

TNO シリーズ セルライン

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

TNO
CELL LINE
21700 ・ 18650 ・ パウチ

発行日
2026年7月19日

改訂
REV 1.2 (補足版)

発行元
BK Dongyeong Tech 品質管理部門

Table of Contents

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スライド構成

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 含浸・CP3 化成SEI SPC (Cpk ≥ 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 署名・配布	REV 1.2 新規補足 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

REV 1.2 補足スライド挿入位置インデックス 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 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 SERIES CELL LINE (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 QC Division | セル仕様：21.05×70.12 mm (±0.5mm)・68.2g ±1g・4.8Ah (±1%)

スタート 購買・P/O 材料PO（NCM・黒鉛・電解液・セパレータ） — 21700専用			IQC 検査 ・ NCM正極・黒鉛負極・電解液・セパレータ・Al/Cu箔 ・ XRD・EDS・ICP・BET・KF			▶ GATE 1・IQC検査方法（21700） ・ LOT毎100% CoA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Reject/NCR発行、SPLは検査室常備		
GATE 1・IQC 受入検査 NO→NCR／返品			加工基準（Processing STD） ・ 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 ・ スリットティングバリ ≤15μm ・ CP1 塗工厚み Cpk ≥1.82			▶ GATE 2・Zone 01 電極 ・ 検査SOP品目別検証・β線厚みリアルタイム100ms SPC・承認/量産サンプルLOT管理・標準サン ブル常時適用・CP1 Cpk ≥1.67・WEルール(4)適用・Green ±2% / Amber ±3% / Red=即時ラ イン停止		
GATE 2・Zone 01 電極 塗工・プレス・スリットティング・ノッチング 正極85±2μm・負極95±2μm 工程検査（インライン）：β線・AOI・剥離 NO→NCR・CAPA			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 ・ 電解液含浸 20h（72hから短縮） ・ CP2 含浸真空 <10 mbar・EIS Z <0.5 mΩ			▶ GATE 3・Zone 02 組立 ・ 承認/量産サンプル保管（LOT毎限度見本添付）・Heリーク100%インライン・タブ溶接抵抗/強度 SPC・CP2含浸：真空/加圧プロファイル→72h→20h・真空<10mbar維持・EIS Z<0.5mΩ確認後搬 送・NG履歴・4M変更追跡（SOP改訂7日以内）		
GATE 3・Zone 02 組立 巻回・タブ溶接・封止・注液・含浸20h 工程検査（インライン）：Heリーク・EIS・アライメント NO→NCR・CAPA			化成・最終 ・ セル寸法 21.05×70.12mm（±0.5mm）・重量68.2g±1g・4.8Ah（±1%） ・ 化成 0.05C 5h→0.5C 3h→1C 3cyc・OCV 128ch ・ 均一SEI 20±3nm（CP3）・エージング25±2℃・45±5%RH ・ 自己放電 <1%/月・3D寸法±0.5mm・重量±1g ・ X線CT内部気泡率・OQC：振動7～200Hz 3h・衝撃150g 6ms ・ 熱衝撃-40～+85℃ 200cyc・寿命2,000cyc SOH≥80%			▶ GATE 4～6・活性化／FQC／OQC ・ 化成3ステップ・OCV 128chリアルタイム・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・OQC：振動・衝撃・熱衝撃200cyc・寿命2,000cyc SOH≥80%・熱暴走・NCR 5段階DIRCP ・ 検知(1分)→隔離(2分)→報告(5分)→是正(30分)→予防(7日)		
GATE 4・Zone 03 活性化 化成3ステップ・エージング・SEI 20nm NO→再検査／グレードダウン			GATE 5・FQC 3D寸法±0.5mm・重量68.2±1g・X線CT					
GATE 6・OQC 出荷検査 振動・衝撃・熱暴走・2,000サイクル寿命 NO→出荷保留・DIRCP								
出荷（Ship-out）								
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 SERIES CELL LINE (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・3.0Ah (±1%)

工程フロー・ゲート構造・NG時分岐は21700ラインと共通。18650固有規格は以下の通り。

区分	18650 固有規格
塗工 (Gate 2)	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%・AOI欠陥≥20μm・剥離≥15 N/m・バリ≤15μm・CP1 Cpk ≥1.82
組立 (Gate 3)	巻回アライメント±0.2mm・タブ溶接抵抗≤0.5mΩ・強度≥50N・Heリーク<1×10 ⁻⁸ mbar・L/s・含浸20h (CP2：真空<10mbar・EIS Z<0.5mΩ)
化成・最終 (Gate 4～5)	セル寸法 18.20×65.10mm (±0.5mm)・重量 46.5g±1g・公称 3.0Ah (±1%)・化成 0.05C 5h→0.5C 3h→1C 3cyc・OCV 128ch・SEI 20±3nm・エージング25±2℃・45±5%RH・自己放電<1%/月
FQC／OQC (Gate 5～6)	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℃ 200cyc・寿命2,000cyc SOH≥80%

■ 統合版 (21700・18650・パウチ 84Wh)

