

携帯電話用リチウムイオン二次電池の LCA 分析

武蔵工業大学 環境情報学部
環境情報学科 伊坪研究室
0331033 大内 昂輔
0331157 湯 龍龍
0331165 中村 亮

目次

1. 序論
 - 1.1 社会的背景
 - 1.2 既存研究

2. 目的調査範囲
 - 2.1 目的
 - 2.2 調査範囲
 - 2.2.1 対象製品
 - 2.2.2 機能単位
 - 2.2.3 システム境界
 - 2.2.4 計算方法

3. インベントリ分析
 - 3.1 データ収集方法と計算方法
 - 3.1.1 素材製造
 - 3.1.2 組立
 - 3.1.3 使用
 - 3.1.4 廃棄・リサイクル
 - 3.2 インベントリ分析結果

4. 影響評価

5. 比較
 - 5.1 鉛蓄電池との比較
 - 5.2 一次電池との比較

6. 考察

7. 結論

8. 参考文献

1. 序論

1.1 社会的背景

リチウムイオン二次電池は近年著しい伸びを見せ、図 1-1 (電池工業会 HP) からわかるように小型二次電池のトップシェアを獲得した。リチウムイオン二次電池の需要はますます高くなり携帯電話や、ノートパソコンなどあらゆるものに使われるようになった。大型リチウムイオン電池も電気自動車とハイブリッド車の好調で市場需要が伸び、大学と産業界でも多くの研究が行われている

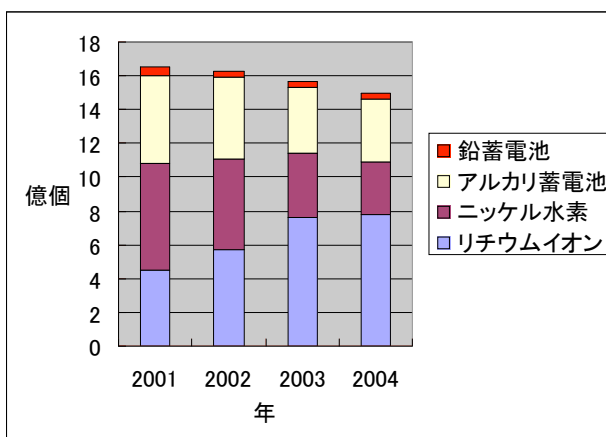


図 1-1 二次電池の生産量における各電池の割合

リチウムイオン二次電池が電池市場に選ばれた理由は、小型、軽量、高電圧、メモリ効果なし、良好なサイクル性など優れた製品性能にある。

リチウムイオン電池の放電・充電のメカニズムは、リチウムイオンが正極と負極との間を行ったり来たりするだけであり、正極材料と負極材料の形態は本質的には変化しない。

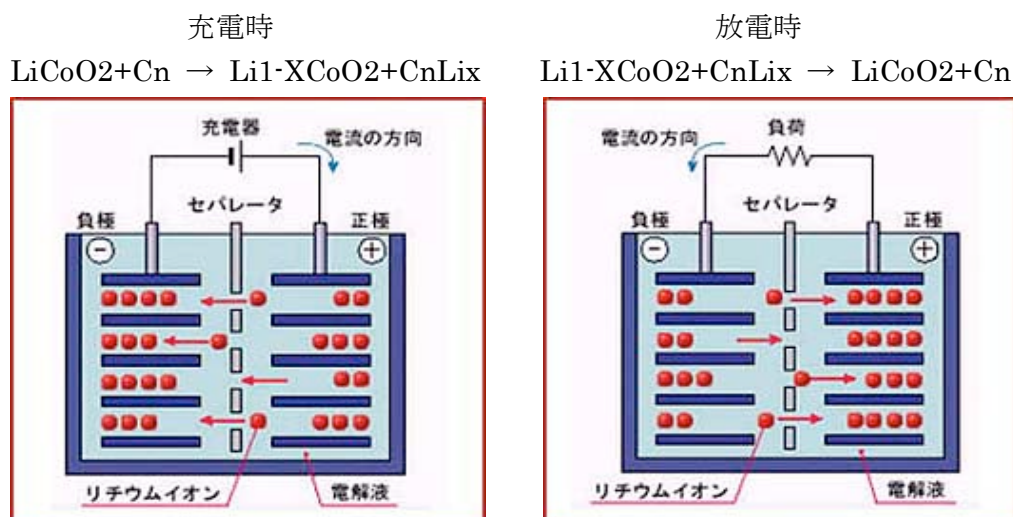


図 1-2 リチウムイオン二次電池の充放電メカニズム

環境の側面で見るとリチウムイオン二次電池はエネルギー密度が高いため小型化、軽量化でき、さらに一次電池と違い、繰り返し使えるので省資源化に有用である。他にも同じ二次電池の中で鉛蓄電池に使用されている鉛や、ニカド電池に使用されているカドミウムを使用していないなど人体への影響も少ない。そして電気自動車においては大気汚染を抑える環境性能も明らかである。しかし、現在商品化されているリチウムイオン二次電池の代表的な正極材料はコバルト酸リチウムであり、コバルトは貴重

な資源であるため、大量に使うと資源の枯渇性に寄与する問題も指摘されている。

このような背景から、リチウムイオン二次電池による環境負荷をライフサイクルの全体を通して、LCA手法を使って定量的に評価した。

1.2 既存研究

近年、電気自動車や、ハイブリッド車の環境性能評価の研究が盛んに行われている。そのため、大型リチウムイオン二次電池のLCAが良く見られるが、小型電池（携帯電話、ノートパソコン）のLCA既存研究はあまり見られない。さらに、LCAの既存研究でも製造段階についての評価が中心であって、製造・使用・リサイクル全体を含めたLCA研究はあまり行われていないのが現状である。

具体例としては、「リチウム電池を対象としたライフサイクルアセスメントの実施」（産業技術審議会.1997）で、電気自動車用大型リチウム電池の製造段階のLCIを行っており、CO₂排出量のみを結果として発表している。他にも「Life cycle Analysis of Large-size Lithium-ion Secondary Batteries」（電力中央研究所、日本福祉大学.2002）では、ニッケル（+コバルト）酸リチウムとマンガン酸リチウムを正極材とする自動車用リチウム電池のライフサイクルにおけるCO₂排出量を比較したものがあある。小型用のリチウムイオン電池は「積み上げ法によるIT関連機器の社会環境影響評価」（森俊介.2005）で、携帯電話を対象としたLCAを行っているが、その中でリチウムイオン電池のデータは産業技術審議会の大型リチウムイオン電池のデータを使用している。

エコリーフの製品においては、リチウムイオン電池の環境負荷は乾電池の環境負荷から換算した結果である。

2. 目的と調査範囲

2.1 目的

今回、携帯用リチウムイオン二次電池のLCAを実施し、そのライフサイクルにおける環境負荷を明らかにすることを目的にした。また、他電池との比較を行い、リチウムイオン電池の環境優位性を検証する。

2.2 調査範囲

2.2.1 対象製品

仕様：角型リチウムイオン電池、680mAh／3.7V

重量：23g

正極：LiCoO₂(コバルト酸リチウム)

負極：カーボンブラック

電解液：LiPF₆(六フッ化リン酸リチウム)

(出典：LCA日本フォーラムデータベース)

2.2.2 機能単位

本 LCA におけるリチウムイオン電池の機能単位

出力：680mAh／3.7V

リチウムイオン電池一個当たりの重量：23g

機能単位：携帯電話を 1.5 年間使用するのにかかる電力量である 180.9Wh（情報通信ネットワーク産業協会,2003）を供給する。

基準フロー：180.9Wh を供給するのに各電池が必要とする電池の個数は下の表で示した。

表 2-1 基準フロー

| | |
|-----------|---------|
| リチウムイオン電池 | 約 0.2 個 |
| マンガン電池 | 約 142 個 |
| アルカリ電池 | 約 60 個 |

2.2.3 システム境界

リチウムイオン電池のライフサイクルは素材製造、部品製造、電池組立、使用と処分の 5 段階に分けることができ、それを図 2-2 に定義しプロセス図を作成した。LCA を行う上で、リチウムイオン電池のすべてのプロセスを評価しなければならないが、今回は部品製造部分のデータが取れなかったため、システム境界からはずした、輸送も考慮しないとした。

