

 § 1. リチウムイオン電池と電池の概要化学電池の電気化学

1. 1 リチウムイオン電池の基本構成と電気化学
 1. 1. 1 電池（セル）の基本構成
 1. 1. 2 液系セルにおける電極構成と電解質溶液1. 2Mの分布
 1. 1. 3 液系電解液（質）から全固体電解質
 1. 1. 4 固体粒子間の Li^+ 移動、模式図
 1. 1. 5 正・負極の電気化学反応
 1. 1. 6 リチウムイオン電池の特徴、2010
 1. 1. 7 セルの正常動作領域と正負極電位
 1. 1. 8 汎用有機電解液の電気分解領域
 1. 1. 9 極板の塗工パターン（正負、両面）
 1. 1. 10 セルの電極構造と熱伝導（放熱）
1. 2 電池の充放電特性、エネルギーとパワー
 1. 2. 1 20Ahセルの充電と放電（充放電レート0. 2C～3C）
 1. 2. 2 タイプ別のセルの特性と向上（モデル）
 1. 2. 3 単電池の特性2017～、容量と出力
 1. 2. 4 エネルギー特性とパワー特性
 1. 2. 5 Ragone Plot、エネルギーとパワー
 1. 2. 6 Ragone plot、パワー特性の向上（質量 kg 基準表示）
 1. 2. 7 リチウムイオン電池の中期目標
 1. 2. 8 コバルトフリー正極材の比較（データ）
 1. 2. 9 コバルトフリー正極材の比較（Ah）
 1. 2. 10 コバルトフリー正極材の比較（Wh）
 1. 2. 11 正極材のAh容量（単元、二・三元系）
 1. 2. 12 正極材の Li Kg/kWh 比較（1C容量）データ
 1. 2. 13 正極材の kWh 放電容量あたり重量 Kg
 1. 2. 14 （参考）正極材の化学式、式量と（ Li Kg/Ah ）データ
1. 3 製造プロセスと原材料、部材と工程
 1. 3. 1 リチウムイオン電池の製造全工程
 1. 3. 2 全工程の原料、部材と工程のステップ
 1. 3. 3 製造設備と工程費（大型セル）
 1. 3. 4 リチウムイオン電池製造、原材料と工程（1）
 1. 3. 5 リチウムイオン電池製造、原材料と工程（2）
 1. 3. 6 原材料と部材>EV電池メーカー
 1. 3. 7 リチウムイオン電池生産の分業
 1. 3. 8 負極電極板の塗工、区分とストライプ
1. 4 良い電極板とは、セル設計との整合

1. 4. 1 リチウムイオン電極の模式図（樹脂バインダー）
1. 4. 2 Wh当たりの電極面積と活物質容量
1. 4. 3 良い電極板とは、正・負極共通
1. 4. 4 電極板塗工の速度と目付量モデル
1. 4. 5 塗工＞乾燥ステップ（PVDF／NMP系）
1. 4. 6 PVDFの結晶化温度と冷却速度の関係
1. 4. 7 塗工から乾燥へのステップ
1. 4. 8 湿式塗工した電極板の不良、ボイドと残留歪
1. 4. 9 電極板の断面と塗工欠陥

＜b＞ § 2. EVなど実用電池の特性レベル（2025）＜/b＞

2. 1 正極材の特性（Ah&V）と電池の特性レベル
 2. 1. 1 正極材の選定と特性、NMC811とLFP
 2. 1. 2 コバルトフリー正極材の比較（Ah）
 2. 1. 3 製品セルの比容量（1）、LFP、LFMPとNMC
 2. 1. 4 製品セルの比容量（2）、LFP、LFMPとNMC
 2. 1. 5 コバルトフリー正極材の比較（データ）
2. 2 EV実装電池（セル）と組電池（モジュール）の特性
 2. 2. 1 製品セルにおける比容量、LMFPほか
 2. 2. 2 海外EVの電池（モジュール）特性（1）データ
 2. 2. 3 海外EVの電池（モジュール）特性（2）
 2. 2. 4 市販EVの比容量Wh／（kgCell）～2023グラフ
 2. 2. 5 市販EVの比容量Wh／（kgCell）～2023データ

＜b＞ § 3. 固体電解質の種類、特性と液系との比較＜/b＞

3. 1 液系電解質と固体電解質の異差、電気二重層の存在
 3. 1. 1 リチウム電解質の特性、宇恵誠（三菱化学）
 3. 1. 2 電解質溶液系のイメージ、巨大なアニオン
 3. 1. 3 固体電解質のイメージ
 3. 1. 4 仁科モデル、山形大学工学部
 3. 1. 5 電解液系の界面電気二重層（抵抗成分）
 3. 1. 6 二次電池の等価回路、液系電解液（質）
 3. 1. 7 セルの電流密度と内部抵抗
 3. 1. 8 電解質中の電位分布 $\phi(x)$
 3. 1. 9 20Ahセルの放電カーブと過電圧
 3. 1. 10 セパレータ内の電解質のイオン伝導度（データ）
 3. 1. 11 セパレータ内の電解質のイオン伝導度
 3. 1. 12 硫化物系固体電解質の構造
 3. 1. 13 酸化物系固体電解質LLZ、2007オリジナル

