

「EV用リチウムイオン電池のリユース&リサイクル」 目次

第1章 EVの拡大と電池のGWh総量

- 1.1 EVとEV用電池の概要
 - 1.1.1 リチウムイオン電池小史、1990/2020/2050
 - 1.1.2 電動化目標設定、世界各国と地域 (Q1/2023)
 - 1.1.3 自動車と電池エネルギー 大 中 小 .
 - 1.1.4 国産BEVの搭載電池容量 (kWh)
 - 1.1.5 FCVとEV、搭載エネルギーと航続Km (WLTC)
 - 1.1.6 EVの脱炭素効果、HEVとの比較 2019-2031
 - 1.1.7 EV用リチウムイオン電池の選択範囲
- 1.2 国別 (1) 米国
 - 1.2.1 米国の国内販売台数、2023
 - 1.2.2 米国の電池GWh推算、2023販売ベース
 - 1.2.3 米国のBEV台数の推定、2030
 - 1.2.4 米国のBEV用電池の総GWh推定
- 1.3 国別 (2) EU+UK
 - 1.3.1 EU+EFTA+UK 乗用車登録台数
 - 1.3.2 EU+EFTA+UK 乗用車経時変化
 - 1.3.3 (EU+UK) 域のICE廃止 (1)、2030/35
 - 1.3.4 (EU+UK) 域のICE廃止 (2)、電池GWh
- 1.4 国別 (3) 日本
 - 1.4.1 日本国内乗用車販売*、燃料別販売実績 2023 自販連データ
 - 1.4.2 日本国内の電動自動車 (販売)、直近12ヶ月 (グラフ)
 - 1.4.3 日本国内の乗用車の電動化モデル (2) 台数、~2030/35
 - 1.4.4 日本国内の乗用車の電動化モデル (3) 電池GWh、~2030/35
- 1.5 グローバルなGWh集計と2030/35モデル
 - 1.5.1 グローバルの登録台数 (棒グラフ)、2023
 - 1.5.2 グローバルの登録台数 (円グラフ)、2023
 - 1.5.3 グローバルの電池GWh総量推定、2023
 - 1.5.4 各国内販売車、2030/35電池総GWh推定 (データ)
 - 1.5.5 各国内販売車、2030/35電池総GWh推定 (指数グラフ)
 - 1.5.6 (参考) 大手自動車と電池メーカーの2030年計画
 - 1.5.7 (参考) トヨタ自動車のBEV (世界) 計画、2023/04
- 1.6 IEAの電池総量予測
 - 1.6.1 IEAの電池総量予測
 - 1.6.2 IEAの電池総量予測 (1)、Tera (1,000) GWh
 - 1.6.3 IEAの電池総量予測 (2)、5,000GWh超@2030
- 1.7 BEVの台数と電池のGWh総量、比例と反比例
 - 1.7.1 BEVの台数と所要電池総数GWh
 - 1.7.2 電池総GWhとEVの台数
 - 1.7.3 電動自動車の生産台数と電池総GWh
 - 1.7.4 セルの形態、平板 (積層)、円筒と角槽
 - 1.7.5 EV用電池の多様性、標準化への課題
- 1.8 (参考) 各国データベースによるEV登録台数
 - 1.8.1 中国NEVの国内 (乗用) 販売台数、2023
 - 1.8.2 EU+EFTA+UK 乗用車登録台数
 - 1.8.3 国内乗用車販売*、燃料別販売実績 2023 自販連データ
 - 1.8.4 国内乗用車販売*、燃料別販売実績 2023 自販連グラフ
 - 1.8.5 カナダ国内販売台数、2023

第2章 EV用電池の特性 (kWh、kW、サイクルXとライフ√X)