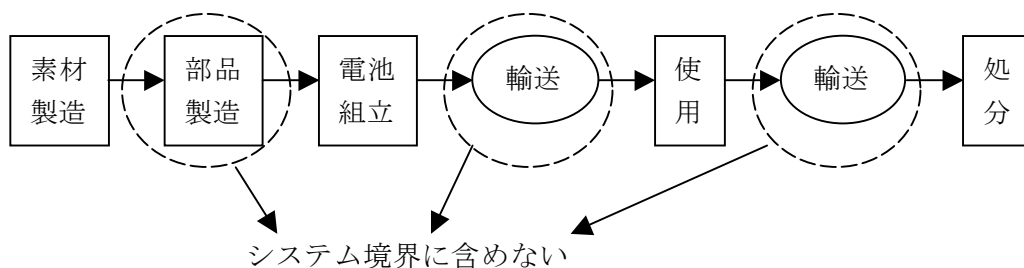


図 2-2 リチウムイオン電池のライフサイクル

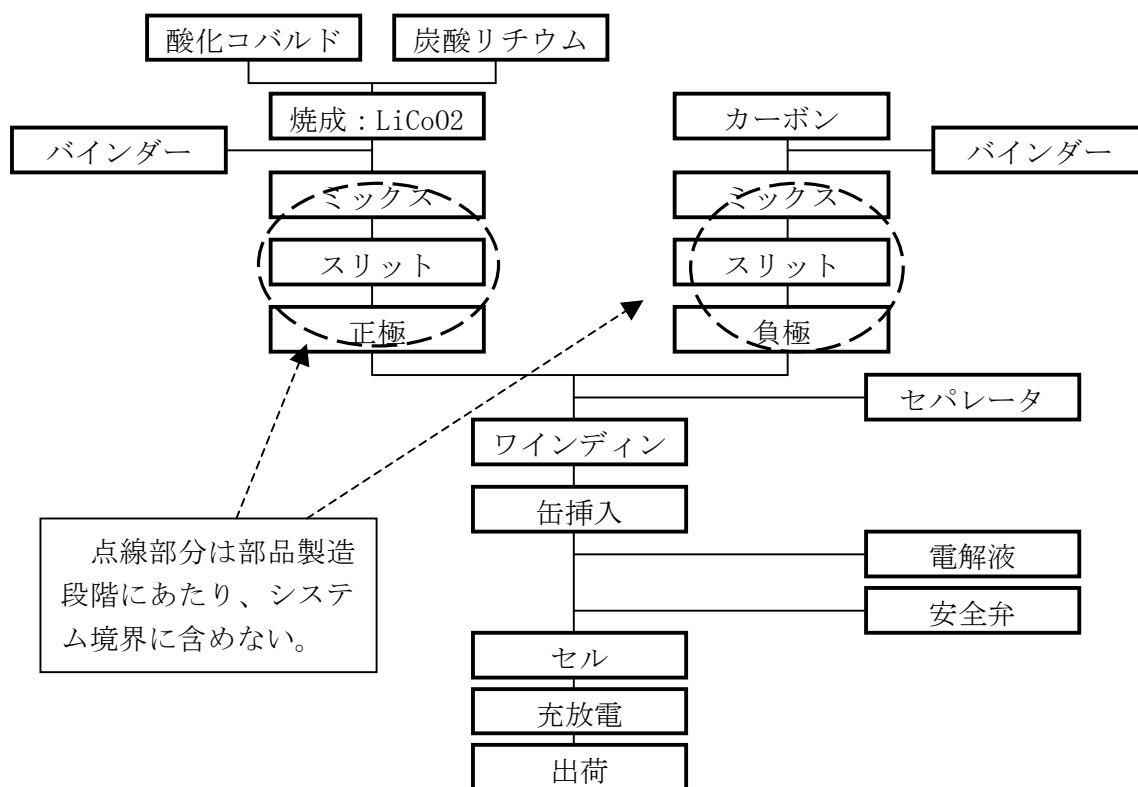


図 2-3 リチウムイオン電池製造フロー（電池便覧.2001）

リチウムイオン電池の製造工程は図 2-3 に示したように、大きく正極の製造と、負極の製造と、正極、負極、電解液、セパレータなどによる電池の組立と、三つの部分からなる。点線の部分はデータがないため今回システム境界に含んでいない。

2.2.4 計算方法

- ・評価対象物質

JEMAI-LCA で評価できる物質全て

- ・影響領域

JEMAI-LCA で評価できる影響領域全て

- ・ソフトウェア

本研究は JEMAI-LCA を用いてインベントリ分析を実施した。影響評価には JEMAI-LCA と LIME を用いた。

3. インベントリ分析

3.1 データの収集方法と計算方法

表 3-1 置き換え前の素材構成

| | |
|------------|------|
| 純水 | 9.6g |
| コバルト酸リチウム | 5.1g |
| アルミニウム | 1.2g |
| PTFE | 0.3g |
| 電気銅 | 1.5g |
| カーボンブラック | 3.1g |
| ポリエチレン | 1.0g |
| ニッケルめっき鋼板 | 5.8g |
| ニッケル | 0.2g |
| ステンレス | 0.7g |
| ポリプロピレン | 0.5g |
| LiPF6 | 0.4g |
| エチレンカーボネート | 2.4g |

表 3-2 置き換え後の素材構成

| | |
|--------------------|-------------|
| 純水 | 9.6g |
| コバルト酸リチウム | 5.1g |
| アルミニウム | 1.2g |
| PVDF | 0.3g |
| 電気銅 | 1.5g |
| カーボンブラック | 3.1g |
| ポリエチレン | 1.0g |
| 冷間圧延鋼板 | 5.8g |
| ニッケル | 0.2g |
| ステンレス | 0.7g |
| ポリプロピレン | 0.5g |
| LiPF6 | 0.4g |
| プロピレンカーボネート | 2.4g |

(出典：LCA 日本フォーラムデータベース)

表 3-1 に本研究において評価した角型リチウムイオン電池の素材構成を示した。この素材の中の PTFE (ポリテトラフルオロエチレン)、ニッケルめっき鋼板、エチレンカーボネートはデータが入手できなかったため、性質の似ている、PVDF (ポリフッ化ビニリデン)、冷間圧延鋼板、プロピレンカーボネートにそれぞれ置き換えた。置き換え後の構成素材を表 3-2 に示した。

3.1.1 素材製造

(1) 正極部

電池正極部の製造のフローは図 3-3 で示したように酸化コバルトと炭酸リチウムを焼成してコバルト酸リチウムとなる。そこに、コバルト酸リチウムを結着させるバインダーを加えて正極になる。(電池便覧.2001)

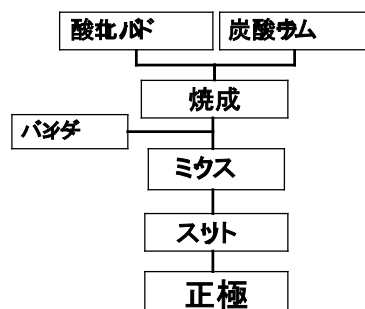


図 3-3 正極部製造フロー

・酸化コバルト

今回、酸化コバルト製造のデータを入手できなかったため、金属コバルトを製造する過程である塩化コバルト製造までのデータを代用した。このデータはニッケル精錬時の副産物であるコバルト澱物を精錬する方式である。全世界のコバルトのうち約半分がこの方式である。(出典：エコマテリアル研究センターHP)

・炭酸リチウム

炭酸リチウムは金属リチウム製造の過程で生じる。よって、金属リチウム製造の途中段階までのデータを使用した。このデータはリチウムを製錬する方法の中で最も一般的である、かん水を出発原料とするものである。(出典：エコマテリアル研究センターHP)

・焼成

酸化コバルトと炭酸リチウムの合成反応における CO2 排出量のみ計上した。(山崎信幸.2004)

(2) 負極部

集電体（電気を取り出す端子）である銅箔にカーボンブラック、バインダーを加えて負極になる。負極素材の大部分はカーボンブラックである。

(3) 電解液

リチウムイオン電池の溶媒にはプロピレンカーボネート (PC) やエチレンカーボネート (EC)、ジエチルカーボネート (DEC) などが使用される。溶質には六フッ化リン酸リチウム (LiPF6) が主に用いられる。本研究では溶媒にプロピレンカーボネート (PC)、溶質に六フッ化リン酸リチウム (LiPF6) を用いた。

・六フッ化リン酸リチウム (LiPF6)

電気自動車 (EV) 用リチウムイオン電池のデータを使用した。(産業技術審議会.1997)

・プロピレンカーボネート (PC)

電気自動車 (EV) 用リチウムイオン電池のデータを使用した。(産業技術審議会.1997)

3.1.2 組立

3.1.1 で述べた素材を組み立てるために使われるユーティリティを加え、リチウムイオン電池一個が完成する。電池一個あたりのユーティリティが表 3-4 である。(LCA 日本フォーラムデータベース)

表 3-4 組立のユーティリティ

| | |
|------|-----------------------|
| 電力 | 0.265kWh |
| 都市ガス | 0.0094 m ³ |
| A 重油 | 7.5ml |

3.1.3 使用段階

今回は携帯電話用リチウムイオン電池を対象としているため、使用段階は携帯電話の使用段階をそのままリチウムイオン電池の使用段階とした。機能単位で示したように、使用段階は携帯電話を 1.5 年間使用したときに消費する電力 (情報通信ネットワーク産業協会,2003) を用いる。

