・月次・四半期・年次の5層レビュー・層別に参加者を指定

周期	参加者	チェック項目	時間・アウトプット
日次レビュー	QCリーダー・ライン作業者	SPCダッシュボード逸脱・NCR発動履歴・ライン停止原因・日別Cpkトレンド	15分・デیلیーボード・MES自動ログ
週次レビュー	QCマネージャー・ラインチーム	週間Cpkトレンド・CAPA進捗・NCR 5段階完了率・強化サンプリングLOT	60分・週報・共有フォルダ自動配布
月次レビュー	QC部門長・生産部門長・開発	CP1/CP2/CP3 Cpk・3σ管理限界の再計算・ボトルネック工程分析・CAPA完了率	2時間・月次QC報告書・経営層配布
四半期監査	外部監査・CEO	ISO 9001適合・IATF 16949（車載）・SOP実施率・トレーサビリティ健全性	1日・監査報告書・外部認証対応
年次検証	全社・外部コンサルティング	QCポリシー再構築・設備CAPA計画・ロードマップ更新・REV改訂承認	2日・年次報告書・REV改訂（年1回）

QC教育と力量管理

新入4週間・再教育6か月周期・L1～L3等級・クロストレーニング運用

新入教育：4週間集中訓練	再教育：6か月周期・定期更新
・第1週：QC原則・安全・薬品取扱 ・第2週：SPC・Cpk・Western Electric Rules ・第3週：15台設備操作（IE-01～10・RE-01～05） ・第4週：NCR DIRCP・ラインOJT・認定試験 ✓ 4週後の試験合格でL1等級付与	・定期再教育：6か月毎全員必須 ・随時再教育：NCR発生時の関係者 ・内容：最新SOP・CAPA事例・事故事例 ・評価：筆記＋実技・基準未達時は再受講 ✓ 未教育者はラインから遮断（MES自動）

L1・L2・L3 等級別権限と責任

L1・オペレーター	L2・副管理者	L3・QCマネージャー
・設備操作・データ入力 ・SPC逸脱1次報告 ・NCR検知・隔離 ・4週課程合格の新入	・ライン指揮・SPC分析 ・NCR報告・是正 ・リワーク承認（一部） ・L1経歴1年以上	・CAPA承認・SOP改訂 ・NCR予防 ・出荷承認（連署） ・L2経歴3年以上

クロストレーニング：2ゾーン以上の資格保有オペレーター・緊急時のシフト対応力・LOT急増時の柔軟配置・ゾーン毎最低3名 — 1.5×CAPA目標達成の必須条件

安全とQC統合の原則

安全はQCの上位階層・品質異常＝潜在的な安全リスク・5つの統合原則

原則	内容	規定・結果
----	----	-------

01・優先順位	安全>品質>生産・安全リスク検知時は即時ライン停止・生産損失を許容・人・設備・環境が最優先	ライン停止権限：全職級に付与
02・熱管理	化成温度監視：セル温度<45℃正常・50℃で消火システム連動・1秒以内チャンネル自動遮断	ケミカル消火：HFC-227ea自動注入・ゾーン別隔離シャッター
03・薬品	電解液取扱安全：注液室防爆等級・HFガスリアルタイム検知・作業者PPE必須	PPE：ガスマスク・防火服・安全靴・絶縁手袋
04・破壊試験	分解室隔離・熱暴走試験室別棟・防爆・施錠管理・試験中は遠隔監視	権限：L3マネージャー以上・2名同時承認必須
05・データ	事故履歴15年：安全事故と履歴の統合・QCデータ連携・根本原因分析に活用	実績：2026上期 重大事故ゼロ