- 2.1 比容量Wh/Kgと比出力W/Kg (基礎)
 - 2.1.1 EV用電池の比容量Wh/kg、2023レベル
 - 2.1.2 エネルギー特性の低下、パワー特性の低下
 - 2.1.3 エネルギーとパワー、トレードオフ
 - 2.1.4 EV製品セル出力の温度特性 (指数)
- 2.2 比容量とBEVの重量バランス (実用)
 - 2.2.1 単電池の比容量Wh/kgとBEV車載電池の重量kg
 - 2.2.2 電池の比容量とEV搭載電池重量kg (グラフ)
 - 2.2.3 リチウム硫黄セル (10Ah) の比容量 (試算)
 - 2.2.4 セルのモジュール化に伴う比容量の低下 (モデル)
 - 2.2.5 (参考) エネルギー密度の比較 (2グラフ表示)
- 2.3 容量低下と出力特性のバランス (Ragone Plot)
 - 2.3.1 Ragone Plot、パワー特性 (質量kg基準表示)
 - 2.3.2 車載電池の比容量と比出力、Ragone Plot
 - 2.3.3 √サイクル数 vs. 内部抵抗上昇率 % 25°C 45°C
 - 2.3.4 EV用製品セルの入出力特性 vs. SOC (1)
 - 2.3.5 EV用製品セルの入出力特性 vs. SOC (2)
 - 2.3.6 電解液系電池の劣化モデル、エネルギーとパワー
- 2.4 時間と空間の中で、リサイクルとの接点
 - 2.4.1 リサイクルにおける空間と時間の影響
 - 2.4.2 EV用電池ユニットの急速充電と発熱
 - 2.4.3 電池の充電時のジュール発熱、kJ
 - 2.4.4 EV電池システム、温度と時間
 - 2.4.5 電池のライフと“温度、時間の重ね合せ原理”
- 2.5 安全性とリサイクルの関係
 - 2.5.1 EV発火事故、BYD車ほか
 - 2.5.2 安全性、製品電池と使用済み廃電池
 - 2.5.3 安全性との関係、問題の切り口 (電池)
 - 2.5.4 安全性試験と時間の経過
- 2.6 電池特性の課題と解決
 - 2.6.1 全固体リチウムイオン電池
 - 2.6.2 全固体電池の開発、自動車メーカー
 - 2.6.3 BEV用途の全固体電池、Q2/2023
 - 2.6.4 NEDOの全固体電池ロードマップ

第3章 新たな正・負極材の拡大とリサイクルの対応

- 3.1 リチウムイオン電池の正・負極材とリサイクル
 - 3.1.1 正極剤の理論容量と実用容量
 - 3.1.2 正極材の実用容量 (1)、AhとWh
 - 3.1.3 正極材の実用容量 (2)、AhとWh
 - 3.1.4 正極材のWh=Ah×V、理論値 (リニア表示)
 - 3.1.5 正極材のWh=Ah×V、理論値 (対数表示)
 - 3.1.5 正極材のWh=Ah×V、理論値 (対数表示)
 - 3.1.6 正極材のWh=Ah×V (理論計算とデータ)
 - 3.1.7 正極材のkWh放電容量あたり重量Kg
- 3.2 NMC三元系正極材の特性と選択
 - 3.2.1 NMCxyz系正極材の放電特性
 - 3.2.2 NMCxyz正極材のAhとWh容量、実用レベル評価
 - 3.2.3 NMCxyz系正極材の放電特性 (数値データ)
- 3.3 コバルトフリー系の選択 (1) 鉄リン酸系LFP
 - 3.3.1 正極材の選定と特性、NMC811とLFP
 - 3.3.2 LFPの改良モルフォロジー
 - 3.3.3 コバルトフリー正極材の比較 (Ah)
 - 3.3.4 コバルトフリー正極材の比較 (データ)
 - 3.3.5 製品セルの比容量 (1)、LFP、LFMPとNMC