- 3. 2 固体電解質の種類と基礎特性、硫化物系と酸化物系その他
 - 3. 2. 1 電解液系とPVDFゲル電解液系のイオン伝導度
 - 3. 2. 2 電解質（固体、液体）と比較物質の特性（グラフ）
 - 3. 2. 3 Li^+ の電気量、FaradayとCoulomb
 - 3. 2. 4 TOYOTAー東京工大
 - 3. 2. 5 TOYOTAー東工大
 - 3. 2. 6 TOYOTAー東工大
 - 3. 2. 7 LISCON系などの固体電解質
 - 3. 2. 8 ハイドライド系固体電解質
 - 3. 2. 9 固体電解質のイオン伝導度（理化学値）
 - 3. 2. 10 固体電解質のイオン伝導度（デバイス値）
 - 3. 2. 11 主な固体電解質の化学式と特性、2024
 - 3. 2. 12 温度換算、1,000T-1v s. °C
 - 3. 2. 13 固体電解質の特性と化学式量
 - 3. 2. 14 固体電解質と比較物質の特性
 - 3. 3 固体電解質の耐電圧（Redox Window）への期待
 - 3. 3. 1 各種電解質の特性と耐電圧
 - 3. 3. 2 固体電解質LGPSのCV曲線（1）
 - 3. 3. 3 固体電解質LGPSのCV曲線（2）
 - 3. 3. 4 イオン性液体のCV曲線（耐電圧）n
 - 3. 4 固体電解質と全固体電池に関する企業の動向
 - 3. 4. 1 全固体電池に関する、直近12ヶ月の情報
 - 3. 4. 2 全固体電池への参入企業（パターン）
 - 3. 4. 3 全固体電池の開発（1）自動車メーカー
 - 3. 4. 4 全固体電池の開発（2）既存電池メーカー
 - 3. 4. 5 BEV用途の全固体電池、Q2/2023
 - 3. 4. 6 自動車用全固体電池、発売時期一覧
 - 3. 4. 7 課題BEVの安全性規格の制定と運用
 - 3. 4. 8 mini 全固体セルは“蓄電池”ではない
 - 3. 4. 9 MLCCとmini全固体セル、境界はない
 - 3. 4. 10 LLZ-Mg、Sr 日本特殊陶業（株）
 - 3. 4. 11 硫化リチウムの合成と電解質の製造（出光興産（株））
 - 3. 4. 12 三井金属鉱業（株）のA-SOLID（R）
-
- § 4. セルを構成するイオンと電子伝導Pathの形成
- 4. 1 正極材／固体電解質／負極材、接触と非接触
 - 4. 1. 1 液系電解液（質）から全固体電解質へ

- 4. 1. 2 LLZ (正方晶) 固体電解質のモルフォロジーと電極化
- 4. 1. 3 固体粒子間のLi⁺移動、模式図
- 4. 1. 4 固体電解質と正・負極材の相互関係
- 4. 1. 5 固体粒子間の接触界面、模式図
- 4. 1. 6 傾斜構造 (固体) 電解質電極板 (1)
- 4. 1. 7 傾斜構造 (固体) 電解質電極板 (2)

- 4. 2 イオン伝導Path形成へのアイデア
- 4. 2. 1 固体電解質セル、イオン伝導パスの形成 (1)
- 4. 2. 2 固体電解質セル、イオン伝導パスの形成 (2)
- 4. 2. 3 全固体リチウムイオン電池 構成案1
- 4. 2. 4 全固体リチウムイオン電池構成案2
- 4. 2. 5 正負極活物質と固体電解質の界面A, B and C

- 4. 3 固体電解質/イオン媒体/正・負極材
- 4. 3. 1 PVDFのT_g (−36℃) と応用範囲
- 4. 3. 2 PVDFおよび共重合体の粘弾性スペクトロメーター
- 4. 3. 3 粘弾性スペクトルPVDFホモポリ、コポリ
- 4. 3. 4 ポリマー系材料のハイブリッド化
- 4. 3. 5 全固体界面におけるPolymer-in-Salt、文献紹介
- 4. 3. 6 ポリマー/イオン性液体/電解液 (質) 概念図
- 4. 3. 7 ゲル状電解液の担持ポリマー
- 4. 3. 8 研究事例の紹介図表4. 3. 9 図表4. 3. 10
- 4. 3. 9 液体電解質の併用に依る固体界面のLi⁺移動促進
- 4. 3. 10 ACインピーダンス法による界面Li⁺イオン移動速度の測定

- 4. 4 正・負極材の電子伝導とイオン伝導
- 4. 4. 1 正極材の電気伝導率 (mS/cm)
- 4. 4. 2 正・負極材の電導度 (S/cm)
- 4. 4. 3 正・負極材のLi⁺拡散係数 (cm²/sec)
- 4. 4. 4 S/cm vs. DLi⁺cm²/sec
- 4. 4. 5 S/cm vs. DLi⁺cm²/sec データ