計算方法は表 3-5 より 1.5 年分を算出する。

表 3-5 携帯電話の電力消費量

| | | | |
|-----|-------------|------------------|--------------|
| 通話時 | 消費電流：0.265A | 電源電圧：3.6V | 通話時間：10分/日 |
| 待機時 | 消費電力：0.002A | 電源電圧：3.6V | 待機時間：1430分/日 |
| 充電時 | 充電効率：80% | 充電器ロス：96.7Wh/台/年 | |

通話時と待機時の 1 年分の電力消費量

通話時： $0.265\text{A} \times 3.6\text{V} \times 10/60 \times 365 \text{ 日} = 58.0 \text{ (Wh/台/年)}$

待機時： $0.002\text{A} \times 3.6\text{V} \times 1430/60 \times 365 \text{ 日} = 62.6 \text{ (Wh/台/年)}$

使用による 1 年間の電力消費量

(通話時+待機時の電力消費量) / 充電効率 + 充電器ロス

$(58.0+62.6) / 0.8+96.7=247.45 \text{ (Wh/台/年)}$

使用による 1.5 年間の電力消費量

$247.45 \times 1.5 = 371.175 \text{ (Wh/台/年)}$

3.1.4 廃棄・リサイクル

今回は廃棄段階で埋め立て処理したシナリオとリサイクル率 100%としたシナリオとリサイクル率 21%という 3 種類のシナリオを比較した。ここでのリサイクル率 21%は表 3-7 より平成 15 年の携帯用のリチウムイオン電池の回収率を引用したものである。携帯電話の回収率は年々悪くなっており、その原因として、携帯電話を使い終わっても、カメラやメモリなど他の機能が使えるため、リサイクルに出さずにとっておくという人が多いことが挙げられる。携帯電話の機能が向上していくにあたって回収率は低くなっているというのが現状である。

表 3-6 シナリオの設定

| | シナリオ名 | 詳細 |
|--------|-------|-------------------|
| シナリオ 1 | 埋め立て | 全て埋め立て |
| シナリオ 2 | 現状 | リサイクル率 21%残りは埋め立て |
| シナリオ 3 | リサイクル | リサイクル率 100% |

表 3-7 携帯電話の年度別回収率

| | 平成 12 年度 | 平成 13 年度 | 平成 14 年度 | 平成 15 年度 |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | 回収台数 (千台) 回収重量 (t) (回収率) | 回収台数 (千台) 回収重量 (t) (回収率) | 改修台数 (千台) 回収重量 (t) (回収率) | 回収台数 (千台) 回収重量 (t) (回収率) |
| 携帯電話 & PHS | 13,614 819 (30%) | 13,107 799 (35%) | 11,369 746 (29%) | 11,717 821 (24%) |
| 電池 | 11,847 304 (26%) | 11,788 264 (32%) | 9,727 193 (25%) | 10,247 187 (21%) |
| 充電器 | 3,128 328 (7%) | 4,234 361 (11%) | 3,355 251 (9%) | 4,387 319 (9%) |

携帯電話のリサイクルは消費者から使用済みの携帯をドコモショップなどの販売店や携帯事業者などに渡し、最終的には東邦亜鉛、三井金属、日本リサイクルセンターなどのリサイクル事業者に渡る。そして、リサイクル事業者に渡った携帯電話は事業者それぞれのリサイクル方法でリサイクルされる。本研究はソニー、住友金属鉱山方式の電気炉溶解法（小型電池用）をベースに算出した。

図3-8のフローが、本研究のリサイクルフローである。ここでは解体の段階に電池容器のアルミニウムと鉄を回収し、還元性焙焼の段階でリチウムのほとんどが蒸発する。電気炉溶解の段階で不純物スラグ（アルミニウム、鉄、炭素）を除去し、酸溶解で銅が除去される。そして、溶媒抽出でコバルトとニッケルを分離する。今回はニッケルとコバルトを回収することを目的としているため、

その他の金属の回収は考慮しないこととする。そして、このフローの中でも電力を多く使用する、還元性焙焼と電気炉溶解と電析の工程を評価対象とした。

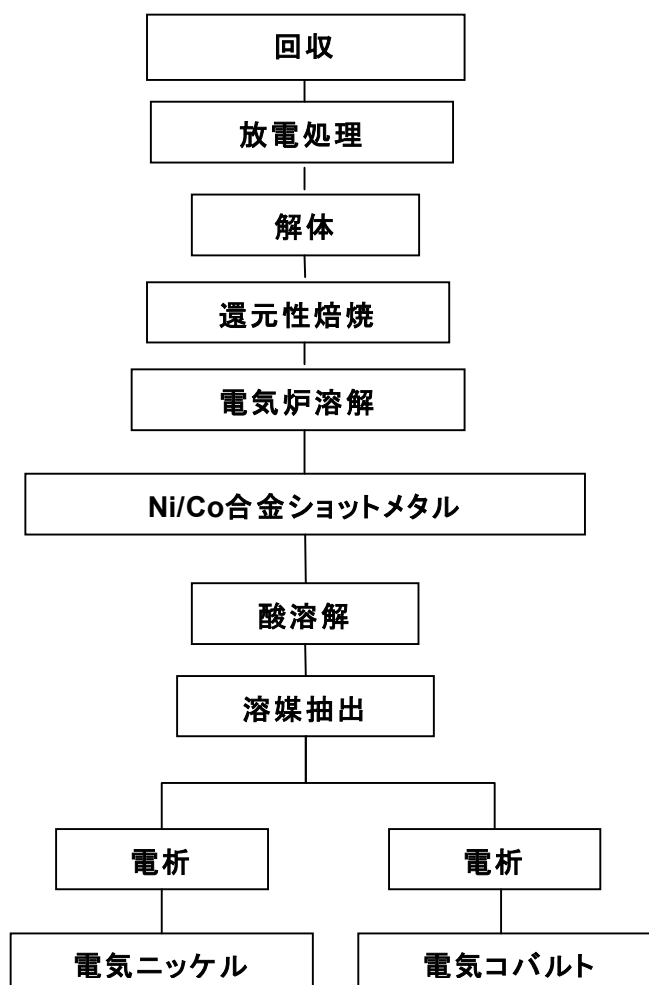


図3-8 リサイクルフロー（産業技術審議会, 1997）

エネルギー入力値算出方法

還元焙焼: 5500Mcal/ton Ni

電気炉溶解: 400kWh/ton Ni

電析: 3000kWh/ton Ni

合計: (3400kWh+5500Mcal)/ton Ni

計算上での備考

※還元性焙焼での熱量5500Mcalはすべて重油からのものと仮定する。

※1Cal=4.2Jで換算し、5500Mcal=23100MJとする。

※ここでのton Niはton Ni+Coと考える。

※ここでのリサイクルは使用したニッケルとコバルトを100%回収するものとする。

Niの回収量0.2g Coの回収量3.0714g
 Ni+Co:0.2+3.0714=3.2714g
 $3.2714\text{g} \times 23100\text{MJ/ton} = 0.07557\text{MJ}$
 $3.2714\text{g} \times 3400\text{kWh/ton} = 0.01112\text{kWh}$

これらの計算からリサイクルのプロセスを図 3-8 に表す。

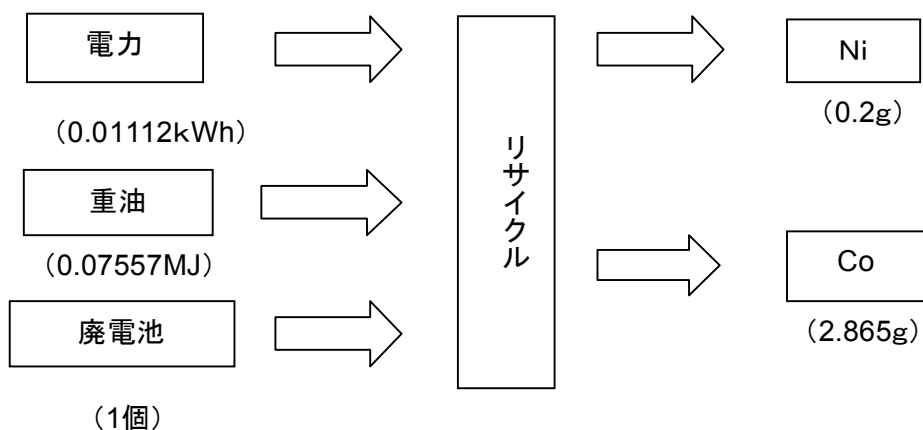


図 3-9 リサイクルプロセス

3.2 インベントリ分析結果

インベントリ結果を以下に示していく。図 3-10 はリチウムイオン電池一個のステージ別排出割合である。図 3-10 でわかるように、CO₂ と NO_x は素材製造、組立、使用が三分の一ずつを占めている。SO₂ は公海上の輸送による排出が多いことが分かる。