- 3.3.6 製品セルの比容量 (2)、LFP、LFMP と NMC
- 3.3.7 製品セルにおける比容量、LMFP ほか
- 3.3.8 正極材の比較、NMC811 と LFP
- 3.3.9 LFP 電池 (GWh/年) 生産と原材料の所要量 Kg 単位
- 3.3.10 LFP 電池 (GWh/年) 生産と原材料の所要量 万トン単位
- 3.3.11 BYD 社の LFP 正極材電池とバス
- 3.3.12 中国における LFP 正極材の生産、GGII
- 3.4 コバルトフリー系の選択 (2) LMFP とマンガン系の見直し
- 3.4.1 正極材の遷移元素の放電電位 (文献値)
- 3.4.2 LMFP 正極材セルの放電カーブ*
- 3.4.3 新規 LMFP 正極材の特性比較
- 3.4.4 LMFP と NMC811 の放電容量 mAh/g
- 3.4.5 LMFP 初段と後段の比較
- 3.4.6 正極材の Wh=Ah×V 理論値 (両対数 2)
- 3.4.7 LFP、LMFP と NMC622 比較、正極材重量と Li 重量
- 3.4.8 LFP、LMFP と NMC622 比較 (計算データ)
- 3.4.9 LFP、LMFP と NMC622 比較、まとめ
- 3.4.10 マンガン系正極材の性能向上、三井化学、豊田中堅
- 3.4.11 三井金属鉱業、特開 2013-41840
- 3.4.12 (LMO/LNO) 混合系の特性 (Wh)
- 3.4.13 (参考) 正極材の電気伝導率 (mS/cm)
- 3.4.14 (参考) 正極材の真比重と電極密度

第4章 電池の廃棄とリサイクルに関する法規制と諸規定

- 4.1 リサイクルに関する国内法規全般
- 4.1.1 リサイクルに係る国内法全般
- 4.1.2 資源・環境関係法の相互関係と機能
- 4.1.3 資源有効利用促進法 (2001 日本)
- 4.1.4 二次電池の 3R と関連事項
- 4.1.5 (まとめ) 電池のリサイクルとリユース、国内関係法令
- 4.1.6 電気事業法改正、2023 年 4 月施行
- 4.1.7 発電設備の区分 (電気事業法)
- 4.1.8 蓄電池の電気事業法上の扱い
- 4.2 民生用電池のリサイクルとルール
- 4.2.1 電池応用機器の回収と電池処理、JBRC
- 4.2.2 応用機器類と二次電池の回収、リサイクルと再資源化
- 4.2.3 電池工業会のマーキングガイドライン (1)
- 4.2.4 電池工業会のマーキングガイドライン (2)
- 4.3 自動車リサイクル法と関連
- 4.3.1 EV の廃車と廃電池リサイクル、種々のケース..
- 4.3.2 自動車リサイクル法、実効性の確保!
- 4.3.3 自動車リサイクル法とリチウムイオン電池
- 4.3.4 HEV 電池の買取制度のスタート
- 4.3.5 HEV 用 NiMH 電池のリサイクル、トヨタ自動車
- 4.3.6 電池サプライチェーン協議会
- 4.4 汚染三法 (国内) とリサイクル関係
- 4.4.1 汚染三法 (国内) と廃リチウムイオン電池の処理
- 4.4.2 土壌汚染対策法 (特定有害物質 (平成 19 年))
- 4.4.3 水質汚濁防止法 (公共用水域の水質汚濁)
- 4.4.4 大気汚染防止法 (固定発生源 (1))
- 4.4.5 大気汚染防止法 (固定発生源 (2))
- 4.4.6 大気汚染防止法 (固定発生源 (3))
- 4.4.7 (参考) 固体電解質の化学式
- 4.4.8 (参考) 固体電解質を構成する元素と比較
- 4.5 バーゼル条約/バーゼル法と運用状況