〈b〉 § 5. 全固体電池の実用化への現状と課題〈b〉

- 5. 1 全固体リチウムイオン電池へのロードマップ
- 5. 1. 1 蓄電デバイスの東西・南北
- 5. 1. 2 TOYOTAの全固体電池への取り組み2017–2018
- 5. 1. 3 NEDOの全固体電池ロードマップ (1)
- 5. 1. 4 NEDOの全固体電池ロードマップ (2)
- 5. 1. 5 何故に“全固体電池”か

- 5. 1. 6 全固体リチウムイオン・セルへの期待
- 5. 1. 7 二次電池の変遷、S字カーブと包絡線
- 5. 1. 8 EV用リチウムイオン電池、シナリオ#1
- 5. 1. 9 EV用リチウムイオン電池、シナリオ#2
- 5. 1. 10 EV用リチウムイオン電池、シナリオ#3

- 5. 2 開発事例と企業動向 (1)
- 5. 2. 1 酸化物系全固体電池の開発、2022-23
- 5. 2. 2 硫化物系全固体電池の開発、2022-23
- 5. 2. 3 日立造船 (株) の全固体電池
- 5. 2. 4 硫化物系全固体電池の特性例 (日立造船 (株))
- 5. 2. 5 酸化物系固体電解質セルの放電挙動@60℃
- 5. 2. 6 資料出光興産(株) 全固体電池
- 5. 2. 7 資料Prologium (台湾・台北1)
- 5. 2. 8 資料Prologium (台湾・台北2)

- 5. 3 全固体電池のコストモデル
- 5. 3. 1 GWhあたり正負極材その他部材所要量 (実際値)
- 5. 3. 2 全固体セルの原料・部材の重量、置換部分の重量
- 5. 3. 3 全固体セルの原料・部材の重量、置換部分の体積
- 5. 3. 4 セルの原材料コスト表、液系 v s. 固体
- 5. 3. 5 全固体セル v s. 液電解質セル、計算の仮定
- 5. 3. 6 セルの原材料コスト差額、液系 v s. 固体
- 5. 3. 7 全固体セル v s. 液電解質セル、まとめ

- 5. 4 セル設計と電極面積のモデル
- 5. 4. 1 液系電解液 (質) セルの単位電極面積 (実測モデル)
- 5. 4. 2 液系電解液 (質) セルの単位電極面積 (実測モデル)
- 5. 4. 3 仮説1、セルの電極面積 cm^2/Ah はイオン伝導度に比例
- 5. 4. 4 仮説1 (数値)、セルの電極面積 cm^2/Ah はイオン伝導度に比例
- 5. 4. 5 仮説2、セルの電極面積 cm^2/Wh はイオン伝導度に比例、充電電圧に反比例
- 5. 4. 6 正極と負極、容量のバランス (モデル)

- 5. 5 安全性と安全性試験規格
- 5. 5. 1 全固体電池燃えない、電解液燃える!?
- 5. 5. 2 電解液系電池の発火、何が燃えているか (1)
- 5. 5. 3 EV電池の発火、何が燃えているか (2)
- 5. 5. 4 全固体リチウムイオン電池の安全性試験 (UNモデル) 213
- 5. 5. 5 全固体セルをUNの安全性試験 (#1 T1-T4) で.. イメージ
- 5. 5. 6 全固体セルをUNの安全性試験項目 (#2 T5-T8) で.. イメージ

- 5. 5. 7 セルの設計段階における、安全性試験の優先度（1、電氣的試験）
- 5. 5. 8 セル設計における安全性試験の優先度（2、機械的試験）

＜b＞ § 6. 負極材の多様化と選択 ＜/b＞

- 6. 1 非炭素系のチタン酸リチウムLTO負極材（1）
 - 6. 1. 1 各種負極材の理論容量
 - 6. 1. 2 LTO 負極セルの充放電反応（1）
 - 6. 1. 3 LTO 負極セルの反応（2）
 - 6. 1. 4 LMO正極／LTO負極セルの充放電過程
 - 6. 1. 5 カーボン・コーティングLTOの容量とレート特性
 - 6. 1. 6 表面カーボンコーティングによるLTO負極材の特性改良
 - 6. 1. 7 LTO負極セルのサイクル特性（放電容量維持率）
 - 6. 1. 8 （引用）LTO負極セルの進歩
 - 6. 1. 9 各社のLTO負極セルの特性
 - 6. 1. 10 三菱自動車のLTO負極電池
- 6. 2 LTO負極材（2）、充放電特性
 - 6. 2. 1 LTOセルの特性（1）、充・放電
 - 6. 2. 2 LTOセルの特性（2）、低温とサイクル
 - 6. 2. 3 LTOセルの仕様例、2024
 - 6. 2. 4 LTO負極材とセルの生産、経緯と現状
 - 6. 2. 5 非炭素系負極材
 - 6. 2. 6 LTO負極セルの安全性
 - 6. 2. 7 負極材の選択とセルの安全性
 - 6. 2. 8 負極材の選択とパワーVS. エネルギー特性
 - 6. 2. 9 LTOセルの電極構成と充放電データ、文献紹介（古河電池技報）
- 6. 3 NTO（ニオブ）と類型負極セル
 - 6. 3. 1 LTOとNTOの開発状況、2000～2023
 - 6. 3. 2 LTO、NTO負極材の電位と充放電容量（計算）
 - 6. 3. 3 NTO、LTOとC6の理論容量
 - 6. 3. 4 （引用）東芝のNTO負極セル
 - 6. 3. 5 （引用）（株）東芝のNTO負極材、2023
 - 6. 3. 6 東芝のNTOセル（SCiBNb）、2025/06/04
- 6. 4 その他開発系の負極材
 - 6. 4. 1 TiO₂系負極材の特性と比較
 - 6. 4. 2 TiO₂系とWO₅系負極の理論容量（計算過程）
 - 6. 4. 3 WO₅系負極材の特性と比較