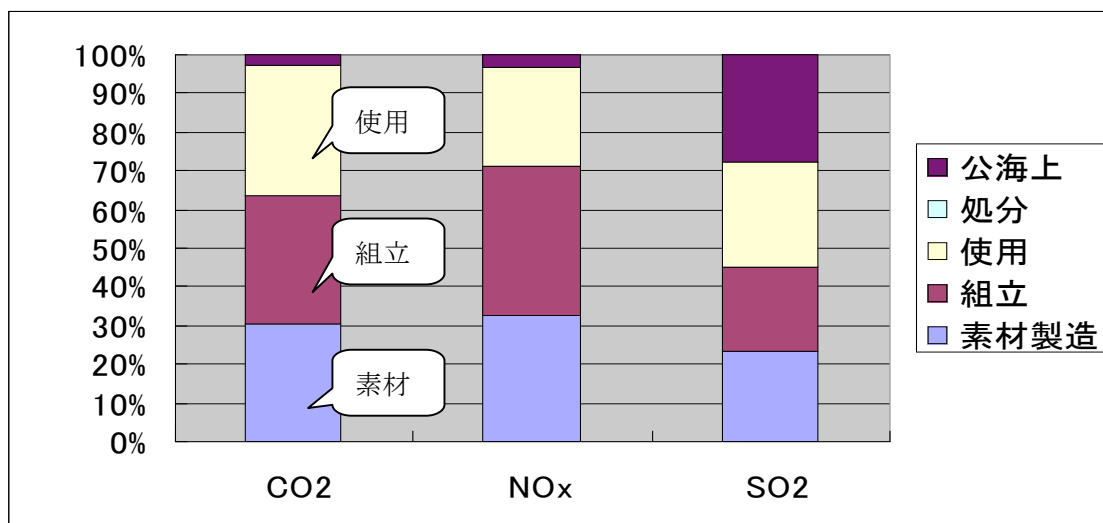


図 3-10 ステージごとの排出割合（埋め立てシナリオ）

図 3-11 は素材別の排出割合である。CO₂ の半分はリチウムイオン電池の正極材であるコバルト酸リチウムの製造によるものである。しかし、NO_x はコバルト酸リチウムに加え、アルミニウムシートとプロピレンカーボネートの割合も大きい事が分かる。SO₂ はコバルト酸リチウム以上にアルミニウムシートの影響が大きい。これはコバルト酸リチウムの基礎データが CO₂ しかなかったことによる可能性がある。

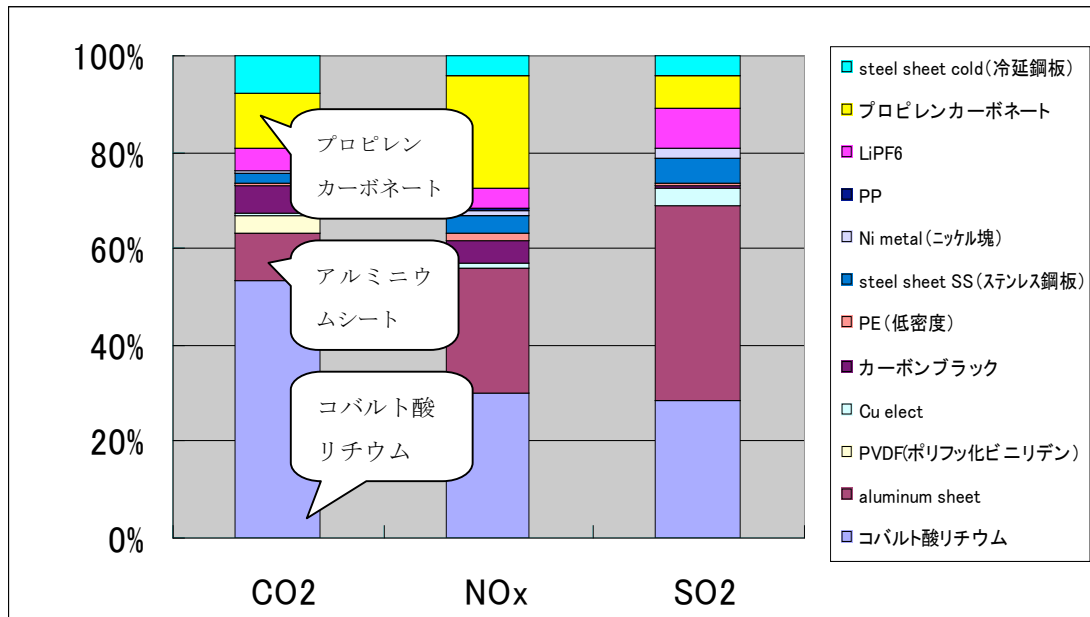


図 3-11 素材別排出割合（埋め立てシナリオ）

図 3-12 は本研究結果の CO₂ 排出量と既存研究である産業技術審議会の結果を比較したものである。産業技術審議会の結果は電気自動車用大型リチウムイオン電池のため、本研究のリチウムイオン電池の重量 23g に合わせて、比較したものである。

素材製造ステージを比較すると、本研究の信頼性は高いのではないかとと言える。しかし、入手困難なデータがあるため、実際に本研究の素材製造ステージの CO₂ 排出量は増えると予想できる。

部品製造ステージは本研究ではシステム境界外であるので、産業技術審議会のデータを利用した

組立ステージは既存研究と比較すると、大きな差が見られる。今後本研究で使用したデータの検証が必要である。また、比較した産業技術審議会のリチウムイオン電池は電気自動車用大型リチウム電池であるので、携帯電話用の小型リチウムイオン電池の組立工程とで、CO₂ 排出量が大きく変わるのかを検証する必要がある。

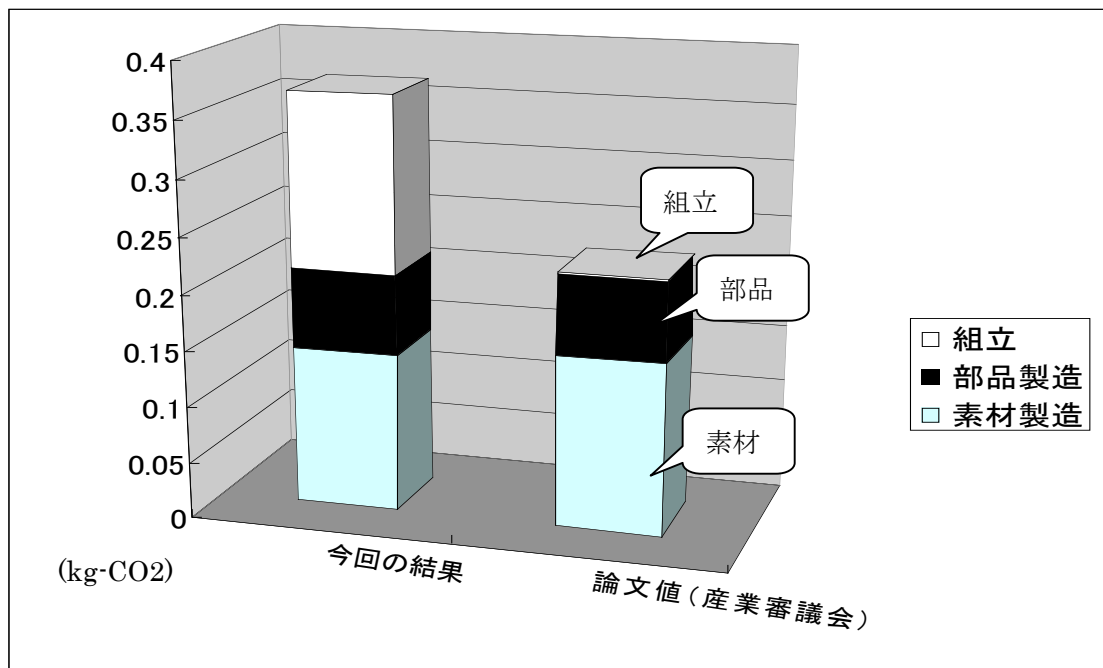


図 3-12 既存研究との比較

図 3-13 は処分シナリオ間でどのように CO2 排出量が変わるかを示したものである。結果として、リサイクル率を向上してもほとんど CO2 排出量は変化しない。変化しない要因は電池のリサイクル率が上がることによる、リサイクル工程の CO2 排出量の増加と、リサイクル効果がほぼ等しいからであると言える。