- 4.5.1 廃電池とバーゼル法の規定
- 4.5.2 バーゼル条約/法の現状、経済産業省 2024
- 4.5.3 バーゼル条約/法、特定有害廃棄物
- 4.5.4 バーゼル法の対象物 (1)
- 4.5.5 バーゼル法の対象物 (2)
- 4.5.6 バーゼル法の対象物 (3)
- 4.5.7 廃電池の焙焼物質 (ブラックマス) の扱い
- 4.5.8 (参考) PFOS、PFOA
- 4.6 (関連資料) EU 指令ほか
- 4.6.1 EU 電池指令全般
- 4.6.2 EU 指令、RoHS、WEEE と EU 電池指令の概要
- 4.6.3 EU 電池指令 新追加・旧
- 4.6.4 EU 電池指令の化学物質規制
- 4.6.5 CE マーキング (EU 地域向け輸出)
- 4.6.6 EU 電池指令の 2020 年改定動向

第5章 EV 用電池のリユース、該当分野とビジネス展開

- 5.1 リユースとリサイクルの分岐点
- 5.1.1 (2.3.6) 電解液系電池の劣化モデル、エネルギーとパワー
- 5.1.2 リユースへの転換点のイメージ図
- 5.1.3 電池工業会 BAJ のリユースに関するアクション
- 5.1.4 リチウムイオン電池の再利用について、電池工業会
- 5.1.5 急速充電の充電速度 (C レート) と電流
- 5.1.6 IEC62660-1 放電出力制御
- 5.1.7 リユース RU とリサイクル RR (区分)
- 5.1.8 リユース RU とリサイクル RR (電池)
- 5.2 リユースと技術情報の流れ
- 5.2.1 リユースとリサイクル、技術情報の流れ (1)
- 5.2.2 リユースとリサイクル、技術情報の流れ (2)
- 5.2.3 安全性に関する情報の流れ
- 5.2.4 “電池パスポート”、バリューチェーン
- 5.3 UL1974 など関連の認証規格
- 5.3.1 UL 規格 (認証) の階層、A.B.&C.
- 5.3.2 UL1973 定置用電池の規格
- 5.3.3 UL1974 の評価プロセス (概要)
- 5.3.4 UL の業務と役割
- 5.3.5 UL など安全性認証のヒエラルキー
- 5.3.6 (参考) セルの劣化と内部抵抗の増大
- 5.3.7 (参考) セルの正常劣化とインピーダンス増加 (1)
- 5.3.8 (参考) セルの異常劣化とインピーダンス増加 (2)
- 5.4 企業のビジネス展開、直近 12 ヶ月
- 5.4.1 リチウムイオン電池のリユース、企業動向 (直近 12 ヶ月)
- 5.4.2 先行事例、4R エナジー社
- 5.4.3 (紹介) トヨタ環境取組プラン 7th
- 5.4.4 スイープ方式の蓄電池、トヨタ/JERA2022
- 5.5 BEV からの電池取外と冷却システム
- 5.5.1 セル>モジュール>ユニットの接続と取外
- 5.5.2 BEV 電池の取り外しとリユース性
- 5.5.3 日産自動車 LEAF 自然空冷

第6章 EV 用電池のリサイクル、企業動向と新たな展開

- 6.1 起点から終点まで、リサイクル全体の流れ
- 6.1.1 元素リサイクルによる正極材製造、電池と EV 走行
- 6.1.2 EV 等の廃電池の処理と資源リサイクル
- 6.1.3 EV 万台>電池 GWh> (1+X 年) 廃電池>リサイクル元素
- 6.1.4 問題の切り口 (全体)