文書番号：QC-TNO-260703 | パウチ84Whセルライン含む統合フロー

共通ゲート構造

IQC → 電極 → 組立 → 活性化 → FQC → OQC の6ゲート。NG時分岐 (NCR/返品 → NCR・CAPA → 再検査/グレードダウン → 出荷保留・DIRCP) も全ライン共通。

パウチライン適用

GATE 1：LOT毎100% CoA照合+精密分析 (XRD・EDS・ICP・BET・KF) 。GATE 2：β線100ms SPC・NG履歴指示書添付・4M変更をSPC連携。GATE 3：含浸72h→20h・EIS Z<0.5mΩ確認後搬送。

GATE 4～6

管理指示書に基づく検査 (化成3ステップ・OCV 128ch)・SEI 20nm(CP3)・自己放電<1%/月・FQC箱単位サンプル保管 (3D寸法/重量/X線CT)・OQC信頼性 (振動・衝撃・-40～+85℃・熱暴走・2,000cyc)・巡回外観検査・NG時NCR 5段階DIRCP。

PART 1 ・ 工程とゲート

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

GATE 1 IQC 原材料受入検査 ・ NCM正極材 ・ 黒鉛負極材 ・ 電解液・ セパレータ ・ Al/Cu集集体 5項目 XRD・EDS・ICP・BET・KF	GATE 2 電極 電極インライン検査 ・ 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 ・ 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） 化成・SEI形成・エージング ・ 化成3ステップ・OCV 128ch監視 ・ dV/dtスパイク遮断 ・ SEI層20nm均一・自己放電<1%/月 ・ 温度 <45℃ 主管理点：CP3 SEI形成（0.05C 5h→0.5C 3h→1C 3cyc） エージング3日・>50℃で消火連動	GATE 5 FQC 最終品質検査 ・ 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 ・ 振動・衝撃 ・ -40～+85℃ 200cyc ・ 熱暴走 ・ サイクル寿命 信頼性 30セル/LOT
---	---	---	---	---	--

→ 材料 ・ 電極 ・ 組立 ・ 化成 ・ 最終 ・ 出荷 →

① 100%インライン 全工程リアルタイム監視 β線・AOI・IR・OCV全数リアルタイム取得・SPC自動判定・逸脱時即時ライン停止	② 3σ管理限界 Cpk ≥ 1.67 Western Electric Rules（4）・UCL/LCL逸脱でライン停止・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。トリガー違反発生時はライン停止・CAPA発行。

01

PRINCIPLE ONE

100%インライン検査

- ・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

逸脱時の自動措置

SPC逸脱 → ライン停止
NCR発行（5分以内）

02

PRINCIPLE TWO

3σ管理限界・Cpk

- ・UCL/LCL= $\mu \pm 3\sigma$ 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

Cpk判定基準

≥ 1.67 GREEN・**1.33** AMBER
<1.33 RED（即時改善）

03

PRINCIPLE THREE

履歴追跡 15年保存

- ・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）

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

検査対象原材料

TNOセル 5大原材料

- ① NCM正極材
D50 10±2μm ・ 純度 ≥99.5% ・ 残留Li₂CO₃ <0.3%
- ② 黒鉛負極材
D50 15±2μm ・ BET 1.5±0.3 m²/g ・ 真密度 ≥2.2 g/cc
- ③ 電解液
水分 <20 ppm ・ HF <50 ppm ・ 純度 ≥99.9%
- ④ セパレーター
厚み 16±1μm ・ 空隙率 40±3% ・ 引張 ≥1,500 kgf/cm²
- ⑤ Al/Cu箔
Al 15μm ・ Cu 8μm ・ 表面粗さ Ra ≤0.3μm

サンプリングと承認

- ・ LOT毎3点採取検査
- ・ 5項目全合格でLOT受入
- ・ 1項目でも不合格→全LOT返品

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<10ppm ・ Cr<5ppm Cu<5ppm ・ Na<20ppm	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

✓ 5項目全合格でLOT受入 ・ 1項目でも不合格時は自動返品（SAP MM連携）

ZONE 01 ・ 電極 ・ GATE 2

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 01

β線厚み測定

CP1・中核ポイント

測定原理：β線透過→リアルタイム厚み/密度（スロットダイ後）

- GREEN ― 偏差 ±2%以内
- AMBER ― ±3%以内（警告）
- RED ― >±3% ライン停止

設備：IE-01 β線ゲージ

1.82

2026上期Cpk（目標≥1.67）・分解能1μm・塗工機#1～#3・SPC100%リアルタイム

CHECK 02

AOIビジョン欠陥検査

100%スキャン

検出対象：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

スクラッチ/気泡/ピンホールは即時隔離

設備：IE-03 AOIビジョン

対応設備：#4・#5・#10・#27

欠陥検出時：AI画像分類 → 自動NCR・LOT隔離タグ

CHECK 03

バリ検査

スリッティング後エッジ

測定方法：光学顕微鏡×200（エッジ5点測定）

- GREEN ― ≤15μm
- AMBER ― 15～20μm（警告）
- RED ― >20μm 警報

リスク：セパレータ貫通 → 短絡

1.75

2026上期Cpk（目標≥1.67）・治工具：光学顕微鏡×200・スリッティング後エッジ固定具

CHECK 04

剥離接着検査

90°ピール試験

サンプリング：パッチ毎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

設備：IE-04 ピールテスター

1.71

2026上期Cpk（目標≥1.67）・治工具：ピール試験治具・ロードセル校正分銅

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 $< 1 \times 10^{-8} \text{ mbar}\cdot\text{L/s GREEN}$ ・ $> 5 \times 10^{-8}$ 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

