

平成 25 年度
環境研究総合推進費補助金 研究事業
総合研究報告書

電池の循環・廃棄システム構築に向けた
環境負荷解析及び政策比較研究
(3 K113012)

平成 26 年 3 月

(代表研究者)	京都大学環境科学センター	浅利美鈴
	京都大学環境科学センター	酒井伸一
	京都大学環境科学センター	平井康宏
	愛媛大学	貴田晶子
	国立環境研究所	田崎智宏
	京都市	三浦貴弘

- ・ 補助事業名 環境研究総合推進費補助金研究事業（平成 23 年度～平成 25 年度）
- ・ 所管 環境省
- ・ 国庫補助金（円） 39,855,000 円 （総計）
- ・ 研究課題名 電池の循環・廃棄システム構築に向けた環境負荷解析及び政策比較研究
(3 K113012)
- ・ 研究期間（西暦） 平成 23 年 4 月 1 日～平成 26 年 3 月 31 日
- ・ 代表研究者名 浅利美鈴（京都大学環境科学センター）
- ・ 共同研究者名 酒井伸一（京都大学環境科学センター）
平井康宏（京都大学環境科学センター）
貴田晶子（愛媛大学）
田崎智宏（国立環境研究所）
三浦貴弘（京都市）

目 次

総合研究報告書概要	1
本文	
1. 研究目的・概要	13
1.1 研究背景及び目的	13
1.2 研究概要	13
2. 国内外の小形電池の回収・リサイクル制度比較	14
2.1 各国リサイクル制度及び回収状況についての比較考察	14
2.2 日本	20
2.3 EU	24
2.4 北米	34
2.5 アジア	34
2.6 2章のまとめ	35
3. 日本における使用済み小形電池の廃棄実態調査	37
3.1 概要	37
3.2 自治体による使用済み小形電池収集分類調査	37
3.3 消費者の分別回収行動に関するアンケート調査	41
3.4 使用済み小形電池サンプル調査	47
3.5 使用済み小型家電製品における電池の取り外し実態調査	54
3.6 消費者の電池および内蔵製品の保有・廃棄行動に関するアンケート調査	58
3.7 3章のまとめ	64
4. 小形電池の資源ポテンシャルの把握	68
4.1 小形電池の化学性状の把握	68
4.2 家庭内保有されている小形電池に含まれる金属量の推定	70
4.3 4章のまとめ	72
5. ニカド電池（カドミウム）及びリチウムイオン電池（コバルト）の国内フロー解析	74
5.1 カドミウムとニカド電池について	74
5.2 コバルトとリチウムイオン電池について	75
5.3 カドミウムとコバルトのサブスタンスフロー解析（SFA）	77
5.4 5章のまとめ	93
6. 欧州の使用済み電池の回収・リサイクル制度の調査と日本の制度との比較	95
6.1 はじめに	95
6.2 方法	95
6.3 デンマークの使用済み小型電池の回収・リサイクル制度	95
6.4 スイスの使用済み電池の回収・リサイクル制度	100
6.5 日本使用済み電池の回収・リサイクル制度	103
6.6 制度比較	106
7. 日本における廃電池の回収リサイクルに関する課題及び可能性	109
7.1 はじめに	109
7.2 小形電池の回収リサイクルの実態と評価	109
7.3 課題及び可能性	110
7.4 おわりに	113
8. 結論	114
9. 研究発表	115
研究概要図	116
英文概要	117

環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書概要

研究課題名：電池の循環・廃棄システム構築に向けた環境負荷解析及び政策比較研究

研究番号：3 K113012

国庫補助金精算所要額：39,855,000 円（複数年度の総計）

研究期間：平成 23 年 4 月 1 日～平成 26 年 3 月 31 日

研究代表者名：浅利美鈴（京都大学環境科学センター）

研究分担者名：酒井伸一（京都大学環境科学センター）、平井康宏（京都大学環境科学センター）、
貴田晶子（愛媛大学）、田崎智宏（国立環境研究所）、三浦貴弘（京都市）

研究目的

電池については、日本国内では、水銀フリー化や二次電池の開発、資源有効利用促進法による小形二次電池の回収・リサイクル、リサイクル技術の構築など、環境負荷低減策も一定の進展を見せている。しかし、いまだに家庭などで使用される小形電池の回収率は 2 割程度と低く、使い捨て電池の評価や循環・廃棄を含む管理政策に関する議論も十分には行われていない。そこで、本研究を通じて（1）まず、循環・廃棄の実態を把握した上で、フロー解析を行い、電池とそこに含まれるカドミウムや鉛、レアメタルなどのフローに関する基礎的知見を得る。また（2）ライフサイクルに渡る考察により、小形一次電池（使い捨て電池）と小形二次電池、将来製品との比較、リサイクルシステム構築の効果などを検証する。さらに（3）欧米や中国、東南アジアなどを対象に、電池政策に関する政策比較を行う。これらで得られた知見より、特に日本における電池政策のあり方を検討する。

研究方法

本研究では、小形電池の回収・リサイクルに主眼を置き、大きくわけて次の 5 つの研究や調査を行った。

（1）小形電池政策に関する基礎的なレビュー

小形電池の回収・リサイクルに関する政策やその背景についての基本情報の収集を、欧米、日本、アジア数カ国を対象に、主にウェブサイトの検索等により行った。

（2）小形電池の循環・廃棄の実態把握

小形電池の廃棄実態を把握するために、自治体、消費者、回収物等に関する調査を次の通り行った。

表 1 小形電池の循環・廃棄実態把握のための調査

調査	概要
自治体収集分類調査	各自治体の小形電池の収集分類について全国 806 自治体のウェブサイト进行调查した。
消費者アンケート（小形電池の捨て方について）	収集分類が異なる 11 都市の消費者にアンケート調査を行い、小形電池をどのように捨てているかを調査した。
使用済み小形電池サンプル調査	京都市の筒型一次電池を対象とした拠点回収施設における 1 ヶ月の電池をサンプルとして、年式、サイズ、重量などの基礎情報を整理した。
小型家電製品廃棄に伴う電池取り外し実態調査	京都市が行っている小型家電製品回収モデル事業において回収された小型家電製品をサンプルに、製品からの電池の取り外し実態を調査した。
消費者アンケート（小形電池及び小型家電について）	収集分類が異なる 11 都市の消費者にアンケート調査を行い、小形電池及び小形電池内蔵小型家電の家庭内保有や廃棄について調査した。

なお、アンケート調査はネットアンケートシステムを利用し、11 政令指定都市の在住者を中心に、年齢は 20 代から 60 代までを均等になるように設計した。対象とした小型家電製品は、小形電池を使用する代表的なもの 9 種類（デジタルカメラ、ビデオカメラ、シェーバー、コードレス掃除機、コードレス子機、コードレス電動工具、携帯電話、タブレット端末、ノートパソコン）とした。

(3) 小形電池の資源ポテンシャルの把握及び国内フロー解析

小形電池に含まれる資源・有害性金属に焦点をあて、性状分析を行うと同時に、資源ポテンシャルを把握した。まず、主要な小形電池（乾電池、Ni-MH 電池、NiCd 電池、コイン型リチウム電池、アルカリボタン電池、Li-ion 電池）について、幅広い金属類の含有量を測定した。物質としては、電池の代表成分や有害性及び希少性を持つ金属類、Li、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Y、Zr、Cd、La、Ce、Pr、Nd、Gd、Dy、Au、Pb を対象とした。試料は、解体後、各部位に分類して重量を測定し、試料を調整した後、電気炉にて灰化し、灰化物に王水を添加して加熱酸分解を行い、ろ過・定容後、ICP-AES（島津製作所、ICPS-8100）または MS（Varian、820-MS）により、金属元素の測定を行った。また、退蔵されていた古い乾電池の水銀も測定した。次に、本研究のネットアンケート調査の結果を用いて、国内の家庭内に保有されている小形電池保有個数を推定した。その後、本研究の化学性状分析により把握された小形電池中に含まれる希少／有害金属に着目し、また同じく本研究のネットアンケート調査より推定した小形電池保有数を用いて、家庭で保有されている小形電池に含まれる金属量を推定した。推定にあたっては、いくつかの仮定を置いた。

主に統計データや関係業界公表データを用い、代表的な小形電池であるニカド電池中のカドミウム、リチウムイオン電池中のコバルトに着目した国内フロー解析を行った。なお、これらの電池を内蔵した製品も評価システムの範囲に含めた。基本的には、統計値等を用いて推定を行ったが、特に精緻化したのは、最終製品（Li-ion 電池を内蔵した製品）段階における推定である。消費者による製品使用後のフローを推定するに当たって、その年の国内販売量と排出量が等しいと仮定した。使用済み製品の排出ルートについては、全量が回収・廃棄・退蔵の 3 つのいずれかのルートに移行するとした。回収ルートへ移行する製品のうち、携帯電話とノート PC については、法人により自主回収が行われており、リサイクル実施状況が公表されている。また、Li-ion 電池単体の回収量は JBRC により公表されている。それ以外の製品については、本研究のネットアンケート調査結果等を用いて、回収量の推定を行った。製品から取り外されずに廃棄ルートへ移行した電池については、可燃または不燃ごみへ移行し、その後、直接埋め立てまたは焼却のどちらかへ移行したと考えた。

(4) 小形電池の循環・廃棄に関する政策の国際比較

国際的に特徴ある回収を進める 2 国として、自治体が回収において大きな役割を果たすデンマークと世界一の電池回収率を誇るスイスの制度を取り上げ、それらの制度概要を文献とヒアリングによって調査するとともに、日本の制度との比較・考察を行った。

(5) 今後の展開に向けた課題整理

LCA 研究レビューや実態調査、これまでの研究結果等を踏まえ、今後の展開に向けた課題を整理した。国際政策の動向を調査するため、使用済み電池に関する国際会議（17th International Congress for Battery Recycling ICBR 2012）に参加し、情報収集を行ったほか、いくつかの国や地域を訪問して、使用済み電池の回収実態等に関する視察・ヒアリングを行った。

結果と考察

(1) 小形電池政策に関する基礎的なレビュー

小形電池の回収・リサイクルに関する政策やその背景についての基本情報の収集を、欧米、日本、アジア数カ国を対象に、主にウェブサイトの検索等により行った。その結果、欧州においては回収・リサイクルの制度及び仕組みが整っているが、アジアにおいては取組が緒に就いたところであることがわかった。

(2) 小形電池の循環・廃棄の実態把握

調査の結果として、自治体における分別収集状況や情報発信、廃棄される電池の傾向、小形電池や小形電池内蔵小型家電の家庭内保有数等が明らかになったほか、小形電池と小型家電製品に関連する課題、つまり、使用済みの小型家電製品はすぐさま処分されず退蔵される傾向にあること、また、捨てられる場合でも電池を取り外さず内蔵したまま処分されることなどが浮き彫りになった。以降、結果の一部を紹介する。

○小型家電製品に内蔵されたまま排出される電池について

国内出荷推定量に対する回収実績値から求めた小形電池の回収率は3割に満たないが、その一因として、種類によっては7割近い小型家電製品が自治体の可燃ごみや不燃ごみ等に排出されており、また処分される小型家電製品の7割以上が小形電池を内蔵したまま排出されている実態が改めて確認された。既存の小形電池の回収システムを活かして回収率をあげるためには、小型家電製品からの小形電池の取り外しを呼びかけることが必要と考えられた。また、その後のリサイクルフロー等によっては、小型家電製品とあわせて、もしくは連動（回収ボックス等をセットにするなど）させて回収を促進することも有効と考えられる。

○小形電池の回収システムやリスクに関する認知や意識

小形二次電池について、回収・リサイクルに関する法律やシステム（製造業者等による）の存在について認知を尋ねた結果、認知は3～4割となった。

小形電池回収ボックスを、1年以内に見かけたことがあるか尋ねた結果、小形二次電池回収ボックスについては約25%、その他については1割強の人しか見ておらず、どれも見たことがない人が6割以上となった。

また、回収ボックスの存在認知が廃棄行動に大きな影響を与えた。つまり、認知した人では4～6割が回収拠点に出した一方、しない人では2～3割しか回収拠点への持参行動をとらなかった。これより、回収システムや意義の認知に加えて、回収ボックスの設置の仕方などの工夫が重要と考えられた。

(3) 小形電池の資源ポテンシャルの把握及び国内フロー解析

(3-1) 小形電池の資源ポテンシャル

小形電池に含まれる金属類の分析結果の概要を、電池別に列挙するが、小形電池には、資源性・有害性の両面から配慮が必要であることが確認された。

○乾電池：主要成分 Mn（16～28%）、Ni や Cu、Pb 等も含有。

○Ni-MH（水素）電池：主要成分 Ni（33～44%）、Nd（26%）、La（17%）に加え Co（5%程度）含有。

その他に Y、Zr、Ce、Pr、Gd 等を含有。Ni-MH に使われているミッシュメタルは複数のレアアースが含まれた合金（多種のレアアースは、そこに含まれていたものと考えられる）。

○Ni-Cd 電池：主要成分 Cd（21～26%）、Ni（18%）。

○コイン型リチウム電池及びアルカリボタン電池：主要成分 Mn（約2割）に加え、Cr や Ni、Cu も一定量含有。

○Li-ion 電池：Co（4～43%）、Ni（0.09～25%）、Cu（4.7～25%）、Li（1.9～5%）含有。Co の含有が注目されているが、メーカーによる違いや経年変化は明確には見られなかった。

○古い乾電池：小形電池は長期間退蔵される傾向にあり、水銀含有電池の排出にも注意を要する。今回測定したものには1個当たり50mgの水銀を含むものもあった。

次に、家庭で保有される小形電池に含まれる金属量の推定結果によると、Li、Co、Ni、Cd については、家庭に保有されている小形電池に寄与するもの（以降、家庭内保有量）も相当量あることがわかった。具体的に現在のフロー量（2010年）と比較すると、次のようになる。

○Li：約516 トン⇔国内需要量：3,000 トン、うち電池への国内需要量は2,000 トン

○Co：約3,900 トン⇔国内需要量：12,000 トン、うち電池への国内需要量：9,500 トン

○Ni：約 4,700 トン⇔国内需要量：49,000、うち電池への国内需要量：2,100 トン

○Cd：約 1,600 トン⇔国内需要量（そのほとんどが NiCd 電池用）：約 1,800 トン

○Au：0.95 トン⇔国内需要量：約 120 トン、うち電気機器等への需要 60 トン

今回は家庭で保有されている小形電池のみを対象としたが、それ以外の用途等も含めると、さらに多くの金属が小形電池に含まれて存在している。その中には、希少金属や有害金属も相当量含まれることがわかり、これらの回収・リサイクルの促進策を検討することは重要と考えられる。

(3-2) NiCd 電池に着目した Cd の国内フロー解析

NiCd 電池を中心とした Cd のフロー解析結果より、2001 年から 2010 年にかけて、NiCd 電池とともに、Cd フロー量が縮小している。

2010 年におけるカドミウムフロー（図 1；全て Cd 量に換算した数値を提示）について、カドミウム原料の大半は国内生産され、1,800t は国内でのニカド電池製造に用いられ、850t が輸出された。製造されたニカド電池のうち、1,600t のニカド電池が中間製品として輸出され、320t が国内で販売された。最終製品である、ニカド電池使用製品の多くは国内において販売され、2010 年の国内販売量は 690t で、製品使用後に回収されたカドミウムは 171t であった。本フローから推定される回収量は 2 割程度に留まっている。

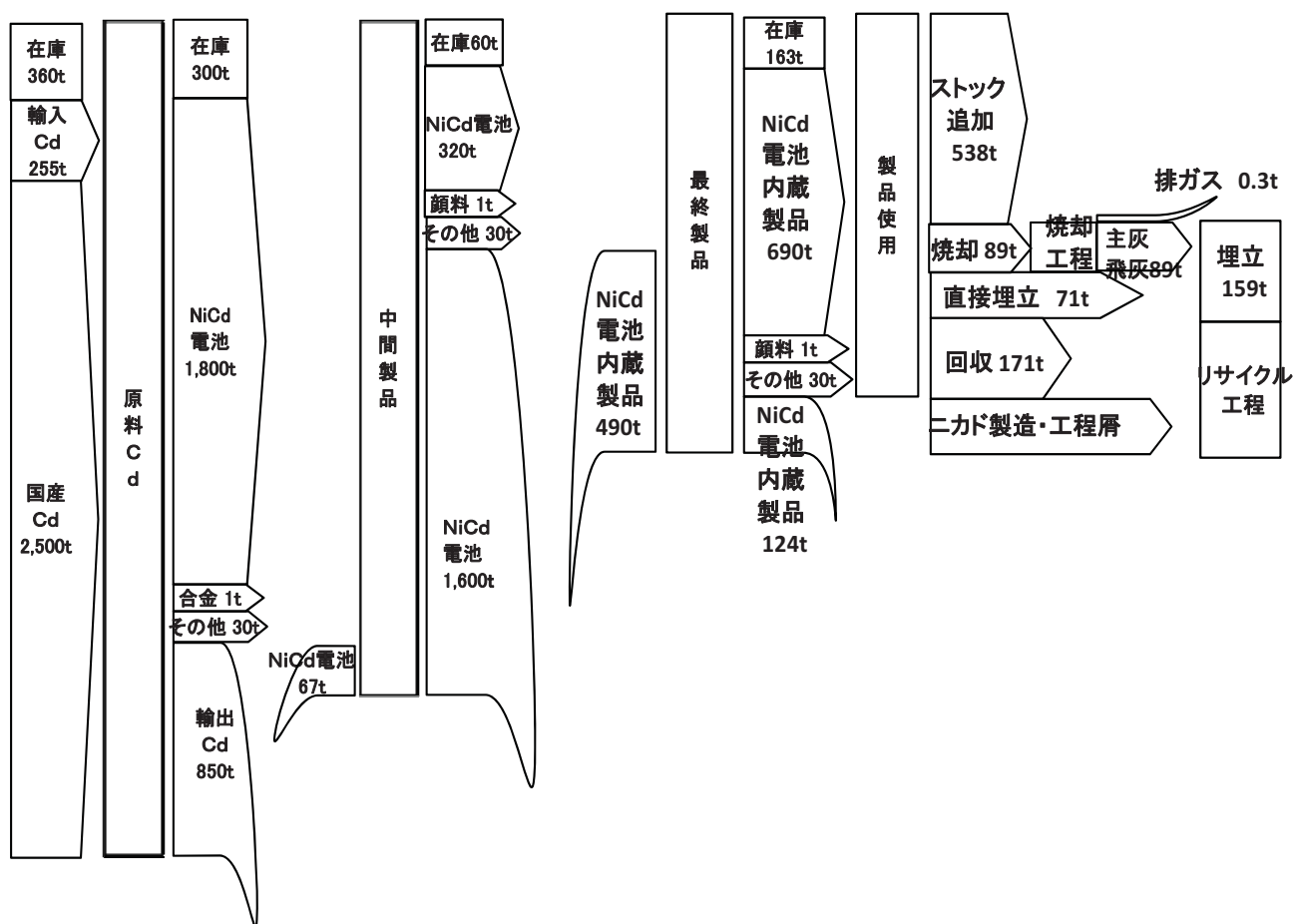


図 1 日本における 2010 年の Cd フローの推定結果 (t-Cd/yr)

(3-3) Li-ion 電池に着目した Co の国内フロー解析

Li-ion 電池を中心とした Co のフロー解析結果より、2002 年から 2010 年にかけて、Li-ion 電池とともに、Co フロー量が拡大していることがわかった。

2010 年における Co フロー（図 2；全て Co 量に換算した数値を提示）については、原料 Co の大半は輸入され、約 8,000t が Li-ion 電池に使用され、4,100t の Co が海外へ輸出された。Co の国内需要においては、Li-ion 電池が最も多い。国内で製造された Li-ion 電池のうち、7,900t が海外へ輸出され、900t が国内で販売された。Li-ion 電池内蔵製品については、1,040t が国内で販売され、187t の Co が回収されたと推定した。販売量に対する推定回収率は約 10% となる。

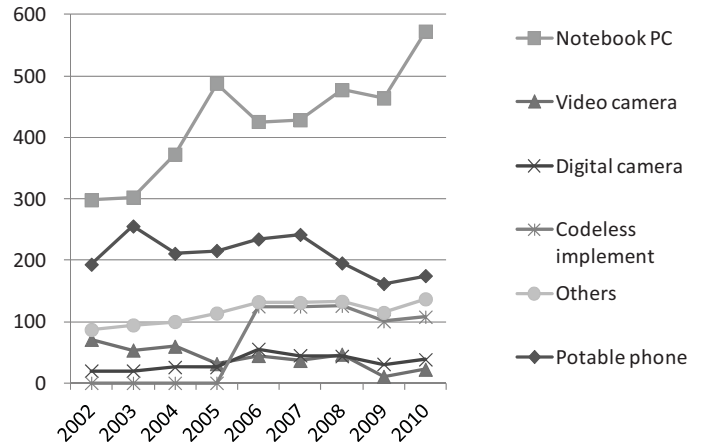


図 3 Li-ion 電池内蔵製品の国内販売量（t-Co/year）

図 3 に、Li-ion 電池内蔵製品の国内販売量の推移を示す。全体として、Co フローは 2002 年から 2010 年で 1.5 倍になったが、比較的大きな電池が使われているノート PC の寄与が最も大きい。

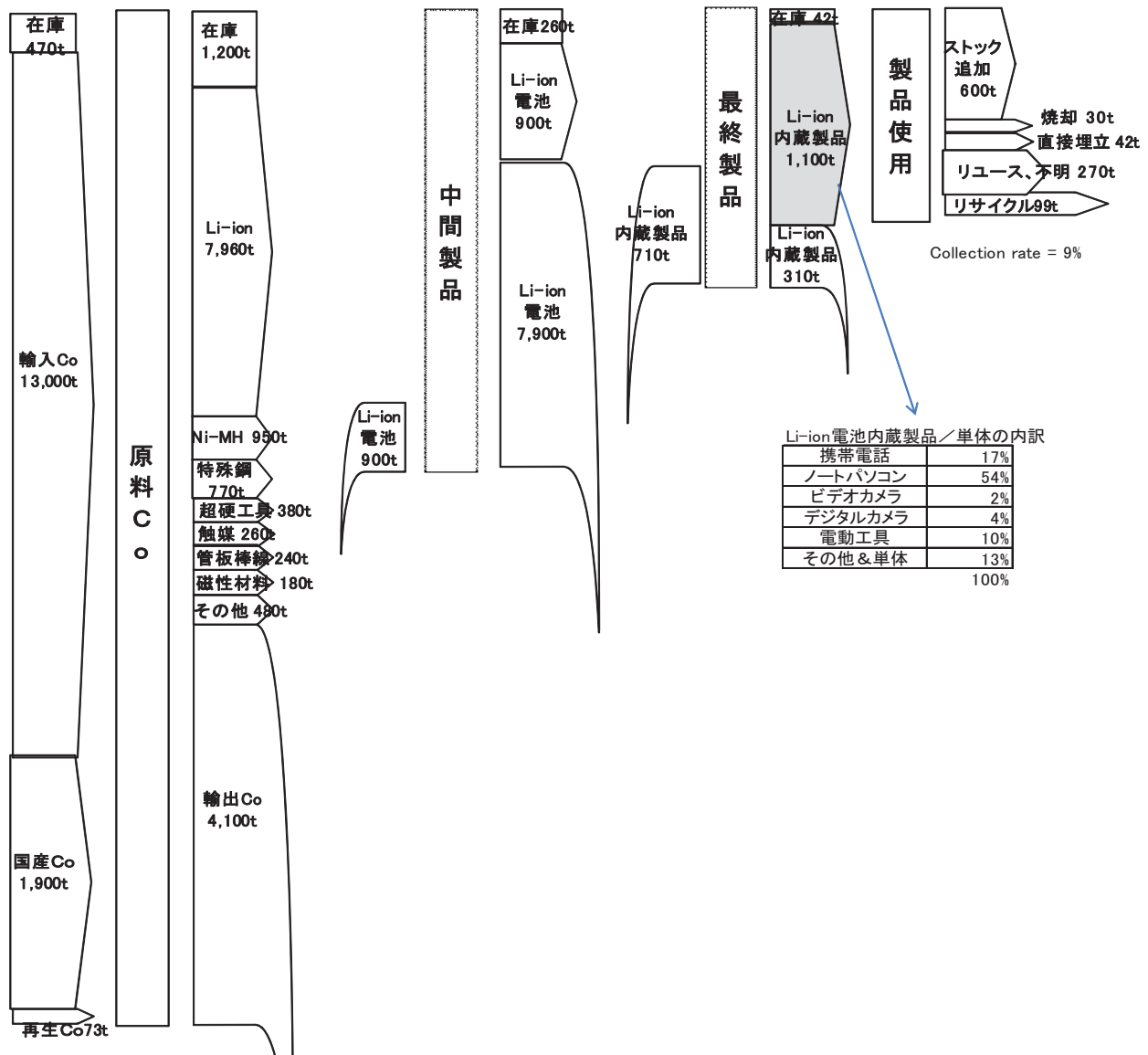


図 2 日本における 2010 年の Co フロー（t-Co/yr）
※中間製品以降は Li-ion 電池のみ

(4) 小形電池の循環・廃棄に関する政策の国際比較

リサイクル制度の基本要素として物質フロー、金銭フロー、情報フローの3つのフローが関係主体間でどのように、どれだけやりとりされているかを記述して特徴整理を行った。その結果、同じように生産者責任をベースとした枠組みであっても、関係者へのインセンティブの与え方や費用負担に大きな違いがあることを確認できた。さらに、日本の制度との比較を行った結果、日本では二次電池のみが対象だが、これらの国では一次電池も含め拡大生産者責任に基づく回収が行われていること、電池の価格に回収費用が内部化されていること、回収における自治体の役割が大きいこと、自治体が回収に要した費用は生産者によって充当され回収インセンティブがあること等の特徴を把握することができた。