PART 4・ITインフラ

QC ITインフラ・MES・SPC・三重バックアップ

MES（製造実行システム）	SPCダッシュボード	三重バックアップ
・生産スケジュール・LOT管理 ・セルバーコード・200パラメータ保存 ・15設備リアルタイムインターロック ・作業者資格・ライン入場管理 ・NCRチケット自動生成 ・トレーサビリティ3秒照会 稼働率 99.99%（冗長化・フェイルオーバー<5秒）	・CP1/CP2/CP3を最優先表示 ・X-R管理図リアルタイム更新 ・Western Electric Rules自動判定 ・日次／月次Cpkトレンド ・UCL/LCL逸脱アラーム ・ライン停止コマンド送信 データ取得周期 100ms（全ライン・15設備並列）	① Primary：工場内SSD RAID 10・リアルタイム取得 ② Mirror：本社IDC・リアルタイムミラーリング・フェイルオーバー待機 ③ Offsite Cold：支社IDC・日次バックアップ・15年コールドストレージ 復旧目標：RTO ≤4h・RPO ≤1h・災害復旧訓練 年2回 セキュリティ：AES-256暗号化・アクセスログ・ISO 27001準拠

リードタイム ガントチャート ・ 116h

ゾーン別所要時間 ・ 通常240h比51.7%短縮 ・ CP管理点をマーキング

ゾーン	0～116h タイムライン
ZONE 01 ・ 電極（塗工・スリッティング）	0～18h（18h） ... CP1
ZONE 02 ・ 組立（組立・含浸CP2）	18～46h（28h ・ うちCP2含浸20h） ... CP2
ZONE 03 ・ 活性化（化成・エージングCP3）	46～108h（62h＝化成11h＋エージング51h） ... CP3
ZONE 04 ・ 検査（FQC・OQC・出荷）	108～116h（8h）

BK TNO実績：116h ・ 51.7% ↓（通常リチウムイオン240h） — 含浸72h→20h ・ エージング72h→51h ・ 検査24h→8h

検査CAPAボトルネックシミュレーション

生産速度100～250セル/分シナリオでのCAPA余裕分析 ・ 1.5×CAPA拡大の根拠

シナリオ	生産（セル/分）	現行CAPA（1.2×）	2027 CAPA（1.5×）	ボトルネック	対応
現在 ・ 2026（通常）	100	120	150	✓ 安全	通常運転
ライン急増（1.5倍）	150	120	150	⚠ 余裕なし	2027 CAPA必要
ピーク ・ 新製品（2倍）	200	120 ✕	150	✕ ボトルネック	CAPA拡大 ・ 人員強化
限界 ・ 2028年（2.5倍）	250	120 ✕	150 ✕	✕ 深刻	第2期ライン拡張計画

シミュレーション結論：2027年に1.5×へ拡大すれば**150セル/分まで余裕あり**。200以上は別途検査体制が必要。

エグゼクティブサマリー ・ 5大要点

CORE	KPI	内容
01 ・ 6段階QCゲート	6	IQC ・ 電極 ・ 組立 ・ 活性化 ・ FQC ・ OQC — Zone 01～04統合管理 ・ 100%インライン ・ SPC監視
02 ・ SPC Cpk管理	1.67	最低要求Cpk ・ 平均実績1.75以上 ・ Western Electric Rules（4） ・ CP1・CP2・CP3優先
03 ・ リードタイム	116h	通常240h比51.7% ↓ ・ 含浸72h→20h（72%短縮） ・ 化成・検査最適化 ・ 迅速な対応力確保
04 ・ トレーサビリティ	15年	セルデータ保存 ・ セル毎200パラメータ ・ 三重バックアップ ・ 3秒以内遡及照会 ・ リコール対応 ・ コンプライアンス
05 ・ NCR DIRCP	5分	NCR発動時間 ・ 検知・隔離・報告・是正・予防の5段階 ・ 15設備自動インターロック

NEW REV 1.2補強：実写真＋判定基準表14枚挿入（Gate 1～2：IQC-SEM・β線・AOI・バリ・ピール 5枚 / Gate 3：X線CT・Heリーク・タブ溶接 3枚 / Gate 4：dV/dt・SEI層SEM 2枚 / Gate 5：3D寸法・X線CT FQC・破壊分析 3枚 / Gate 6：信頼性設備群RE-01～05 1枚） ・ オリジナル40スライドの規格・用語は100%保存