組立検査 4工程

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・引張強度試験	$\leq 0.5\text{m}\Omega$ ・ $\geq 50\text{N}$	$0.5 \sim 0.7\text{m}\Omega$	$> 0.7\text{m}\Omega$ 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・CHIEF POINT・化成3ステッププロファイル

低→中→高電流の順次充電でSEI層を均一形成

STEP 1・プリチャージ

0.05C × 5h

低電流で初期SEI形成・20nm均一目標（初期～5nm）

STEP 2・化成

0.5C × 3h

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

1C × 3サイクル

緩速充放電3サイクル・自己放電<1%／月

リアルタイム監視システム

OCV 128ch・IRインピーダンス・温度

OCVメーター

IE-07・128チャンネル

セル毎並列リアルタイムOCV取得

正常判定 OCV Δ 3.2mV・滑らかな上昇曲線

IRインピーダンス

IE-08・1kHz AC

リアルタイムIR測定・SEI厚みの間接指標

正常判定 IR ≤ 25 mΩ・偏差±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・異常発熱時自動遮断

安全しきい値 <45℃正常・>50℃消火連動・1秒以内遮断

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：破壊分析必須

ZONE 04 ・ 検査・梱包 ・ GATE 5

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 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

設備：IE-02 自動寸法検査機・IE-10 精密天秤

重量

68.2 g ±1 g

精密天秤0.1g分解能

✓ 全セル100%インライン検査 ― 逸脱時はコンペア上で自動隔離

CHECK 03 ・ 0.1%破壊

破壊分解分析

抜取率

1,000セルに1セル

治工具セット：防爆分解治具・精密ノギス・電解液GC-MS分析セット

対象項目

ゼリーロール・電極・セパレータ
電解液（GC-MS）

✓ 安全分解室で隔離実施・結果報告書15年保管

CHECK 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%ランダムサンプリング

検出項目：内部気泡・電極偏心・セパレータ折れ・未含浸部

気泡率判定

<0.5% GREEN

>1.0% RED 破壊分析必須

✓ IE-09 X線CT・3D再構成・AI欠陥認識

CHECK 04 ・ 性能特性

容量・IR・電圧

公称容量

4.8 Ah

許容±1% GREEN

内部抵抗IR

≤ 25 mΩ

1kHz AC

OCV

3.65 V ±20 mV

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

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 ・ 試験後IR再測定 合格基準 IR変化 <5% 設備：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 合格基準 外観OK・漏液なし 設備：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℃ 合格基準 容量維持率 ≥90% 設備：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 合格基準 モジュール伝播 <10分 設備：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% 合格基準 SOH ≥ 80% 設備：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

- ・ **30セル**／LOT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

- ・ 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

PART 1・検査マトリックス

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（Tier）構造

100% TIER 1・インライン インライン検査 ・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 特徴 非破壊・リアルタイムSPC・逸脱時即ライン停止	0.5～1% TIER 2・サンプリング サンプリング検査 ・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 特徴 非破壊・NG時はLOT/バッチ単位でサンプリング拡大	0.1% TIER 3・破壊 破壊試験 ・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 ・セバレータ損傷分析 特徴 破壊・安全室隔離・報告書15年保管	30セル / LOT TIER 4・信頼性 信頼性試験 ・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） 特徴 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

検査設備 ・ 10台

IE-01 ～ IE-10 ・ インライン ・ サンプルング ・ 破壊

コード	設備	機能	ゾーン	サンプルング
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%サンプルング
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

信頼性設備 ・ 5台

RE-01 ～ RE-05

RE-01・振動チャンバー
振動・UN 38.3 T.3・30セル/LOT

RE-02・衝撃チャンバー
衝撃・150g・6ms・UN 38.3 T.4

RE-03・温度サイクルチャンバー
-40℃↔+85℃・200サイクル

RE-04・熱暴走チャンバー
ARC・ホットボックス・釘刺し

RE-05・サイクル寿命試験機
サイクル計測・2,000サイクル

信頼性試験原則
30セル/LOT・安全室隔離
UN 38.3・IEC 62133・GB/T等準拠

R01 | SEMによる微細構造比較（IQC）

FE-SEM ×5,000 ・ EDS組成分析 ・ 球状NCM粒子の精密均一性（原本：左＝実写SEM像 / 右＝判定基準）

✓ 合格（GREEN）

- 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
- 均一分散・凝集体なし

✗ 不良（RED）

- 凝集・粒子クラック
- 形状不均一・汚染
- 不規則形状・粒径不均一
- 全LOT返品

設備・治工具

設備：FE-SEM（×5,000）・EDS成分分析

治工具：SEM試料ホルダー・Auコーティングスバタ・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 | 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（実機表示例：厚み152.3μm ・ 偏差±1.8% ・ GREEN OK）