(5) 今後の展開に向けた課題整理

LCA 研究レビューや実態調査、これまでの研究結果等を踏まえ、今後の展開に向けた課題を整理した。具体的には、制度、製品設計・表示、消費者意識・行動、コスト、安全面の5つの視点を提示した。

○制度の課題：日本では、法律においてメーカーに回収リサイクルが義務付けられているのは小形二次電池のみである。適正リサイクルへの努力は続けられているものの、回収量・率の目標等は定められておらず、回収率は低迷しており、実態的には自主的な回収にとどまっている。また、小形電池の種類によって回収システムが異なることは、消費者にとって参加意識・理解・周知を妨げる一因となっていると考えられる。一次電池の回収が一定根付いていることから、自治体が関与した回収や周知を活かすことが重要であることが示唆される。更に、再生可能エネルギー等の普及に伴い、家庭用蓄電池等の導入が進む中、それらへの対応も必要となってくる。しかし、そのような新しい製品群への対応は、現状の法律や取組では対象外となってしまう。従って、電池の適正な回収リサイクルシステムの実効性を高めるためには、制度面では、次のような点についての検討が必要と考えられる。

- ・ 回収量や率の目標値を組み込んだものとする。
- ・ 小形二次電池についても、広報や回収における自治体や販売店の関与を位置づける。特に小形・中型電池は、回収システムの統合化（分別するが同じ拠点で回収するなど）や多様化（販売店や自治体における様々な回収）を図る。
- ・ 廃電池全般を対象にした法律／制度を検討する。

○製品設計・表示に関する課題：小形二次電池の回収を妨げる他の要因としては、小型電子機器等から取り外されずに捨てられる傾向が挙げられる。一部の製品は、取り外しが難しい／危険な場合があり、製品設計に関する課題と考えられる。また、「使用済み小型電子機器等の再資源化に関する法律」との関係も含めて、小型電子機器等への表示・ラベリング（取り外しの必要性・可能性、廃電池の扱いなどについて）も必要と考えられる。

○消費者意識・行動に関する課題：消費者の小形二次電池の回収リサイクルシステムの認知は約3割にとどまっており、向上が必須である。そのためにも、1つ目の課題（制度）で述べた自治体等の関与は重要である。なお、一次電池の使用量削減や二次電池へのシフトも、消費者サイドの一つの論点になり得るだろう。日本における小形電池の国内販売量と欧州の一部の国におけるデータを比較すると、日本人の小形電池消費個数の多さ、中でも一次電池が大半を占めていることがわかった。関連して、使用済み一次電池にどの程度エネルギーが残存していたかを国別に比較した結果を図4に示す。これによると、特に日本において、相当量のエネルギーが残存した状態で廃棄されている傾向にあることがわかり、これが電池の使い捨て量の増大に結びついている一因と考えられた。電池の2R化が求められる。

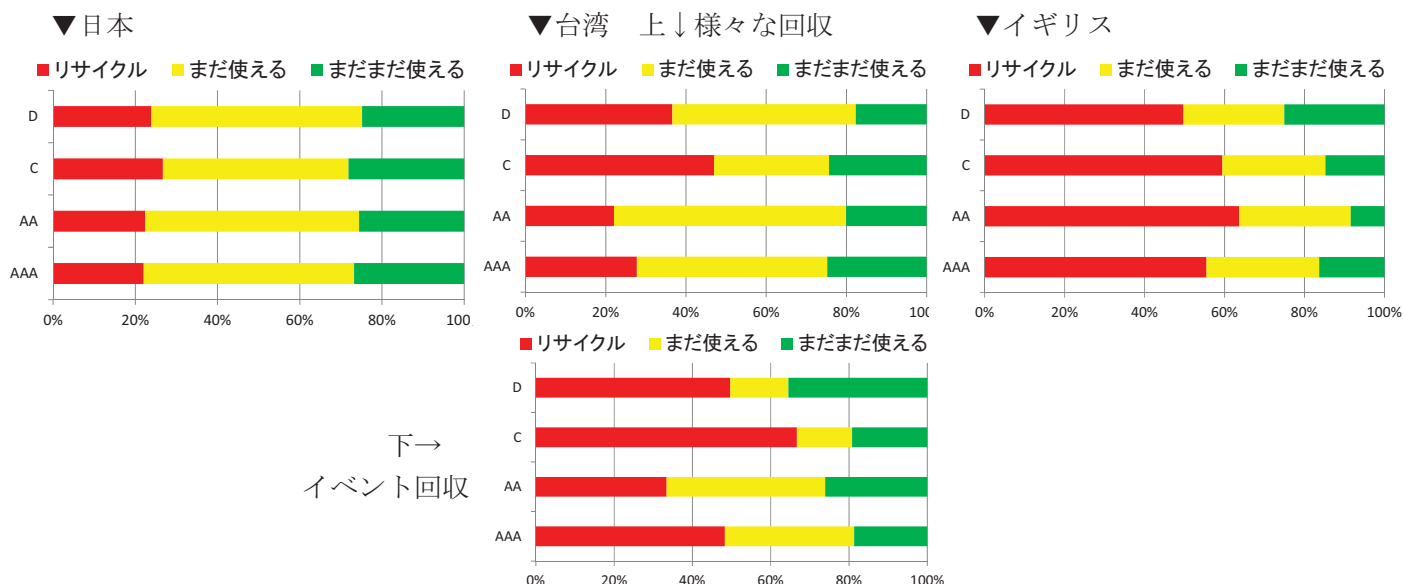


図 4 使用済み一次電池中残存エネルギー比較

○コスト面の課題：EU 等においては、メーカー等が全ての廃電池の回収・リサイクル及びその（目標を達成する）ための広報費用を負担する仕組みになっている。日本においては、小形二次電池及び一部のボタン電池についてはメーカー等が、一次電池については自治体（回収を実施している場合）が、それぞれ費用負担して回収・リサイクルを行っているが、1つ目及び3つ目の課題でも検討した通り、小形二次電池等についても、自治体が回収や周知に関与することが有効だろう。また、販売店等の回収協力強化（場合によっては義務化）も重要だろう。広報や回収インフラを効果的に共有することで、社会全体では、コスト面でも効率化が可能と考えられる。ただし、メーカー等からの相応の費用負担（増加）が必要と考えられる。

○安全面の課題：EU 等においては、電池リサイクルが進む中、各国においてリチウム系電池の爆発事故が相次ぎ、その対応に向けた議論が進められている。ポイントとしては次のようなことが挙げられる。

- ・ 事故は、これまでの例では、主にリサイクル施設における保管や前処理においておこりやすい。
- ・ 原因は定かではないが、その電池の状態（ダメージを受けている）、他の電池との摩擦、温度条件等によって起こり得る。
- ・ **WEEE** で集められた機器から、破碎後に回収された電池等は、状態が悪く、上記ダメージを減らすための課題と考えられる。

この課題への対応として、ドイツでは、安全な取り扱いに関する関係者への教育の徹底、電池への明記、回収時の分別方法の検討といった対応を考えているとのことであった。日本においても、類似の事故例が見られることから、大規模に回収・リサイクルを進めている欧州諸国等の動向も参考に、対策の検討・議論を行うことが急務と考えられる。

環境政策への貢献

本研究を通じて、次の提案・問題提起が環境政策に貢献すると考えられた。

【1】小形電池に含まれる金属の回収・リサイクル、適正管理の推進

主要な小形電池中の金属類含有量を測定した結果、

○Li-ion 電池で Ni 及び Co が、NiCd 電池において Cd が、それぞれ 2 割程度を占め、一部の電池からは Nd や La などが高濃度で検出されていること

○水銀を含む古い製品も家庭等に退蔵され、排出される可能性があること

から、資源性・有害性の両面から、配慮が必要な製品群であることが確認された。

製品のリサイクルシステム構築においては、各含有物質に焦点を当て、回収意義のある量が確保できるかを検討する視点も重要となる。そこで、前述の化学性状把握及びネットアンケートの結果を用いて、金属量の把握を行った。その結果によると、Li、Co、Ni、Cd については、家庭に保有されている小形電池に寄与するものも相当量となっていることがわかった。具体的に需要量（2010 年）と比較すると、次の表 A のようになる。

表 A 電池としての家庭内保有量と国内の全体需要量

	電池としての家庭内保有量	国内需要量
Li	約 516 t	約 3,000 t、うち電池への国内需要量は 2,000 t
Co	約 3,900 t	約 12,000 t、うち電池への国内需要量：9,500 t
Ni	約 4,700 t	約 49,000 t、うち電池への国内需要量：2,100 t
Cd	約 1,600 t	約 1,800 t（そのほとんどが NiCd 電池用）
Au	約 1 t	約 120 t、うち電気機器等への需要：約 60 t

今回は家庭で保有されている小形電池のみを対象としたが、それ以外の用途等も含めると、さらに多くの金属が小形電池に含まれて存在している。その中には、希少金属や有害金属も相当量含まれることがわかり、これらの回収・リサイクルを促進する必要がある。

なお、一次電池は資源性が少ないと考えられるが、EU 旧電池指令における数年の試行の後、回収率向上のため、全ての電池の回収を義務付けることとした EU 新電池指令の例などを踏まえ、また古い電池（水銀含有）の退蔵実態を踏まえ、制度・システム設計する必要があると考えられる。

【2-1】小型家電からの取り外しの周知及び製品設計

小型家電製品の廃棄時に、電池を取り外したか、ネットアンケート調査により尋ねた結果、電池を取り外したとする割合は 1～3 割程度で、それ以外は、内蔵したままの排出であることがわかった。取り外さなかった理由としては、「取り外す必要はないと考えた」「取り外すことは考えもしなかった」が大半であり、小型家電製品排出・回収時の小形電池の位置づけを明確にし、周知を図ることが必要と考えられた。国内出荷推定量に対する回収実績値から求めた小形電池の回収率は 3 割に満たないが、その一因として、種類によっては 7 割近い小型家電製品が自治体の可燃ごみや不燃ごみ等に排出されており、また処分される小型家電製品の 7 割以上が小形電池を内蔵したまま排出されている実態が改めて確認された。

◇回収率をあげるためには、小型家電製品からの電池取り外しを周知する必要あり

既存の小形電池の回収システムを活かして回収率をあげるためには、小型家電製品からの小形電池の取り外しを呼びかける必要がある。また、その後のリサイクルフロー等によっては、小型家電製品（小型家電リサイクル法）とあわせて、もしくは連動（回収ボックス等をセットにするなど）させて回収を促進することも有効と考えられる。なお、EU においては、WEEE 指令（2002/96/EC）の下で回収された使用済み電子・電気機器製品に内蔵される電池は、機器から取り外された時点で新電池指令での対象となり、電池個別での回収・リサイクルが行われなければならないとされている。

◇小型家電製品からの電池取り外し（電池一体型製品）の製品設計への要求

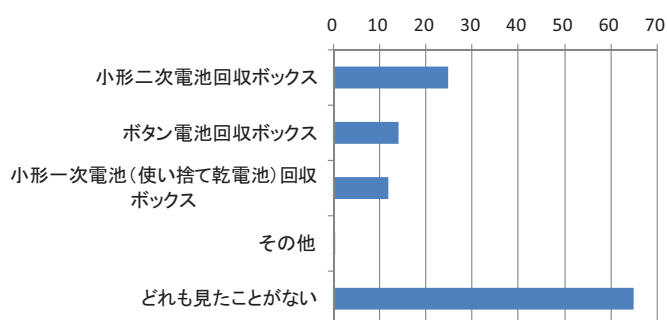
ただし、小型家電からの取り外し時に、電池（特にリチウム系電池）や接続部が傷つき、爆発事故等に結びつくことも懸念される。EU の新電池指令（2006/66/EC）においては、電池の取り外しを容易にすることが、メーカーに義務付けられているが、それでも全ての製品が全ての消費者や作業者にとって容易に取り外しできる訳ではない。そして、EU 各国においては、**後述**する通り、小型家電製品から取り外した際の傷等が一因と考えられる爆発事故が問題となっている。

特にタブレット端末については、「取り外そうとしたが取り外せなかった」というアンケート結果が、他の製品に比べて顕著に多くなったが、近年、製品の小型化に伴い、取り外し困難な製品、電池と一体化した製品が増える傾向にあると考えられる。このような製品の管理の在り方、消費者への周知について、検討・議論が必要である。

【2-2】回収の受け皿の充実が必要

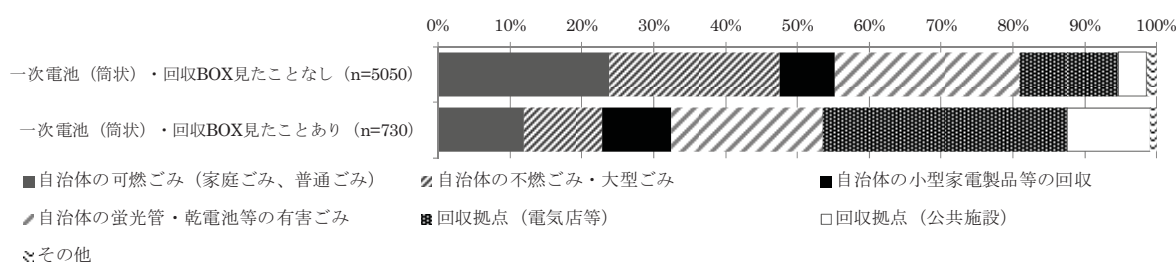
ネットアンケート調査を通じて、小形二次電池について、回収・リサイクルに関する法律やシステム（製造業者等による）の存在について認知を尋ねた結果、認知率は3～4割となった。

小形電池回収ボックスの写真を示し、1年以内に見かけたことがあるか尋ねた質問の回答結果を**図A**に示す。これによると、小形二次電池回収ボックスについては約25%、その他については1割強の人しか見ておらず、どれも見たことがない人が6割以上となっていることがわかる。



図A 各種電池回収ボックスを見かけたことがある人の割合 (%) (n=6,500)

回収ボックスを見かけたことがある人とない人に分けて廃棄行動を整理した結果を**図B**に示す。なお、スペースの都合上ここでは一次電池の結果のみ提示したが、他の電池類でも同様の結果となった。これによると、回収ボックスを見たことがある人は4～6割の人が回収拠点に出しており、見たことがない人が2～3割であることに比べて明らかに大きな割合となった。これより、回収システムや意義の認知に加えて、回収ボックスの配置における工夫や義務化の検討などが必要と考えられた。なお、EU 新電池指令においては、電池販売店に回収ボックスの設置を義務づけており、一つの周知媒体として重視しているほか、販売店の責任強化や回収率向上において重要な役割を果たしている。



図B 回収ボックスを見たことがある人とない人における廃棄行動の違い

【3】NiCd 電池需要縮小に伴う余剰 Cd の管理に関する議論が必要

NiCd 電池を中心とした Cd のフロー解析結果より、2001 年から 2010 年にかけて、NiCd 電池とともに、Cd フロー量が縮小していることがわかった。Cd は亜鉛の副産物として生産されており（年間約 2,500 トン）、今後は余剰なカドミウムを、どのように管理していくかが重要な課題となると考えられ、国や国際レベルでの議論が求められる。

【4】Co フローの管理（循環）を目指すため、Li-ion 電池への対策強化が重要

近年、Co を含む小形二次電池として、Li-ion 電池が注目されている。しかし、この回収率は低く、今後の循環システム構築に向けた課題である。そこで、Li-ion 電池を中心に、国内の Co フロー解析を行った。

その解析結果より、2002 年から 2010 年にかけて、Li-ion 電池とともに、Co フロー量が 1.5 倍に拡大していること（原料 Co : 15,000 トン）がわかった。

◇PC や携帯電話、タブレット端末への取組強化

近年の増加については、比較的大きな電池が使われているノート PC の寄与が最も大きい。この間、ノート PC の需要が拡大し、2010 年には、Co フローの国内需要量の半分を占めるに至っている。

流通量に対する回収量から計算した Li-ion 電池の回収率は約 10%にとどまった。販売される製品（Co 量換算）はノート PC が最も多くを占めるが、回収においては、携帯電話とノート PC が同程度となった。これは、全体に退蔵される製品が多いこと、特にノート PC はリユースされる製品が多い可能性があることがわかる。今後、資源有効利用促進法や小電リサイクル法の議論において、電池中の Co の視点からも、退蔵製品からの回収や、リユースの実態把握と回収率向上が必要である。

なお、Co 濃度や含有量が、リサイクルにおける品位判定において重要となる。電池中 Co 濃度の低下を懸念する声もあるが、国際的な情報収集においても、当面、PC や情報機器類においては、高濃度の Co を含有するタイプの Li-ion 電池が使われる見込みであると思われた。

◇タブレット端末等、電池取り外し困難／一体型製品に関する注意点

現在、タブレット端末等の需要が拡大していることから、それに伴う PC 需要の動向、タブレット端末等に内蔵されている電池（基本、Li-ion 電池と考えられる）の動向等に注目する必要があると考えられる。その際、先述及び後述のとおり、電池取り外し困難／一体型製品の管理の在り方についての検討・議論も急務かつ重要である。また、小形電池のみならず、増加傾向にある家庭用蓄電池等への対応も、今後の課題と考えられる。なお、これらは、分別回収しないことによるリスクも存在することに注意が必要である。

【5】リチウム系電池の爆発問題など、国際的な論点も注視する必要あり

使用済み電池に関する国際会議（17th ICBR 2012）等に参加し、情報収集を行った。本会議は欧州の電池リサイクル関係者を中心とした情報交換の場であるが、世界の電池リサイクルに関する最新動向を知る場でもある。EU においては、新電池指令により、一定規模の電池リサイクル業界（製造者からリサイクラーまで）ができています。また、自治体を回収に関与させる仕組みとなっているため、業界関係者だけでなく、政府や自治体の参加も見られた。2012 年は、指令の回収・リサイクル率目標の達成に向けた区切りの年であることに加えて、今後の次世代自動車や大型電池（非常用など）の電池リサイクルも視野に入ってきており（新電池指令は全ての電池を対象にしている）、かなり活気のある会議であった。

特に、自動車バッテリーは一つの論点であったが、基本的に、欧州においては、既存の電池リサイクル業界や精錬業界が、その市場を広げる形で、次世代自動車用バッテリーを受け入れていくという形になると考えられているようであった。

もう一点、特筆すべき点として、リチウム系電池の爆発問題が挙げられる。小形電池についても、EU では、全ての電池を対象に回収・リサイクルが行われているが、今回一つの焦点となっていたのは、「安全性」であった。特に、一次及び二次リチウム系電池の爆発事故が、各国にておこっており、そのメカニズムや対応についてのセッションが設けられた。ポイントとしては次のようなことが挙げられる。

○事故は、これまでの例では、主にリサイクル施設における保管や前処理においておこりやすい（ドイツの発表より）。

○原因は定かではないが、その電池の状態（ダメージを受けている）、他の電池との摩擦、温度条件等によって起こり得る（UK の発表より）。

○WEEE で集められた機器から、破碎後に回収された電池等は、状態が悪く、上記ダメージを減らすための課題と考えられる（オーストリアの発表より）。なお、この発表をベースに、小型家電から取り外した電池も含めたフローを整理してみたが、1 割程度が WEEE から流れており、そのうち状態が悪いものも半分程度あるということになる。

この課題への対応として、ドイツでは、安全な取り扱いに関する関係者への教育の徹底、電池への明記、回収時の分別方法の検討といった対応を考えているとのことであった。日本においても、類似の事故例が

見られることから、大規模に回収・リサイクルを進めている欧州諸国等の動向も参考に、対策の検討・議論を行うことが急務と考えられる。



図 C EU における取組事例（オランダの電池分別ライン）

【6】国際政策比較から見てくる日本での制度上の要点

詳細な国際政策比較より、今後、日本等における使用済み小形電池の回収・リサイクルを促進するうえで、有効となりうる制度上の諸要点としては、次の7つがあると考えられた。

- 1) 販売価格に使用済み電池の回収・リサイクル費用が含まれていることの情報伝達と、その理由についての消費者啓発
- 2) 使用済み電池の回収における自治体の関与の強化
- 3) 自治体が要した回収費用の充当
- 4) 自治体回収スキームにおける多様な回収方法の開発
- 5) 消費者にとって利便性の高い販売店への回収ボックスの設置・義務化
- 6) 製造業者等の全数捕捉を可能とするシステムの構築
- 7) 一次電池と二次電池の併せ回収

それ以外にも、製品設計・表示に関する課題（製品からの電池取り外し容易性・安全性、取り外しの必要性・可能性や廃電池の扱いなどに関する小型電子機器等への表示・ラベリング）も重要と考えられる。また、消費者意識・行動に関する課題もあり、特に一次電池の使い捨て量や残存エネルギーが多いことから、電池の2R化を進めることが重要と考えられた。

研究成果の実現可能性

◆小型家電廃棄時の小形電池取り外しの促進

既存の制度やシステムの組み合わせの中では、小型家電リサイクルや電池類の回収リサイクル制度において、誰がいつ取り外し、どの制度の元でリサイクルするかといった方針を明らかにし、消費者や事業者への周知を図ることができるだろう。ただし、後述する安全性確保等が重要なポイントとなる。

◆小形電池回収の受け皿の充実

販売店等には回収ボックスの設置を義務付けるなどの政策展開が可能であろう。そのための費用負担等にはメーカーや業界等の、システム構築においては自治体等の積極的関与が可能と考えられる。小型家電

製品の回収とあわせた電池類の回収、一次・二次電池回収ボックスのセット設置なども可能であろう。

◆小形電池のリサイクル推進

現在使用されている電池類については、基本的に技術的には分別・リサイクル可能と考えられる。採算性については、個々に異なるが、一次電池の品位は概して低く、今後、二次電池化とその循環利用を模索する、中型蓄電池や次世代自動車用電池ともあわせた循環を模索するといった視点も必要だろう。

◆安全性の確保

リチウム系電池等の爆発問題への対応は必須と考えられる。小形電池取り外し困難／一体型製品の管理の在り方の議論は、欧州等の先進対策事例なども参考に、メーカーを含めた議論に展開する必要がある。

結論

今後の取組の方向性として、廃電池の適正な回収・リサイクルシステム構築に向けて、まず既存システムの実効性を高めるため、小形二次電池等に関する回収目標値の設定や自治体や販売店の関与強化、製品設計・表示、消費者への2Rや回収リサイクル周知などが重要と考えられた。

さらに将来的には、様々な電池使用機器が発売されることへの対応、すなわち電子電気機器からの有効な電池回収のスキームの構築や、中型・大型蓄電池等も含めた全電池への対応、回収リサイクルスキームの調和も念頭に、制度化を検討することが必要と考えられる。また技術面でも、リサイクル技術や安全性の課題があり、これらは、次世代自動車や中型・大型蓄電池への対応技術の開発を含めて、情報収集及び検討を進める必要があると考えられる。

1 章 研究目的・概要

1.1 研究背景及び目的

電池については、日本国内では、水銀フリー化や二次電池の開発、資源有効利用促進法による小形二次電池の回収・リサイクル、リサイクル技術の構築など、環境負荷低減策も一定の進展を見せている。しかし、いまだに家庭などで使用される小形電池の回収率は 2 割程度と低く、使い捨て電池の評価や循環・廃棄を含む管理政策に関する議論も十分には行われていない。そこで、本研究を通じて (1) まず、循環・廃棄の実態を把握した上で、フロー解析を行い、電池とそこに含まれるカドミウムや鉛、レアメタルなどのフローに関する基礎的知見を得る。また (2) LCA 研究レビューや実態調査により、小形一次電池（使い捨て電池）と小形二次電池、将来製品との比較、リサイクルシステム構築の効果などを検証する。さらに (3) 欧米や中国、東南アジアなどを対象に、電池政策に関する政策比較を行う。これらで得られた知見より、特に日本における電池政策のあり方を検討する。

1.2 研究概要

本研究では、小形電池（一次、二次、ボタン電池）を対象に、次のような研究や調査を行った。以降の章において、それぞれの研究方法、結果及び考察を整理した。

(1) 小形電池政策に関する基礎的なレビュー

- ・ 小形電池の回収・リサイクルに関する政策やその背景についての基本情報の収集を、主にウェブサイト
の検索等により行った。・・・2 章

(2) 小形電池の循環・廃棄の実態把握

- ・ 小形電池の廃棄実態を把握するために、自治体、消費者、回収物等に関する調査を行った。・・・3 章

(3) 小形電池の資源ポテンシャルの把握及び国内フロー解析

- ・ 小形電池に含まれる資源・有害性金属に焦点をあて、性状分析を行うと同時に、資源ポテンシャルを把握した。・・・4 章
- ・ 主に統計データや関係業界公表データを用い、代表的な小形電池であるニカド電池中のカドミウム、リチウムイオン電池中のコバルトに着目した国内フロー解析を行った。なお、これらの電池を内蔵した製品も評価システムの範囲に含めた。・・・5 章