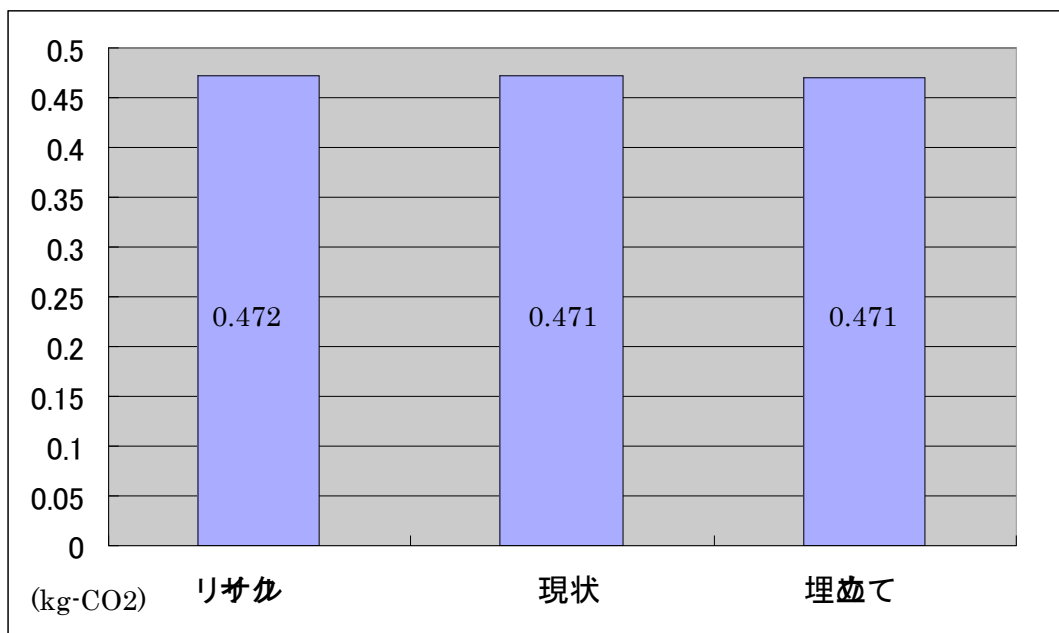


図 3-13 シナリオ別 CO2 排出量

図 3-14 は処分シナリオ間でどのように NO_x、SO₂ 排出量が増加するかを表したものである。NO_x はリサイクルを行うことによって若干増加する。SO₂ はリサイクルを実施することによって削減することができる。SO₂ 削減の要因はニッケルのリサイクルによる効果だと思われる。

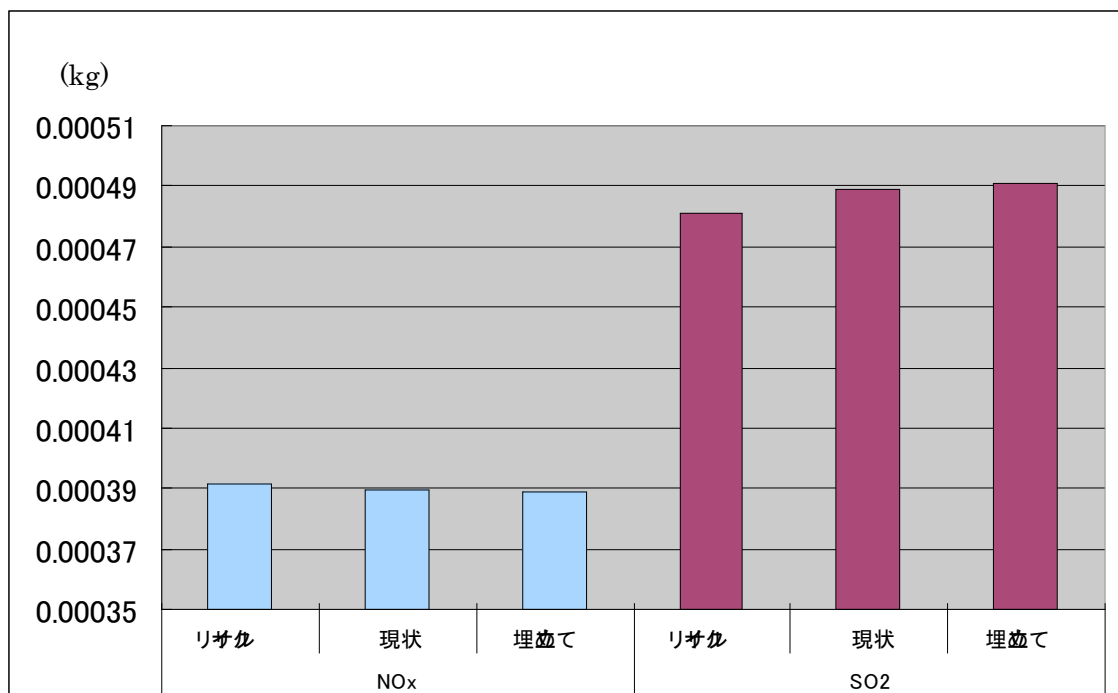


図 3-14 シナリオ別 NO_x、SO₂ 排出量

4. 影響評価

JEMAI-LCA ソフトウェアによる影響評価を実施した。リチウムイオン電池の環境特性として希少金属であるコバルトを使用しているため、資源消費に寄与すると考えた。

図 4-1 はリチウムイオン電池製造に関わる物質の重量構成比とそれらの資源消費の特性化結果を表したものである。コバルトは、重量構成比では小さいが、資源消費で見るとほとんどの割合を占めている。この結果から、コバルトのリサイクルを行うことによって、資源消費の削減に大きく寄与するのではないかと考えられる。

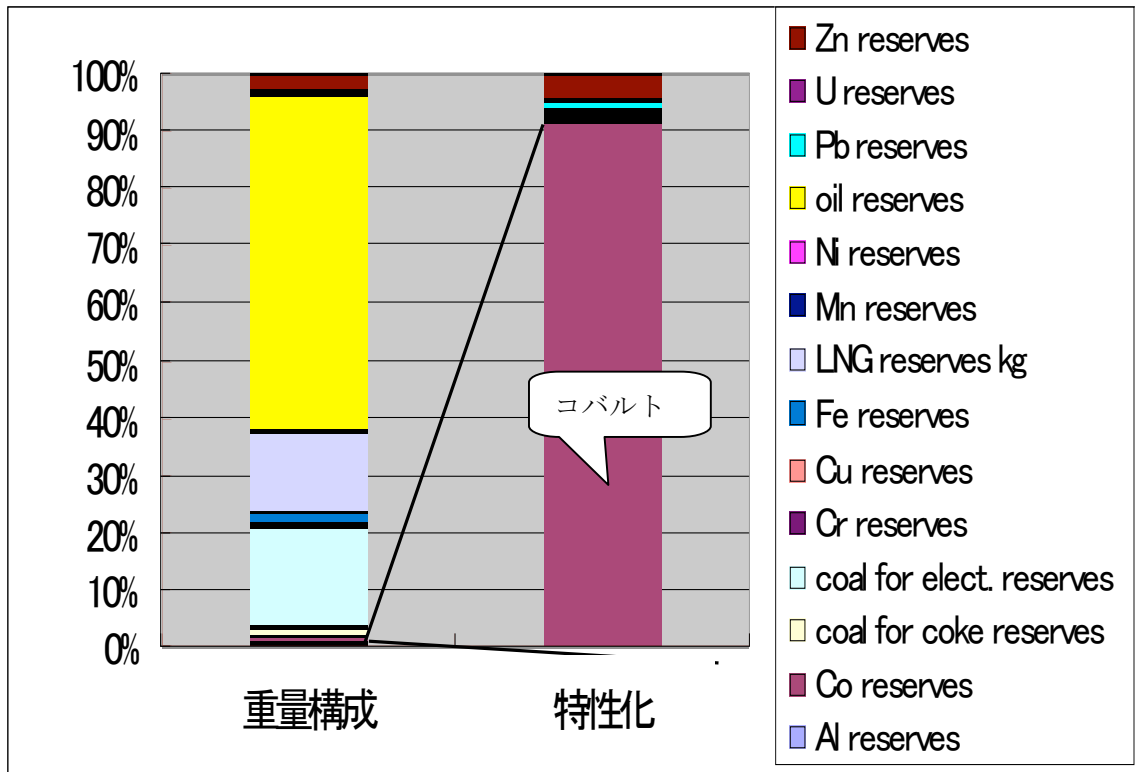
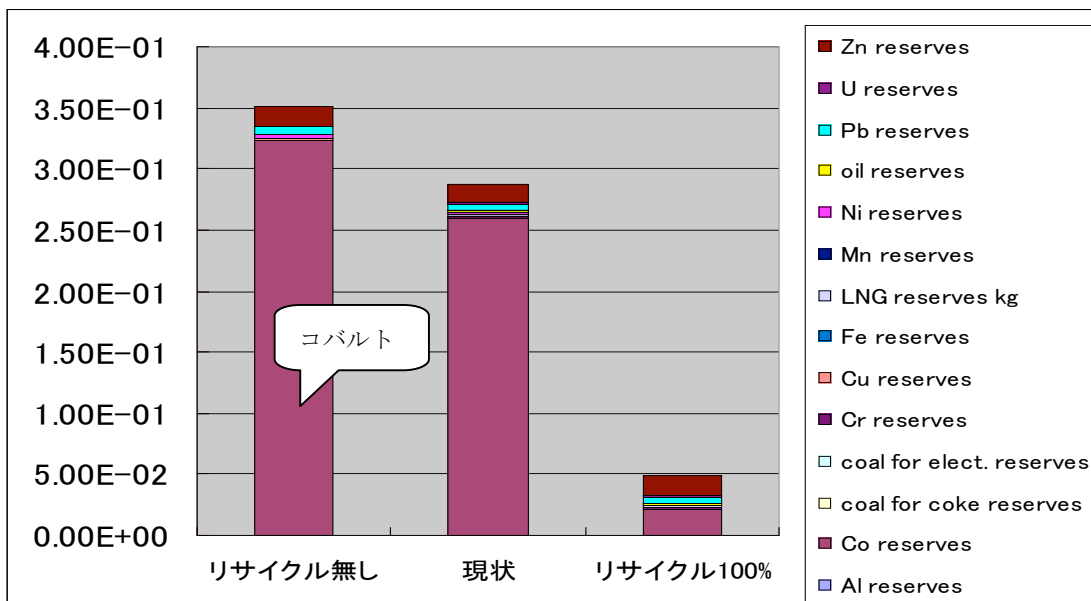