- 6. 5 SiおよびSiO系負極材の概要
 - 6. 5. 1 各種負極材の電位と充放電容量 (1 グラフ)
 - 6. 5. 2 各種負極材の電位と充放電容量 (2 データ)
 - 6. 5. 3 負極材の理論容量 (1) mAh/g、"/cm³
 - 6. 5. 4 負極材の理論容量 (2) mAh/g、"/ (cm³空隙率35%)
 - 6. 5. 5 合金系の高容量負極材の化学式と理論容量
 - 6. 5. 6 各種負極材の電位と充放電容量 (3 グラフ)
 - 6. 5. 7 各種負極材の電位と充放電容量 (4 データ)
 - 6. 5. 8 高容量負極材の効果 (1) 正・負極材重量
 - 6. 5. 9 液系セルにおける電解質溶液1.2Mの分布
 - 6. 5. 10 高容量負極材の効果 (2) 比容量試算
 - 6. 5. 11 SiO系負極材の位置付け、mAh/g
 - 6. 5. 12 Ragone Plot、エネルギーとパワー
- 6. 6 SiO系開発の経緯、2019～
 - 6. 6. 1 Si/SiO-C/G系負極材の開発グレードリスト2019
 - 6. 6. 2 AUO社Si-C Anode ANSY-060N
 - 6. 6. 3 高容量負極材の事例SiO/炭素複合負極
 - 6. 6. 4 SiO/Graphite mixture GSYuasa 2018
 - 6. 6. 5 2019年代の純Si負極材の開発研究
 - 6. 6. 6 産総研のSiO負極材と電極板構成
 - 6. 6. 7 SiO負極材特許、産総研 願2018-031293
 - 6. 6. 8 三元複合負極材 (キャパシタ用)、秋田大学の成果2025
 - 6. 6. 9 Li₂zSi₂+z 0<z<2 の特許技術、WO 2018/179969A1
- 6. 7 SiとSn合金系負極材、実用域の見定め
 - 6. 7. 1 負極電極層の密度 (嵩比重) と空隙率
 - 6. 7. 2 合金系負極材の体積変化と比較 (比重量)
 - 6. 7. 3 合金系負極材の体積変化と比較 (比体積)
 - 6. 7. 4 合金系負極材のLi化ステップ
 - 6. 7. 5 負極材の理論容量 (1)、mAh/g*とmAh/cm³**
 - 6. 7. 6 負極材の理論容量 (2)、Ah容量あたりのg数とcm³数
 - 6. 7. 7 理論容量の計算 (データ)、/gと/cm³ (上)、/Ah (下)
 - 6. 7. 8 合金系負極材のLi数と実用域
 - 6. 7. 9 Siの合金化充電、Li_αSiの過程と容量mAh
 - 6. 7. 10 Siの合金化充電、Li_αSiの過程と容量mAh
 - 6. 7. 11 高容量負極材、金属シリコンの例
- 6. 8 SiO_x/C負極の実用化
 - 6. 8. 1 SiO負極材、国内メーカー2023

- 6. 8. 2 SiO負極材の製造方法と特性、信越化学工業（株）
- 6. 8. 3 SiO負極材の製造方法と特性、信越化学工業（株）
- 6. 8. 4 SiO負極材特許、負極の容量～2000mAh/g
- 6. 8. 5 SiO負極材特許、負極の容量～2000mAh/g
- 6. 8. 6 SiO-C系の充放電容量と放電効率（1）、文献引用
- 6. 8. 7 SiO-C系の充放電容量と放電効率（2）、文献引用
- 6. 8. 8 PanasonicのEV用円筒セル（シリコン/炭素複合系）

6. 9 SiO_x/C負極のバインダー選択

- 6. 9. 1 シリコン負極材における、（山崎/駒場）モデル（1）
- 6. 9. 2 シリコン負極材における、（山崎/駒場）モデル（2）
- 6. 9. 3 SiO負極材のバインダーと電極の寸法安定性
- 6. 9. 4 SiO 100%負極の寸法変化データ
- 6. 9. 5 珪酸リチウム（バインダー水溶液1）
- 6. 9. 6 珪酸リチウム（バインダー水溶液2）
- 6. 9. 7 ポリアクリル酸PAAバインダー、東亜合成（株）ほか
- 6. 9. 8 電池製造とバインダー、技術情報と共合の必要性