(4) 小形電池の循環・廃棄に関する政策の国際比較

- ・ デンマーク及びスイスについては、詳細な現地視察、各国政府や業界団体等へのヒアリング調査等を行い、政策比較を行った。・・・6 章

(5) 今後の展開に向けた課題整理

- ・ LCA 研究レビューや実態調査、これまでの研究結果等を踏まえ、今後の展開に向けた課題を整理した。・・・7 章

2 章 国内外の小形電池の回収・リサイクル制度比較

2.1 各国リサイクル制度及び回収状況についての比較考察

本章では、日本及び海外での小形電池の回収・リサイクル制度についてレビューし、各国間の政策及び回収状況に関する比較考察を行った。まず本節において国内外の制度一覧を示し、回収・リサイクル状況について比較考察する。次節からは各国の回収状況についてより詳細なレビューを行う。次節で日本の状況について、続く節で EU、北米、アジアの状況について整理し、最後に各国の制度と比較した際の日本の課題について整理する。また、6 章ではスイス及びデンマークを取り上げた詳細な比較も行った。

表 2.1-1 及び表 2.1-2 に EU における小形電池回収・リサイクル制度と状況を示した。情報を整理するに当たっては、EPBA (European Portable battery Association) ¹⁾において回収団体情報等が公開されていた国を中心に、スイスを含む 12 カ国それぞれの回収団体のウェブサイトや報告書等を参考にした。また、表 2.1-3 にはアメリカ、日本、中国、韓国のリサイクル制度及び状況を示した。

まず、海外の回収・リサイクル制度について整理する。EU では 2006 年に制定された新電池指令 (2006/66/EC) により、加盟国には全種類の電池を対象に電池メーカー及び電池機器メーカー主導の回収・リサイクルシステムの構築が求められている。また、EU 非加盟のスイスでは、電池メーカー等により設立された INOBAT²⁾により、回収・リサイクル料金を消費者が電池を購入する際の価格に反映させた回収システムを構築している。EU 及びスイスでの回収方法については、基本的に販売店や公共施設での拠点回収が行われている。また、アメリカでは電池メーカーが主体である RBRC (Rechargeable Battery and Recycling Corporation) により、小形二次電池 5 種を対象とした自主的回収が行われているが、法制度としての対象電池や回収・リサイクルの義務は各州によって異なる ³⁾。中国では電池中の重金属類の規制に関する法律はあるが、回収・リサイクル制度に関する法律は存在していない ⁴⁾。韓国では拡大生産者責任のもとメーカーや輸入業社に対してリサイクル義務の履行が義務付けられているが、具体的な回収・リサイクル状況については情報が得られなかった。

対して日本では、電池の種類によって回収・リサイクルの枠組みが異なる。法的な枠組みとしては 2001 年の資源有効利用促進法により小形二次電池 4 種 (小形シール鉛蓄電池、ニカド電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池) を対象として、電池メーカー及び電池機器メーカーによる回収・リサイクルが行われている。一方マンガン電池やアルカリ電池のような一次電池については、法的な枠組みがないため処理は各地方自治体の判断に委ねられており、不燃ごみとして埋立処理される場合もあれば、分別収集されリサイクルされる場合もある。ボタン電池についても法的な枠組みはないが、2009 年より電池メーカーによる自主的な回収取り組みが始まっている。

表 2.1-1 EU 各国の小形電池リサイクル制度と状況

	スイス (EU 非加盟)	ベルギー	ドイツ	スウェーデン	オランダ	デンマーク
人口 ⁵⁾ (人)	7,551,000	10,623,000	82,263,000	9,148,000	16,382,000	5,457,000
1 人あたり GDP (US \$ /人) ⁶⁾	67,074	42,597	40,512	47,667	46,418	55,113
法律	バッテリー法	EU 新電池指令 に基づく国内法	EU 新電池指令 に基づく国内法	EU 新電池指令に 基づく国内法	EU 新電池指令 に基づく国内法	EU 新電池指令に 基づく国内法
対象電池	全種類	全種類	全種類	全種類	全種類	全種類
販売量 (t/年) [*]	3,358	—	32,736	—	8,286	3,613
回収団体	INOBAT ²⁾	BEBAT ⁷⁾	GRS ⁸⁾	Batteri INSAMLINGEN ⁹⁾	STIBAT ¹⁰⁾	Elretur, ERP ¹¹⁾
団体設立年 [*]	1992 年	1995 年	1998 年	1997 年	1994 年	不明
費用負担	消費者	電池メーカー等	電池メーカー等	電池メーカー等	電池メーカー等	電池メーカー等
回収方法	拠点・店頭回収	拠点・店頭回収	拠点・店頭回収	拠点・店頭回収	拠点・店頭回収	自治体、拠点・店頭回収
回収拠点数 [*]	12,000	20,000	170,000	6,000	21,908	不明
人口千人あたりの回収拠点数	1.6	1.9	2.1	0.7	1.3	不明
回収実績 (t/年) [*]	2,394	2,500	14,404	1,996	3,309	1,406
1 人あたり回収量 (g/人)	317	235	176	218	201	244
回収率 (%)	71% [*]	48% ^{**}	44% [*]	44% ^{**}	40% [*]	39% [*]

*) 各回収団体による公表値

**) 推定方法については後述する。

表 2.1-2 EU 各国の小型電池リサイクル制度と状況②

	フランス	ポーランド	チェコ	ポルトガル	スペイン	イギリス
人口 ⁵⁾ (人)	61,707,000	38,116,000	10,334,000	10,608,000	44,874,000	60,975,000
1人あたり GDP (US\$ /人) ⁶⁾	40,591	11,522	18,722	11,522	29,875	36,298
法律	EU 新電池指令に 基づく国内法	EU 新電池指令 に基づく国内法	EU 新電池指令に 基づく国内法	EU 新電池指令に 基づく国内法	EU 新電池指令に 基づく国内法	EU 新電池指令に 基づく国内法
対象電池	全種類	全種類	全種類	全種類	全種類	全種類
販売量 (t/年)	31,000	—	—	—	—	—
回収団体	Screlec ¹²⁾ 、 Corepile ¹³⁾	REBA ¹⁴⁾	Ecobat ¹⁵⁾	Ecopilhas ¹⁶⁾	Ecopilas ¹⁷⁾	ERP ¹⁸⁾
団体設立年	1999 年、2003 年	2003 年	2001 年	2002 年	2000 年	2010 年
費用負担	電池メーカー等	電池メーカー等	電池メーカー等	電池メーカー等	電池メーカー等	電池メーカー等
回収方法	拠点回収	拠点回収	拠点回収	拠点回収	拠点回収	自治体
回収拠点数 [*]	40,400	27,200	13,832	16,000	8,500	不明
人口千人あたりの 回収拠点数	0.6	0.7	1.3	1.5	0.2	不明
回収実績 (t/年) [*]	9,550	1,287	386	264	1,170	不明
1人あたり回収量 (g/人)	155	34	37	25	22	不明
回収率 (%)	31% ^{**}	8% ^{**}	8% ^{**}	6% ^{**}	5% ^{**}	5%以下 [*]

*) 各回収団体による公表値

**) 推定方法については後述する。

表 0-1 アメリカ、日本、中国、韓国の電池リサイクル制度と状況

	アメリカ	日本	中国	韓国
人口 ⁵⁾ (人)	281,422,000	127,768,000	1,242,612,000	42,279,000
1人あたり GDP (US\$ /人) ⁶⁾	47,131	42,325	4,282	20,164
法律	各州法による。表記については連邦法有。	資源有効利用促進法（小形二次電池のみ対象）	重金属類の含有量規制に関する法律のみ	拡大生産者責任に関する法律
対象電池	ニッケル水素電池、ニカド電池、リチウムイオン電池、小形シール鉛蓄電池、ニッケル亜鉛電池の5種類	法的には小形二次電池のみが対象であるが、筒型一次電池（乾電池）について各自治体により分別回収される場合がある他、ボタン型電池についてもメーカーによる自主的回収がある。	全種類の電池を対象に重金属類の含有量が、規制がされているが、回収・リサイクルに関する制度はない。	水銀電池、酸化銀電池、ニカド電池、リチウム一次電池、アルカリマンガン電池、マンガン電池、ニッケル水素電池
販売量 (t/年)	—	88,067 ³⁾	—	—
回収団体	RBRC (Call2Recycle) ³⁾	JBRC ¹⁹⁾ 、ボタン電池回収センター ²⁰⁾	—	KORECO
団体設立年	1994年	2004年 ¹⁹⁾ 、2009年 ²⁰⁾	—	—
費用負担	電池メーカー等	電池メーカー等	—	電池メーカー等
回収方法	拠点回収	拠点回収や分別回収	—	—
回収拠点数	—	37,937 ^{19,20)}	—	—
人口千人あたりの回収拠点数	—	0.3	—	—
回収実績 (t)	—	22,855 ¹⁹⁻²²⁾	—	—
1人あたり回収量 (g/人)	—	179	—	—
回収率 (%)	—	26% ^{**}	—	—

**）推定方法については後述する。

次に回収量や拠点数などのデータが得られている EU 各国及び日本の回収状況について比較考察を行う。まず各国の回収団体が公開している回収実績を人口で除算して 1 人あたりの回収量を求め、図 2.1-1 に示した。なお、フランスについては 2 つの回収団体が報告している回収実績値を加算した。また、日本での回収実績については表 2.1-4 に示した値から、2008 年で 22,855t と推定した。1 人あたりの回収量が多いのは、スイス (317g/人)、デンマーク (244g/人)、ベルギー (235g/人) であり、対して日本は 180g/人であった。

表 2.1-4 日本での回収実績値 (2008 年)

電池種類	データ元	回収量 (t)
一次電池 (筒型)	代表的なリサイクル業社 2 社へのヒアリング	21,500
一次電池 (ボタン型)	ボタン電池回収センター ²⁰⁾ 公表値	1
二次電池 (小形)	JBRC (Japan Portable Rechargeable Battery Recycling Center) ¹⁹⁾ 公表値	1,354
	モバイル・リサイクル・ネットワークによる公表値	167
合計		23,022

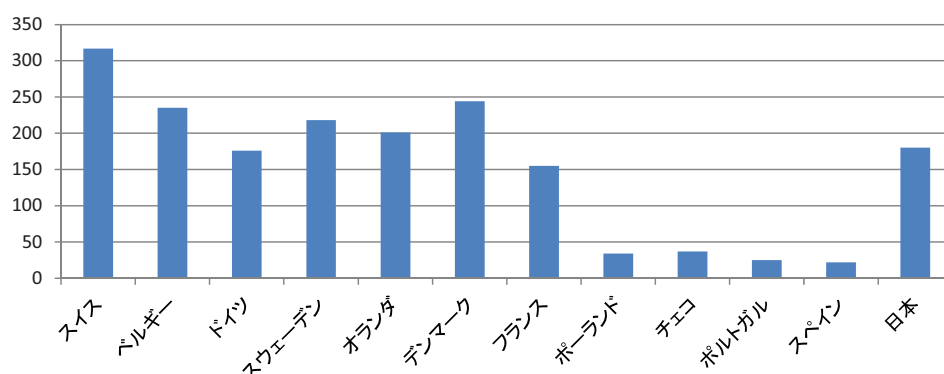


図 2.1-1 各国の 1 人あたりの回収量 (g/人)

回収率については、回収団体により値が公表されている国 (スイス、ドイツ、オランダ、デンマーク、フランス、イギリスの 6 カ国) と、販売量 (t/年) や回収率の記載がない国 (6 カ国以外) があるため、以下の方法で推定を行った。

- 回収率が公表されている場合は、その公表値を用いる。
- 回収率が公表されていない国のうち、ベルギー及びスウェーデンについては 1 人あたり GDP が同レベルであるドイツの 1 人あたり販売量 (398g/人) を用いて、回収率を推定した。
- ポーランド、チェコ、ポルトガル、スペインについては、比較対象が得られなかったため、1 人あたり販売量を 300g~400g として回収率を推定した。
- 日本については機械統計年報²³⁾における国内生産量から貿易統計²⁴⁾の輸出量を引き、輸入量を加えた値を小形電池の国内出荷量 (千個/年) として、1 個あたりの単位重量 (g/個) を用いて重量換算した。2008 年における各電池の国内出荷量の推定値を表 2.1-5 に示した。単位重量については、まずマンガン電池、アルカリマンガン電池、酸化銀電池では、3.4 節に示す京都市拠点回収施設での廃電池サンプル調査結果を用いた。ニカド電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池については調査におけるサンプル数が少なかったため、貿易統計において把握できる輸出入の個数と重量から推定した値を重量単位とした。ただし、データが得られないその他の電池 (アルカリボタン電池等) については考慮できていない。

回収率の推定結果を図 2.1-2 に示した。スイスの回収率が非常に高く、同年の販売量に対して 7 割以上の小形電池を回収している。EU 各国では 1990 年代に回収団体が設立されたベルギー、ドイツ、スウェーデン、オランダ、デンマーク、フランスの回収率が高く、2000 年以降に回収団体が設立されたポーランド、チェコ、ポルトガル、スペイン、イギリスでは 1 割程度と低い傾向にある。一般的に設立年が長い方が消費者の回収システム (又は回収団体) への認知度は高いと考えられることが、回収率に大きく影響してい

ると推測される。対して日本の小形電池回収率は 26%と推定されており、EU の上位グループを下回る結果となった。

表 2.1-5 日本における国内出荷量の推定値

発電方式 (形状)	電池種類	国内出荷量 (千個)	単位重量 (g/個)	国内出荷 量 (t)
一次電池 (筒型)	マンガン電池	443,675	46.6	20,675
	アルカリマンガン電池	1,575,821	33.0	52,002
一次電池 (ボタン型)	酸化銀電池	360,123	2.0	720
二次電池	ニカド電池	45,702	47.1	2,155
	ニッケル水素電池	147,912	65.9	9,746
	リチウムイオン電池	86,121	32.2	2,769
合計				88,067

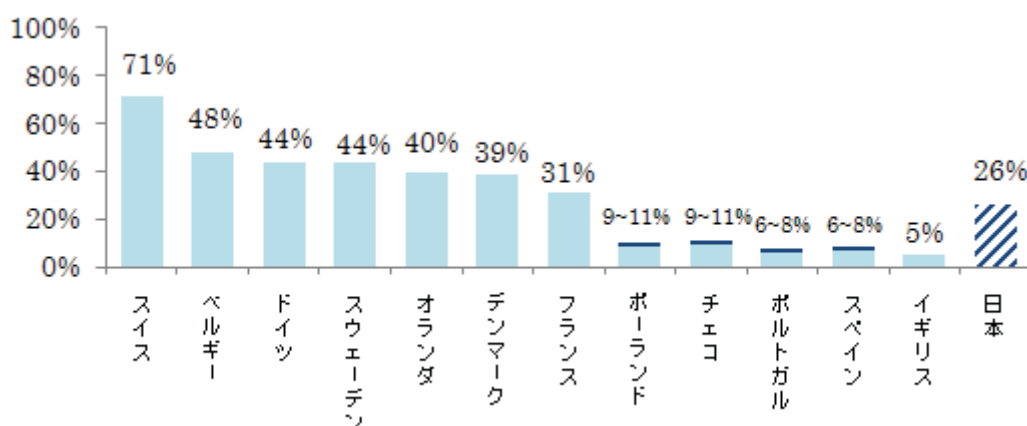


図 2.1-2 各国の回収率比較

図 2.1-3 に各国の回収拠点数と人口千人あたりの回収拠点数を示した。日本では一次電池を対象とした拠点数については情報が得られなかったため、ボタン電池 (8,237 ケ所) 及び小形二次電池 (29,700 ケ所) の拠点数の合計値を示した。回収拠点数が最も多いのはドイツの 170,000 ケ所であり、ついでフランス、日本となる。しかし人口千人あたりの回収拠点数でみると日本は 0.3 ケ所であり、ドイツ 2.1 ケ所、ベルギー 1.9 ケ所、スイス 1.6 ケ所に比べると非常に少ないことがわかる。また、回収率が 1 割以下であるチェコやポルトガルでも、人口千人あたりの拠点数は 1.3 ケ所及び 1.5 ケ所と高い水準であることが分かった。

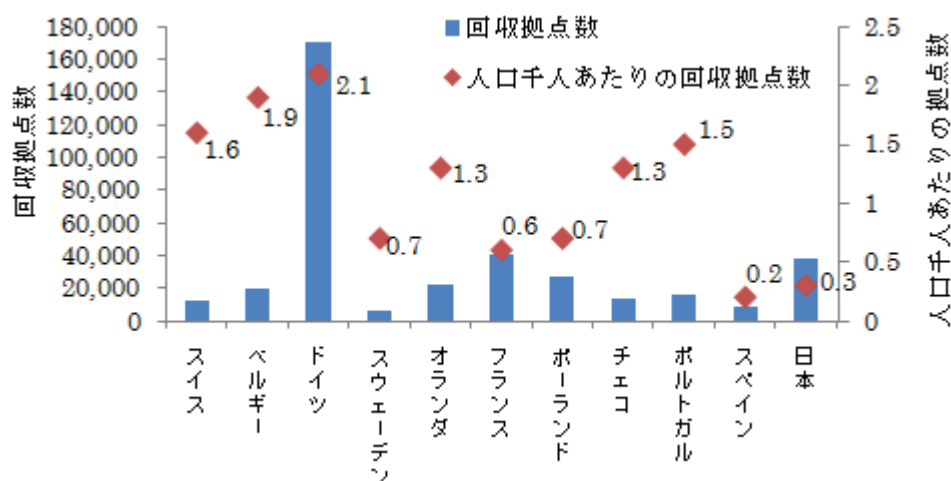


図 2.1-3 各国の回収拠点数と、人口千人あたりの回収拠点数

以上より、1人あたり回収量、回収率、千人あたりの拠点数において日本の小形電池の回収・リサイクル状況は EU の制度が進んでいる国を下回っていることが明らかとなった。次節以降では日本も含めた各国の回収・リサイクルシステムの経緯と実施状況についてより詳細なレビューを行った。

2.2 日本

2.2.1 概要

日本では種類によって小形電池回収の枠組みが異なるため、次項では筒型の一次電池について、2.2.3 項ではボタン型の一次電池について、2.2.4 項では小形二次電池についてそれぞれ回収及びリサイクル制度の経緯と現状について示した。

2.2.2 一次電池（筒型）の回収・リサイクル

1983 年の「暮らしの手帖」の記事を契機に、筒型の一次電池（乾電池）の水銀問題は一気に社会問題化した²⁵⁾。水銀を含む電池の焼却・埋立が危惧され、他のごみと分けて回収する自治体が急増した。1985 年には厚生省生活環境審議会廃棄物処理部会適正処理専門委員会が水銀を含む電池の処理に関して次の基本的な考え方を示した。（文献²⁶⁾より引用）

- 1) 一般廃棄物中に含有される乾電池は、他のごみと合わせて処理しても生活環境保全上特に問題となる状況にないこと。また、アルカリマンガン電池中の水銀含有量の低減、ボタン型水銀電池の回収、処理等により生活環境保全の確保が一層図られる見通してであること。したがって、生活環境保全の観点から、現行法制度の順守が図られれば、特段の措置を講ずる必要は認められないこと。（文献²⁶⁾より引用）
- 2) より快適かつ安全な生活環境を求める社会的ニーズの高まりに対応するため、関係者がそれぞれの立場から、使用済み乾電池対策に関する基本的考え方に可能な範囲で取り組むことが求められるが、ごみ中の水銀含有量を低減することを基本とする事業者における措置が最も妥当であると考えられること。

そして今後の対策として、次の方針を示した²⁵⁾。

- 1) 乾電池中の水銀含有量の低減化等の推進
- 2) 使用済み乾電池等の広域的な回収・処理の実施
- 3) 水銀等の排出に関するモニタリングの強化

この方針に基づき、筒型一次電池中の水銀含有量の低減化が進むとともに、使用済み乾電池等の広域的な回収の実施にむけて社団法人全国都市清掃会議の中に援助する組織体制の整備が進められた²⁷⁾。全国都市清掃会議は 1986 年に使用済み電池乾電池の広域回収・処理計画を策定し、会員／非会員に関係なく、全国の自治体を対象とする「使用済み乾電池広域回収・処理連絡会」を設置した。1999 年には蛍光管も対象品目に加えられ、「使用済み乾電池等の広域回収処理計画」が策定されている。

次に全国都市清掃会議による広域回収処理計画の概要を示す。一次電池のうちマンガン電池及びアルカリマンガン電池を対象としており、各自治体は全国都市清掃会議の会員でなくても参加できる。各自治体が分別回収した電池は図 2.2-1 のようなフローでリサイクル業者である野村興産（株）イトムカ鋳業所に運ばれる。

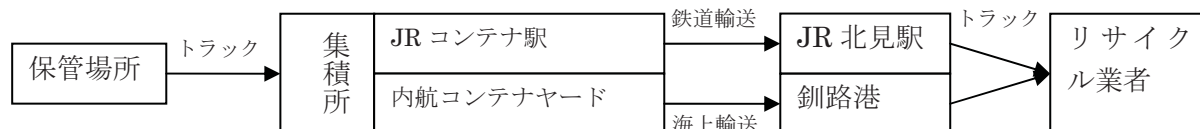


図 2.2-1 広域回収処理計画における輸送フロー²⁷⁾

矢作²⁷⁾によれば、一次電池は保管場所において輸送中に破損したり漏出したりしない容器（ドラム缶等）に入れられた後、JR コンテナ（鉄道輸送用）に積み込まれトラックで回収され、最寄りの JR コンテナ駅まで搬送される。輸送されたコンテナは JR コンテナ貨車で JR 北見駅まで鉄道輸送され、そこから再生事

業者までトラック輸送される。鉄道輸送のほか、一部地域では海上輸送も行われている。

広域回収処理計画による筒型一次電池の回収量と回収自治体数を表 2.2-1 に示す。回収自治体数は 1986 年から増加し、1995 年に 579 自治体でピークとなった以降、除々に減少し、2008 年には 251 自治体となった。特に 2003 年以降の処理自治体数の減少が大きい、これはこの時期にピークとなった自治体の平成の大合併の影響を大きく受けていると考えられる。一方処理量も 2001 年にピークを迎えた後やはり減少していることから、1) 自治体の処理方針が変更になり、一次電池を回収しなくなった（あるいは、別ルートでの回収・処分を行うようになった）だけでなく、2) 今まで分別回収を行っていた自治体が合併により処理方針が変更した可能性、などが考えられる。

表 2.2-1 広域回収処理計画による筒型一次電池の回収量及び自治体数²⁸⁾

年度	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
回収量 (t)	3,056	3,639	3,601	3,304	3,227	4,013	4,682	4,893	4,441	6,053	6,078	6,442
回収自治体数	243	276	321	293	365	419	471	473	452	579	384	260
年度	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
回収量 (t)	7,198	8,247	8,384	9,948	8,674	8,964	7,866	7,125	6,592	6,285	5,981	
回収自治体数	401	428	439	445	379	411	365	284	262	241	251	

以上のように、全国都市清掃会議が中心となりマンガン電池やアルカリマンガン電池といった筒型一次電池のリサイクルルートが確立されたが、現状全ての自治体がこの広域回収処理計画を利用しているわけでない²⁷⁾。法的には一次電池を分別収集する決まりはないため、自治体のなかには分別回収を行わずに不燃ごみとして回収して破碎・埋立処理している自治体もあれば、他のごみと分けて回収しているが広域回収計画以外のルートでの回収を行っている自治体もある²⁷⁾。野村興産（株）へのヒアリングによればイトムカ鉱業所での 2008 年の受け入れ量は一般廃棄物 13,040t、産業廃棄物 962t であり²¹⁾、広域回収計画による回収量 5,981t の約 2 倍以上となっている。また、他に国内で筒型一次電池のリサイクルを行っている主なリサイクル業社としては東邦亜鉛（株）があり、年間受け入れ量は 7,500t 程度²²⁾である。上記 2 社の年間回収量と表 2.1-5^{2.1-5} に示した国内出荷量から、回収率は 29.6%と推定された。

2.2.3 ボタン電池の回収・リサイクル

使用済みボタン電池については、これまで電池メーカー各社が自主的に回収を行っており、取引先の販売店の協力のもとで別々に行われていた。しかし、回収の全体像がつかみにくい等の課題があったため、2009 年 4 月から電池工業会内に「ボタン電池回収推進センター」を設立し、回収・リサイクルの管理を一元化する取り組みがはじまった²⁰⁾。各回収協力店には図 2.2-2 に示した専用の回収容器が協力店に配布され、各拠点での回収量が同推進センターで把握できるようになった。回収協力店数は 2009 年 4 月当初で 4,000 ヶ所、年度末である 3 月には 8,237 ヶ所となり、1 年間で 1,241 件の依頼をうけて 1,071kg のボタン電池が回収された²⁹⁾。表 2.1-5 に示した国内出荷量の推定値から、回収率は 0.13%程度と推定された。