改善優先順位・投資計画

P0（即時）・P1（2026下期）・P2（2027）の3段階優先度・総投資額明示

P0・即時（緊急改善）	P1・2026下期（中期改善）	P2・2027通年（戦略・拡大）
・ Cpk <1.67工程の精度改善 ・ NCR再発：3件 → 0件 ・ SPCダッシュボードUI刷新 ・ L1資格再検証（全員） ・ REV 1.2文書配布・教育 投資額：3.2億ウォン 期間：2026.07～2026.09（3か月）	・ X線CT #2導入（ボトルネック解消） ・ β線校正の自動化 ・ AI欠陥検出精度の向上 ・ L1～L3クロストレーニング拡大 ・ SPC予測モデル導入（PoC） 投資額：12.5億ウォン 期間：2026.10～2027.03（6か月）	・ CAPA 1.2× → 1.5×拡大 ・ RE試験棟拡張（熱暴走2倍） ・ MES+SPCパラメータ：300項目 ・ 新製品ライン向けQC標準化 ・ 履歴データのAI活用拡大 投資額：32.8億ウォン 期間：2027.01～2027.12（12か月）

文書承認と配布

署名・配布

本REV 1.2 QC工程フローチャートは、以下3名の合意署名により承認・配布される。

承認01・QC部門長 品質管理本部長	承認02・生産部門長 生産本部長	最終承認・CEO 最高経営責任者
承認範囲 ・ 検査基準・合否判定規格 ・ SPC・CAPA・NCRポリシー ・ トレーサビリティシステム ・ 15台QC試験設備の運用 署名：_____ 2026年7月19日	承認範囲 ・ Zone 01～04ライン運用 ・ リードタイム116hの遵守 ・ CAPA拡大 1.2×～1.5× ・ ライン停止・再稼働承認 署名：_____ 2026年7月19日	最終承認範囲 ・ REV 1.2最終承認 ・ 投資予算48.5億ウォン承認 ・ 社内配布・外部認証 ・ 年次検証管理 署名：_____ 2026年7月19日

文書番号：TNO2607-03 REV 1.2

配布：（QC・生産・安全）

改訂履歴：REV 1.1 → REV 1.2（実写真14枚追加）

次回改訂：REV 2.0は2027年上期予定

QC組織図・30名体制

QC 30名（48％） vs 生産62名・品質重視の組織構成

チーム	構成	人数
QC部門長（本部・General Manager）	部門統括	1
受入検査（IQC）	チームリーダー1+オペレーター2	3
電極QC（IPQC-A・Zone 01）	グループリーダー1+メンバー3	4
組立QC（IPQC-B・Zone 02）	グループリーダー1+メンバー3	4
活性化QC（IPQC-C・Zone 03）	グループリーダー1+メンバー2	3
最終QC（FQC・Zone 04）	グループリーダー1+メンバー2	3
出荷検査・信頼性（OQC・認証ラボ）	チームリーダー1+ラボ5	6
統計・データ（SPC・DATA）	エンジニア2	2
NG・改善（NCR）	メンバー3	3
改善担当	－	1

合計QC人員30名：部門長1+IQC 3+IPQC 11+FQC 3+OQC・認証6+SPC 2+NCR 3+改善1

年度別QC KPI目標（2026 → 2028）

KPI項目	2026目標	2027目標	2028目標	単位・備考
初回直行率（First Pass Yield）	96%	98%	99%	工程不良ゼロ通過率
総NG率	<500 PPM	<200 PPM	<100 PPM	Gate 6基準
Cpk平均	≥1.67	≥2.0	≥2.33	SPC全工程
検査／生産CAPA比	1.2	1.5	1.5	1.2以上必須
化成合格率	99.0%	99.5%	99.8%	Zone 03（＃20）
Zone 04検査処理余裕	120%	150%	150%	ボトルネック防止
顧客クレーム	<10件/年	<5件/年	<2件/年	事後対応の最小化