図 4-1 重量構成比と特性化（資源消費）の内訳

図 4-2 は埋め立て、現状、リサイクルの三つのシナリオ間の資源消費の比較である。資源消費の大きな割合を占めるコバルトをリサイクルすることによって大きな効果が



あると言える。

図 4-2 シナリオ別特性化結果の比較（資源消費）

図 4-3 はシナリオ間で比較した正規化結果である。図 4-2 で示したように、リサイクルを実施することによって、資源消費を大きく削減することができる。また、埋め立て量が無くなるため固形排出物も大幅に削減できる。しかし、地球温暖化と酸性化とエネルギー消費に関してはリサイクルによる効果は期待できない。

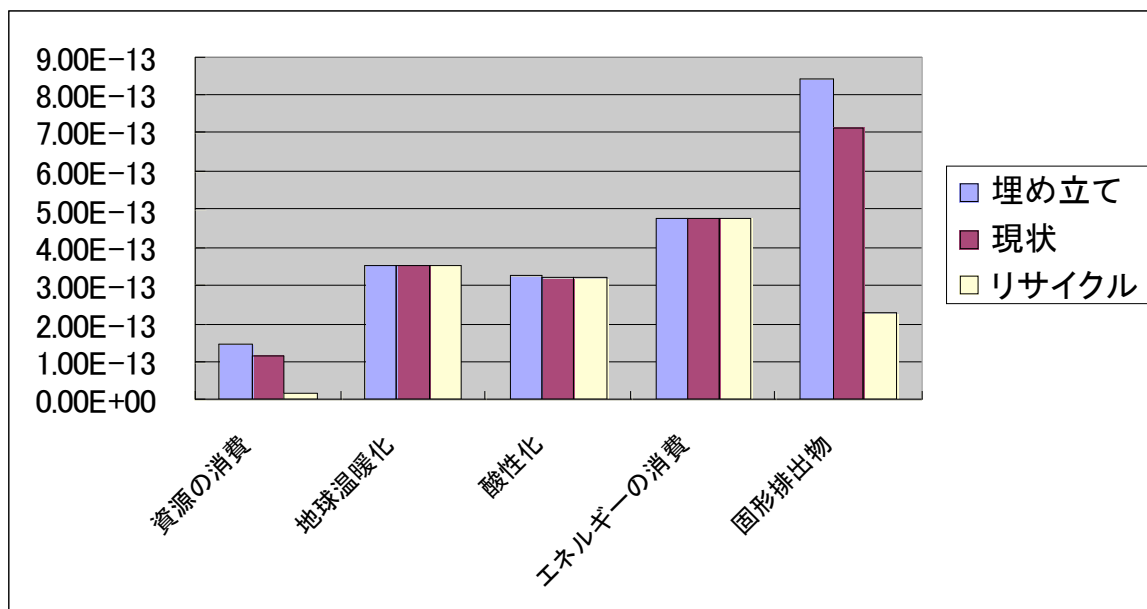


図 4-3 リチウムイオン電池における環境影響の正規化

図 4-4 は埋め立てシナリオとリサイクルシナリオを LIME による統合化結果で比較したものである。図 4-3 では資源消費が大きく削減できたものの、統合化結果ではリサイクルの効果はほとんど見られない。統合化結果から分かることは、リサイクルを実施しても統合化結果で大きな割合を占める CO₂ などは削減できないことがわかった。そこでリチウム電池の環境負荷を減らすためには最も寄与している CO₂ の削減が必要である。

図 3-11 で分かるように、CO₂ の排出量の約半分をコバルト酸リチウムが占めており、その部分を削減することが、リチウム電池の環境負荷を削減することに繋がると考えられる。

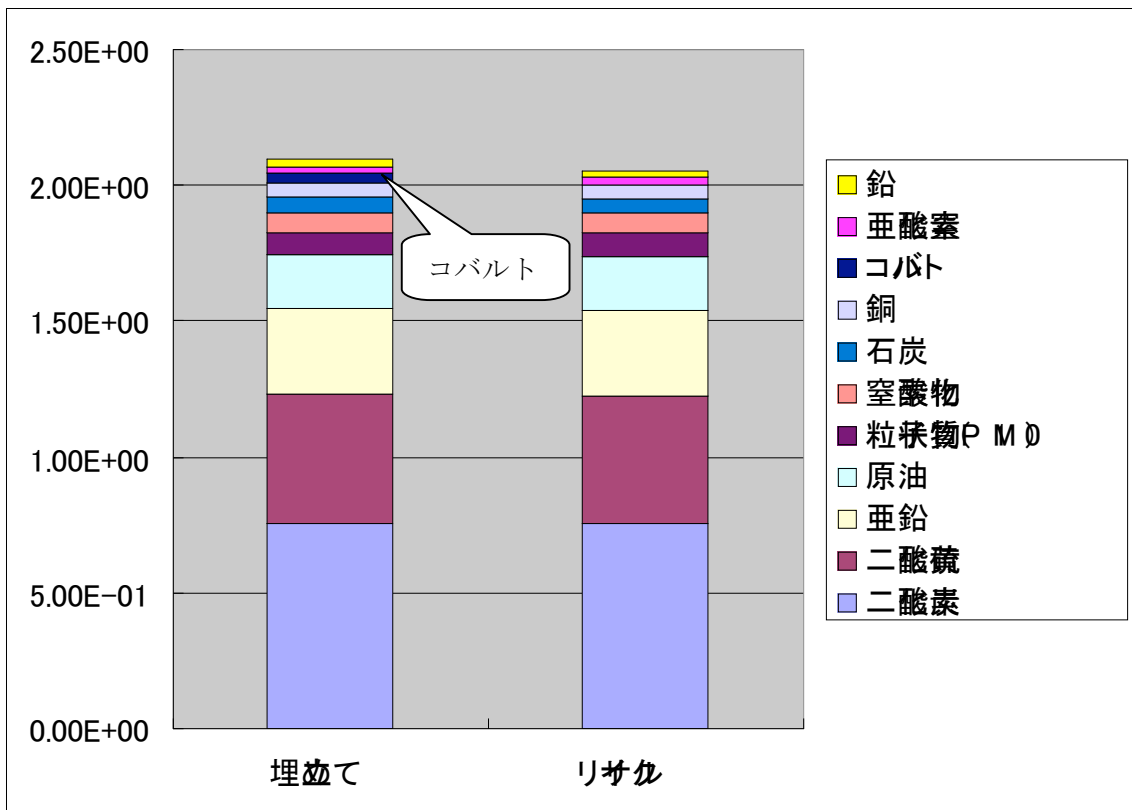


図 4-4 LIME による統合化結果

5. 他の電池との比較

本研究では二次電池の環境優位性を検証するために、一次電池と比較をした。また、二次電池間での環境優位性を検証するために鉛蓄電池とも比較した。

5.1 一次電池との比較

今回比較した一次電池の仕様は以下の通りである。

マンガン電池 (赤) : 700mAh、1.5V、19g

マンガン電池 (黒) : 1000mAh、1.5V、19g

アルカリ電池 : 2000mAh、1.5V、23g

比較は通話時と待機時の 1.5 年分の電力 120.6Wh を機能単位として、それをまかなうために必要な本数を算出した。

マンガン電池 : 97.5 本

アルカリ電池 : 40 本

(出典 : 暮らしの中の電気の知識 HP)

ここでのマンガン電池はマンガン電池の赤と黒の二つのタイプの平均値である。一次電池のインベントリはヒアリングで得たものである。

図 5-1 は一次電池のマンガン電池、アルカリ電池と二次電池であるリチウムイオン電池を CO2 排出量で比較した結果である。この結果より CO2 排出量において、リチウムイオン電池は大きく優位性があると言える。