図 2.2-2 ボタン電池回収容器

2.2.4 二次電池の回収・リサイクル

2001 年 4 月に「資源の有効な利用に関する法律」（以降、資源有効利用促進法）が施行され、小形シール鉛蓄電池、ニカド電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池の 4 種類の小形二次電池が指定再資源化商品に指定された³⁰⁾。製品及び使用される機器のメーカー及び輸入事業者は、これらの二次電池について自主的な回収及び再資源化を行うことが求められた。この法律をうけて、社団法人電池工業会の中に、小形二次電池を共同で回収・再資源化する組織である「小形二次電池再資源化推進センター」が発足され、事業運営が開始された³¹⁾。そして、3 年後の 2004 年 4 月からは電池工業会から独立して、有限責任中間法人 JBRC（Japan Portable Rechargeable Battery Recycling Center）が設立され、同年 12 月に JBRC

は廃棄物処理法・産業廃棄物広域認定を取得した¹⁹⁾。2009年6月に一般社団法人JBRCに名称変更し、2010年3月時点での会員企業数は276社であった³²⁾。

資源有効利用促進法により、小形二次電池のメーカー等に表 2.2-2 の義務が課せられる。まず、対象となる4種類の小形二次電池（ニカド電池、ニッケル水素電池、小形シール鉛蓄電池、リチウムイオン電池）の製造業者は、消費者が分別しやすいように図 2.2-3 に示したリサイクルマークをつける必要がある。次に対象となる電池を内蔵する機器を製造するメーカーには、消費者が電池を取り外しやすいように、はんだ付けを行わずに電池を取り付ける構造にすることが規定されている。また、機器本体や機器の取扱説明書にどんな種類の電池を使っているのかを記載しなければならない。そして、電池機器メーカーには回収と普及啓発の義務が、電池メーカー及び輸入業者には回収・再資源化・普及啓発の義務とともに、各自治体からの引き取りに応じることが課せられる。なお、現在、小形シール鉛蓄電池はほとんどないとして、JBRC のウェブ等からは削除されている。

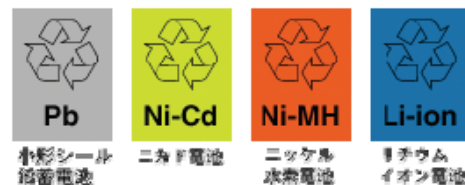


図 2.2-3 リサイクルマーク³⁰⁾

表 2.2-2 資源有効利用促進法による小形二次電池に関する規定³¹⁾

指定対象	義務内容	電池メーカー	電池機器メーカー
指定表示製品	小形二次電池へのリサイクルマーク表示	○	—
指定再利用促進製品（製品）	小形二次電池の取り外し容易化構造、機器本体及び機器の取扱説明書等への表示・記載等	—	○
指定再資源化商品（電池）	回収 再資源化（リサイクル） 普及啓発・情報提供 市町村との連携	○ ○ ○ ○	○ — ○ —

次に、JBRC がどのように小形二次電池を回収しているかについて示す。まず図 2.2-5 に JBRC による小形二次電池の回収システムの概要を示した。

消費者は使用済みとなった電池を、回収拠点に持ち込み無償で引き取ってもらうことができる。各回収拠点は大きく分けて 1) 全国のリサイクル協力店、2) 協力自治体の施設、そして 3) リサイクル協力事業者、の3種類からなる。リサイクル協力店は主に家庭の消費者を対象として、現在全国 20,000 カ所で図のような回収 BOX を設置している。協力自治体も同様に家庭系の使用済み電池を対象としており、現在 160 自治体に参加している¹⁹⁾。リサイクル協力事業者では、事業系の使用済み小形電池を対象に収集を行っており、現在 9,700 カ所程度設置されている。回収拠点では二次電池が 20kg 以上またはリサイクルボックスがいっぱいとなった場合、インターネットまたは電話により JBRC に回収依頼を行うことができる。



図 2.2-4 JBRC の小形二次電池回収 BOX

JBRC は回収拠点から連絡を受けると運搬業者を手配し、運搬業者が各拠点から電池を回収して再資源化業者へと電池を受けわたす。JBRC は企業からの会員費によって、運搬及び再資源化にかかる費用を支払っている。資源有効利用促進法により、小形二次電池メーカー及び機器メーカーには電池の回収・リサイクルに関する報告義務が課せられているが、JBRC が運搬業者や再資源化業者からの報告をまとめて情報公開することでその責任を果たしている。

表 2.2-3 に JBRC による小形二次電池の回収量を示した。なお、小形シール鉛蓄電池については、年 3t 程度回収されている。2005 年度までは 8 割以上がニカド電池であったが、ニッケル水素電池やリチウムイオン電池の回収量が徐々に増加し、現在ではニカド電池が 7 割程度になっている。また、表 2.1-5 に示した 2008 年の国内出荷量の推定値と同年の回収量から、ニカド電池の回収率は 45.7%、ニッケル水素電池

は 2.3%、リチウムイオン電池では 5.6%程度であると推定された。ただし、ニカド電池は EU でのカドミウムの規制を受けて減産が進んでいる一方、リチウムイオン電池の生産量が増加していることには注意が必要である。

また JBRC が公開している各電池の再資源化における法定目標値と実績値について表 2.2-4 に示した。ここで言う再資源化率とは、「再資源化物質に金属元素含有率を乗じたものを、表 2.2-3 に示した年間の処理量で除算したもの」であると JBRC は説明している。しかし、再資源化物量や各電池における金属元素含有率は公開されていないため、具体的な推定根拠については情報が得られなかった。

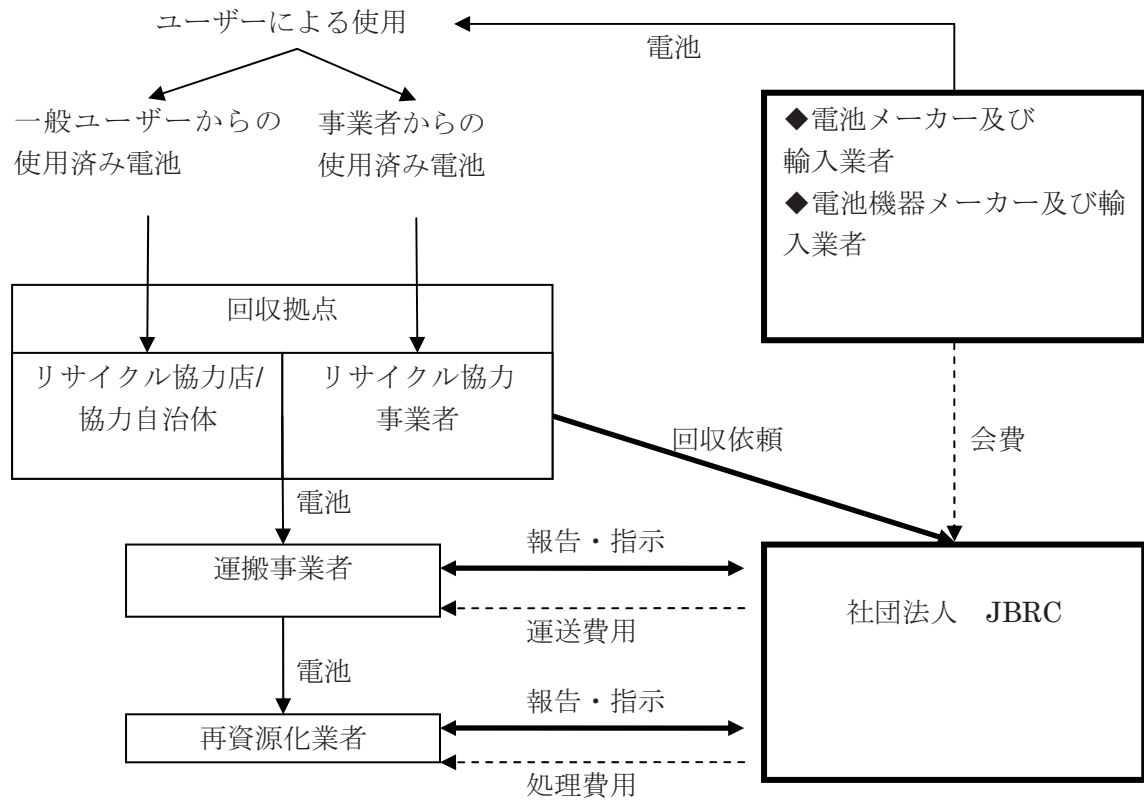


図 2.2-5 JBRC による小形二次電池の回収システム ³¹⁾

表 2.2-3 JBRC による小形二次電池の回収量 (t)

	01年度	02年度	03年度	04年度	05年度	06年度	07年度	08年度	09年度
ニカド電池	628	834	888	975	947	931	1,030	984	984
ニッケル水素電池	45	72	94	110	125	154	185	224	205
リチウムイオン電池	96	44	54	67	92	144	157	154	165
計	769	950	1,036	1,152	1,164	1,229	1,372	1,362	1,354

表 2.2-4 再資源化率 (%) の法定目標値と実績値

電池名	法定目標値	実績値				
		2005 年度	2006 年度	2007 年度	2008 年度	2009 年度
ニカド電池	60%	73%	73%	73%	73%	74%
ニッケル水素電池	55%	77%	77%	77%	77%	77%
リチウムイオン電池	30%	58%	58%	56%	52%	47%

2.3 EU

2.3.1 EU 全体での法規制

EU 各国での回収・リサイクルの取り組みについて触れる前にまず EU 全体での電池に関連する法規制や現状について整理する。

EU では 1991 年に「特定有害物質を含有する電池に関する指令（91/157/EEC）」（以降、旧電池指令）により、EU 加盟国で電池に関する規制法が施行された。対象は水銀、カドミウム、鉛のいずれかを閾値以上含有する電池と定められた。1998 年には一部改定され、全電池の水銀の規制値が 250ppm から 5ppm とより厳しくなった。ただし、ボタン電池は 2%以下と定められた。表 2.3-1 に旧電池指令の概要を示す。

表 2.3-1 旧電池指令（91/157/EEC）の概要 ⁴⁾

項目	内容
基本指令	91/157/EEC
対象電池	水銀、カドミウム、鉛を含む電池
販売が禁止となる電池	水銀 5ppm 以上含有する電池
適用除外	水銀重量比 2%以下のボタン電池
回収	水銀、カドミウム、鉛を閾値以上含有する電池を対象に、分別回収システムを整備すること。回収目標なし。
リサイクル	リサイクル率の目標値なし
ラベリング	特定電池への右図（クロスアウトダストビン）の表示義務と水銀、カドミウム、鉛の化学記号の併記（93/86/EEC）対象となる電池は、水銀 5ppm、カドミウム 250ppm 鉛 4,000ppm のいずれかを超えるもの
電池機器からの取り外し	電池機器からの取り外しを容易化することを求めている。ただし、ハンダ付け溶接されたメモリーバックアップ用、科学／医療用で専門家による取り外しを要する電池は適用外としている。



しかし中曽 ³³⁾によれば、旧電池指令の対象となる電池は毎年市場に出回る電池量の 7%にしか該当せず、法規制も不十分かつ各国の回収・引き取りシステムも未発達であったため、消費者にも分別回収の意識が広がらなかったという。例として欧州委員会によれば、2002 年に EU15 カ国で販売された小形電池 72,155t の 45.5%が焼却あるいは埋立処分されていたことがわかっており ³⁴⁾、旧電池指令は使用済み電池を回収・リサイクルするには不十分であると認識されるようになった。

その後 1996 年に EU の廃棄物管理戦略が見直され、廃棄物の発生回避と有害廃棄物への適切な対応、リユースとリサイクル、そして安全な処分が廃棄物政策の最優先事項であることが強調されるとともに、電池についてもこれらの観点から戦略を考える必要があるとされた。そして 2002 年には天然資源の利用と廃棄物管理を優先・重点項目とする「第 6 環境行動計画」と、これに基づいた「テーマ別廃棄物回避リサイクル戦略」が作成された。この戦略により廃棄物の回避と効果的なリサイクルを実現するために改定すべき既存法令の整理がなされ、旧電池指令について改正する必要があることが示された。

また、2000 年に制定された廃自動車の回収リサイクルに関する ELV 指令（Directive on End-of Life Vehicles）や加えて 2002 年に制定された使用済み電子・電気機器の回収・リサイクルを目的とした WEEE 指令（Directive on Waste Electrical and Electronic Equipment）及び電子・電気機器における重金属等の有害物質の使用を制限する RoHS 指令（Directive on Restriction of Hazardous Substances）の中で電池に関連する部分があり、WEEE 指令の中でこれらの新しい関連法規と電池指令との関係を明確にするために、旧電池指令を速やかに改正する必要性があることが示された。

さらに、2003 年の統合製品政策に関する委員会の報告において、製品の全ライフサイクルにおける環境負荷削減を目標としながらも、その実現のために不公平な競争を生まないための「市場経済型コンセプト」の概念が示され、小形電池に関する新指令案にも適切な市場経済を維持する形での回収・リサイクルシステムの構築が基本的な概念とされた。

これらの流れを受け、新電池指令案作成のために欧州委員会は指令案の規制措置が戦略的に意味のある

解決案となっているかを検討する「拡大規制影響評価（Extended Impact Assessment）³⁵⁾」を実施し、2003年に公開した。現状のままのシナリオ（旧電池指令及び ELV 指令、WEEE 指令）と新電池指令案を導入したシナリオについて、環境・経済・社会的な視点から影響評価が行われた。環境面ではシナリオ間での CO₂ 排出量が推定され、全種類の小形電池を回収する新電池指令案における削減効果が高いことが示された³⁵⁾。また、経済面及び社会面の影響評価の一環として 149 の関係者（各国、地方行政、産業団体、電池関係団体、環境・消費者団体、販売店・卸売業界）との議論が行われた。影響評価の結果、適切な市場経済を保証する形で小形電池の回収・リサイクルシステムを加盟国が構築するために新電池指令を採用することが選択された。

欧州委員会は拡大規制影響評価をもとに 2003 年 11 月に指令案を公表し、その目的を 1) 使用済み電池の焼却及び埋立処分を回避し、全ての電池を閉鎖系のシステムの中でリサイクルすること、2) 域内市場の円滑・適正な機能を保証し、不公平な競争を避けるために必要な回収・リサイクルシステムに関する最低限の規則を設けることとした³⁶⁾。加盟国には消費者が無料で使用済み電池を返却できるような回収システムを設立することが要求され、回収率及びリサイクル率に対して目標値を設定することが決められた。

そして、2006 年 9 月に「電池・蓄電池及び廃電池・蓄電池に関する指令（2006/66/EC）」（以降、新電池指令）が制定され、旧電池指令が廃止された。新電池指令では水銀に加えてカドミウムを含む電池にも閾値を設けた販売禁止措置が取られ、電池メーカー主導のもとで全ての種類の電池を対象とした回収・リサイクルシステムの創設を促すことが求められた。回収率やリサイクル率については共通の目標が設定されたが、規則ではなく指令という法形式が取られたことで、目標を達成するために必要な最低限の措置が指令では示され、具体的な手段については加盟国の裁量に任せられている。回収率の目標は 2011 年までに 25%、2016 年までに 45%であり、図 2.1-2 に示した回収率と比較すると EU の中でも取り組みが遅い国にとっては厳しい設定であることがわかる。新電池指令の概要を表 2.3-2 に示した。また、新電池指令と他の EU 関連法規との関係を表 2.3-3 に示した。

次節からは、スイス（EU 非加盟）を加えた EU 各国の電池回収・リサイクルの取り組み状況を示す。

表 2.3-2 新電池指令（2006/66/EC）の概要⁴⁾

項目	内容
基本指令	2006/66/EC
対象電池	軍事、宇宙用をのぞく全ての電池
販売が禁止となる電池	水銀 5ppm 以上含有する電池、カドミウム 20ppm 以上含有する電池
適用除外	1) 水銀重量比 2%以下のボタン電池 2) カドミウムを含む電池で、①非常用照明を含む緊急警報システム、②医療用機器、③コードレス電動工具を対象。③については発効より 4 年後に見直し
回収	全種類の電池を対象に、加盟国は 2008 年までにメーカー及び輸入業者が回収コストを負担する形での回収・リサイクルシステムを構築する。全加盟国は指令発効後 5 年目より回収率を計算し、EU 委員会に実績値を報告する。 回収目標：重量ベースで 2012 年 9 月までに 25%、2016 年 9 月までに 45%
リサイクル	リサイクル目標：2012 年までに重量ベースで、鉛蓄電池 65%、ニカド電池 75%、その他 50%の再資源化率を達成する
ラベリング	旧電池指令での表記に加え、電池容量の表示を義務化した。ただし対象となる電池は、水銀 5ppm、カドミウム 20ppm 鉛 40ppm のいずれかを超えるもの
電池機器からの取り外し	電池機器製造者は電池を容易に取り外せるように設計し、電池の取り外し方法と、使用している電池の種類を表示した説明書を添付することが求められる。ただし、安全上、性能上、医療上及びデータ保全の関連から継続的電力供給と常時接続が必要な場合は適用外としている。

表 2.3-3 新電池指令と他関連法規との関係

ELV 指令	自動車及び廃自動車に関する指令であり、電池のような部品も含まれる。新電池指令は全ての種類の電池を対象としているため、自動車用の電池も含まれている。自動車用の電池は ELV 指令の要求事項（構成部品等の均質材料あたりに水銀 1,000ppm 以下、カドミウム 100ppm 以下、鉛 1,000ppm 以下）を満たす必要がある。ただし ELV 指令附属書Ⅱの適用除外に関する事項により、自動車用電池への鉛及び鉛化合物の使用は適用除外に該当する。
RoHS 指令	RoHS 指令は電池には適用されない。
WEEE 指令	WEEE 指令の下で回収された使用済み電子・電気機器製品に内蔵される電池は、機器から取り外された時点で新電池指令での対象となり、電池個別での回収・リサイクルが行われなければならない。
REACH 規則	電池は REACH 規則（Requirements for Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals）では成形品に分類され、内部の化学物質を通常または予測可能な使用条件下で、意図的に放出する機能を持たないため、REACH 規則の登録義務からは除外される。

2.3.2 スイス

スイスは販売店での電池の拠点回収という形式を、ヨーロッパ諸国の中で最も早く取り入れた国である。1983年に大手小売チェーン店 Migros が社会的責任と環境への配慮を目的として水銀電池の回収を始めた³⁷⁾。Migros は翌年 1984 年に国内全域で全ての電池を対象とした無料回収を始めた。当時はまだ電池の回収・リサイクルに関しての法整備はされておらず、2年後の 1986 年の Material Act の中で電池の回収に関する規定がなされた。段ボール製の回収 BOX が Migros 系列の約 650 店舗に配布され、現在ヨーロッパや一部日本でも行われている「販売店での拠点回収」という方法の基礎がつけられた。当時はリサイクル技術をもつ施設がなかったため、集めた電池はスイス国内の管理型埋立場で処理されていた。そこで Migros は日本の倅住友金属工業との共同開発によりリサイクル技術を開発し、1989年に他社やチューリヒ市と共に電池のリサイクル設備をもつ会社として Batrec³⁸⁾を設立し、1992年から電池のリサイクルを始めた。

同じく 1992 年には、メーカーや輸入業者による一次電池及び二次電池の自主回収団体として BESO (BatterieEntsorgungs-SelbsthilfeOrganisation) が設立された³⁹⁾。BESO は電池の収集及びリサイクルを行うための費用として、ADF (Advance Disposal Fee) を取り入れた。ADF とは電池の製造業者や輸入業者が事前に BESO に支払う処理費用であり、BESO はこの費用によって販売店から集めた電池を Batrec でリサイクルする費用を補っていた。(ただし、分別施設への運搬費は販売店が負担していた。)

1998年には「有害な物質に関する政令」のアネックスの中で電池に関する規定がなされた。一次電池及び二次電池またはこれらを内蔵する製品をスイス市場に上市するメーカーは、連邦から委任された民間機関に前払い制で処分費用 (ADF) を支払うことが義務化された⁴⁰⁾。料金の額は 2000 年 9 月の局令によりスイス環境森林景観庁が決定することが決められた。スイス環境森林景観庁は応募のあった民間企業の中から BESO を選び、2001 年に BESO は新たに INOBAT (Interessenorganisation Batterienentsorgung) という組織に衣替えして、自主的回収から法的規制の下での回収への切り替えがなされた³⁹⁾。

INOBAT が対象とする電池は 5kg 以下のものであり、ADF はメーカーや輸入業者が販売した電池の重量に対して設定されている³⁹⁾。支払い額については、2001 年には電池 1kg につき 4.80CHF (約 400 円程度) であったが、2006 年には 1kg につき 3.2CHF (約 270 円程度) に変更され、現在では電池の種類やサイズによって 0.5~3.2CHF が支払われている。ADF はメーカーや輸入業者が販売する電池の価格に内部化されているため、最終的な負担者には消費者も含まれることとなる。BESO から INOBAT へと切り替えられて以降は販売店からの運搬費を含めた回収・リサイクル費用が ADF から支払われているほか、広報活動費としても使われている³⁹⁾。

スイスでは電池を販売する際には回収 BOX を設置することが義務化されており、現在 12,000 カ所の販売店で回収が行われている。また教育機関にも環境教育のための教材を提供し、学校同士のコンテストも行っている。図 2.3-1 に INOBAT が無料配布している回収容器の一覧を示す²⁾。左が段ボール製の BOX2 種類と、真ん中が輸送にも使えるプラスチックバレル、右側がプラスチックバッグで、どこにでも引っ掛けられる仕組みとなっている。



図 2.3-1 INOBAT の回収容器

(左：段ボール、中央：プラスチックバレル、右：バッグ)²⁾

また、図 2.3-2 には 2001 年から 2009 年までのスイスの電池販売量及び回収量を、図 2.3-3 には回収率 (その年の回収量/その年の販売量) を示した⁴¹⁾。2009 年の回収量は 2,394t であり、スイスの人口 7,551,000 人⁴⁰⁾から 1 人あたり 317g を回収していると推定された。2001 年には回収率は 60%を超え、2009 年の回収率は 71.3%となり、9 年間で回収率は 10%程度上昇している。しかし販売量も 10%程度減少しており、

使用済みとして回収される電池は過去に販売されたものであることには注意が必要である。いずれにしろ、他国と比較して回収率は相当高い。INOBAT が消費者に対して行ったアンケート調査では、9 割が電池を家庭ごみとして捨ててはならないことを「知っている」と回答しており、認知度は相当高い³⁹⁾。しかし、スイス政府は回収されずに捨てられる電池からの重金属類の影響を考慮して回収目標を現状よりさらに高い 80%と設定し、INOBAT もさらなる広報活動と収集場所の増加により目標達成にあたるとしている。

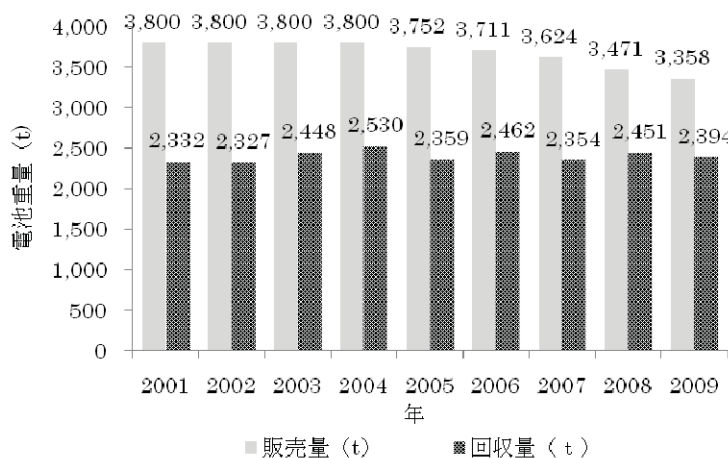


図 2.3-2 スイス国内の電池販売量及び回収量⁴¹⁾

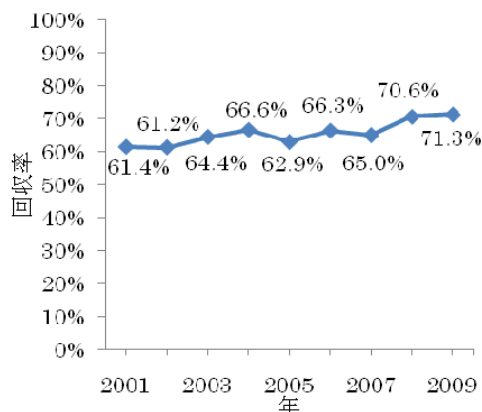


図 2.3-3 電池回収率の推移（スイス）⁴¹⁾

2.3.3 ベルギー

1993 年 7 月に制定された環境税に関する法律の中で、一部例外を除きベルギー市場に持ち込まれた全ての電池に、1 個あたり 0.5EUR（+付加価値税）の環境税をかけることが義務付けられた⁴⁰⁾。しかし 1996 年 7 月の改正で、全ての使用済み電池を回収・リサイクルするシステムが履行される場合には、税が免除されることとなった。リサイクルシステムは、1) 回収リサイクル分担金で運営し、2) 一定基準の回収量を達成し、3) 回収した全てのバッテリーを地域（政府）の規則に従って適切に処理することが義務付けられた。これを受ける形で 1995 年 8 月に非営利組織 BEBAT (Belgian Batteries) が設立され、1996 年 1 月より全ての種類の乾電池及び二次電池を対象に回収・リサイクルが行われている。2005 年からは新たに蛍光管の回収・リサイクルも行っている。現在 800 社以上が BEBAT に参加しており、市場に卸した数に基づいて、1 個あたり収集リサイクル費（CRC : Collection and Recycling Contribution）0.12EUR（+付加価値税）を支払っている。