2026・ベースライン：SPC・CAPA確保（Cpk 1.67・不良500 PPM）→ 2027・成長：AI・多重化（Cpk 2.0・AOI 99.7％）→ 2028・卓越：6シグマ体制（Cpk 2.33・不良<100 PPM）

改善ロードマップ 2026～2028

半期毎マイルストーン：SPC → AI → マルチライン → 卓越（Excellence）

マイルストーン	内容
M01・2026下期 ベースライン確立	SPCシステム全工程完了・X線CT検査拡大（0.5%→1%）・MES履歴15年保存インフラ
M02・2027上期 AI導入	AI欠陥判定導入（AOI精度99.7%）・化成チャンネル拡張（128 → 256）
M03・2027下期 マルチライン	検査CAPA 1.5×確保完了・Zone 04多重化完了・ボトルネック完全解消

M04・2028 卓越	Cpk 2.33達成・NG率<100 PPM達成・顧客クレーム<2件/年
-------------	--------------------------------------

付録・ゾーン別詳細管理パラメータ

Zone 01 電極 詳細管理パラメータ

設備	管理項目	目標 (Green)	アラーム (Yellow・Red)	担当
#1 スラリーミキサー	粘度	5,000±500 cP	±10%	IPQC-B
#1 スラリーミキサー	真空	≤5 mbar	7 mbar	IPQC-B
#4・#5 乾燥機	残留溶媒	≤0.3%	>0.5%	IPQC-B
#6 カレンダーリング	密度	1.60±0.03 g/cc	±5%	IPQC-B
#6 カレンダーリング	剥離接着	≥15 N/m	<12 N/m	IPQC-B
#10 スロットダイ	厚み偏差	±2%	±3%	IPQC-B
#8 スリッティング	バリ	<15 μm	>20 μm	IPQC-B

カラーコード：GREEN=目標範囲（正常・ライン継続）・AMBER=注意（SPCレビュー→パラメータ調整）・RED=即時停止（ライン停止・NCR発行・根本原因分析）

Zone 02 組立 詳細管理パラメータ

設備	管理項目	目標	アラーム	担当
#12 巻回機	アライメント	±0.2 mm	±0.5 mm	IPQC-C
#12 巻回機	張力	5±0.2 N	±0.5 N	IPQC-C
#13 タブ溶接	抵抗	<0.5 mΩ	>0.8 mΩ	IPQC-C
#13 タブ溶接	強度	≥50 N	<40 N	IPQC-C
#16 Heリーク	リーク率	<1×10 ⁻⁸ mbar・L/s	5×10 ⁻⁸	IPQC-C
#17 注液	注液量	±0.02 g	±0.05 g	IPQC-C
#17 注液	含浸均一性	≥98%	<95%	IPQC-C
#17 注液	気泡率	<0.5%	>1%	IPQC-C
#18 封止	シール幅	5±0.5 mm	±1 mm	IPQC-C

KEY FOCUS・注液管理：注液±0.02g・含浸均一性≥98%・気泡率<0.5% — この3指標が含浸品質の90%を決定。逸脱時はセルを即時隔離。

Zone 03 活性化 詳細管理パラメータ

設備	管理項目	目標	アラーム	担当
#19 エージング	温度	45±1℃	±2℃	IPQC-D
#19 エージング	SOC	30±2%	±5%	IPQC-D
#20 化成	dV/dt	正常プロファイル	理想曲線逸脱	IPQC-D
#20 化成	チャンネル温度	<45℃	50℃	IPQC-D
#20 化成	容量許容差	<1%	>1.5%	IPQC-D
#21 OCV	OCV許容差	<5 mV	>8 mV	IPQC-D
#22 IR	18650／21700	25 mΩ	±10%	IPQC-D