6. 10 SiO_x/C系の応用展開

- 6. 10. 1 Li₂Si負極とLi₂S正極の特性
- 6. 10. 2 SiO_x負極/Li₂S正極の充放電反応
- 6. 10. 3 Li₂S正極とSiO負極の電極反応
- 6. 10. 4 炭素シェルユニットの体積効果
- 6. 10. 5 充放電可能な Cell VOLUME , イメージ図

〈b〉 § 7. （リチウム負極/硫黄正極）電池の理論、構成と可能性〈/b〉

- 7. 1 非遷移元素の正極と負極の組合せ
 - 7. 1. 1 S₈硫黄正極材とリチウムメタル負極（Ahグラフ）
 - 7. 1. 2 正極材の化学式、理論容量と実用容量一覧
 - 7. 1. 3 各種負極材の理論容量
 - 7. 1. 4 元素硫黄（Sulfur）の基本物性
 - 7. 1. 5 硫黄系正極剤の充放電反応、電子系
 - 7. 1. 6 負極の充電率と理論容量（1） mAh/cm³
 - 7. 1. 7 負極の充電率と理論容量（2）
 - 7. 1. 8 リチウムメタルとC₆黒鉛の比較（3）
 - 7. 1. 9 硫黄系正極によるリチウムイオン電池、技術の構成
 - 7. 1. 10 発電・蓄電デバイスの電気化学（反応）速度
- 7. 2 （リチウム負極/硫黄正極）の電極反応
 - 7. 2. 1 Li₂Suセルの電極反応（1 S₈硫黄）

- 7. 2. 2 LiSuセルの電極反応 (2 比較)
- 7. 2. 3 計算の課程1、FaradayとCoulomb
- 7. 2. 4 計算の課程2、正極と負極材の理論容量
- 7. 3 電極動作域の拡大、二次元から三次元へ
 - 7. 3. 1 リチウムメタル負極の利用効率向上、三次元化
 - 7. 3. 2 充放電可能な Cell VOLUME ,イメージ図
 - 7. 3. 3 リチウムメタルと炭素の比較
 - 7. 3. 4 (MC/炭素) と (硫黄/リチウム) の比較、(正+負) 極重量モデル
 - 7. 3. 5 LiSuセル (10Ah) の比容量■比較 (グラフ)
 - 7. 3. 6 LiSuセル (10Ah) の比容量■比較 (計算過程)
 - 7. 3. 7 リチウム硫黄電池の欠点と克服
- 7. 4 最近の開発成果と文献紹介
 - 7. 4. 1 技報引用、リチウムメタル負極の界面 351
 - 7. 4. 2 文献紹介、リチウムをプレドープした硫黄正極
 - 7. 4. 3 文献紹介、ガーネット型LLZとリチウム金属
 - 7. 4. 4 文献紹介、FBテクニカルニュース
 - 7. 4. 5 文献紹介、(リチウムメタル/固体電解質) 界面の短絡
 - 7. 4. 6 硫黄とリチウムメタルの基礎特性
 - 7. 4. 7 S8硫黄正極材とリチウムメタル負極 (Ahデータ)
- 7. 5 バインダーレスの電極構成
 - 7. 5. 1 (リチウム・硫黄/LiSu) 研究の動向、液体系と固体系
 - 7. 5. 2 バイポーラー全固体LiSuセル、正・負極の構成 (1)
 - 7. 5. 3 バイポーラー全固体LiSuセル、正・負極の構成 (3)
 - 7. 5. 4 LiSu固体電解質系電池の構成例
 - 7. 5. 5 LiSu電解液系電池の構成 (2)
 - 7. 5. 6 リチウム硫黄電池の電極構造例
 - 7. 5. 7 双極子リチウムイオン電池 (3ユニット例)
- 7. 6 目標レベルと可能性
 - 7. 6. 1 硫黄系正極セルGSyusa
 - 7. 6. 2 GSyusaのリチウム・硫黄電池
 - 7. 6. 3 各社の試作リチウム硫黄電池 (GSyusa、SSB、Factual)
 - 7. 6. 4 5V系正極と硫黄系正極材のコスト試算、(Ah, Wh)
 - 7. 6. 5 硫黄系高容量正極の目標
 - 7. 6. 6 S8硫黄正極とメタル負極の組合せ (Kg 重量)、10Ah
 - 7. 6. 7 S8硫黄正極とメタル負極の組合せ (L)、10Ah
 - 7. 6. 8 リチウムイオン・セルの特性向上、Ragone Plot