回収拠点数は 20,000 カ所以上であり、スーパーマーケット、宝石店、時計店、写真屋、おもちゃ屋、電気店などとともに、学校や病院などの公共施設でも回収を行っている⁷⁾。回収された電池は、BEBAT の委託業者により、ボタン電池、鉛蓄電池、その他の電池（鉛蓄電池は別ルート）の 3 種類に分別される。分別された電池のうち、ボタン電池、ニカド充電電池及びその他の電池は、ベルギー国内のリサイクル業者によって資源回収される。ボタン電池は INDAVER 社により水銀と鉄が回収され、鉛蓄電池は CAMPINE 社によりリサイクルされる。アルカリマンガン電池や亜鉛電池は、REVATECH 社により鉄、亜鉛、マンガンとその他紙やプラスチックが回収される。ニカド蓄電池はフランス S.N.A.M 社によりカドミウムとニッケルが回収される。図 2.3-4 に回収された電池の総重量の推移を示す。また図 2.3-5 には回収ルートを示す。

2008 年 BEBAT では一次及び二次の小形電池約 2,500t が回収された。ベルギーの人口 10,623,000 人⁵⁾から、1 人あたり 235g の電池を回収していると推定され、EU 加盟国の中では回収量が多い。

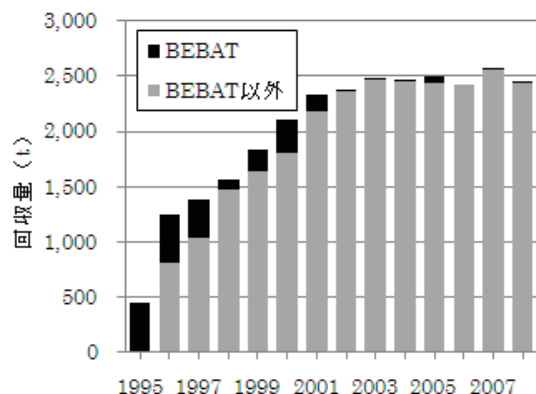


図 2.3-4 電池回収重量の推移 ⁷⁾

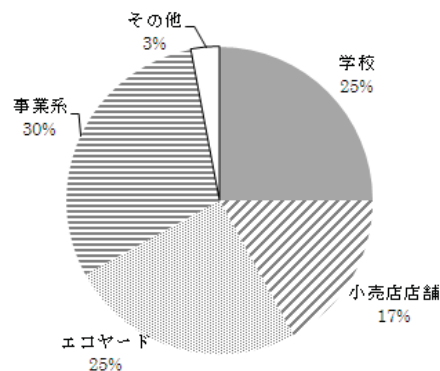


図 2.3-5 電池回収ルート ⁷⁾

2.3.4 ドイツ

ドイツは 1988 年から電池メーカーや輸入業者及び販売業者が責任を負う形での回収・リサイクルが行われている ⁴²⁾。1998 年のドイツ廃電池政令を受ける形で、同年 5 月にデュラセルやフィリップス、パナソニック等の主要電池メーカーの協力のもと、非営利団体として GRS (GEMEINSAMES RUCKNAHME SYSTEM) が創設された ⁴⁰⁾。電池または電池組み込み機器の製造業者・輸入業者が GRS に参加し、販売量に応じて電池 1 個あたりの負担金を納入している。EU 新電池指令 (2006/66/EC) の制定を受けて、新たに複数の関連法規を改変する形の複合法として、「電池・蓄電池の廃棄物管理上の製品責任を再編する法律」が国内法化された ⁴³⁾。同法は中枢法である「電池及び蓄電池の上市、引き取り及び環境に調和する処理・処分に関する法律 (廃電池法)」と、「廃電子電気機器法の変更規定」及び「施行・失効規定」からなり ⁴⁴⁾、2009 年 6 月に制定され主要規定は同年 12 月に施行された。メーカーや輸入業者に責任を課す形での仕組みはドイツではすでに導入済みだったため仕組みとしての大きな変更点はないが、法的義務のある回収目標値を 2012 年で 35% として EU の新電池指令 (25%) よりも底上げしている。

GRS では 1998 年から図 2.3-6 に示した回収 BOX を無料で配布しており、法律で設置が義務化されている販売店のほか、任意で郡や市の資源回収センター、大学・病院等の公共施設で設置されている ⁸⁾。2009 年の拠点数は 170,000 カ所であり ⁸⁾、ドイツの全人口約 82,263,000 人 ⁵⁾ から、千人あたりの拠点数は 2.1 ヶ所と推定された。対して日本の千人あたりの回収拠点数が 0.3 程度であり、EU 他国と比較しても最も多くの回収 BOX が設置されている。中曾 ⁴⁵⁾ によればドイツではいたるところで回収 BOX が見られ、消費者の回収 BOX に関する認識も高いという。



図 2.3-6 電池回収 BOX (ドイツ) ⁸⁾

GRS による 2009 年の種類別電池回収量を表 2.3-4 に示した。一次電池 11,548t、二次電池 2,856t、合計で 14,404t が回収され、ドイツ国内の電池の販売量から回収率は 44% であると発表している ⁴⁶⁾。これは国内法で定めた回収目標値 (2012 年で 35%) を大きく上回る。GRS では今後の目標として、9 割以上の回収を目指すとしている。ドイツの全人口から 1 人あたりの回収量は一次電池で 141g、二次電池で 35g、合計で 176g と推定された。図 2.3-7 には、2009 年の電池回収ルートの内訳を示した。販売店からの回収が約半分の 48% を占めるなか、自治体からの回収量も他国と比較して多いのが特徴的である。

表 2.3-4 GRS による 2009 年の種類別電池回収量 ⁴⁶⁾

発電方式	形状	種類	回収量(t)
一次電池	筒型	マンガン電池	1,873
		アルカリ電池	7,823
		空気亜鉛電池	222
		リチウム電池	105
	ボタン型	酸化銀電池	89
		アルカリボタン電池	
空気亜鉛電池			
二次電池	角型	マンガン電池	1,399
		アルカリボタン電池	37
		リチウムイオン電池	278
		ニッケル水素電池	347
	筒型	ニカド電池	1,106
		小形鉛蓄電池	1,125
合計			14,404

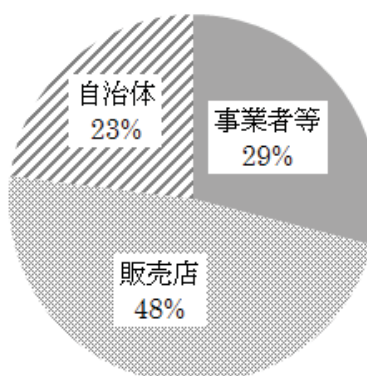


図 2.3-7 ドイツにおける電池回収ルートの内訳 (2009) ⁴⁶⁾

2.3.5 スウェーデン

新電池指令 (2006/66/EC) 制定以前では、1997 年に制定されたバッテリー政令により、鉛や水銀、カドミウムを含む電池のみを対象とした回収・リサイクルが行われていた ⁴⁰⁾。対象電池をスウェーデン市場に上市する製造業者あるいは輸入業者は、環境負担金をスウェーデン環境保護庁 (SEPA) に支払うことになっていたため、回収・リサイクルに関わる費用を管理する民間機関はなく、代わりに SEPA が回収を行っていた。ただし、3kg 以上の鉛蓄電池については民間組織 Bly Batteri Retur⁴⁷⁾が回収・リサイクル等の業務を運営していた。

新電池指令制定にあたり、国内の 3 つの機関の協力のもとで、電池の回収・リサイクルに関する管理・運営を行う Batteri INSAMLINGEN が設立された ⁹⁾。3 つの機関とは、WEEE 指令 (2002/96/EC) に対応して廃電気・電子機器の回収・リサイクルを行う民間組織 El-Kretsen⁴⁸⁾と、鉛蓄電池の回収を行っていた民間組織 Bly Batteri Retur⁴⁷⁾、及びスウェーデンの自治体、企業、政府、市民等の中から廃棄物管理・リサイクルに関心のあるグループが集まり政策提言等を行っている Avfall Sverige⁴⁹⁾である。

Batteri INSAMLINGEN は電池販売店での拠点回収だけでなく、自治体と連携して街中にリサイクルステーションを設置しており、ほとんどの小形電池が街中におかれた回収 BOX から回収される ⁹⁾。図 2.3-8 に回収 BOX の写真を示す。Batteri INSAMLINGEN は 2009 年に 1,996t の電池 (内製品内蔵分 273t) を回収している。1 人あたりでは、スウェーデンの全人口約 9,148,000 人から年間 218g を回収している。



図 2.3-8 電池回収 BOX (スウェーデン) ⁹⁾

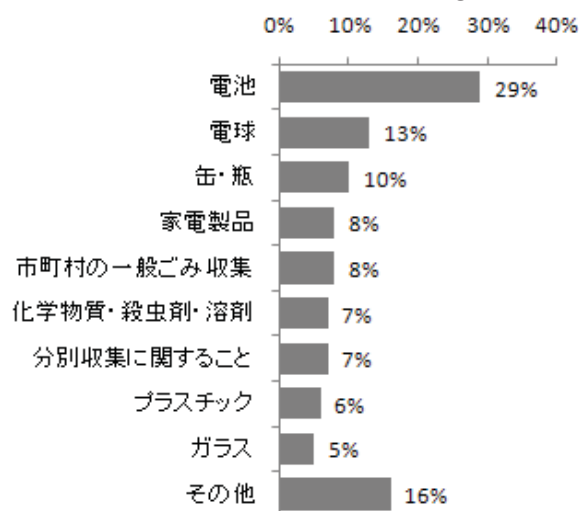


図 2.3-9 電池収集に関する広告認知度 ⁵⁰⁾

スウェーデンにおける消費者の廃電池に対する関心の高さを表す資料として、SEPA が行った電池及び電気・電子機器に関するアンケート調査結果を紹介する ⁵⁰⁾。図 2.3-9 に示した「電池及び他製品の収集に関する広告や情報をみたことがあるか」というアンケートから、他のごみと比較して電池収集に関する広告

を見た人の割合が高いことがわかる。また、38%の人が職場・学校・家庭で電池収集に関する話をしたことがあると答え、電池を他のごみと一緒に捨てないと答えた人は全体の 87%を占めた⁵⁰⁾。消費者の関心の高さが、他国と比較して 1 人あたりの回収量が高いことにつながっていると考えられる。

2.3.6 オランダ

オランダでは 1995 年に電池処分令が制定されており、1kg 以下の一次電池及び二次電池を市場に送り出した製造業者及び輸入業者に、回収・処理の責任を課す形をとっていた⁴⁰⁾。この処分令を履行するために、1994 年に電池輸入業者の組織 NEFIBAT のメンバー企業 9 社が電池回収基金 STIBAT¹⁰⁾ (Stichting Batterijen) を設立し、以後 STIBAT が新電池指令 (2006/66/EC) 施行後も電池の回収を及びリサイクルの管理を行っている。

2009 年は 792 社が STIBAT に協力し、図 2.3-10 のような電池回収 BOX を用いて企業や販売店、学校等で電池の拠点回収や、イベントでの回収を行っている¹⁰⁾。

回収 BOX が置いてある施設のうち、販売店での拠点数と回収量の推移を図 2.3-11 に、学校での拠点数と回収量の推移を図 2.3-12 に示した。



図 2.3-10 電池回収 BOX
(オランダ)¹⁰⁾

販売店での拠点数及び回収量は年々増加傾向にあり、2009 年では拠点数 17,208 カ所、回収量は 979t となっている。一方学校では拠点数は増加傾向にあるものの、回収量は年々減少傾向にある。これについて STIBAT による考察等は報告書⁵¹⁾に記載されていない。



図 2.3-11 販売店での拠点数と電池回収量推移⁵¹⁾



図 2.3-12 学校での拠点数と電池回収量推移⁵¹⁾

オランダ国内での年間電池販売量 (t) と、STIBAT の年間回収量 (t) 及び回収率 (%) の推移を図 2.3-13 に示した。ここでいう回収率とは、電池回収量をその年の販売量で割った値である。2009 年に STIBAT は 3,309t の電池を回収し、これは 2009 年の販売量 8,286t の内の約 40%に相当する。回収量には販売店及び学校以外からの回収を含むが、その他を含めた内訳は記載されていない。オランダの人口 16,382,000 人⁵⁾から、1 人あたり 201g の電池を回収していると推定された。

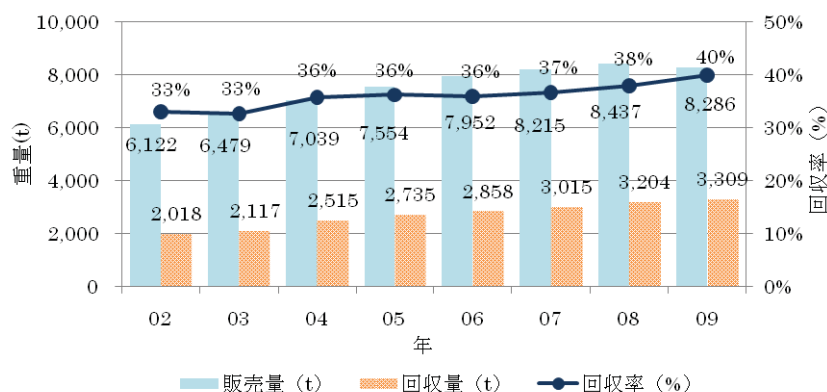


図 2.3-13 オランダ国内での電池販売量及び回収量と、回収率の推移⁵¹⁾

2.3.7 デンマーク

デンマークは旧電池指令（91/157/EC）に対応して 1993 年にニカド電池のみを対象に、回収を行っていた⁵²⁾。新電池指令（2006/66/EC）に対応して全ての種類の電池の回収・リサイクルを行うことになり、2009 年に制定した国内法のなかで生産者による電池の回収・リサイクルが義務付けられた。

公的機関である DPA（Dansk Producentansvarssystem：デンマーク生産者責任）システム¹¹⁾は、電気・電子製品や、電池及び自動車における生産者責任に関するデンマーク環境保護法の目的を達成するために組織され、主に 3 つのシステム（WEEE、BAT、ELV）からなる。DPA システムは GRS⁸⁾や STIBAT¹⁰⁾のように回収・リサイクルの管理を行う団体ではなく、生産者ならびに生産者団体へと回収地域を割り当てし、生産者等が当該地域からの回収・リサイクルを実施するという仕組みである。表 2.3-5 に BAT に登録している電池メーカーや輸入企業数の内訳を示す。

表 2.3-5 DPA の登録企業・団体¹¹⁾

		企業数	割合
個々の企業		170	24%
共同回収団体	Elretur	448	65%
	ERP	16	2%
	RENE AG	23	3%
	ReturBat	37	5%

共同回収を行う生産者責任団体（うち二団体が小形電池の生産者責任を担っている）のうち、Elretur⁵³⁾はノルウェーの WEEE を中心とした回収団体である。ERP¹⁸⁾は WEEE や電池を対象にヨーロッパ全域（電池はオーストリア、デンマーク、フィンランド、アイルランド、スペイン、イギリス）で回収を行う組織である。

RENE AG⁵⁴⁾はヨーロッパ全域で WEEE を中心に回収・リサイクルを行う団体であり、ReturBat⁴⁷⁾はスウェーデンの鉛蓄電池を主とした回収団体である。

生産者が回収を行うのは販売店のほか自治体があり、自治体が回収にかけた費用は生産者から充当される。2009 年は各自治体に設置された 433 カ所で回収が行われ、1,209t の電池が回収された¹¹⁾。自治体以外（販売店等）を含めた 2009 年の小形電池の回収量は 1,406t であり、同年の小形電池の販売量 3,613t の 39%を回収したと推定された。デンマーク人口 5,457,000 人⁵⁾から、1 人あたりの回収量は 244g と推定された。

2.3.8 フランス

フランスでは 1999 年の一次及び二次電池の販売と処理に関する法律によって、全ての種類の電池の回収とリサイクルを行うように定め、旧電池指令（91/157/EC）よりも厳しい対応をとっていた⁵²⁾。回収団体への加入または個別で回収・リサイクルスキームを構築することが販売するための必要事項とされ、当初の回収団体として Screlec¹²⁾が創設された。その後 2003 年には輸入業者主導のもとで新たに Corepile¹³⁾が設立され、現在フランスではこの 2 つの回収団体をメインとして電池回収・リサイクルが行われている。他国においても、例えばドイツでも他の回収団体もあるが基本的には GRS がシェア 90%以上を占めており、2 つの回収団体が混在しているのは特徴的な事例である。

Screlec は 1999 年に設立され、2010 年現在 423 の企業・団体が加盟しており、販売店や公共施設、学校などを含めて 13,000 カ所の回収拠点をもつ¹²⁾。図 2.3-14 に示した Screlec の回収容器は、消費者との「コミュニケーションツール」という考えのもと、リサイクル段ボールを用いたものだけでなく、プラスチックの円筒型で自律できるタイプもありバリエーションが広い。2009 年には 2,500t の電池を回収し、フランスの人口 61,707,000 人から、1 人あたりの回収量は 41g と推定された。



図 2.3-14 回収 BOX（フランス）¹²⁾

一方 Corepile は 2003 年に設立され、2009 年では 180 の企業・団体が参加している⁵⁵⁾。Screlec が電池メーカーを中心としているのに対し、Corepile は加盟数の 3/4 が輸入業者であり、フランス市場に販売している電池シェアの 6 割程度が Corepile 加盟企業によるものである。合計 27,400 カ所の回収拠点をもち、特に回収量が多いのはスーパーなどの食料品店（回収量の 38%）やエコヤード（回収量の 53%）である。2009 年には 7,050t の電池を回収し、1 人あたりの回収量は 114g と推定された。Corepile の年次報告

書に記載されていた年間回収量及び回収率を表 2.3-6 に示した。Screlec¹²⁾及び Corepile⁵⁵⁾の報告により、2009 年フランス全体で 9,550t の電池が回収されており、表 2.3-6 に記載したフランスの電池販売量 31,000t から、国内での回収率は 30.8%と推定された。

表 2.3-6 Corepile の電池回収量及び回収率 ⁵⁵⁾

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
フランス電池販売量 (t)	28,500	30,900	32,570	33,600	32,830	31,083	31,000
回収量 (t)	1,635	3,625	4,335	5,135	6,125	6,267	7,050
全販売量に対する回収率 (%)	5.7%	11.7%	13.3%	15.3%	18.7%	20.2%	22.7%
販売シェアを考慮した回収率 (%)	10.2%	20.8%	23.6%	27.1%	31.9%	34.4%	37.3%
参考:販売シェア	56.3%	56.3%	56.3%	56.3%	58.5%	58.6%	61.0%

2.3.9 ポーランド

ポーランドでは新電池指令が制定される以前に、EU の廃棄物法を国内化した Waste Act の中で、電池一般に関して 1)重金属類を減らすこと、2)有害及び汚染物質を可能なかぎり使わないこと、3)家庭での退職を減らすこと、4)適切な方法で分別すること、の 4 点を目標としていた ⁵⁶⁾。また、ポーランド環境省法令により電池中の重金属量が規制され、重量比で 0.0005%以上の水銀、0.025%以上のカドミウム、0.4%以上の鉛を含む電池の販売が禁止され、これ以下の濃度でも含有金属のマークを付けることが義務付けられていた ⁵⁶⁾。新電池指令以前の廃電池の回収については、自動車用鉛蓄電池、産業用鉛蓄電池、ニカド電池の 3 種類のみを回収の対象としており、電池メーカーや輸入業者には単独もしくは回収団体の協力のもとで一定レベル以上の回収が義務付けられていた。目標とした回収率が達成できない場合は、市場に販売した量だけ政府にお金を払う仕組みとなっていた。2009 年 4 月には新電池指令が国内法化され、全ての種類の電池の回収・リサイクルを行っている。

2003 年 1 月に電池メーカーや輸入業者によって構成される電池回収団体 REBA が設立され、販売店や公共施設、教育機関での拠点回収を行っている ¹⁴⁾。回収団体の設置年数でいえば EU 諸国の中では後発組にあたる。回収目標は、販売量に対して 2009 年で 20%、2012 年には 25%としている。2009 年で 27,200 カ所が回収拠点となり、各拠点の場所は種類別に web 上の地図で確認できる。

REBA の 2010 年報告書 ⁵⁷⁾によれば、設立以来 7 年間で 3,442t の電池が回収された。各年の回収量については記載がなかったが、公表されていた過去 3 年間の容器 1 個あたりの平均電池回収量(kg/box)と、各年の容器の返却数 (box) から 2007 年から 2009 年の回収量は表 2.3-7 のように推定された。教育機関による 2009 年の電池回収量は 470t であり、重量ベースで 37%が教育機関によるものであった。ポーランドの人口 38,116,000 人 ⁵⁾から、1 人あたりの電池回収量は 34g と推定された。

表 2.3-7 各年の REBA による電池回収量 ⁵⁷⁾

	2007	2008	2009
容器の返却数(1box)	11,538	13,583	25,517
1容器あたりの平均電池重量(kg/box)	50.45		
電池回収量推定値(kg)	582,092	685,262	1,287,333

REBA では企業や自治体の協力だけでなく、情報教育がリサイクルへの参加を促進する重要な要因であるとして、教育機関にむけて特別プログラムを提供している。申請書を提出すれば、電池の回収 BOX (図 2.3-15) とポスター、環境教育用資料が無料で提供される。2005 年 6 月からは、1kg の電池を収集すれば、1 ポイントを学校に与えるポイント制度が導入され、特別賞のカタログの中からポイント分だけ好きなものをもらうことができる。図 2.3-16 に特別賞の例を示した。特別賞は教育機関に応じてカタログがそれぞれ異なり、幼稚園児向けの玩具から、サッカーボール等のスポーツ用品、大学向けの顕微鏡やノート型パソコンまで幅広く用意されている。



図 2.3-15 回収 BOX(ポーランド) 14)



図 2.3-16 特別賞 (地球儀 15pt) 14)

2.3.10 チェコ

チェコでは旧電池指令 (91/157/EC) に対応して、2001 年に法令を制定し、同年に電池メーカーと輸入業者が共同回収団体 ecobat¹⁵⁾を創設した。現在 ecobat は販売店や教育機関等 13,832 カ所に回収拠点を設置し、図 2.3-17 に示したような回収容器を無償配布している。図 2.3-18 には、2003 年から 2009 年までの電池回収量を示した。2009 年の ecobat により 386t の電池が回収され、チェコの人口 10,334,000 人から、1 人あたりの回収量は 37g と推定された。



図 2.3-17 電池回収 BOX (チェコ) 15)

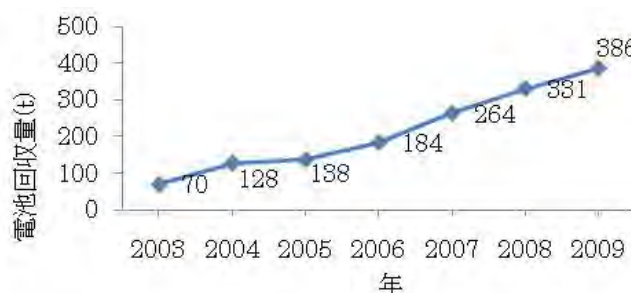


図 2.3-18 ecobat の電池回収量(t)¹⁵⁾

2.3.11 ポルトガル

ポルトガルでは 2001 年の電池と蓄電池及びその廃棄物に関する政令により、製造業者及び輸入業者に全種類の電池を対象とした回収・リサイクルが義務付けられた⁵²⁾。個別又は共同での回収義務が課せられ、これを受ける形で 2002 年に製造業者等からなる共同回収団体 Ecopilhas が設立された。

2009 年は約 2,000 社が Ecopilhas に加盟し、学校や病院、企業等計 16,000 カ所で拠点回収を行っている¹⁶⁾。2009 年の収集量については、記載のあった 1 月～4 月の 4 カ月間の収集量 88t から、年間 264t であると推定された。ポルトガルの人口 10,608,000 人⁵⁾から、1 人あたりの回収量は 25g と推定された。

2.3.12 スペイン

スペインでは 1997 年に国内で電池回収リサイクル法を制定し、旧電池指令 (91/157/EC) よりも厳しい全種類の電池の回収・リサイクルを行うことが定められた⁵²⁾。これを受け、2000 年に ASIMELEC⁵⁸⁾ (情報通信機器及び小型家電製品に関するメーカーの共同団体) が主導のもとで、小形電池と一部自動車用・産業用電池を対象とした回収団体 Ecopilas¹⁷⁾が創設された。

Ecopilas は 2009 年現在 453 社が参加しており、加盟企業のスペイン市場におけるシェアは家庭用電池で 75%、産業用電池で 25%を占める。Ecopilas では教育施設や販売店等に図 2.3-19 に示した回収容器を配布している⁵⁹⁾。回収拠点の場所は web サイトから確認できる。2009 年 Ecopilas は 8,500 個の容器から自動車用電池 27t、産業用電池 160t、小形電池 983t の計 1,170t を回収した⁵⁹⁾。スペインの人口 44,874,000 人から、1 人あたりの小形電池回収量は 22g と推定された。