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%

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

CP1：Cpk ≥1.67 ・ SPC μ±3σ自動監視

R03 | 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

Q1・Good GOOD 良品 均一塗工・欠陥なし	Q2・Scratch スクラッチ NG 擦り傷・塗膜損傷	Q3・Pinhole ピンホール NG 微細孔の露出	Q4・Bubble 気泡 NG 気泡混入・膨れ
--	---	---	--

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 | 設備：IE-03 AOIビジョン（分解能20μm）・対応設備 #4・#5・#10・#27

RED判定時：即時隔離・NCR発行・LOT隔離タグ・CAPAフォローアップ

R04 | 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

左・良品 8.2 μm GREEN・正常 ≤15μm 均一なエッジ・セパレータ安全	右・不良 24.5 μm RED・>20μm 警報 セパレータ貫通危険・短絡誘発	判定・実績 3ゾーン判定：GREEN ≤15μm・AMBER 15～20μm・RED >20μm 設備：光学顕微鏡×200・スリッティングライン後段 Cpk 1.75・2026上期 目標1.67以上を維持・バッチ毎5点抜取・平均チェック
---	---	---

GATE 2・電極・ピール

R05 | 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（実機表示例：Sample 001＝17.3 N/m PASS / Sample 002＝8.4 N/m FAIL）

GREEN・良好

≥ 15 N/m

塗膜－集電体の接着正常

AMBER・警告

12 ～ 15 N/m

サンプリング強化・バインダー確認

RED・不合格

< 12 N/m

LOT廃棄・NCR発行

3点平均→SPCチャート自動更新

Cpk 1.71（目標≥1.67・2026上期）・CP1連動

REV 1.2 New Supplement

GATE 3・組立・X線CT

R06 | 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（原本：21700円筒セルCT断面 PASS/FAIL比較）

左・良品（GREEN）

偏心 ±0.15 mm

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

右・不良（RED）

偏心 ±0.45 mm

Reject・セル廃棄・NCR発動・巻回治具・スライド圧力の見直し

判定・リスク

3ゾーン判定：GREEN ≤±0.15mm・AMBER ±0.15～0.2mm・RED >±0.2mm

設備：IE-09 X線CT・3D再構成・偏心自動算出 治工具：円筒セル固定マウント・CT回転ステージ

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

REV 1.2 New Supplement

R07 | 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（実機表示例：リーク率 3.2×10^{-9} mbar・L/s PASS GREEN）

GREEN・正常 < 1×10^{-8} 完全封止・次工程へ搬送	AMBER・警告 $1\sim5\times10^{-8}$ 再検査対象・サンプリング強化	RED・スクラップ > 5×10^{-8} セル廃棄・NCR発行 検査原理：チャンバー真空後He注入→内部拡散検出・He+イオンカウントからリーク率算出
--	---	--

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 | 治工具：パウチセル封止治具・真空アダプタ

R08 | 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（Alタブ／Cu箔・拡散接合領域の観察）

左・良好溶接（GREEN） 抵抗 0.32 mΩ 強度 62 N 規格：≤0.5mΩ・≥50N・超音波＋レーザーOK・均一な拡散接合・欠陥なし	右・コールドウェルド（RED） 抵抗 0.92 mΩ 強度 35 N 界面未融着（ギャップ・ポイド）→ 高抵抗・低強度・セル廃棄	設備・対応 設備：SEM×1,000・4探針抵抗テスター・IE-05 治工具：断面研磨治具・4探針 コールドウェルド対応 同一LOT再検査・NCR DIRCP発行・超音波/レーザー出力再チューニング・CAPAフォローアップ
---	--	--

GATE 4・活性化・dV/dt

REV 1.2 New Supplement

R09 | 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（実機：512ch化成充電システム・チャンネル温度42°C<45°C）

左・正常（GREEN）

滑らかな上昇曲線

OCV 3.2 mV以内・エージング合格

右・異常（RED）

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

設備・安全

設備：IE-07 OCVメーター128ch・IE-08 IRインピーダンステスター

安全しきい値：チャンネル温度<45°C・>50°C消火システム連動

化成プロファイル：0.05C・5h → 0.5C・3h → 1C・3cyc・128ch並列監視・SPC保存

NG時措置 チャンネル遮断<1秒・隣接ch監視強化・SEI欠陥破壊分析

GATE 4・活性化・SEI・CP3

REV 1.2 New Supplement

R10 | 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（原本：安定SEI vs 不安定SEI SEM像・200nm・×50,000）

左・安定SEI（GREEN）

均一20 nm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

右・不安定SEI（RED）

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

設備・化成条件

設備：FE-SEM ×50,000・EISアナライザ（IE-08）

化成3ステップ：0.05C・5h / 0.5C・3h / 1C・3サイクル

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）

GATE 5・FQC・3D寸法・重量

REV 1.2 New Supplement

R11 | 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（実機：3Dレーザースキャナ+精密天秤 68.2g表示）