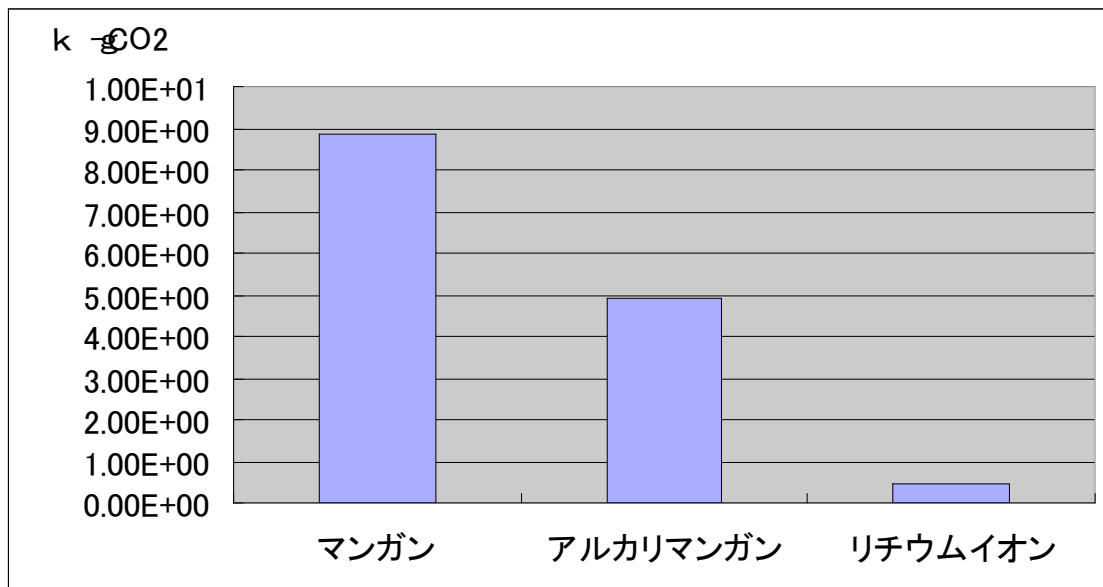


図 5-1 電池別 CO2 排出量

図 5-2 は一次電池のマンガン電池、アルカリ電池と二次電池であるリチウムイオン電池を正規化結果で比較した結果である。どのカテゴリーで比較しても、二次電池であるリチウムイオン電池の優位性が確認できた。

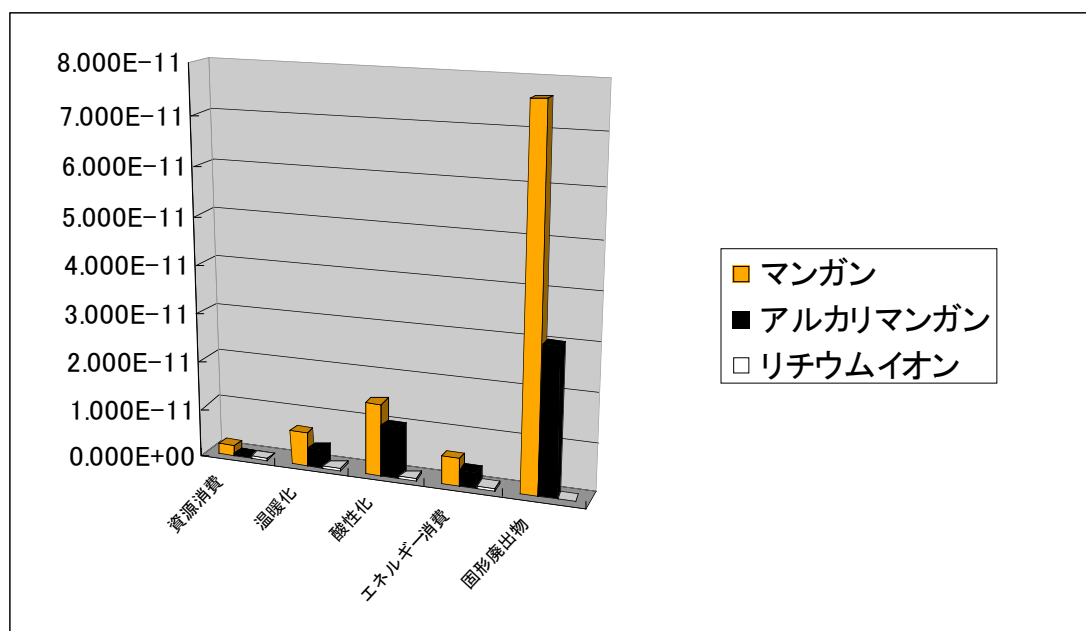


図 5-2 正規化結果

5.2 二次電池との比較

今回は二次電池の中でも、比較的環境負荷算定のためのデータが揃っている鉛蓄電池との比較を行った。両者は製品機能が大きく異なっており、製品への活用の面で競合するケースは稀であるが、リチウムイオン電池の環境特性の明瞭化の為今回は両者を比較してみることにした。

比較対象の鉛蓄電池のインベントリデータはヒアリングにより入手したものの、仕様が不明のため、平均的な鉛蓄電池（バイサン HP）の使用を用いて算出した。仕様は以下の通りである。

重量：9.5kg

出力：32Ah/12V

重量エネルギー密度：40Wh/kg

比較方法として、鉛蓄電池の重量エネルギー密度（40Wh/kg）を機能単位として、それに相当するリチウムイオン電池の量を求め、比較した。また、鉛蓄電池のデータは製造段階までのため、製造段階までで比較した。

リチウムイオン電池の重量エネルギー密度：109.4Wh/kg

つまり、鉛蓄電池 1 kg に相当する量は、リチウムイオン電池 0.3656kg となる。

図 5-3 はリチウムイオン電池 0.3656kg と鉛蓄電池 1kg の製造段階までの CO₂ 排出量の比較結果である。結果より、重量で約三分の一のリチウムイオン電池が、鉛蓄電池の約四倍の CO₂ を排出することが分かる。これは、鉛蓄電池のほうが原材料作成の際のエネルギー消費量が相対的に小さいことによるものと考えられる。

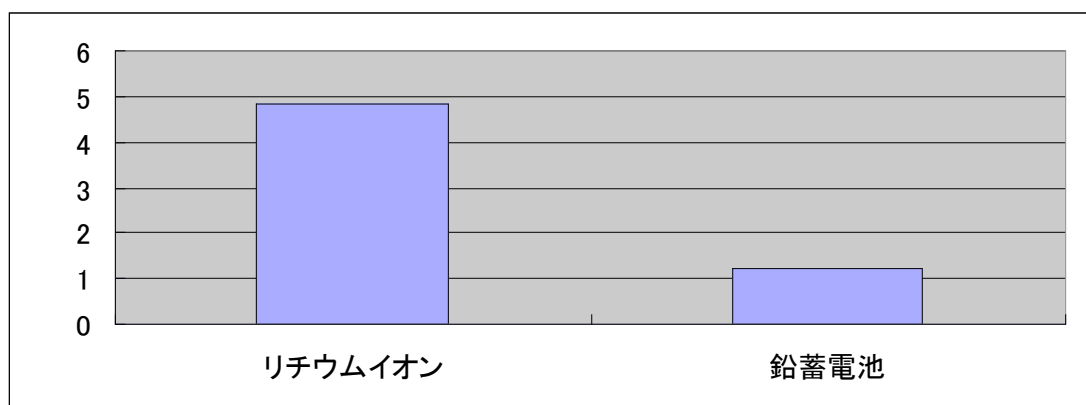


図 5-3 二次電池間の CO₂ 排出量

図 5-4 は鉛蓄電池とリチウムイオン電池を、LIME を用いて統合化した結果である。この結果より CO₂ の排出量ではリチウムイオン電池の方が多くなっていたが、統合化した結果は鉛蓄電池の方が、環境影響が大きいという結果が出た。鉛蓄電池の生産の際の CO₂ 排出量は小さいものの、比較的耐用年数の短い鉛を大量に消費することによる資源枯渇への影響が温暖化よりもむしろ重視されていることによる。鉛蓄電池はリサイクルシステムがほぼ確立しており、リサイクルにより当該部分の環境影響を大きく削減することができるものと考えられる。しかし、今回の評価では、鉛の精錬や再生時等で発生する有害物質である鉛の排出による環境影響は評価の対象外となっている。したがって、リサイクルや有害影響を含めた総合的な評価を行うまでは、最終的にどちらの環境影響が小さいかについて結論を出すことは困難である。