図 2.3-19 電池回収容器 (スペイン) 17)

2.3.13 イギリス

イギリスでは旧電池指令に対応して電池の有害物質規制に関する法律は制定されていたが、電池の回

収・リサイクルを組織化する義務等はなく、長らく回収団体が設立されなかった。そのため、イギリス国内での小形電池の回収率は非常に低く 5%程度である⁶⁰⁾とされる。

しかし、新電池指令（2006/66/EC）をうけて 2009 年に国内法を整備し、全ての種類の電池を対象に回収目標を達成する必要性が生じた。2010 年にヨーロッパ全域で WEEE 及び電池の回収・リサイクルを行っていた ERP⁶⁰⁾がイギリス国内での回収・リサイクルを開始した。学校や販売店を対象に今後回収拠点を増やしていくものと思われる。

2.4 北米

2.4.1 米国

米国では、1989 年頃から電池規制の州法が制定されたが、要求される回収、マーク表示、取り外し容易化などの内容は統一されておらず、州によって別々の枠組みで行っていた。1996 年 5 月にニカド電池及び小形シール鉛電池を対象として、連邦法（MRBM：Mercury-containing and Rechargeable Battery Management Act）が成立し、表示内容や取り外し容易化に関する事項などが統一された。MRBM には対象電池について独自の回収システムを構築することと、取り外しが容易な構造にすることが明記されている⁴⁾。

1994 年 3 月には電池メーカー 5 社（Energizer、Panasonic、Sanyo、VARTA、SAFT）により RBRC³⁾（Rechargeable Battery and Recycling Corporation）が設立され、2010 年現在で 350 社以上が参加している。参加しない企業は単独での回収システムを構築しなければならない。RBRC は全米を対象に「全米収集プログラム、現（Call2Recycle）³⁾」を展開している。1997 年からはカナダも含めて対象範囲が拡大された。当初はニカド電池のみを対象として回収を行っていたが、2001 年 1 月からはニッケル水素電池、リチウムイオン電池、小形シール鉛蓄電池を加えた 4 種類の小形二次電池を回収している。その後 2008 年 8 月からはニッケル亜鉛電池が追加され、対象が 5 種類となった。2011 年現在の州法による規制の一覧を表 2.4-1 に示す。

表 2.4-1 米国州法による規制と、適用州一覧³⁾

州法	州
ニカド電池及び小形シール鉛蓄電池の廃棄が禁止され、リサイクルまたは適切な処分をしなければならない	フロリダ、ミネソタ、アイオワ、ニュージャージー、メイン、ロードアイランド、メリーランド、バーモント
全ての鉛を使用した電池の廃棄が禁止され、リサイクルまたは適切な処分をしなければならない	アリゾナ、ニューハンプシャー、アーカンソー、ニューメキシコ、カルフォルニア、ノースカロライナ、コネチカット、ノースダコタ、フロリダ、オレゴン、ハワイ、ペンシルベニア、インディアナ、サウスカロライナ、アイオワ、サウスダコタ、ケンタッキー、テキサス、ルイジアナ、ウエストバージニア、ミズーリ、ウィスコンシン、ネブラスカ、ワイオミング
全ての二次電池の廃棄が禁止され、回収・リサイクルが必要である	カルフォルニア、ニューヨーク市

2.4.2 カナダ

カナダでは米国のような連邦の電池法はなく、域内で販売される電池の中身について禁止措置を設けておらず、米国の MRBM を活用している⁴⁾。カナダでの回収及びリサイクルは米国と同じく RBRCC(Rechargeable Battery and Recycling Corporation of Canada)が行っており、1997 年からニカド電池及びその他の二次電池を回収している。

2.5 アジア

2.5.1 中国

1997 年 12 月の「電池製品水銀含有量の制限に関する規定」により、表 2.5-1 に示したように段階的に電池製品の水銀含有量を規制するように定められた。

表 2.5-1 電池製品水銀含有量の制限に関する規定

時期	内容
2001 年 1 月 1 日より	国内で水銀含有量が電池重量の 250ppm を超える各種電池の生産を禁止し、全ての電池に水銀含有量を表記することを義務付ける。
2002 年 1 月 1 日より	水銀含有量が電池重量の 250ppm を超える各種電池の販売を禁止する。
2005 年 1 月 1 日より	水銀含有量が 1ppm を超えるアルカリマンガン電池の国内での生産を禁止し、2006 年 1 月 1 日より販売を禁止する。

さらに 2000 年 12 月には「輸出入電池製品水銀含有量の検査監督管理規定」により、電池製品を輸出入する際には当局への登録、電池製品の水銀含有量に関する証明書等の提出が要求されるようになった。

また、2007 年に施行された「電池情報製品汚染規制管理弁法」（以降、中国版 RoHS）により、中国国内での生産と輸入を行う電子情報製品について（輸出用の生産は含まない）、鉛、水銀、カドミウム、6 価クロム、ポリ臭化ビフェニル、ポリ臭化ジフェニルエーテル、その他国家が規定する有害物質の含有量を規制している。電子情報製品とは通信機器や家庭用電子機器等製品のほかに付随製品・材料等も含まれており、EURoHS の対象ではない電池に関しても中国版 RoHS では対象となっている。特に電池に関連する重金属類 3 種に関しては、鉛 0.1%以上、水銀 0.1%以上、カドミウム 0.01%以上含有する場合はその含有量を説明書に提示し、本体または販売用包装材に生産年月日を表示するように定めている。

2.5.2 韓国

2001 年 1 月に「資源の節約と再活用促進に関する法律施行令の内、改正令」が成立し、「拡大生産者責任に関する法律」が 2003 年 1 月付けで発効された⁴⁾。この法律は生産者及び輸入業者に対して、販売した製品のリサイクルを義務付けるものである。また消費者や地方自治体、政府などにも負担を要求するものであり、表 2.5-2 に各関係者の義務を示した。対象となる電池は水銀電池、酸化銀電池、ニカド電池、リチウム一次電池、アルカリマンガン電池、マンガン電池、ニッケル水素電池であり、それぞれ重量あたりのリサイクル費用が設定されている。制度の施行状況や回収量については情報が得られなかった。

表 2.5-2 韓国拡大生産者責任に関する法律における各関係者の義務⁴⁾

各関係者	義務
政府 環境部	法律の改正、システム全般の管理及び年間リサイクル義務量の算出等
地方自治体	リサイクル可能な製品の分別廃棄及び分別廃棄に関する広報活動
生産者/輸入業者	リサイクル義務の履行
KORECO（Korea Resources Recovery and Reutilization Corporation）	リサイクル義務量の計画と履行、リサイクル賦課金の徴収等
消費者	リサイクル可能な製品の分別廃棄

2.6 2章のまとめ

本章では日本と海外、特に EU の小形電池の回収・リサイクル制度の中身や状況を比較し、次の知見を得た。

- 1) 日本と EU では法的な枠組みのもとで回収・リサイクルの対象となる電池が異なっている。EU では現在新電池指令（2006/66/EC）のもとで全種類の電池が対象となっているが、旧電池指令（91/157/EEC）の時点では水銀、カドミウム、鉛を閾値以上含有する電池のみが対象となっていた。この方針転換の背景には、1) EU 全体としての廃棄物管理戦略の見直しにより廃棄物の適正処理や発生回避及び効果的なリサイクルが重要視されたこと。2) 拡大規制影響評価の実施により全種類の電池を対象とした回収・リサイクルシステムを構築することが、環境面及び経済面、社会面からみて望ましいと結論づけられたことなどがある。一方、日本では資源有効利用促進法により小形二次電池

を対象としてメーカー主導の回収・リサイクルが求められるようになったが、ボタン電池や筒型一次電池については特に規制はなく、自治体やメーカーに委ねられている。このように種類や自治体によって回収方式が異なるなか、日本の消費者が小形電池の回収・リサイクルに対してどのように認識しているのか、また日本の状況下を踏まえた上でのライフサイクル影響評価に関する研究事例は少ない。

2) 回収率やリサイクル率の報告義務と達成状況について比較すると、まず EU では各国共通の回収率及び再資源化率について目標値が設定され、2013 年より加盟国それぞれの回収団体が達成状況を公開することが義務付けられている。一方日本では再資源化率の法定目標や回収重量は公開されているものの、回収率については目標値及び公開義務がない。そのため、本研究では機械統計及び貿易統計を用いて国内出荷量を推定し、一次電池、ボタン電池、二次電池のそれぞれの回収量を除算することで回収率を求め、2008 年時点での EU 各国との比較を行った。その結果日本の小形電池の回収率は 26% と推定され、EU の中でも制度が進んでいるベルギー（48%）やドイツ（41%）を下回っており、EU 非加盟であるスイスの回収率（71%）とは大きく離れていることが分かった。また、例えば現在回収率 5%程度と公表しているイギリスでは 2010 年より回収団体が設立され、2012 年の回収目標 25%の達成に向けて制度を充実させていくことが予想される。これに対し日本ではボタン電池回収センターや JBRC を通して回収率を向上させる取り組みはあるものの、重量ベースで国内出荷量全体の 83%を占める筒型一次電池の回収については、回収するかどうかを含めて現状各自治体の判断に委ねられている。本研究において日本の回収率を推計する際に使用した筒型一次電池の年間回収量、代表的なリサイクル業社 2 社へのヒアリングによる報告値を合計した値であり、自治体によりどのように筒型一次電池が処理またはリサイクルされているかは不明である。

3) 小形電池の回収拠点の数や設置場所についても日本と EU では状況が異なっている。回収拠点の数においては図 2.1-3 に示した様に、ドイツやベルギーでは千人あたり 2.1 ヶ所及び 1.9 ヶ所の回収拠点が設置されているのに対し、日本では 0.3 ヶ所と拠点数が非常に少ないことがわかる。この値には筒型一次電池の回収拠点の数は含まれていないが、法的な枠組みのもと全国的な規模で展開されている小形二次電池の回収拠点と比較すれば、筒型一次電池の拠点数はそれほど多くないと考えられる。また拠点の設置場所を比較すると、日本の拠点回収のほとんどがスーパーや電気店等の販売店であるのに対し、EU では多くの国で教育機関に回収拠点が設置されていることが特色としてあげられる。小形電池の回収・リサイクルを環境教育の一貫として捉え、回収 BOX の設置だけでなく教材の提供や学校同士のコンテストを開催している国も多い。これに対し日本では小学生を対象とした啓蒙ビデオやキャンペーンは行われているものの、EU 各国の制度に比べると改善できる点が多いと考えられる。

4) EU では新電池指令との関連法規の中で、WEEE 指令により回収された家電製品からの電池の取り外しが要求され、取り外された後は新電池指令に従い回収・リサイクルが行われる。日本においても、家電リサイクル法に加えて、小型家電リサイクル法が施行され、電池を内蔵して使う製品も多く対象となっている。この回収時の電池の扱いを明確にし、消費者に伝達することが重要と考えられる。

3 章では 2 章で得たこれらの知見や解決すべき課題をもとに、また他の章の解析で必要となる知見を得るため、日本における使用済み小形電池の廃棄についての実態調査及び考察を行った。

3 章 日本における使用済み小形電池の廃棄実態調査

3.1 概要

2 章で行った国内外の小形電池の回収・リサイクル制度比較で得た知見を踏まえた上で、3 章では表 3.1-1 に示した調査の結果から、小形電池の廃棄実態について考察を行った。

表 3.1-1 3 章で行った調査とその概要一覧

該当する節	調査	概要
3 章 2 節	自治体収集分類調査	各自治体の小形電池の収集分類について全国 806 自治体のウェブサイト进行调查した。
3 章 3 節	消費者アンケート（小形電池の捨て方について）	収集分類が異なる 11 都市の消費者にアンケート調査を行い、小形電池をどのように捨てているかを調査した。
3 章 4 節	使用済み小形電池サンプル調査	京都市の筒型一次電池を対象とした拠点回収施設における 1 ヶ月の電池をサンプルとして、年式、サイズ、重量などの基礎情報を整理した。
3 章 5 節	小型家電製品廃棄に伴う電池取り外し実態調査	京都市が行っている小型家電製品回収モデル事業において回収された小型家電製品をサンプルに、製品からの電池の取り外し実態を調査した。
3 章 6 節	消費者アンケート（小形電池及び内蔵小型家電の家庭内保有や廃棄について）	収集分類が異なる 11 都市の消費者にアンケート調査を行い、小形電池及び小形電池内蔵小型家電の家庭内保有や廃棄について調査した。

3.2 自治体による使用済み小形電池収集分類調査

3.2.1 調査の目的と方法

「各自治体は使用済み小形電池の捨て方に関して、消費者にどのような指導をしているか」を把握することを目的に、全国の自治体のうち 783 の市と東京 23 区を合わせた計 806 の自治体のウェブサイトから、電池の捨て方に関する記述を整理した。調査対象とした電池は筒型一次電池（乾電池）、ボタン電池、小形二次電池であり、自動車用・バイク・自転車用及び産業用途の電池は含まれていない。また、小型家電製品（デジカメ等や時計など）についても、捨てる際に電池の取り外しに関する指導がされているかを調べた。調査した 806 の自治体は全自治体数（1,727）の 47%に相当する。町や村は考慮できていないが、806 自治体の人口は計 114,506,752 人で、全人口の 88%に相当しているため日本全国の収集分類として一般性があるものとして扱った。なお、調査日は 2010 年 8 月 7 日～8 月 11 日であり、その時点での情報を整理した結果となる。

3.2.2 調査結果

筒型一次電池の収集区分について、自治体数別及び人口数別の結果を図 3.2-1 に示した。凡例に枠線が有るものが他のごみと電池を分けるように指導している場合であり、枠線のないものが他のごみと一緒に収集している場合である。また、拠点回収については、公共施設を含むかどうかで区分した。

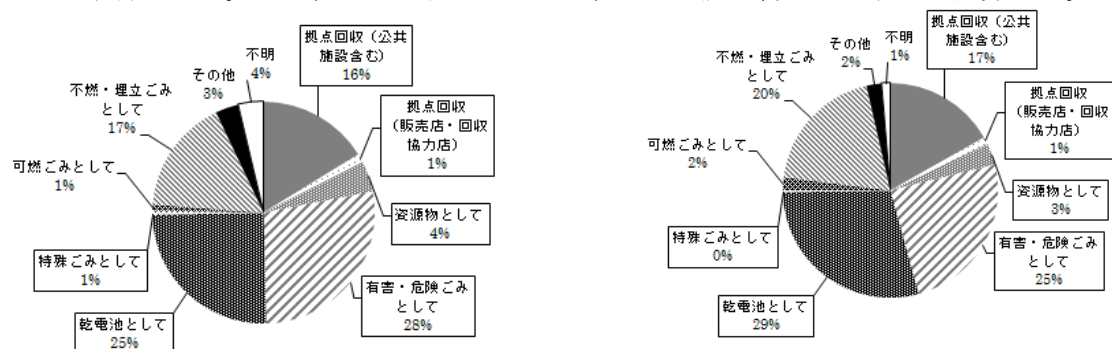


図 3.2-1 筒型一次電池の収集分類（左：自治体数別 右：人口数別）

自治体数別では全体の 75%を占める 605 自治体が、筒型一次電池を他のごみと分けるように指導していることがわかった。そのうち拠点回収を行っている自治体は 141 あり、残りの 466 自治体では、資源物、有害・危険ごみ、乾電池及び特殊ごみとして自治体自らが分別回収を行っていた。また拠点回収の形式をみると、公共施設を含む場合が一般的で、販売店・回収協力店のみでの回収は 1%と少ないことがわかる。人口数別でも自治体数別での結果とほぼ同じ傾向がみられた。

残る 25%の自治体では筒型一次電池を他のごみと一緒にの区分で収集しており、特に不燃・埋立ごみとしての収集が多い（全自治体数の 17%）ことがわかった。また可燃ごみとして電池を収集している自治体が 7 自治体あり、表 3.2-1 にその一覧と所有する焼却施設の方式を示した。

表 3.2-1 可燃ごみとして筒型一次電池を収集している自治体と焼却設備の一覧

都道府県	市名	人口	施設名	焼却設備	焼却灰処理	飛灰処理	出典
岩手県	大船渡市	41,760	釜石市清掃工場	釜石市の施設で処理	熔融処理	薬剤処理	文献 61
岩手県	釜石市	41,532	釜石市清掃工場	ガス化熔融・改質	熔融処理	薬剤処理	文献 62
秋田県	湯沢市	53,458	貝沢ごみ処理施設	焼却(ストーカー炉)	薬剤処理	セメント固化、薬剤処理、その他	文献 62
大阪府	茨木市	269,431	環境衛生センター第 1、第 2 工場	ガス化熔融・改質	無し	薬剤処理	文献 62
兵庫県	尼崎市	461,738	第 1 工場、第 2 工場	焼却(ストーカー炉)	薬剤処理、熔融処理	薬剤処理	文献 62
和歌山県	和歌山市	382,234	青岸エネルギーセンター	焼却(ストーカー炉)	薬剤処理	薬剤処理	文献 62
福岡県	北九州市	983,450	北九州市新門司工場	ガス化熔融・改質	熔融処理	薬剤処理	文献 62

表 3.2-1 は、環境省の一般廃棄物処理実態調査 H20 年度調査結果⁶²⁾に基づき作成した。熔融処理による飛灰の安定化を行っているのは 5 自治体（大船渡市、釜石市、茨城市、尼崎市、北九州市）で、湯沢市及び和歌山市ではストーカー炉による一般的な焼却を行っていた。

次にボタン電池の収集区分について、自治体数別及び人口数別の結果を図 3.2-2 に示した。まず自治体数別の結果をみると、販売店・回収協力店での拠点回収を指導している場合が多く、全体の 41%（333 自治体）であった。これは小形一次電池の調査結果の逆であり、メーカーによる自主回収ルートがあるかどうかが大きく影響していると考えられた。また、人口数別でみた場合には、全体の 62%が販売店・回収協力店での回収となっており、自治体数でみたときよりも割合が大きい。これは、人口の多い都市ほど電池を販売している店が多く、自治体も販売店での回収を促す傾向にあるためであると推察された。

資源物や危険ごみとして回収している自治体は全自治体数の 12%であり、不燃ごみ等（不燃ごみ・埋立ごみ）として集めている自治体は 1%程度、可燃ごみとして収集している自治体は調査した 806 自治体では確認されなかった。

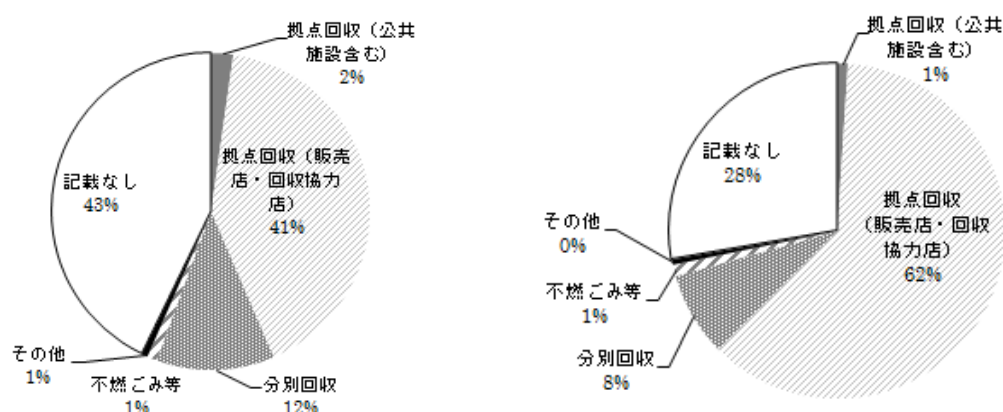


図 3.2-2 ボタン電池の収集分類（左：自治体数別 右：人口数別）

また、ボタン電池の捨て方について情報の記載が確認できない自治体が 345 自治体（43%）あった。この 345 自治体における筒型一次電池の回収分類を図 3.2-3 に示した。806 自治体を対象とした図 3.2-1 と比

較すると、自治体数別では筒型一次電池を分別回収している割合がやや少なく、不燃ごみとして収集している自治体の割合が多くなった。

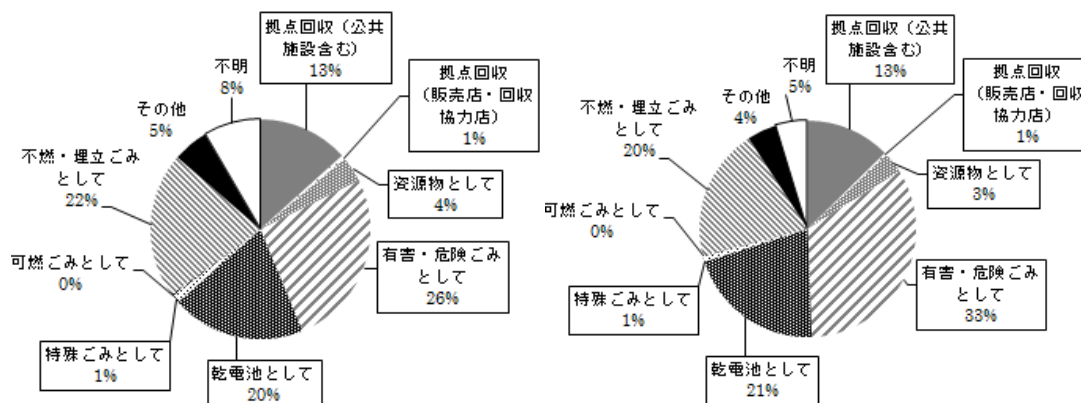


図 3.2-3 ボタン電池の捨て方に関する記載がなかった自治体（345 自治体）における筒型一次電池の収集分類（左：自治体数別 右：人口数別）

次に、小形二次電池の収集区分について、自治体数別及び人口数別の結果を図 3.2-4 に示した。図 3.2-2 に示したボタン電池の場合と傾向が似ており、販売店・回収協力店での回収が前自治体数の 45%（364 自治体）となっている。一方で、情報の記載がない自治体も 46%（369 自治体）と半数近い結果であった。分別回収を行っている自治体は前自治体数の 6%、不燃ごみ等（不燃ごみ・埋立ごみ）として集めている自治体は 1%で、可燃ごみとして収集している自治体は調査した 806 自治体では確認できなかった。人口数別では販売店・回収協力店での拠点回収は 66%を占め、やはり人口の多い都市ほど販売店・回収協力店での拠点回収を指導する傾向にあった。

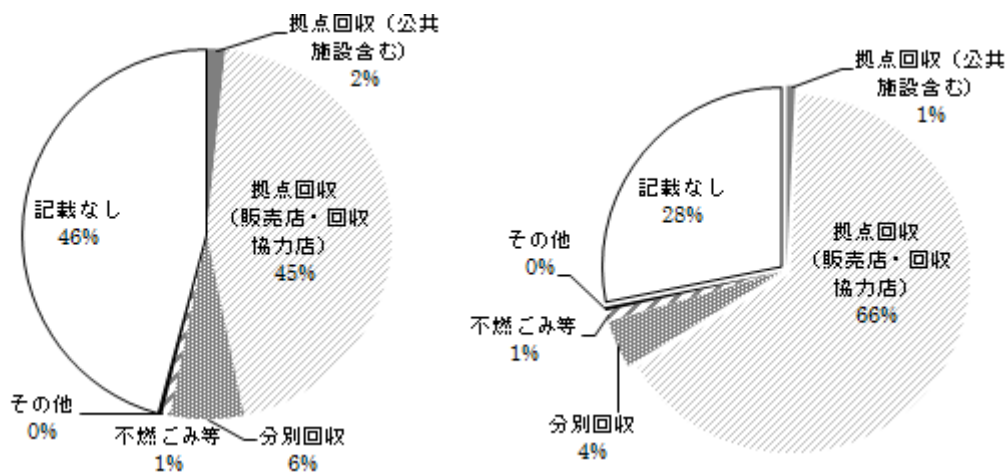


図 3.2-4 小形二次電池の収集分類（左：自治体数別 右：人口数別）

小形二次電池の捨て方を記載していない 364 自治体の筒型一次電池の回収分類を図 3.2-5 に示した。ボタン電池の場合と同様、図 3.2-1 と比較すると自治体数別では分別回収の割合が少なくなっており、不燃ごみとして回収している自治体がやや多い。

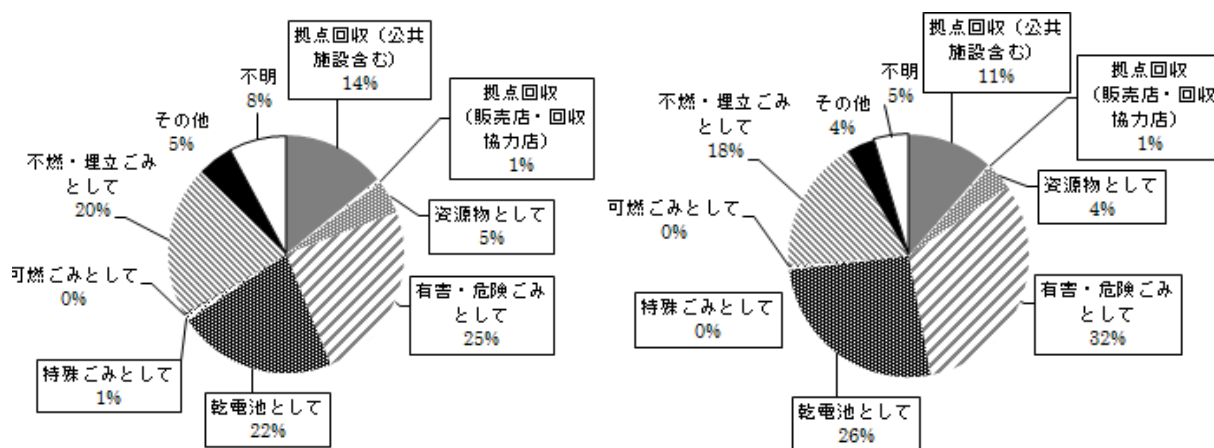


図 3.2-5 小形二次電池の捨て方に関する記載がなかった自治体 (364 自治体) における簡型一次電池の収集分類 (左：自治体数別 右：人口数別)