3D寸法・PASS

21.05 × 70.12 mm

・許容 ±0.5 mm・直径/高さ各3点平均

精密重量・PASS

68.2 g ± 1 g

・精密天秤 0.1g分解能・逸脱時コンベア自動隔離

設備・実績

設備：IE-02 自動寸法検査機・IE-10 精密天秤 治工具：V-ブロック固定治具・3Dスキャン回転ステージ

サンプリング：100%インライン（全数合格必須）・セルバーコード連携→MES自動保存

Cpk実績 寸法 1.84・重量 1.86（目標≥1.67・2026上期）

GATE 5・FQC・X線CT・0.5%

REV 1.2 New Supplement

R12 | 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（原本：PASS 気泡率0.12% / FAIL 気泡率1.80% CT断面比較）

左・良品（GREEN）

気泡率 < 0.5%

ゼリーロール同心・電解液均一浸透・LOT受入

右・不良（RED）

気泡率 1.8%・偏心

破壊分析必須・LOT保留・NCR発動

検出・対応

抜取率：0.5%（500セルに1セル） 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

設備：IE-09 X線CT・3D再構成・AI欠陥認識

欠陥発見時 サンプリング5倍→LOT保留・破壊分析に基づくCAPA承認後に出荷判定

GATE 5・FQC・破壊分解・0.1%

REV 1.2 New Supplement

R13 | 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（原本：分解トレイ実写ーゼリーロール/正極/負極/セパレータ/電解液サンプルA・B・C）

01・ゼリーロール 巻回状態・偏心・層間接触の拡がり	02・電極SEM 塗工状態・SEI層・デンドライト観察	03・セパレータ 細孔損傷・熱変形・収縮測定	04・電解液GC-MS 分解生成物検出・HF・カーボネート分解
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------	------------------------------------

抜取率 0.1%（1,000セルに1セル）
 |
 治工具：防爆分解ツールセット・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）

GATE 6・OQC・信頼性ラボ

REV 1.2 New Supplement

R14 | 信頼性試験設備群（RE-01～05）

振動・衝撃・温度サイクル・熱暴走・サイクル寿命ーLOT毎30セル破壊試験（実機：振動試験機／衝撃試験機／温度サイクルチャンバー／熱暴走安全エンクロージャ）

RE-01 振動試験機 7～200Hz・3軸×3h・UN 38.3 T.3・30セル/LOT	RE-02 衝撃試験機 150g・6ms・3軸×3・落下・UN 38.3 T.4	RE-03 温度サイクル -40°C↔+85°C・200cyc・昇降温5°C/min	RE-04 熱暴走試験機 ARC・ホットボックス・釘刺し・消火連動	RE-05 サイクル寿命 1C/1C・2,000cyc・SOH ≥80%
---	---	---	--------------------------------------	---

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**

PART 2 ・ CHIEF POINT 1

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

CP1管理概要

塗工厚みがセル容量を決定

- CP1が最重要である理由
- ・ 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）

正極（Cathode）

85 ± 2 μm

密度 3.5±0.1 g/cc ・ 偏差±2% GREEN

負極（Anode）

95 ± 2 μm

密度 1.65±0.05 g/cc ・ 偏差±2% GREEN

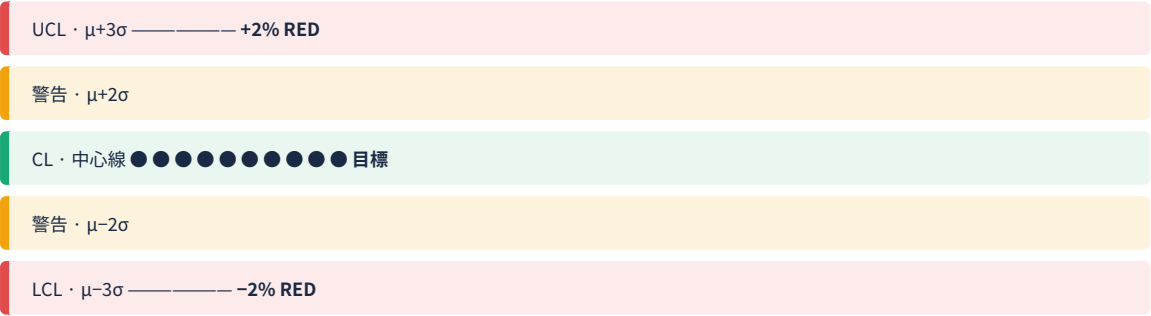
Cpk実績

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

SPC管理図 ・ 3σ管理限界

X-R管理図 ・ Western Electric



Western Electric Rules（4） ・ 自動判定

- R1 ・ UCL/LCL外に1点 R2 ・ 中心線片側に9点連続
R3 ・ 6点連続の増加／減少 R4 ・ 14点交互のジグザグ

PART 2・CHIEF POINT 2

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

含浸時間の短縮

BK含浸 72h → 20h・72%短縮

通常リチウムイオン（競合）

72 h

BK Dongyeong Tech・TNO

20 h

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）
- ・セバレータ濡れ性改善（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・セバレータ濡れ再確認