- 6.1.5 問題の切り口 (BEV)
- 6.1.6 問題の切り口 (4R)
- 6.2 経時的に見たリサイクル、累積量のカウント
 - 6.2.1 EV 用電池の各年 GWh とリサイクル、GWh 表示
 - 6.2.2 EV 等の電池所要量と廃電池発生量の試算
 - 6.2.3 EV 用電池の各年 GWh とリサイクル、データ
 - 6.2.4 EV 用電池の各年 GWh とリサイクル (グラフ)
 - 6.2.5 EV 用電池の各年 GWh とリサイクル (データ)
- 6.3 リサイクルプロセスの概要、焙焼と化学分離
 - 6.3.1 ニッケル地金の製造 (採鉱と精錬)
 - 6.3.2 正極材の素原料 CoNi、鉱石 > 精錬 > ・ ・ > 合成
 - 6.3.3 有価元素の回収方法、JX 金属株 特許公開 1
 - 6.3.4 有価元素の回収方法、JX 金属株 特許公開 2
 - 6.3.5 (酸性水溶液/有機溶媒) 系の抽出モデル
 - 6.3.6 (参考) 溶媒抽出による遷移元素の分離
 - 6.3.7 溶媒抽出法の作用機序と相の構成
 - 6.3.8 技術紹介、エマルジョン・フロー社の抽出方法
 - 6.3.9 (参考) 経済産業省検討会
 - 6.3.10 (参考) 経済産業省資料 1
 - 6.3.11 (参考) 経済産業省資料 2
 - 6.3.12 (参考) 経済産業省資料 3
- 6.4 国内外の企業動向、全体と鉱産系など業種別
 - 6.4.1 EV 等の廃電池の処理と資源リサイクル (1)
 - 6.4.2 EV 等の廃電池の処理と資源リサイクル (2)
 - 6.4.3 リチウムイオン電池のリサイクル関係、企業動向 (全)
 - 6.4.4 リチウムイオン電池のリサイクル関係、企業動向 (鉱産企業)
 - 6.4.5 リチウムイオン電池のリサイクル関係、企業動向 (自動車、電池)
 - 6.4.6 リチウムイオン電池のリサイクル関係、企業動向 (化学その他)
 - 6.4.7 主要企業のリサイクル生産概要*
 - 6.4.8 欧州におけるリサイクル関連企業
 - 6.4.9 ドイツにおける主なバッテリー (セル) 工場と計画、2023 現状
 - 6.4.10 ドイツにおける主な電池工場計画と現状、2023
 - 6.4.11 ドイツにおける主なバッテリー (セル) 工場と計画、2023 実態
 - 6.4.12 EU におけるリサイクル動向
 - 6.4.13 中国のリサイクルとリユース (1)、2018
 - 6.4.14 中国のリサイクルとリユース (2)
- 6.5 リサイクルの合理化、ハブ方式 vs. 独立方式
 - 6.5.1 グローバルに見た廃電池と元素資源のリサイクル、A. 独立ケース
 - 6.5.2 グローバルに見た廃電池と元素資源のリサイクル、B. 輸出オーバー
 - 6.5.3 元素リサイクルのハブ方式と独立方式
 - 6.5.4 最近の事例、総合的な元素リサイクル
- 6.6 リチウムのリサイクル
 - 6.6.1 リサイクルの対象、リチウムと有価元素
 - 6.6.2 充電、放電と中間における正・負極の化学組成
 - 6.6.3 リチウムの新規供給計画、2021~1Q/2022
 - 6.6.4 新規なりチウム分離・回収技術開発、2021~
 - 6.6.5 廃リチウムイオン電池正極層の処理例 (1)
 - 6.6.6 廃リチウムイオン電池正極層の処理例 (2)
 - 6.6.7 “都市鉱山” のリチウム資源ソース、(g/L) 濃度比較
 - 6.6.8 “都市鉱山” 廃電池処理プロセス 計算過程

- 6.7 (資料) 電池 GWh あたりの元素資源量
 - 6.7.1 リサイクルの対象、リチウムと有価元素
 - 6.7.2 GWh あたりの電池重量 (1,000kg/GWh)
 - 6.7.3 電池 GWh あたりの元素資源量、NMC3 元系正極材
 - 6.7.4 電池 GWh あたりの元素資源量、算出過程と係数計算過程と数値データ
 - 6.7.5 電池総量 GWh に対する Li、Co、Mn 所要量、NMC622
 - 6.7.6 ニッケル、コバルト系正極剤の前駆体所要量
 - 6.7.7 多元系正極材、電気化学データ