さらに、各種電池を使用する小型家電製品 (デジカメ等や時計など) について、捨てる際の電池の取り外しに関する指導がされているかを調査した結果を図 3.2-6 に示した。製品からの電池の取り外しに関する指示があった自治体は全自治体数の 16% 程度であり、81% の自治体では記載が確認できなかった。また特定製品のみ指示がある場合もあり、例えばストーブやコンロ等に関して発火の危険性から取り外し指示があった。リチウムイオン電池についても発火の危険性から記載している自治体が見られた。自治体数別と人口数別で比較しても、違いはみられなかった。

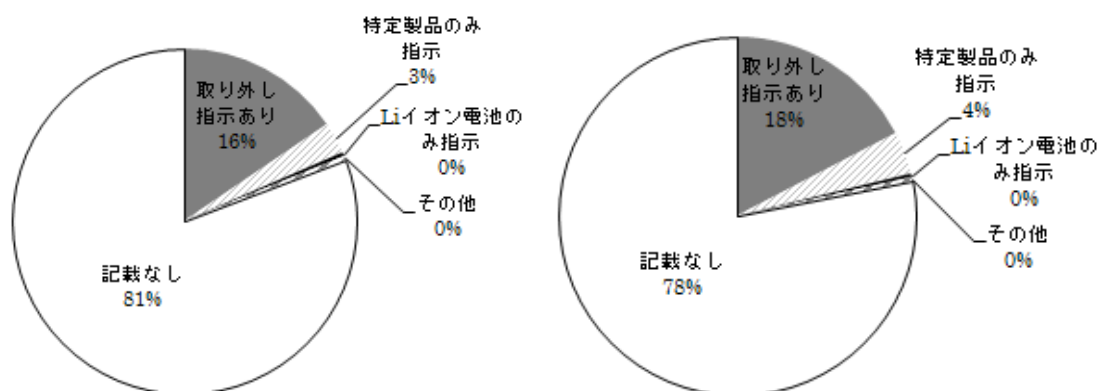


図 3.2-6 家電製品からの電池の取り外しに関する指導状況 (左：自治体数別 右：人口数別)

3.2.3 考察

- 1) 電池の種類により自治体が指定する収集分類は大きく異なることがわかった。まず簡型一次電池では拠点回収及び分別回収を行う自治体が 75% を占め、ついで不燃ごみとして収集する自治体が 17% であった。一方、メーカーによる自主回収取り組みがあるボタン電池や二次電池については、販売店及び回収協力店での回収を指示する場合が全体の 40% ないし 45% を占め、自治体の費用で回収を行っているのは 1 割程度であることが分かった。特に人口の多い所ほど自治体は関与せず、販売店や回収協力店での回収という形式をとっていることが分かった。
- 2) ボタン電池や二次電池の捨て方について、約 45% の自治体ではウェブサイトでは記載が確認できなかった。あくまでウェブサイト上で確認できるごみの捨て方に関する情報からの判断であるが、これらの自治体において消費者が捨て方を確認できない場合、一次電池の収集分類同様の捨て方がされる可能性が考えられる。
- 3) また、小型家電製品からの電池の取り外しに関する調査結果から、全自治体数の 80% 以上が何の情報

の記載をしていないことがわかった。そのため、取り外しに関する情報が得られないことが消費者の小形電池（特に小形二次電池）リサイクルへの認知度の低下につながり、製品の廃棄時に電池が取り外されず一緒に廃棄されることを促す恐れがある。

- 4) 本調査の対象とした 806 自治体のなかで、筒型一次電池の分別回収を行っているのは 605 自治体であったのに対し、2 章 2.2 節で示したように全国都市清掃会議による広域回収処理計画を利用しているのは 251 自治体と大きな開きがみられた。そのため、町村も含めた日本全体では分別回収を行う自治体の多くが広域回収処理計画を利用しない形で集めた電池の処理を行っていると考えられた。本調査は自治体がウェブサイトで市民向けに発信している情報を整理・分類したものであるため、その性質上回収後どのように処理・処分が行われているかは把握できていない。今後の課題として、可燃ごみ、不燃ごみ、分別回収及び拠点回収により集められた電池が、それぞれどのように処理されているのかを複数の自治体へのアンケート調査及びヒアリングから把握することが重要である。

3.3 消費者の分別回収行動に関するアンケート調査

3.3.1 調査の背景と目的

3 章 2 節では各自治体が一次電池、ボタン電池、二次電池をどのように回収しているかを明らかにした。しかし、実際に消費者が自治体の分類どおりに電池を捨てているとは限らない。例えば京都市では筒型一次電池の拠点回収を行っているが、京都市家庭ごみ細組成調査⁶³⁾において毎年家庭ごみ 1t につき 30～40 個前後の電池の混入が報告されている。そのため、廃棄動向の把握には自治体の収集分類だけでなく、消費者がどのように電池を捨てているかを明らかにする必要がある。

そこで、本節では 2010 年 3 月に行った家庭系廃棄物に関するインターネットアンケート調査の一部を用いて消費者の電池の捨て方について示すとともに、異なる回収分類を行う自治体間ではどのような違いがあるのかを比較考察した。また既存研究として、環境省請負事業として三菱総合研究所が行った平成 19 年度リサイクル制度の体系化・高度化推進検討調査報告書⁶⁴⁾における消費者へのアンケート（以下、環境省アンケート）から、小形二次電池の廃棄動向調査結果についても示した。

3.3.2 調査方法

表 3.3-1 に本研究で行った調査の概要を示した。京都市を中心とした 11 政令指定都市を対象に、各電池を捨てた経験がある人に対してその排出先に関して質問を行った。対象とした電池は、家庭用に販売されている「筒型の一次電池」「ボタン電池」「筒型の二次電池」の 3 種類であり、発電方式や電池サイズの違いは考慮していない。また、製品に内蔵される形で販売または製品とともに処分される電池や、自動車などに使用される大型の電池、産業用の電池に関しては対象外とした。

表 3.3-1 アンケート調査概要

項目	概要
目的	家庭系廃棄物に関する購入・使用・廃棄状況を把握すること
実施期間	2010年3月23日～3月24日
方式	インターネットアンケート
回答者年代	20代・30代・40代・50代・60代から均等に
対象地域及びサンプル数	11政令指定都市(約5,400サンプル) 京都市(約1,500サンプル)、札幌市、仙台市、川崎市、横浜市、名古屋市、大阪市、神戸市、広島市、北九州市、福岡市(各400サンプル)
設問数	23問(うち電池に関する設問は7問)
対象	筒型の一次電池、ボタン型の一次電池、筒型の二次電池
設問内容	処分方法や使用・保管状況等

表 3.3-2 に調査対象とした各自治体による電池の回収分類を示す。各市によって筒型の一次電池の回収分類が異なり、京都市及び大阪市が「公共施設や商業施設等での拠点回収」、北九州市が「家庭ごみ（可燃ごみ）」、福岡市、神戸市、名古屋市が「不燃ごみ」、その他の地域が、「資源又は有害ごみとしての分別回収」を行っている。ボタン電池、筒型の二次電池に関しては、広島市以外は「販売店等での拠点回収」と

なっている。

表 3.3-2 各自治体における電池の回収分類（世帯数や回収分類は H22 年 3 月のもの）

自治体	人口 (人)	世帯数 (世帯)	回収分類		
			簡型の一次電池		簡型の二次電池
京都市	1,465,698	671,959	拠点回収	市内104カ所の公共施設 や商業施設での拠点回収	販売店等での拠点回収
大阪市	2,662,608	1,307,385		市内107カ所の公共施設 や商業施設での拠点回収	販売店等での拠点回収
北九州市	982,319	429,828	家庭ごみ (可燃ごみ)	週2回家庭ごみとして市 が回収	販売店等での拠点回収
福岡市	1,454,631	698,230	不燃ごみ	月2回燃えないごみとし て市が回収	販売店等での拠点回収
名古屋市	2,257,249	1,012,553		簡型一次電池は不燃ごみ として週1回市が回収	販売店等での拠点回収
神戸市	1,536,880	677,963		月2回燃えないごみとし て市が回収	販売店等での拠点回収
札幌市	1,906,129	891,658	分別回収	月に1回、簡型乾電池類 として市が回収	販売店等での拠点回収
仙台市	1,034,646	457,817		週1回簡型乾電池類とし て市が回収	販売店等での拠点回収
横浜市	3,671,386	1,577,469		週2回、乾電池として市 が回収	販売店等での拠点回収
川崎市	1,410,734	652,214		週1回資源物として市が 回収	販売店等での拠点回収
広島市	1,171,559	523,872		月に2回、有害ごみとし て市が回収	月に2回、有害ごみとし て市が回収（販売店 での拠点回収もしてい る）

次に既存調査として、環境省が行ったインターネットアンケート調査⁶⁴⁾の概要を示す。アンケート対象者は過去1年以内に二次電池使用製品を手放した20歳以上の男女1,000人であり、本節では主に1) 製品からの二次電池の取り外し状況、2) 取り外した二次電池の引渡し先、3) 電池パックではない簡型の二次電池の排出先、4) JBRCによる小形二次電池回収の認知度、に関する調査結果を用いた。

3.3.3 調査結果

図 3.3-1 に簡型一次電池（乾電池）をどのように捨てているかについてのアンケート結果を示した。なお、設問の都合上その都市では実際に行われていない回収方法を含んでおり、例えば京都市では不燃ごみという回収形態はとっていないため、京都市の回答者でこれを選んだ人は「その市では行われていない」として集計している。これに該当する可能性のある回収分類は、「不燃ごみ」と「市での分別回収」である。拠点回収については市のウェブサイトには記載していなくても販売店等が自主的に回収しているケースもあるため、対象外としている。

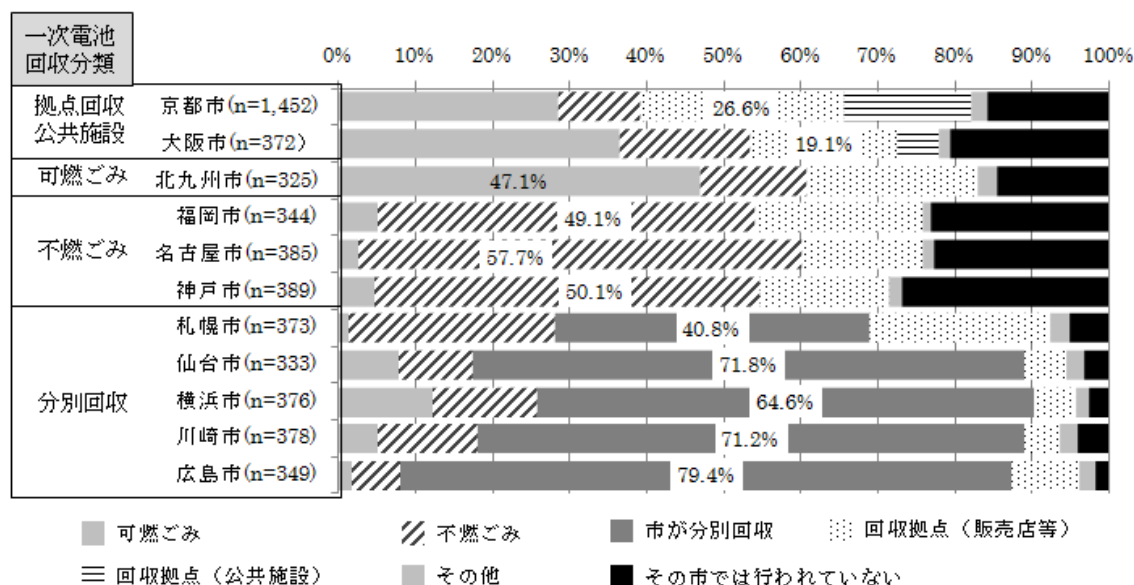


図 3.3-1 「簡型一次電池をどのように捨てるか」に関する回答結果

各市が指定している分類どおりに捨てる」と回答した人の割合は、公共施設での拠点回収を行う都市で平均 22.9%、可燃ごみとして収集する北九州市では 47.1%、不燃ごみとして収集する都市では平均 52.3%、分別回収を行う都市では平均 65.6%となった。拠点回収を行っている京都市や大阪市では指定通りに捨てる」と回答した人が少なく、その原因は可燃ごみに捨てる人と、その市では行われていない回収分類を回答として選んだ人が多いことにある。特に可燃ごみに捨てる人の割合は京都市（28.4%）、大阪市（36.6%）ともに高く、市として可燃ごみへの分別を行う北九州市に次いで多い結果となった。これに対し、不燃ごみ収集や分別回収を行う地域での平均値が 5.0%であることから、拠点回収のみを行う地域では可燃ごみへの電池の混入率が高くなっている可能性が示された。

次に、図 3.3-2 にボタン電池をどのように捨てているかについてのアンケート結果を示す。指定通りの捨て方を選んだ人の割合をみると、分別回収している広島市の結果（73.8%）に比べ、販売店等での拠点回収を指定している 10 都市の結果は平均 25.0%とかなり低い。北九州市や京都市、大阪市では 3 割近くの人が可燃ごみに捨てる」と回答しているほか、他都市でも筒型一次電池と同様の回答傾向がみられ、捨て方が十分に認知されていないことがわかった。

図 3.3-3 に筒型二次電池に関するアンケート結果を示した。指定通りの捨て方を選んだ人の割合をみると、拠点回収（販売店等）を指定する 10 都市の平均は 19.7%と広島市（71.3%）に比べて低く、ボタン電池同様捨て方が認識されていないことがわかる。また、やはり筒型一次電池の結果と同様の回答傾向がみられることから、消費者は電池の種類により捨て方が異なる場合があるということや、メーカーによる自主回収が行われているということ十分に認識していないと考えられる。

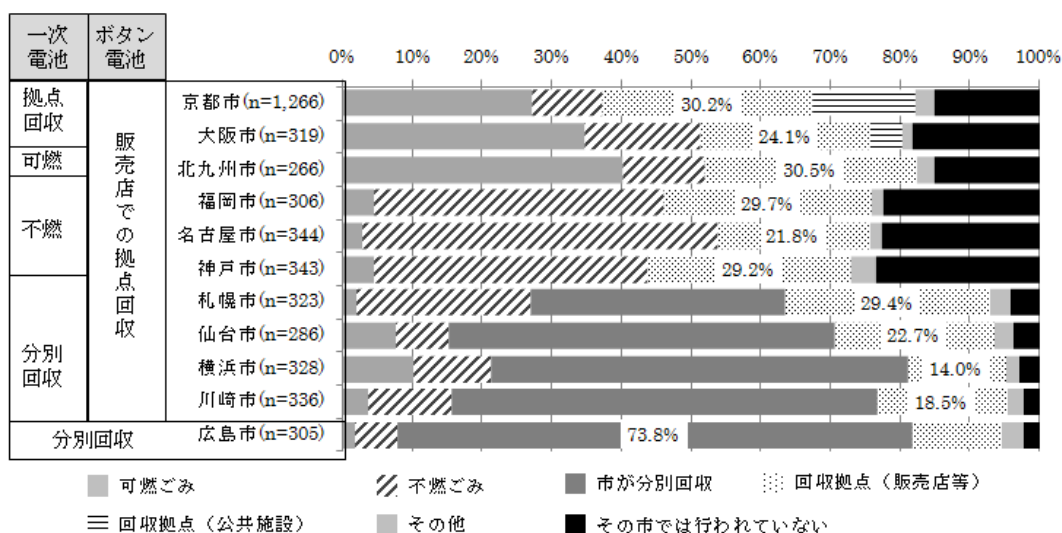


図 3.3-2 「ボタン電池をどのように捨てるか」に関する回答結果

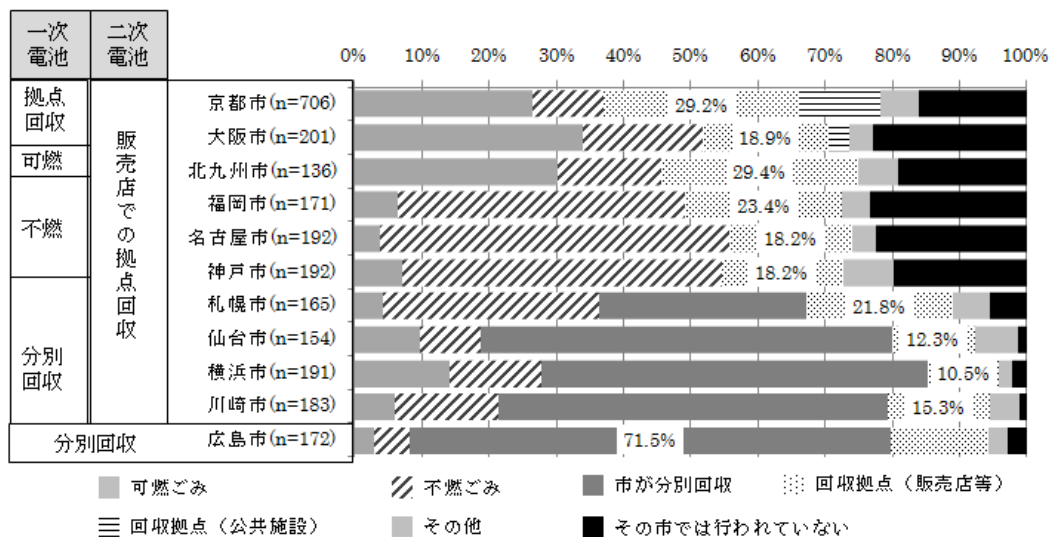


図 3.3-3 「筒型の二次電池をどのように捨てるか」に関する回答結果

次に環境省によるインターネットアンケート調査結果を示す。まず、図 3.3-4 に小形二次電池を使用する製品を手放した際、製品に内蔵されていた小形二次電池を取り外したかどうかに関する調査結果を示した。20 製品のうち取り外し率が 2 割以下である製品は携帯電話・PHS、コードレススキナーの付いたファクシミリ、携帯用ファクシミリ、ノートパソコン、ワープロ、ポータブル液晶テレビ、ビデオカメラ、血圧計、電気マッサージ機の 9 製品であった。また、最も取り外し率の高い製品である充電式ラジコンカーでも 42.3%と半分以下であった。前節の図 3.2-6 で示したように自治体の約 8 割が製品からの電池の取り外しの指示をしていないことも含め、家電製品に内蔵される小形二次電池のほとんどが製品から外されずに捨てられていると考えられた。

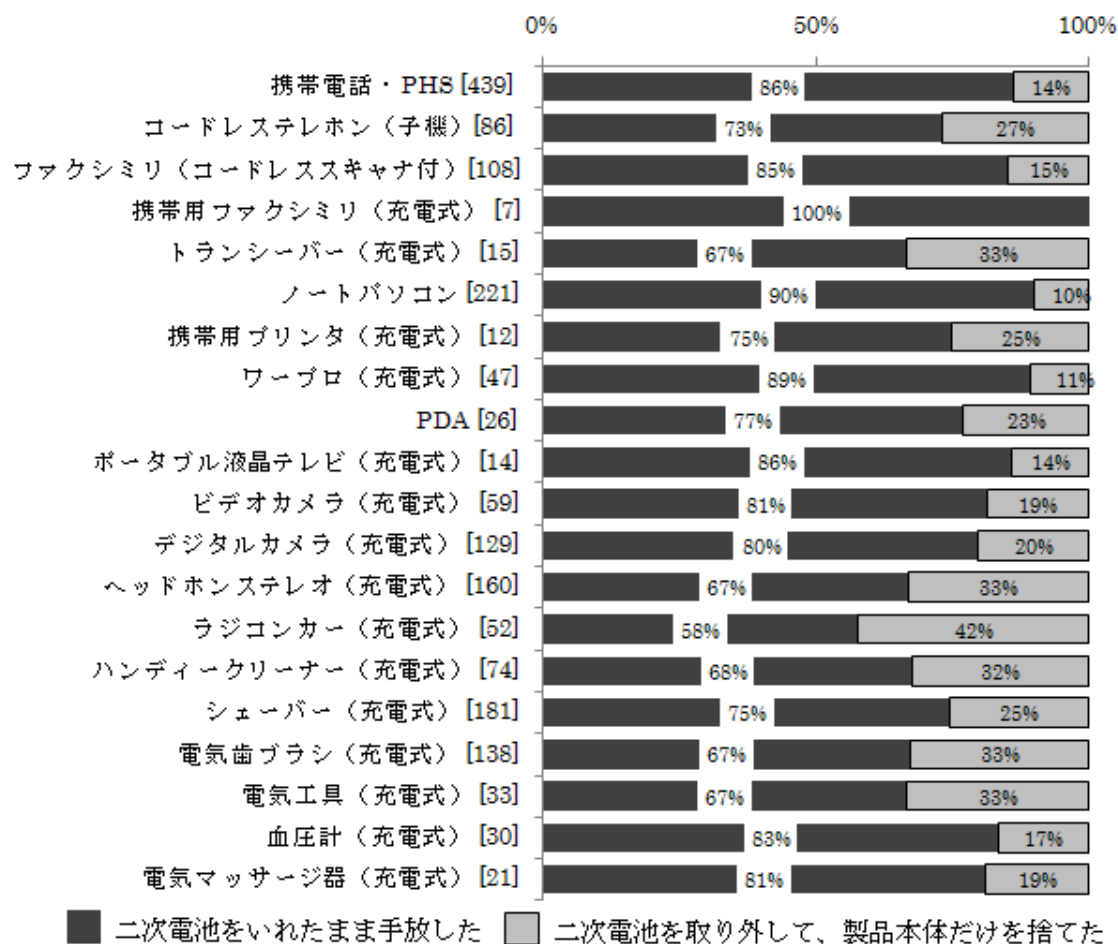


図 3.3-4 家電製品からの小形二次電池の取り外し実態 ⁶⁴⁾

[]内は 1 年以内に手放した人の数（母数）

図 3.3-5 には取り外された小形二次電池の排出先に関する調査結果を示した。製品により傾向が異なるが、店頭回収や小売店での引渡しにより JBRC が回収したと考えられる割合が 3 割以下と低い。また、携帯電話・PHS、コードレスホン、トランシーバー、PDA、電気マッサージ機の 6 製品では、使わないが家においてある（退蔵）割合が 2 割以上を占めていた。小形二次電池の退蔵状況を考える上では上記のように取り外されて保管されるケース以外に、製品そのものの退蔵に伴い使用されないまま保管されるケースが考えられる。携帯電話をはじめとする各種小型家電製品は既存研究においても退蔵されやすい傾向にあるとされ ⁶⁵⁾、退蔵される小形二次電池の回収も大きな課題といえる。

図 3.3-6 には筒型の二次電池を手放した経験のある人を対象に、その引渡し先を尋ねている結果を示した。製品から取り外された場合と異なるのが、ごみとして自治体に引き渡した（指定通り）割合が 48%と半数近くを占めることにある。しかし小形二次電池を収集している自治体は 1 割以下であったこと（3 章 2 節）や、本研究でのアンケート調査結果（図 3.3-3）から、「指定通り」に自治体に引き渡したと回答した人も、実際には自治体の指定を正しく認識していなかったのではないかと懸念がある。