7. 6. 9 リチウムイオン電池の世界、その先は

7. 7 硫黄原料ソースの可能性

7. 7. 1 硫黄原料ソースの可能性

7. 7. 2 三井金属鉱業（株）のA-SOLiD（R）

〈b〉 § 8. 硫黄系固体電解質の化学特性と安全性〈/b〉

8. 1 硫化物と硫化水素の化学

8. 1. 1 硫化物の一般特性、化学便覧データ

8. 1. 2 硫化物Sulfideと硫酸塩Sulfate

8. 1. 3 硫化水素の反応、意外と知られていない

8. 1. 4 硫化水素による下水道管の腐食、文献

8. 1. 5 H₂Sガスのppmとmg/m³濃度の関係

8. 1. 6 H₂Sガスのppmとmg/m³濃度の関係（データ）

8. 1. 7 気体の水への溶解気体g/100g水

8. 1. 8 正極材に対する硫化水素などの反応

8. 1. 9 負極材に対する硫化水素などの反応

8. 2 化学物質規制と研究開発

8. 2. 1 主に化学物質から見た研究と生産

8. 2. 2 試験・研究機関の業務

8. 2. 3 主に化学物質から見た研究と生産（1）

8. 2. 4 主に化学物質から見た研究と生産（2）

8. 2. 5 毒物及び劇物取締法（本体）

8. 2. 6 毒劇法（毒物及び劇物取締法1）

8. 2. 6 毒劇法（昭和30）と施行令

8. 2. 7 GHSと表示（グローバルスタンダード）

8. 2. 8 GHSと表示（グローバルスタンダード）

8. 2. 9 LC50とLD50

8. 2. 10 毒物劇物に関する審議会

8. 2. 11 リチウムイオン電池マーキング多国籍

8. 2. 12 リチウムイオン電池への表示

8. 2. 13 労安法の指定物質、別表六

8. 2. 14 電解液の安全性データ

8. 2. 15 毒物及び劇物取締法、表示

8. 2. 16 労安法、化学物質を特定した規制（1）

8. 2. 17 労安法、化学物質を特定した規制（2）

8. 2. 18 SDSの記載の注意事項

8. 2. 19 SDS事例解説、リチウムメタル

- 8. 3 硫化物系電解質と硫化水素
- 8. 3. 1 固体電解質の化学式とイオン電導度 (1)
- 8. 3. 2 LC50
- 8. 3. 3 試算 (1)、LGPS経由のH₂Sと空間濃度mg/m³
- 8. 3. 4 試算 (2)、LGPS経由のH₂Sと空間濃度ppm
- 8. 3. 5 硫化水素H₂S、フッ化水素HFの溶解度 (水) Wt%
- 8. 3. 6 LiSuセルの電極反応 (1)
- 8. 3. 7 LiSuセルの電極反応 (2 比較)
- 8. 3. 8 硫化リチウムLi₂Sの安全データシート

- 8. 4 全固体電池の硫化水素対策
- 8. 4. 1 硫化物系固体電解質からの硫化水素発生
- 8. 4. 2 硫化水素対策の特許例 (1) Panasonic
- 8. 4. 3 硫化水素対策の特許例 (2)
- 8. 4. 4 硫化水素対策の特許例 (3) 都市ガス
- 8. 4. 5 硫化水素対策の特許例 (4)
- 8. 4. 6 二酸化マンガンのセル内部での硫化水素吸収

§ 9. 新たな電極設計と乾式プロセスへの移行

- 9. 1 良い電極板とは、バインダーの役割
- 9. 1. 1 リチウムイオン電極の模式図 (樹脂バインダー)
- 9. 1. 2 良い電極板とは、正・負極共通の項目
- 9. 1. 3 Wh当たりの電極面積と活物質容量
- 9. 1. 4 電極板塗工の速度と目付量モデル
- 9. 1. 5 塗工>乾燥ステップ (PVDF/NMP系)
- 9. 1. 6 PVDFの結晶化温度と冷却速度の関係
- 9. 1. 7 塗工>乾燥ステップ
- 9. 1. 8 湿式塗工した電極板の不良、ボイドと残留歪
- 9. 1. 9 電極板の断面と塗工欠陥
- 9. 2 バインダーの高分子化学、T_g、T_m、と電気化学
- 9. 2. 1 汎用電解液とポリマーの溶解、膨潤
- 9. 2. 2 ポリマーのT_g v s. T_mグラフ
- 9. 2. 3 T_gの低いポリマー4F、2F、2Cのグラフ
- 9. 2. 4 PVDFのT_m、T_cおよびJ/g
- 9. 2. 5 ポリマーの誘電率
- 9. 2. 6 PVDFの酸化、還元 (分子軌道計算)
- 9. 2. 7 電解液のHOMO、LUMOと電極電位
- 9. 2. 8 SBR共重合体の構造および添加成分
- 9. 2. 9 バインダーポリマーの融点 (乾燥後)