第7章 リサイクル元素資源と正極材合成のリンク、水平展開と効果

- 7.1 正極材のリサイクルモデル、単元系と多元系
 - 7.1.1 正極材のリサイクルモデル (1)、分離/非分離
 - 7.1.2 正極材のリサイクルモデル (2 単/二元系)、分離/非分離
 - 7.1.3 正極材のリサイクルモデル (3 三元系)、分離/非分離
 - 7.1.4 正極材の水平リサイクル (1) NMC622 三元系
 - 7.1.5 正極材の水平リサイクル (2) NCA 二元系
- 7.2 水平リサイクルの研究事例、電池討論会 64th
 - 7.2.1 正極材の水平リサイクル例 (1) 1D09 64th
 - 7.2.2 正極材の水平リサイクル例 (2) 1D08 64th
 - 7.2.3 Co、Ni、Mn 化合物の特性と合成反応
 - 7.2.4 NMC 三元系正極材の液相 (バッチ) 合成反応
 - 7.2.5 NC 二元系正極材、リチウム化と焼成ステップ
 - 7.2.6 Ni、Co 二元系正極材の水平リサイクル (1) *
 - 7.2.7 Ni、Co 二元系正極材の水平リサイクル (2) *
- 7.3 多元系正極材の合成プロセス
 - 7.3.1 NMC 正極材の合成 (1) 液相/固相合成
 - 7.3.2 NMC 正極材の合成 (2) 噴霧造粒
 - 7.3.3 NMC 正極材の合成 (3) 硫酸塩混合法
 - 7.3.4 NMC 正極材の合成 (4) 液相/固相合成
 - 7.3.5 ゼルーゲル法と無機塩法の比較
 - 7.3.6 噴霧造粒・焼成系の正極活物質と同電極板
- 7.4 電池製造から見た正極材の選定、特性と異物等の管理
 - 7.4.1 生産用 (二、三元) 正極材、要求される事項
 - 7.4.2 電池メーカーでの正極材評価
 - 7.4.3 ボーイング 787 機の蓄電池インシデント、運輸安全委員会報告と米国運輸安全委員会勧告

第8章 リサイクルとサプライに関する諸規制と SDGs

- 8.1 全体像と対象のマグニチュード
 - 8.1.1 “電池パスポート”、バリューチェーン
 - 8.1.2 リサイクルにおける空間と時間の影響
 - 8.1.3 電池サプライチェーン協議会の解説、EU 電池規則
 - 8.1.4 電池サプライチェーン協議会、日本 2021
 - 8.1.5 リサイクルと諸規制ミスマッチはないか、.
 - 8.1.6 (1.5.3) グローバルの電池 GWh 総量推定、2023
- 8.2 EU 電池規制と元素リサイクル
 - 8.2.1 EU 電池規制の概要 (1)
 - 8.2.2 使用済みバッテリーからの再資源化率の達成義務
 - 8.2.3 EU 電池規制の概要
 - 8.2.4 バッテリーの分類、EU 電池規制 (2022/12)
 - 8.2.5 Life cycle in Lithium ion battery (1)
 - 8.2.6 Life cycle in Lithium ion battery (2)
 - 8.2.7 リチウムイオン電池のライフ・サイクル (L&C) Life cycle (L&C) in Lithium ion battery