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・CPK

IE-08 EISアナライザ

IE-10 精密天秤

Cpk 1.68

PART 2・CHIEF POINT 3

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

SEI形成・3ステッププロファイル

低 → 中 → 高電流の順次充電

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

その後・エージング（3日）

- ・25±2℃・相対湿度45±5%維持　・OCVΔ<5mV（72h基準）必須
- ・NG時は破壊分析（SEI欠陥タイプ分析）

SEI層判定規格

均一20nm・自己放電<1%/月

✓ 安定SEI

均一性 20nm

- ・層厚偏差 ±3nm
- ・容量偏差 <1%
- ・自己放電 <1%/月
- ・OCV Δ 3.2mV

✗ 不安定SEI

クラック・デンドライト

- ・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

リアルタイム監視：OCVメーター IE-07・128ch（dV/dtスパイク自動検出）・IRインピーダンス IE-08・1kHz（SEI厚み間接指標）

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

PART 2 ・ CHIEF POINT SUMMARY

CP1 ・ CP2 ・ CP3 統合表

セル性能・安全性を決定する3大管理点（Chief Points）

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 目標1.67超	±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 目標1.67超	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 3cyc SEI均一20nm	IE-07 OCV 128ch IE-08 IR 100%インライン	1.79 目標1.67超	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 μ±3σ・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

Process Capability Index Cpk

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（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・4

管理図逸脱の自動判定ルール

- 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

PART 2・トレーサビリティ

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

KPI 01

15年

セルデータ保存期間

セルバーコード・200パラメータ・三重バックアップ

KPI 02

3秒

遡及照会応答時間

セルバーコードスキャン→全履歴を即時返却

KPI 03

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

履歴データフロー

セルバーコード → MES → SPC → 三重バックアップ

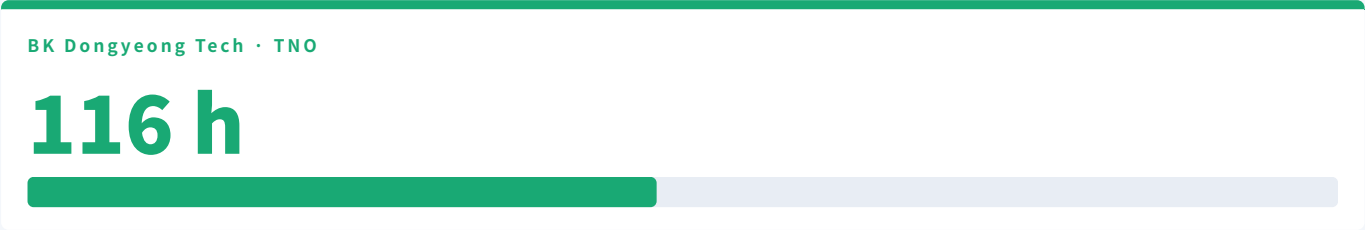


追跡項目：LOT番号・材料バッチ・設備コード・作業者ID・時刻・温湿度・SPC結果・Cpk

PART 3・リードタイム

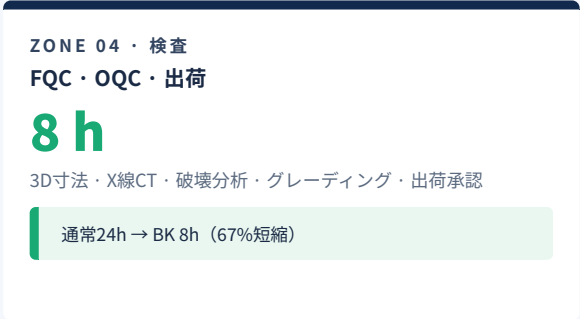
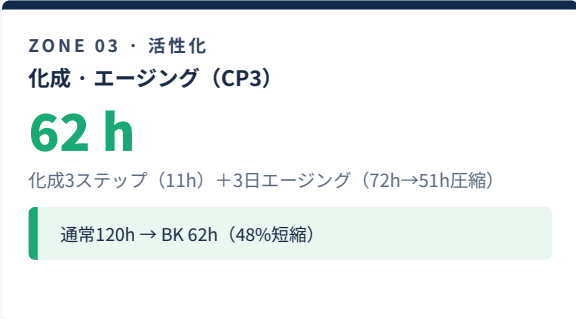
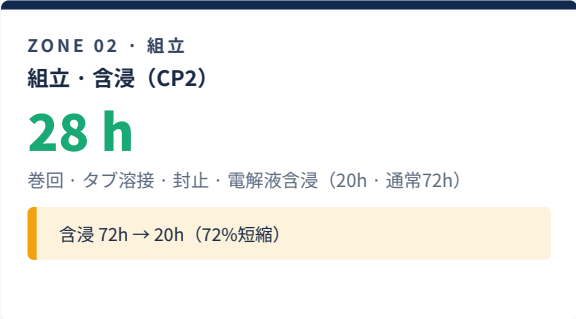
リードタイム 116h vs 通常240h