- 9. 3 現行のポリマーバインダー、メーカーと開発動向
 - 9. 3. 1 電極バインダーの現状と展開、2022～
 - 9. 3. 2 国内樹脂メーカーの電極バインダー、2024/25
 - 9. 3. 3 海外樹脂メーカーの電極バインダー、2024/25
 - 9. 3. 4 バインダーメーカーと関連業界（国内）
 - 9. 3. 5 バインダーメーカーと関連業界（欧米）
 - 9. 3. 6 ポリマーの生産拠点
 - 9. 3. 7 電解液系リチウムイオン電池とバインダー、1991～2028
 - 9. 3. 8 東レ（株）負極バインダー樹脂の比較
 - 9. 3. 9 東レ（株）のポリイミドバインダー、資料2013
 - 9. 3. 10 ポリアクリル酸PAAバインダー、東亜合成（株）ほか
 - 9. 3. 11 マンガン正極材用バインダー、東ソー（株）
- 9. 4 PVDFバインダー、PFOA&PFOSの誤解と理解
 - 9. 4. 1 PVDF水系ラテックスの開発、2024/25
 - 9. 4. 2 ARKEMA社のPVDF系バインダー（1）現行
 - 9. 4. 3 ARKEMA社のPVDF系バインダー（2）Dry Process
 - 9. 4. 4 懸濁重合PVDFの内部
 - 9. 4. 5 SOLVAY社PVDFバインダー（1）溶剤系
 - 9. 4. 6 SOLVAY社PVDFバインダー（2）水分散系
 - 9. 4. 7 （株）クレハ最近の特許公開7件、2023/4公開
 - 9. 4. 8 PFAS（PFOSとPFOA）の総称
 - 9. 4. 9 PVDF 3社の重合プロセス
 - 9. 4. 10 日本フッ素樹脂工業会の見解、2025
 - 9. 4. 11 ポリフッ化ビニリデンの原料（モノマー）のサプライ・チェーン
- 9. 5 電極板製造の転換、湿式プロセスから乾式へ
 - 9. 5. 1 製造設備と工程費（大型セルの製造）
 - 9. 5. 2 電極板の塗工・乾燥における効率モデル（グラフ）
 - 9. 5. 3 電極板の塗工・乾燥の効率モデル（数字）
 - 9. 5. 4 ポリマー系材料のハイブリッド化
 - 9. 5. 5 正極材の選択と電極バインダーの選定
 - 9. 5. 6 正・負極電極のバインダー、選択と集中
 - 9. 5. 7 NCA正極材の化学組成の事例と試算
 - 9. 5. 8 正極電極板の特性向上、バインダーとの関係
 - 9. 5. 9 電池製造とバインダー、技術情報と協力の必要性
- 9. 6 乾式プロセスの開発段階（1）、グローバルな動向
 - 9. 6. 1 究極のバインダーレスの電極板

- 9. 6. 2 乾式プロセスへの取り組み、2022-23
- 9. 6. 3 欧州のドライプロセス開発 (1)
- 9. 6. 4 欧州のドライプロセス開発 (2)
- 9. 6. 5 電極製造のドライ化、最近の研究 (1)、2025
- 9. 6. 6 電極製造のドライ化、最近の研究 (2)、2025
- 9. 6. 7 特許国際分類IPC、ドライ電極製造
- 9. 6. 8 ドライ電極製造、マクスウェル社特許 (1)
- 9. 6. 9 ドライ電極製造、マクスウェル社特許 (2)
- 9. 6. 10 ダイキン工業 (株) のドライプロセス
- 9. 6. 11 米AMB社の乾式プロセス
- 9. 6. 12 日本ゼオン(株)の電極板製造、ドライプロセス (1) 引用
- 9. 6. 13 日本ゼオン(株)の電極板製造、ドライプロセス (2)
- 9. 6. 14 (株) 東芝のSCdEプロセス、2023
- 9. 7 乾式プロセスの開発段階 (2)、PTFEフィブリル化法
 - 9. 7. 1 PTFE (テフロン) のフィブリル化 (繊維化)
 - 9. 7. 2 リチウムイオン電極の模式図 (PTFEバインダー)
 - 9. 7. 3 PTFEフィブリル法による電極板製造、電解液系
 - 9. 7. 4 乾式プロセスにおける電極層形成方法
 - 9. 7. 5 (引用) GSyusaの静電塗装セパレータ
 - 9. 7. 6 電極板製造における加熱、加圧方法
 - 9. 7. 7 電極の乾式プロセス関係の特許分類IPC
 - 9. 7. 8 電極のドライプロセス関係の国内出願例、D社
 - 9. 7. 9 電極のドライプロセス関係の国内出願解析、D社
 - 9. 7. 10 特許紹介 (1)、特開2025-60749、米TESLA社
 - 9. 7. 11 特許紹介 (2)、特開2023-99667、ダイキン工業 (株)
 - 9. 7. 12 特許紹介 (3)、特開2023-123968、ダイキン工業 (株)
 - 9. 7. 13 特許紹介 (4)、特開2023-129368、ダイキン工業 (株) 535
 - 9. 7. 14 特許紹介 (5)、特許7560764、ダイキン工業 (株)
 - 9. 7. 15 鈴木コンサルタント*の指摘
- 9. 8 まとめ、乾式プロセスへの期待
 - 9. 8. 1 今後の高性能化、10Ahレベルのセル
 - 9. 8. 2 ドライプロセス化のコストダウン
- 〈b〉 § 10. 双極子セルと固体電解質による電極の構成〈/b〉
 - 10. 1 単極子と双極子セルの比較、液絡防止構造ほか
 - 10. 1. 1 電池 (セル) の基本構成
 - 10. 1. 2 双極子 (左) 単極子 (右) 型電池 (セル)
 - 10. 1. 3 単極子セルの製造工程