#22 IR	パウチ	1.5 mΩ	±10%	IPQC-D
#23 エージング	自己放電	<2%/月	>3%/月	IPQC-D

SAFETY・安全二重目的：チャンネル温度>45℃アラーム＝QC NG判定＋熱暴走予防の消火システム連動。チャンネル自動隔離応答<1秒を維持。

Zone 04 検査・梱包 詳細管理パラメータ

設備	管理項目	目標	アラーム	担当
#27 AOI	欠陥検出分解能	20 μm	>25 μm	FQC
#27 AOI	正常判定率	≥99.5%	<99%	FQC
#29 BMS	CAN通信	100%成功	失敗	FQC
#29 BMS	絶縁抵抗	>100 MΩ	<50 MΩ	FQC
#30 寸法	許容差	±0.5 mm	±1 mm	FQC
#30 重量	許容差	±1 g	±2 g	FQC
#31 パレタイジング	ラベルエラー	0	発生時リワーク	FQC

最終ゲート・Zone 04通過条件：①インライン4項目合格（AOI・寸法・重量・BMSすべてGREEN）②サンプリング2項目正常（X線CT＋破壊分析）③系譜履歴完備（セルバーコード→全データ連携確認）

付録・データアーキテクチャ

QCデータ収集・保存アーキテクチャ

46データソース・3層ストレージ・3段階アクセス権限

区分	内容
データソース（46）	生産設備31（#1～#31）＋QC設備15（IE-01～10＋RE-01～05）
収集周期	インライン：10～100点/秒（β線厚み・AOI・OCV・IR等） オフライン：バッチ毎（SEM・EDS・CT・信頼性試験）
Layer 1・リアルタイム	インメモリ（アラーム用）・保存24h・リアルタイムインラインデータストリーム・アラーム即時発動・ライン自動停止回路連動
Layer 2・短期	オンラインDB（監視用）・保存1年・SPCダッシュボード・日次/週次/月次レビュー・NCR根本原因遡及分析
Layer 3・長期	アーカイブ（監査・遡及用）・保存15年・セル系譜全履歴・問題発生時遡及追跡・監査対応・改善データバックアップ：日次自動遠隔バックアップ・冗長保存
アクセス権限（3段階）	Level 1：QCチーム（照会・SPCレビュー） Level 2：ラインリーダー（照会・NCR処理） Level 3：部門長（承認・SOP改訂）

検査CAPA vs 生産CAPA — 計算例

年産300 MWh・セルタイプ別生産量と検査余裕

生産CAPA（300 MWh/年）：18650：52,000セル/日・21700：34,700セル/日・パウチ：9,900セル/日

項目	必要CAPA	実CAPA	余裕
AOI（#27）	62,400セル/日	72,000セル/日	+15%
BMS（#29）	12パック/時	15パック/時	+25%

OCV・IR（＃21・22）	250セル/時	300セル/時	+20%
Heリーク（＃16）	15セル/分	18セル/分	+20%

ギャップ対応：AOI検査ライン増設・BMSテスター2並列運用・OCV/IRチャンネル128→256拡張 | 現況：全項目で目標の1.2倍以上を確保・リードタイム優位性を維持

付録・CPダッシュボード

3大管理点 KPIダッシュボード（サンプルデータ・リアルタイムKPIスナップショット）

CP-01・塗工厚み・密度	CP-02・電解液含浸	CP-03・化成プロファイル
Cpk 1.85（目標≥1.67） NG率 250 PPM（目標<500 PPM・余裕50%） β線厚み実測±1.6%・カレンダーリング密度1.598 g/cc・剥離18.2 N/m ²	含浸均一性 98.5%（目標≥98%・余裕0.5%p） 気泡率 0.3%(目標<0.5%・余裕40%) 注液量実測±0.015g・真空4.8 mbar・X線CT正常	容量偏差 0.8%（目標<1%・余裕20%） OCV偏差 3.2 mV（目標<5mV・余裕36%） 自己放電1.7%/月・チャンネル温度max 42.8℃ ・隔離応答0.6秒

総合・初回直行率（First Pass Yield）：97.2% | 2026目標：96% | 達成状況：+1.2%p超過 | 次期目標：2027・98%