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



ゾーン別リードタイム分析

Z01 電極・Z02 組立・Z03 化成・Z04 検査



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

FACTOR 01 ・ 真空

10 mbar未満

通常100 mbar → 10 mbar

高真空 → 電解液浸透3倍

短縮寄与率：40%

FACTOR 02 ・ サイクル

真空 ↔ 大気圧 6サイクル

通常3サイクル → 6サイクル

反復加圧/開放 → 気泡完全除去

短縮寄与率：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

短縮寄与率：20%

FACTOR 04 ・ 電解液

低粘度 2.5 mPa・s

通常4.0 mPa・s → 2.5 mPa・s

低粘度規格 → 浸透速度向上

短縮寄与率：15%

総合結果

含浸 72h → 20h

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

72%

含浸時間短縮率

CAPA 1.2×ルール・2027年目標 1.5×

是正・予防措置（Corrective & Preventive Action）・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× CAPA原則

1.2×

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ライン停止の平均応答時間 2.3分

2027年目標

CAPAを1.5倍へ拡大

1.5×

1.2× → 1.5・追加25%拡大

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

D

STEP 1

検知（Detection）

・ SPC逸脱

・ UCL/LCL超過

・ WEルール違反

・ AOI欠陥

応答時間

≤ 1分

I

STEP 2

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

応答時間

≤ 2分

R

STEP 3

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

応答時間

≤ 5分

C

STEP 4

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

応答時間

≤ 30分

P

STEP 5

予防（Prevention）

・ CAPA文書化

・ SOP改訂

・ 再教育実施

・ 類似工程へ水平展開

応答時間

7日以内

PART 4・監査とレビュー

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

DAILY 日次レビュー 参加者 QCリーダー・ライン作業者 チェック項目 ・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 時間・アウトプット 15分・デイリーボード MES自動ログ	WEEKLY 週次レビュー 参加者 QCマネージャー・ラインチーム チェック項目 ・週間Cpkトレンド ・CAPA進捗状況 ・NCR 5段階完了率 ・強化サンプリングLOT 時間・アウトプット 60分・週報 共有フォルダ自動配布	MONTHLY 月次レビュー 参加者 QC部門長・生産部門長・開発 チェック項目 ・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 時間・アウトプット 2時間・月次QC報告書・経営層配布	QUARTERLY 四半期監査 参加者 外部監査・CEO チェック項目 ・ISO 9001適合 ・IATF 16949（車載） ・SOP実施率 ・トレーサビリティ健全性 時間・アウトプット 1日・監査報告書・外部認証対応	ANNUAL 年次検証 参加者 全社・外部コンサルティング チェック項目 ・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 時間・アウトプット 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