- 10. 1. 4 単極子セルの電極構造
- 10. 1. 5 リチウムイオン電池（セル）の外装型式
- 10. 1. 6 双極子（バイポーラー）セルの外装型式
- 10. 1. 7 電解液系のイオン伝導度、10mS/cm
- 10. 1. 8 ポリマーゲルによる内部短絡回避
- 10. 1. 9 双極子セルと電解質（液）の関係
- 10. 1. 10 セルへの電解液の侵入方向（点線矢印）
- 10. 1. 11 双極子セルと正・負極材の選択（1）
- 10. 1. 12 双極子セルと正・負極材の選択（2）
- 10. 1. 13 双極子セルの構成案（1）
- 10. 1. 14 双極子セルの構成案（2）
- 10. 1. 15 双極子セルの構成（3）
- 10. 2 固体電解質とイオン移動パス、合理的方法は
- 10. 2. 1 主な固体電解質の化学式と特性、2024
- 10. 2. 2 固体電解質の特性と化学式量
- 10. 2. 3 電解質（固体、液体）と比較物質の特性
- 10. 2. 4 電解質のイオン伝導度（理化学値）
- 10. 2. 5 電解質のイオン伝導度（デバイス値）
- 10. 2. 6 固体電解質セル、イオン伝導パスの形成（1）
- 10. 2. 7 固体電解質セル、イオン伝導パスの形成（2）
- 10. 2. 8 固体粒子間のLi⁺移動、模式図
- 10. 2. 9 固体電解質と正・負極材の相互関係
- 10. 2. 10 固体粒子間の接触界面、模式図
- 10. 2. 11 双極子リチウムイオン電池の調査項目
- 10. 3 固体電解質と双極子セル（1）、構造の合理化
- 10. 3. 1 単極子／双極子&液体系／固体系
- 10. 3. 2 電解質（固体、液体）と比較物質の特性（グラフ）
- 10. 3. 3 電解質（固体、液体）と比較物質の特性（データ）
- 10. 3. 4 電極形成方法とバインダーの有無
- 10. 3. 5 液体媒体と固体電解質
- 10. 3. 6 全固体セルにおける電極層の形成方法
- 10. 3. 7 バイポーラー全固体（リチウム／硫黄）セルの構成（1）
- 10. 3. 8 バイポーラー全固体（リチウム／硫黄）セルの構成（2）
- 10. 3. 9 硫黄正極の固体電解質セル、バインダーレス電極
- 10. 3. 10 正・負極層を対向面に置くケース
- 10. 3. 11 双極子セルのユニット（1通電不可）
- 10. 3. 12 双極子（バイポーラー）セルのユニット（2通電可能）
- 10. 3. 13 双極子セルのユニット（3通電可能）

- 10. 3. 14 双極子セルのユニット（4通電不可）
- 10. 3. 15 双極子（バイポーラー）型セルのモジュール（1）
- 10. 3. 16 双極子（バイポーラー）型セルのモジュール（2）

- 10. 4 固体電解質と双極子セル（2）、特許情報ほか
 - 10. 4. 1 特許検索、双極子 and 固体電解質
 - 10. 4. 2 特表2023-534002、LGC韓国
 - 10. 4. 3 双極型電池の製造方法（特許公開1）
 - 10. 4. 4 双極子型全固体電池（特許公開2）
 - 10. 4. 5 双極子型全固体電池（特許公開3）

- 10. 5 双極子セルの実績と今後の開発
 - 10. 5. 1 バイポーラーセルの製品事例
 - 10. 5. 2 バイポーラー型ニッケル水素電池、PEVE
 - 10. 5. 3 （引用）バイポーラー型NiMHセル
 - 10. 5. 4 （引用）トヨタ自動車の双極子型全固体電池（1）
 - 10. 5. 5 （引用）トヨタ自動車の双極子型全固体電池（2）
 - 10. 5. 6 （株）東芝の双極子型全固体SCiB
 - 10. 5. 7 京セラ（株）のNENREZZA（R）
 - 10. 5. 8 APB、三洋化成工業、2020/12/21

- 10. 6 まとめ、組合せと新たな期待
 - 10. 6. 1 リチウムイオン電池の世界、その先は
 - 10. 6. 2 リチウムイオン・セルの特性向上、Ragone Plot
 - 10. 6. 3 全固体セルの展開、負極との対応（1-1）
 - 10. 6. 4 全固体セルの展開、負極との対応（1-2）
 - 10. 6. 5 全固体セルの展開、正極との対応（2）

〈b〉§ 11. まとめ〈/b〉

- A) リチウムイオン電池と周辺の技術分野（1）
- B) リチウムイオン電池と周辺の技術分野（2）
- C) JIS C 8715-2、品質計画と工程管理

参考資料一覧

著者紹介