- 8.2.8 EU 電池規制の内容 (1 取扱ほか)
- 8.2.9 EU 電池規制の内容 (2 電池の回収率)
- 8.2.10 EU 電池規制の内容 (3 元素の回収率)
- 8.2.11 EV 電池のデータ共有システムか…
- 8.2.12 Catena-X カテナ-X の枠組み、欧州主導
- 8.3 日本国内の動向と態勢構築
 - 8.3.1 (一社)自動車・蓄電池トレーサビリティ推進センター (1)
 - 8.3.2 (一社)自動車・蓄電池トレーサビリティ推進センター (2)
 - 8.3.3 (一社)自動車・蓄電池トレーサビリティ推進センター (3)
 - 8.3.4 ウラノス・エコシステムの概要
- 8.4 CFP と IEA の解析例
 - 8.4.1 電池とカーボン・フットプリント、CPCIC
 - 8.4.2 自動車の LC GHG 比較 (2)、IEA+ α
 - 8.4.3 自動車の LC GHG 比較 (2)、IEA+ α
 - 8.4.4 自動車のライフサイクル CO₂
 - 8.4.5 EV、PHV と HV、相対的なコスト比較
 - 8.4.6 電池生産に伴う GHG 発生、gCO₂/kWh
 - 8.4.7 電池生産に伴う GHG 発生、gCO₂/kWh (データ)
 - 8.4.8 電池生産に伴う GHG 発生、正極材別内訳

第9章 (特別寄稿) リチウムイオン電池のリサイクル技術開発動向

早稲田大学教授 所 千晴

- 9.1 はじめに
- 9.2 車載用リチウムイオン電池のライフサイクルの概要
- 9.3 リチウムイオン電池のリサイクル技術開発動向
 - 9.3.1 放電 (失活)
 - 9.3.2 解体
 - 9.3.3 焙焼 (加熱)
 - 9.3.4 還元
 - 9.3.5 破碎・粉砕
 - 9.3.6 物理選別
 - 9.3.7 酸浸出
 - 9.3.8 分別沈殿
 - 9.3.9 溶媒抽出
 - 9.3.10 膜分離
 - 9.3.11 リチウムイオン電池リサイクルの実際
- 9.4 リチウムイオン電池リサイクル技術開発に対する筆者

らの取り組み 17)-20)

9.5 終わりに

参考文献

第10章 リサイクル関連の特許出願と技術解析

- 10.1 最近の出願件数、分野別と企業別
 - 10.1.1 廃電池処理関係の特許、全件数
 - 10.1.2 特許公開件数 (分野別、企業別グラフ)
 - 10.1.3 元素資源リサイクル特許出願、鈳産系企業 (1)
 - 10.1.4 元素資源リサイクル特許出願、鈳産系企業 (2)
 - 10.1.5 廃電池処理関係の特許 (有価物限定)
- 10.2 遷移元素分離の溶媒抽出法の特許例
 - 10.2.1 IPC C22B**
 - 10.2.2 溶媒抽出法の特許技術例、IPC 分類
 - 10.2.3 特許技術、溶媒抽出プロセス (JX 金属)
- 10.3 リサイクルと国際特許分類 IPC (1)
 - 10.3.1 参考、主な処理プロセスと内容
 - 10.3.2 国際特許分類 IPC H01M
 - 10.3.3 IPC による特許の検索例
 - 10.3.4 廃電池の処理に関する特許分類 (1) IPC
 - 10.3.5 廃電池の処理に関する特許分類 (2) IPC
 - 10.3.6 廃電池の処理に関する特許分類 (3) IPC

第11章 元素リサイクルの物理化学

- 11.1 三元系正極材の元素組成と表記
- 11.2 元素資源と素原料の重量比 (データ)
- 11.3 NCA 二元系の組成と mAh/g 容量 (データ)
- 11.4 元素資源と素原料の重量比 (グラフ)
- 11.5 充電、放電と中間における正・負極の化学組成
- 11.6 炭酸リチウム及び関連物質の溶解度 (水 25°C)
- 11.7 リチウム及び関連物質の溶解度 (水 25°C)
- 11.8 遷移元素化合物の水溶性と分離機能
- 11.9 遷移元素化合物の水溶性 (データ)
- 11.10 極材関連の遷移金属のイオン化傾向
- 11.11 イオン交換樹脂と選択係数*
- 11.12 廃電池の処理過程における化学反応と変化
- 11.13 鈳産ニッケルとコバルトの精錬、住友金属鈳山(株)

参考資料一覧――