- ・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

再教育

6か月周期・定期更新

- ・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 等級システム

階層別の権限と責任

L1・オペレーター

- ・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

L2・副管理者

- ・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

L3・QCマネージャー

- ・CAPA承認・SOP改訂
- ・NCR予防
- ・出荷承認（連署）
- ・L2経歴3年以上

CROSS TRAINING

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名のクロストレーニング

✓ 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

01

PRIORITY

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

規定

ライン停止権限：全職級に付与

02

THERMAL

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

ケミカル消火システム

HFC-227ea自動注入
ゾーン別隔離シャッター

03

CHEMICAL

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
- ・作業着PPE必須

PPE

ガスマスク・防火服
安全靴・絶縁手袋

04

DESTRUCTIVE

破壊試験の隔離

- ・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

DATA

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

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＋三重バックアップアーキテクチャ

MES・CORE SYSTEM

MES

Manufacturing Execution System

主要機能

・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

SPC・REAL-TIME

SPCダッシュボード

Statistical Process Control

主要機能

・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

100 ms

全ライン・15設備並列

三重バックアップ・ARCHIVE

Triple Backup

Primary＋Mirror＋Offsite

① Primaryストレージ

工場内SSD RAID 10・リアルタイム取得データ

② Mirrorストレージ

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

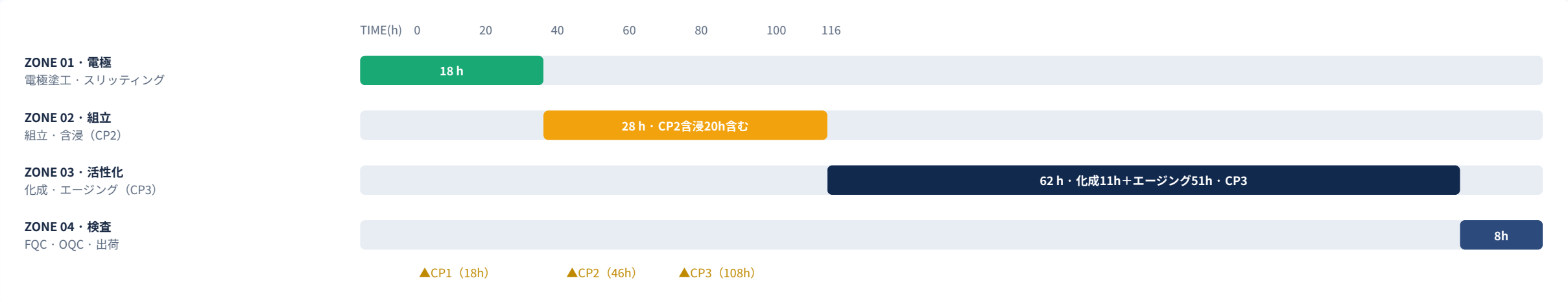
セキュリティ

AES-256暗号化・アクセスログ・ISO 27001準拠

PART 5・ガントチャート

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



通常リチウムイオン

240 h

競争の標準リードタイム

BK TNO実績

116 h・51.7% ↓

含浸72h→20h・エージング72h→51h・検査24h→8h

PART 5 ・ ボトルネック分析

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×）	ボトルネック発生有無	NG時対応
現在 ・ 2026 通常時	100	120	150	✓ 安全	通常運転
ライン急増 生産1.5倍	150	120	150	⚠ 余裕なし	2027 CAPA必要
ピーク ・ 新製品 生産2倍	200	120 ✕	150	✕ ボトルネック	CAPA拡大・人員強化
限界 ・ 2028年 生産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CAPAを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。

PART 5・EXECUTIVE SUMMARY

エグゼクティブサマリー・5大要点

TNOセルラインQCの5大コアKPI・REV 1.2補足完了

CORE 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

CORE 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

CORE 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

迅速な対応力を確保

CORE 04
トレーサビリティ

15年

セルデータ保存
セル200パラメータ・三重バックアップ
3秒以内の遡及照会

リコール対応・コンプライアンス

CORE 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

REV 1.2 補強内容

実写真14枚＋判定基準表を挿入

- ・ 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：信頼性試験設備群 RE-01〜05（1枚）
 - ・ オリジナル40スライドの規格・用語・100%原本保存

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・2026
緊急改善

- 主要項目
- ・Cpk <1.67工程の加工精度改善
 - ・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）

P1

2026下期
中期改善

- 主要項目
- ・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）

P2

2027通年
戦略・拡大

- 主要項目
- ・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）

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。

APPROVAL 01

QC部門長

品質管理本部長

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

APPROVAL 02

生産部門長

生産本部長

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

FINAL APPROVAL

CEO

最高経営責任者

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



付録・KPI

年度別QC KPI目標（2026 → 2028）

3か年目標・年次レビューで更新

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・Baseline

SPC・CAPA確保

Cpk 1.67・不良500 PPM

2027上期・AI導入

AI欠陥判定（AOI 99.7%）

化成チャンネル拡張 128 → 256

2027下期・マルチライン

検査CAPA 1.5×確保

Zone 04多重化・ボトルネック完全解消

2028・Excellence

6シグマ体制

Cpk 2.33・NG<100 PPM・クレーム<2件/年

マイルストーンサマリー M01・2026下期 SPC完了+CT拡大 → M02・2027上期 AI+化成拡張 → M03・2027下期 Zone 04多重化 → M04・2028 Cpk 2.33・<100 PPM

Zone 01 電極 / Zone 02 組立 詳細管理パラメータ

設備別 目標／アラーム／工程マトリックス・カラーコード管理

Zone 01 電極（塗工・スリッティング）

設備	管理項目	目標(Green)	アラーム	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（巻回・タブ溶接・リーク・注液・封止）

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。逸脱時はセル即時隔離。

Zone 03 活性化 / Zone 04 検査・梱包 詳細管理パラメータ

エージング・化成・OCV・IR・自己放電／AOI・BMS・寸法・重量・パレタイジングー設備マトリックス

Zone 03 活性化

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＋熱暴走予防の消火連動。チャンネル自動隔離応答<1秒を維持。

Zone 04 検査・梱包

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 サンプルング2項目正常（X線CT＋破壊分析結果正常）
 - ③ 系譜履歴完備（セルバーコード→全データ連携確認）

QCデータ収集・保存アーキテクチャ／検査CAPA計算例

46データソース・3層ストレージ・3段階アクセス権限 / 年産300 MWh・セルタイプ別検査余裕

DATA SOURCE・46ソース

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・AOI・OCV・IR等）・オフライン バッチ毎（SEM・EDS・CT・信頼性）

LAYER 1・リアルタイム（保存24h）

インメモリ／アラーム用・即時発動・ライン自動停止回路連動

LAYER 2・短期（保存1年）

オンラインDB／監視用・SPCダッシュボード・日/週/月レビュー・NCR遡及分析

LAYER 3・長期（保存15年）

アーカイブ／監査・遡及用・セル系譜全履歴・監査対応・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）：L1 QCチーム（照会・SPCレビュー）・L2 ラインリーダー（照会・NCR処理）・L3 部門長（承認・SOP改訂）

検査CAPA vs 生産CAPA — 計算例

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バック/時	15バック/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 DASHBOARD

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

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/m²

CP・02
電解液含浸

含浸均一性
98.5 %
目標 ≥98%・0.5%p余裕
気泡率
0.3 %
目標<0.5%・余裕40%

注液量実測 ±0.015 g・真空 4.8 mbar・X線CT正常

CP・03
化成プロファイル

容量偏差
0.8 %
目標<1%・余裕20%
OCV偏差
3.2 mV
目標<5 mV・余裕36%

自己放電 1.7%/月・チャンネル温度max 42.8°C・隔離応答 0.6秒

総合・FIRST PASS YIELD

97.2 %

2026目標
96%

達成状況
+1.2%p 超過達成

次期目標
2027・98%