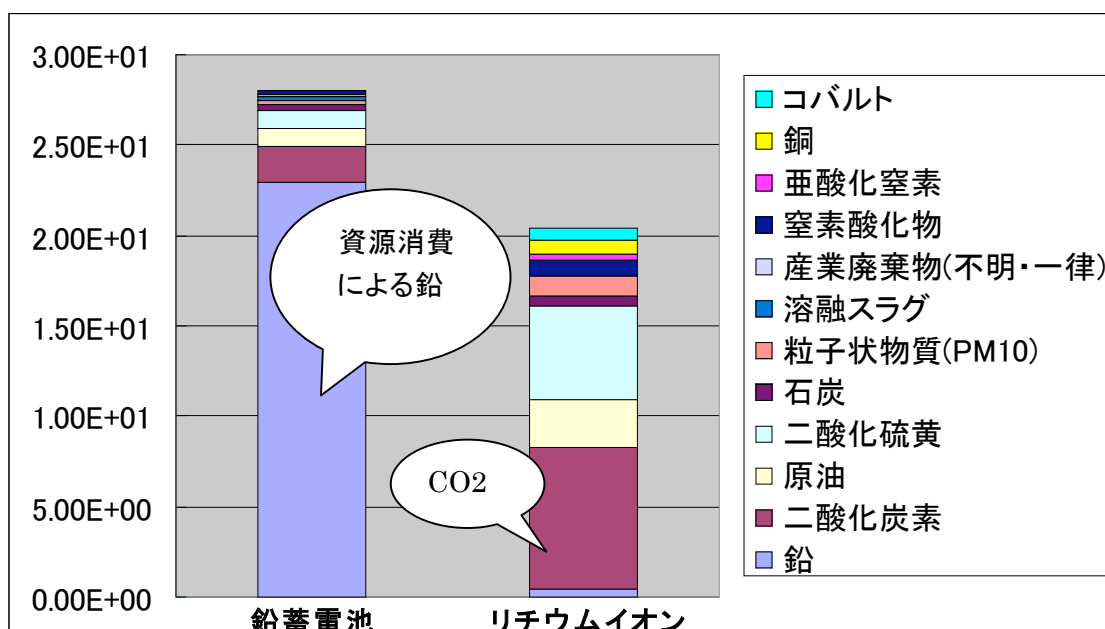


図 5-4 LIME による統合化結果

6. 考察

本研究ではコバルトのリサイクルを実施することにより、資源枯渇の観点では効果があったが、CO₂ 排出量の約半分を占めているコバルト酸リチウムのコバルトをリサイクルしたにもかかわらず、大きな CO₂ の削減には繋がらなかった。図 6-1 はコバルト酸リチウムの製造プロセスである。図 6-2 はコバルト酸リチウム製造プロセスの CO₂ 排出量の内訳を表している。ここで示したように、コバルト酸リチウム生産段階での CO₂ 排出量が最も大きく、コバルトのリサイクルで削減できる CO₂ 量は最大でも塩化コバルトの部分のみである。そのため、資源枯渇では効果があったが、CO₂ の大きな削減には繋がらなかったと考えられる。そこで、金属コバルトとしてではなく、コバルト酸リチウムの状態で回収することが可能であれば、CO₂ 排出量の削減に繋がるであろう。

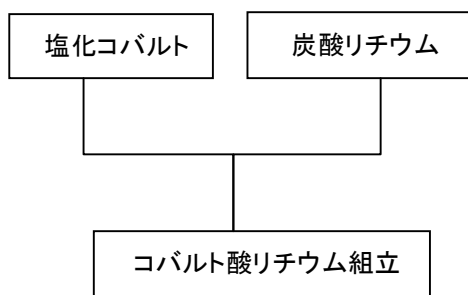


図 6-1 コバルト酸リチウム製造プロセス

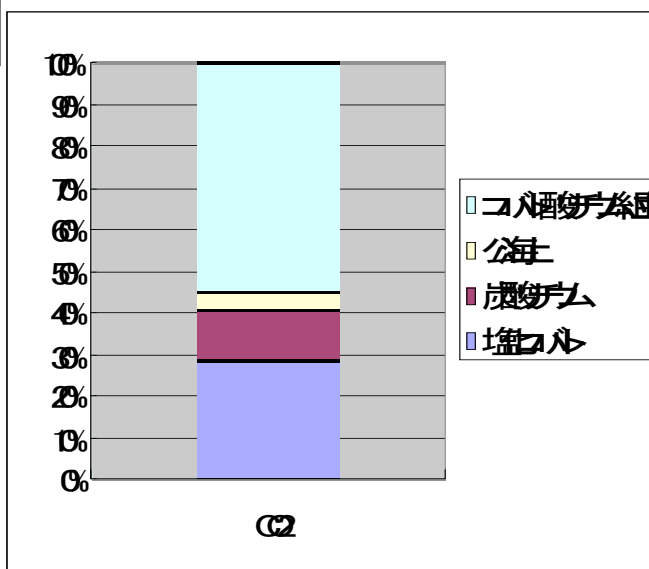


図 6-2 CO₂ 排出量の内訳

7. 結論

リチウムイオン二次電池がその小型、軽量、高電圧、メモリ効果なし、良好なサイクル性など優れた製品性能によって、省資源、省エネに寄与するが、貴重資源であるコバルトを使うことによって、資源の枯渇性に寄与する問題も指摘されている。したがって、ライフサイクル的に見た評価、LCA の考え方が必須となってくる。

本研究では、LCA の実施方法を明確にし、リチウムイオン電池の素材製造、電池組立、使用、処分段階の環境負荷および環境影響を定量的に表した。

今回携帯電話用リチウムイオン電池の LCA を行い、得られた結果は次のとおりである。

- JEMAI-LCA を使い、インベントリ分析を実施し、素材別と段階別の CO₂、NO_x、SO₂ の排出量を算定した。その結果、正極材であるコバルト酸リチウムの生産において特に環境負荷が高いことが示された。
- リサイクルシナリオ、埋め立てシナリオと現状シナリオの正規化を行い、結果を資源消費、温暖化、エネルギー消費、酸性化、固形排出物別で、表した。リサイクルを推進することにより、温暖化、エネルギー消費を除く影響領域については、大きく環境影響を低減することができるものと考えられた。
- LIME による統合化を実施した。携帯用リチウムイオン電池の物質別統合化結果を表した。コバルトの希少性に伴う資源枯渇への影響も懸念されるが、それ以上に電池生産の際のエネルギー消費に伴う地球温暖化への影響の方が大きいものと推定された。上の結果と合わせて考察すると、リチウムイオン電池の環境負荷の低減には、金属コバルトとしての回収では十分ではなく、正極材を回収再生することでエネルギー消費を効率化したシステムを構築することが求められる。
- 携帯用リチウムイオン電池の CO₂ 排出量を一次電池のマンガン電池とアルカリ電池の CO₂ 排出量と比較し、さらに資源消費、温暖化、エネルギー消費、酸性化、固形排出物別で正規化結果も比較した。その結果、充放電をして繰り返し使えることによって、生産段階の CO₂ 排出量に大きく差が出たと考えられる。
- 携帯用リチウムイオン電池の CO₂ 排出量を二次電池の鉛蓄電池 CO₂ 排出量と比較し、さらに LIME による統合化結果も比較した。有害化学物質や再生リサイクルといった部分を調査範囲外とした場合、リチウムイオン電池の環境優位性が検証された。

今後の課題

- ・ 今回調査対象外となった輸送および部品製造段階に関するデータを収集する。
- ・ 素材製造のデータを補完する。特にコバルトのデータについて再調査を行い、結果の信頼性を向上させる。
- ・ 金属コバルトではなく合金として回収する方法とコバルト酸リチウムとして回収する方法についても検討する必要がある。
- ・ リチウムイオン電池の組み立てデータの詳細を明らかにする。
- ・ Ni-H 電池といった競合し得る二次電池との間で環境影響の比較評価を行う。
- ・ 部品製造の段階を考慮することが環境負荷の過小評価を防ぐことができる。

8. 謝辞

この度、本研究の実施に当たり、多くの方々にご支援を頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。本研究を踏まえて、今後の LCA 研究に生かせるように大いに努力していきたいと思えます。

9. 参考文献

- ・ LCA 日本フォーラムデータベース
<http://www.jemai.or.jp/lcaforum/index.cfm>
- ・ 株式会社 ベイサン HP
<http://www.baysun.net/lithium/lithium03.html>
- ・ 暮らしの中の電気の知識 HP
<http://home.s00.itscom.net/large/ELEC/index.html>
- ・ 産業技術審議会
「リチウム電池を対象にしたライフサイクルアセスメントの実施」1997
- ・ 社団法人 電池工業会 HP
<http://www.baj.or.jp/>
- ・ 情報通信ネットワーク産業協会
「携帯電話の LCI データの概要」2003
- ・ 電池便覧編集委員会
電池便覧第三版 2001
- ・ 電力中央研究所、日本福祉大学
「Life cycle Analysis of Large-size Lithium-ion Secondary Batteries」2002
- ・ 独立行政法人 物質・材料研究機構エコマテリアル研究センターHP
<http://www.nims.go.jp/emc/top.html>
- ・ 森 俊介 東京理科大学
「積み上げ法による I T 関連機器の社会環境影響評価」2005
- ・ 山崎 信幸 日本化学工業株式会社
CREATIVE NO.5「リチウムイオン電池用正極材料 コバルト酸リチウム開発の流れと今後の方向性」