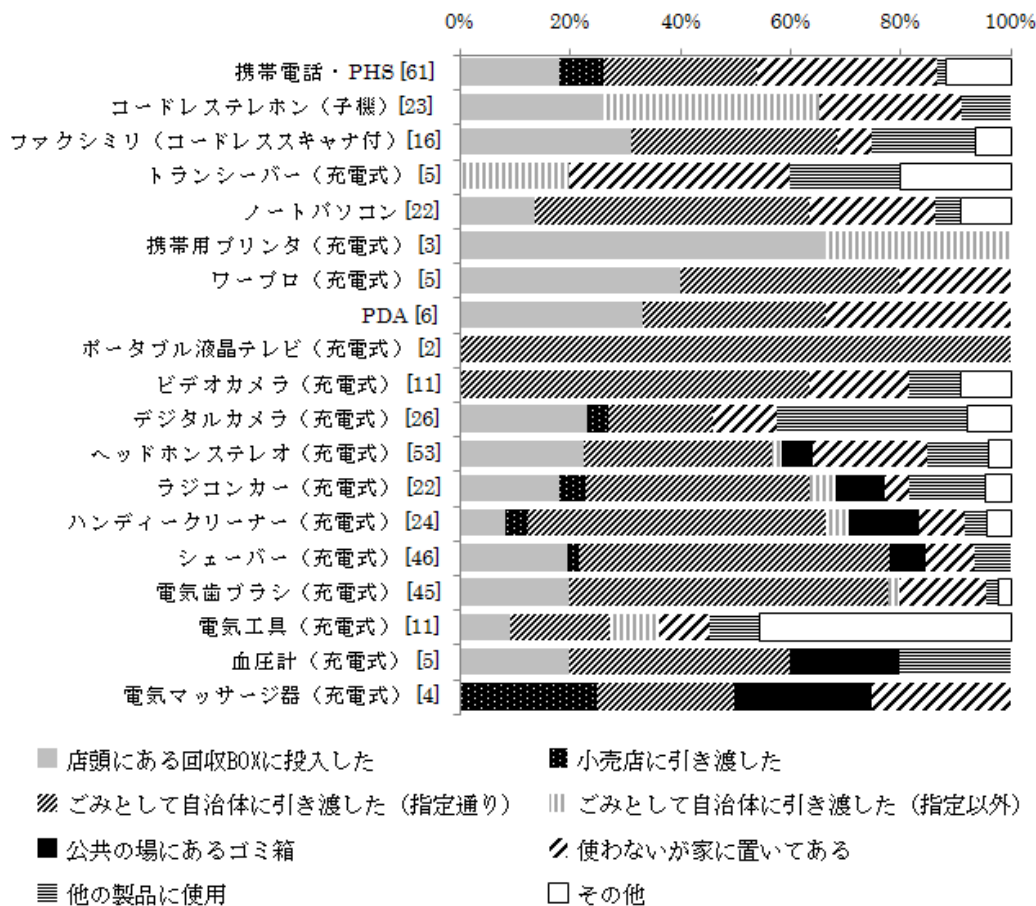


図 3.3-5 取り外された小形二次電池の排出先⁶⁴⁾

[]内は1年以内に手放した人のうち、電池を取り外した人の数(母数)

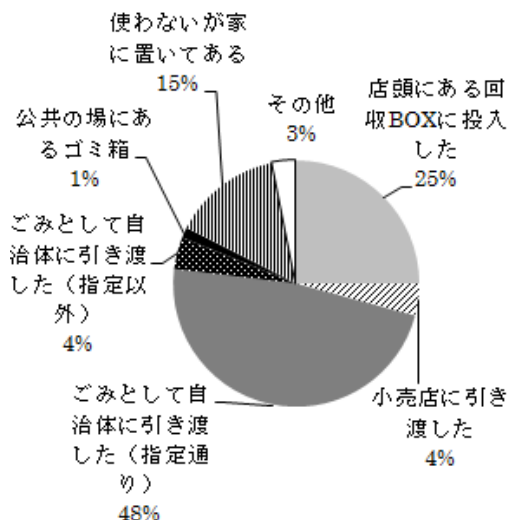


図 3.3-6 簡型小型二次電池の排出先 (n=216)⁶⁴⁾

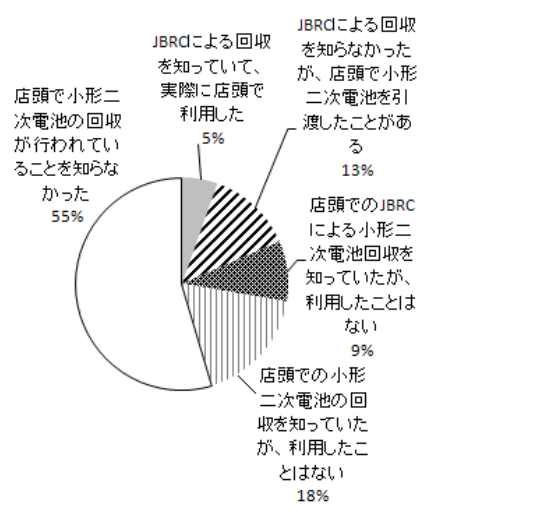


図 3.3-7 JBRC の認知度(n=1,000)⁶⁴⁾

また、店頭にある回収 BOX と小売店への引渡しを JBRC での回収としても、全体の約 3 割の電池しか JBRC による回収ルートへ引き渡されていないことがわかる。退蔵（使わないが家においてある）傾向に関しては 15% となり、製品から取り外された場合同様、退蔵される電池の回収を考慮しなければならないことがわかる。

最後に、JBRC の認知度に関する回答結果を図 3.3-7 に示した。JBRC による回収を知っていた人は全体の 14% であり、そのうち実際に店舗で利用したことある人は 5% であった。また、JBRC の存在を知らなくても、店頭での回収を知っていた人は全体の 31% であり、そのうち利用したことある人は 13% であった。また、JBRC の存在も知らないし、そもそも店頭で小型二次電池の回収が行われていることを知らないと回答した人が 55% と半数を超える結果となった。

3.3.4 考察

- 1) 本研究で行ったアンケート調査から、異なる収集分類をもつ都市間では消費者の電池の廃棄動向に違いがみられることが分かった。特に、筒型一次電池の拠点回収を行う自治体では、可燃ごみに電池が混入される割合が高くなる可能性があることが示された。これは拠点施設まで電池を持っていかなければならない負担感に影響があると考えられ、回収分類と分別回収行動の関係については、今後詳細なアンケート調査が必要である。
- 2) ボタン電池と小形二次電池の廃棄動向は自治体の筒型一次電池の収集分類に影響をうけることがわかった。今回アンケート対象とした 11 都市ではボタン電池や小形二次電池の収集分類をホームページ上で情報公開していたが、3 章 2 節で示したように約半数近くの自治体では収集分類が確認できない状況にある。あくまでウェブサイト上のみであるが、消費者が情報を確認できない場合、自治体側が意図しない形でボタン電池や二次電池が筒型一次電池と同様に回収・処分されている恐れがある。特に不燃ごみや可燃ごみとして一次電池を回収している場合、メーカーによる自主的な分別回収・リサイクルルートがあるボタン電池や二次電池も筒型一次電池同様に焼却・埋立される可能性がある。
- 3) 環境省が行ったアンケート調査結果⁶⁴⁾から、小形二次電池を使用する多くの製品の廃棄時に、電池が取り外されないままになっていることが分かった（本研究 3 章 6 節においても、同様の傾向が確認された）。JBRC¹⁹⁾では製品から小形二次電池を取り外して回収 BOX にいれるよう指導しているが、図 3.3-7 に示したように JBRC の認知度は 14%と低く、店頭で回収を行っているという事実を知らない人が半数以上を占めている。また約 8 割の自治体が製品からの電池取り外しに関する指導を行っていないこと（3 章 2 節）からも、小形電池の回収・リサイクルを考える上では、種類に限らず製品の廃棄に伴い電池が取り外されないまま処分されるケースを十分考慮することが重要である。具体的な対策としては、2 章 6 節でも指摘した欧州 WEEE 指令における回収した電気・電子機器からの電池取り外しの義務付けが挙げられる。これに関連して、2013 年に施行された小型家電リサイクル法の展開において、対象家電製品からの電池の取り外しと JBRC への引渡しを考慮した仕組みづくりの充実等が必要と考えられる。

3.4 使用済み小形電池サンプル調査

3.4.1 概要

3章2節及び3章3節では自治体のインターネット上での情報公開の程度と、消費者へのインターネットアンケート調査から、日本の使用済み小形電池の廃棄動向、特に排出先に関して整理を行った。本節及び3章5節では、実際に消費者が手放した小形電池や小型家電製品をサンプルとして、電池からは発電方式やサイズ、製造国や年式など使用動向にも関連する情報を、小型家電製品からは電池取り外し状況についての調査結果を示す。

3.4.2 調査の目的

本節では、実際に消費者によって手放された電池をサンプルとした調査結果を示す。本調査における目的は、捨てられていた電池の発電方式や製造国、年式等の情報を調査することで、使用動向にも関連した小形電池の廃棄状況を明らかにすることである。また、特に筒型一次電池についてはサイズ別の構成比と重量を把握することを目的の1つとした。これは数量でしか把握できない販売量（個数/年）などの統計データと、重量でしか把握できない回収量（t/年）のデータを換算するには1個あたりの重量単位（g/個）を算出する必要があるためである。サイズ別構成比については統計データでは単3型、単4型、それ以外という区分しか存在しないため、本調査において把握したサイズ別の構成比が日本で使用される電池のサイズ別の構成比として一般性があるものとして扱った。なお、算出した1個あたりの重量単位は、0節での各国回収率の推計時に用いている。

3.4.3 調査方法

京都市における筒型一次電池の回収拠点である上京リサイクルステーション（以下、上京RS）において2011年11月の1ヶ月間で回収された小形電池をサンプルとした。また、比較対象として京都市小型家電回収モデル事業の一環として現在京都市の各公共施設や協力販売店などに設置されている小型家電回収BOXから集められた小形電池についてもサンプルとして調査した。

調査の概要を表3.4-1に示した。上京RSとは京都市上京区にある拠点回収施設であり、てんぷら油、蛍光灯、乾電池、一升びん・ビール瓶、紙パック、小型家電、刃物、古着、記憶媒体の9品目の資源物を回収している。電池については乾電池（筒型の一次電池）のみを対象としており、ボタン電池や二次電池については対象外となっている。なお、11月の利用者数は9品目合計で340人であった。

また、京都市小型家電回収は環境省のモデル事業として2009年11月から実施され、開始当初は京都市内22ヶ所に回収拠点が設置された。2010年も引き続き事業が行われており、同年5月からは50ヶ所に拠点を拡大し、またイベント回収も行って市民から広く小型家電回収を行っている。京都市小型家電回収モデル事業⁶⁷⁾の回収対象には電池は含まれていないが、実際には多くの一次電池や二次電池が混入されている。調査時点では収集した家電から電池を取り外す等の作業は行っていないため、調査した電池は誤って混入されたもの、もしくは製品に取り付けられていた電池が運搬中に外れたものである。

表 3.4-1 使用済み小形電池サンプル調査概要

調査対象	・上京リサイクルステーションで回収された電池（2週間分を2回） ・京都市小型家電回収モデル事業において回収された電池
調査期間	上京RS1回目：2010/11/3～2010/11/17 （調査日は2010/11/17～2010/11/18） 上京RS2回目：2010/11/18～2010/11/30 （調査日は2010/11/30） 京都市小型家電回収：2010年7～9月の3カ月
調査方法	回収された電池を1つずつ調べ、情報を記入した。
調査項目	1) 発電方式、2) サイズ、3) 重量 4) メーカー品かOEM品（販売元の名前で売られるプライベート品）か 5) 製造国、6) Hg含有情報の有無、7) 使用推奨期限 8) 異物の混入程度や、電池の状態

3.4.4 調査結果

以下に 1) 発電方式、2) サイズ、3) 重量、4) メーカー品か OEM 品か、5) 製造国、6) Hg 含有情報の有無、7) 使用推奨期限 8) 異物の混入程度や、電池の状態に関する調査結果を示した。主な調査対象とした電池はマンガン電池及びアルカリマンガン電池である。

1) 発電方式

表 3.4-2 に一次電池の形状・種類別個数を示した。小型家電回収由来の電池は 655 個、上京リサイクルステーション（以下上京 RS）由来の電池は、11/17 日分（3 日～16 日）で 1,133 個、11/30 日分（17 日～30 日）で 926 個であった。種類別でみるとアルカリマンガン電池の個数が最も多く、全体の 7 割程度を占めた。

また、表 3.4-3 及び表 3.4-4 には二次電池の形状・種類別個数を示した。京都市小型家電回収 BOX には 246 個の電池が混入されており、その大部分が携帯電話及び PHS の電池であった。そのため、発電方式としてはリチウムイオン電池がもっとも多く、全体の 84% を占めた。なお上京 RS での筒型一次電池以外、小形家電回収では原則全ての電池が誤って混入されたものである。

表 3.4-2 一次電池の形状・種類別個数

形状	種類	小型家電	上京RS	
			11/17日分	11/30日分
筒型	マンガン電池	110	289	182
	アルカリ電池	449	768	705
	オキシライド電池	3	55	8
	不明	49	6	0
ボタン型	アルカリボタン電池	19	10	4
	酸化銀ボタン電池	0	0	1
コイン型	リチウム電池	25	4	5
カメラ用	リチウム電池	0	2	21
合計		655	1,134	926

表 3.4-3 二次電池の形状・種類別個数（小型家電回収由来）

種類	形状・用途	個数(個)	
ニカド電池	薄角型	4	23
	電話機用	5	
	不明	1	
	掃除機用	1	
	ビデオカメラ用	8	
	タミヤ玩具	3	
	CDプレーヤー	1	
ニッケル水素電池	単3型	6	13
	薄角型	2	
	電話機用	2	
	PC	1	
	不明	1	
	掃除機用	1	
リチウムイオン電池	携帯	107	206
	PHS	84	
	PC	6	
	ビデオカメラ用	2	
	携帯充電用充電電池	1	
	デジカメ	4	
	ゲーム機用	2	
記載なし	ビデオカメラ用	3	4
	不明	1	
合計		246	

表 3.4-4 二次電池の形状・種類別個数（上京 RS 由来）

種類	形状・用途	上京RS	
		11/17日分	11/30日分
ニカド電池	単3型	4	0
ニッケル水素電池	薄角型	1	0
	電話機用	0	2
リチウムイオン電池	携帯	0	1
合計		5	3

2) サイズ

図 3.4-1 にマンガン電池のサイズ別の割合を、表 3.4-5 にサイズ別の個数を示した。上京 RS の 11/17 日分調査では単 1 マンガン電池が合計 128 個あったが、メーカー・製造国・使用推奨期限（月・年）が全て一致するものが 64 個あり、これを特異的な排出分として除外している。サイズの傾向は概ね一致しており、単 3 電池＞単 1 電池＞単 2 電池＞単 4 電池の順番で数が多かった。

また、図 3.4-2 及び表 3.4-6 にはアルカリマンガン電池のサイズ別割合及びサイズ別個数を示した。上京 RS の 11/30 日分調査では単 1 アルカリ電池の個数が少なく単 4 電池の個数が多い結果となった。全体的には単 3 及び単 4 サイズが全体の 8 割以上を占めた。

なお、ボタン型のアルカリマンガン電池については LR44 型（直径 11.6mm、高さ 5.4mm）、コイン型のリチウム電池については CR2032 型（直径 20mm、高さ 3.2mm）のみが混入されていた。

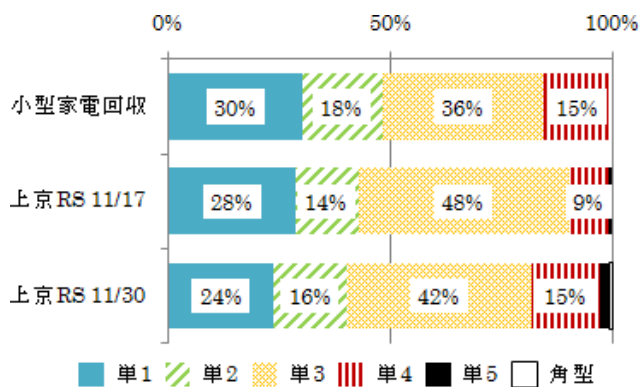


図 3.4-1 マンガン電池のサイズ別割合

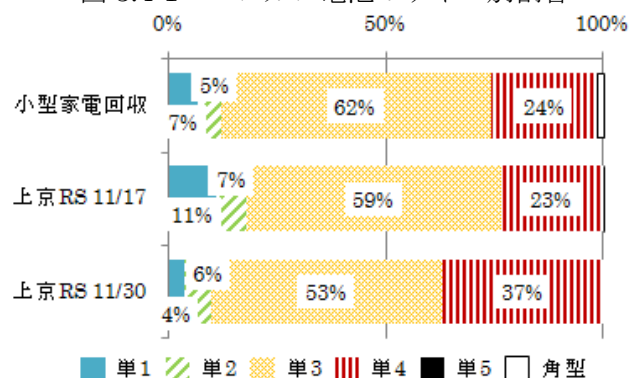


図 3.4-2 アルカリマンガン電池のサイズ別割合

表 3.4-5
マンガン電池のサイズ別個数

サイズ	小型家電 回収	上京 RS	
		11/17日分	11/30日分
単1	33	64	43
単2	20	32	30
単3	40	107	76
単4	17	20	28
単5	0	2	4
角型	0	0	1

表 3.4-6
アルカリマンガン電池のサイズ別個数

サイズ	小型家電 回収	上京 RS	
		11/17日分	11/30日分
単1	30	83	25
単2	24	54	42
単3	279	451	376
単4	110	179	261
単5	0	0	1
角型	6	1	0

3) 重量

アルカリマンガン電池とマンガン電池について、小型家電回収 BOX 由来の電池と 11 月 17 日の上京 RS 由来の電池について 1 個あたりの重量を調査した。また両調査におけるサイズ別の構成比を用いて 1 個あたりの重量単位を推定した結果もまとめて、表 3.4-7 に示した。マンガン電池の重量単位 (g/個) は 47g/個、アルカリマンガン乾電池は 33g/個と推定され、アルカリマンガン電池のほうが小さい値となった。同サイズ同士を比較すればアルカリマンガン電池の重量が大きい、前述のサイズ別割合ではマンガン電池は単 1～単 2 サイズの割合が高いため、サイズ別の数量を考慮した原単位ではマンガン電池のほうが重くなった。また、混入されていたアルカリボタン電池 (LR44) の重量は約 2.0g、コイン型リチウム電池 (CR2032) の重量は約 1.0g であった。

表 3.4-7 アルカリマンガン電池、マンガン電池のサイズ別重量 (g/個)

種類	サイズ	小型家電 回収	上京 RS 11 月 17 日	構成比を元にした 加重平均値
マンガン電池	単 1	101.5	101.5	46.6
	単 2	50.2	49.6	
	単 3	18.0	18.8	
	単 4	9.0	8.8	
アルカリ電池	単 1	137.8	136.2	33.0
	単 2	67.6	67.2	
	単 3	23.4	23.5	
	単 4	11.4	11.2	

4) メーカー品か OEM 品か

アルカリマンガン電池とマンガン電池について、販売元や製造元について調査した。電池メーカーが製造・販売している電池を「メーカー品」とし、スーパーや 100 円均一ショップなどプライベートブランド

の電池（メーカーが委託製造して販売元名で販売される電池）を「OEM 品」として分類した。なお、状態が悪く確認製造者が確認できない電池を除いている。

マンガン電池のメーカー品と OEM 品の割合を図 3.4-3 に、個数を表 3.4-8 に示した。3 つの調査ではほぼ同一の傾向を示し、全体の約 8 割がメーカー品、2 割が OEM 品であった。メーカー品のうち、半分が国内製造、残りの半分が中国やインドネシア製であった。OEM 品では国内製造分は少なく、ほとんどが海外製造分であった。

アルカリマンガン電池のメーカー品と OEM 品の割合を図 3.4-4 に、個数を表 3.4-9 に示した。マンガン電池同様、3 つの調査はほぼ同一の傾向を示した。全体の約 7 割がメーカー品、3 割が OEM 品であった。メーカー品の内 8 割が国内製造、残りの 2 割が中国やインドネシア製であった。逆に OEM 品では国内製造分が 2 割程度、8 割が海外製造分であった。

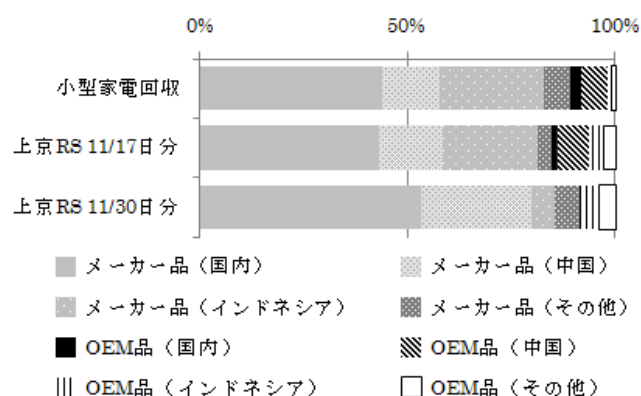


図 3.4-3 マンガン電池のメーカー/OEM 品の割合

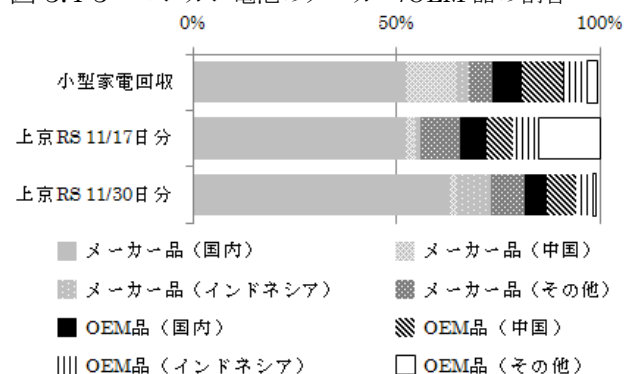


図 3.4-4 アルカリマンガン電池のメーカー/OEM 品の割合

表 3.4-8 マンガン電池のメーカー/OEM 品の個数

形態	小型家電回収	上京RS	
		11/17日分	11/30日分
メーカー品（国内）	48	93	69
メーカー品（中国）	15	32	34
メーカー品（インドネシア）	27	49	7
メーカー品（その他）	7	7	8
OEM品（国内）	3	3	0
OEM品（中国）	7	16	0
OEM品（インドネシア）	1	8	6
OEM品（その他）	1	6	5

表 3.4-9 アルカリマンガン電池のメーカー/OEM 品の個数

種類	小型家電回収	上京RS	
		11/17日分	11/30日分
メーカー品（国内）	234	459	350
メーカー品（中国）	57	19	8
メーカー品（インドネシア）	13	10	48
メーカー品（その他）	26	87	46
OEM品（国内）	32	56	31
OEM品（中国）	45	58	41
OEM品（インドネシア）	26	54	23
OEM品（その他）	12	131	3

5) 製造国

製造国を調査した電池はマンガン電池とアルカリマンガン電池の 2 種類である。電池の状態が悪く、製造国が確認できない電池は不明としている。マンガン電池の製造国別の割合を図 3.4-5 に、個数を表 3.4-10 に示した。ただし、図 3.4-5 では製造国がわからなかった電池は除いている。国内で製造された電池は 5 割程度であり、残りは中国製もしくはインドネシア製の電池であった。その他とした製造国は、シンガポール、アメリカ、マレーシア、インド、韓国、タイである。

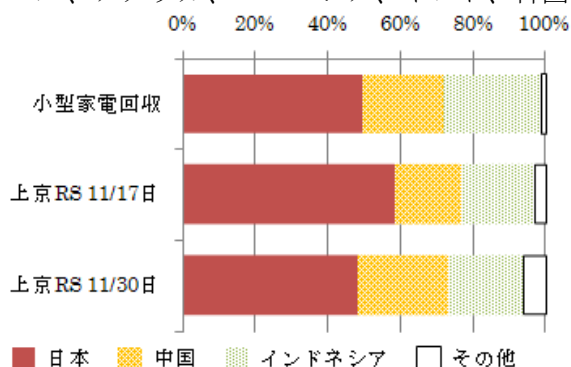


図 3.4-5 マンガン電池の製造国別割合

表 3.4-10 マンガン電池の製造国別個数

生産国	小型家電回収	上京RS	
		11/17日分	11/30日分
日本	51	165	71
中国	23	52	37
インドネシア	28	57	30
その他	1	8	9
不明	7	7	35
合計	110	289	182

アルカリマンガン電池の製造国別割合を図 3.4-6 に、製造国別個数を表 3.4-11 に示した。マンガン電池の場合同様、製造国は日本、中国、インドネシアの順に多いが、日本製の割合が 60%以上となっている。その他とした製造国はマンガン電池同様、シンガポール、アメリカ、マレーシア、インド、韓国、タイであった。なお、マンガン電池及びアルカリマンガン電池の両方で 11/30 日分調査結果における「不明」が多いのは、ビニールの袋に入った 100 数個の電池のいくつかが液漏れを起こしており、詳細情報の読取が困難な状態にあったためである。液漏れの状況については後述する。

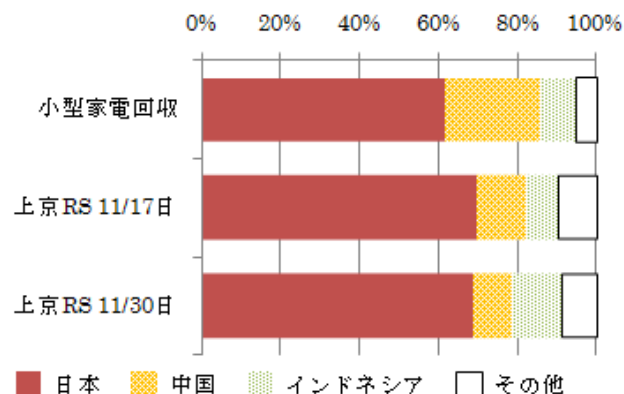


図 3.4-6 アルカリマンガン電池の製造国別割合

表 3.4-11 アルカリマンガン電池の製造国別個数

生産国	小型家電 回収	上京RS	
		11/17日分	11/30日分
日本	267	525	381
中国	104	93	54
インドネシア	39	64	71
その他	22	71	47
不明	17	15	152
合計	449	768	705

6) 水銀含有情報の有無

水銀含有情報の有無を調査したのは、マンガン電池及びアルカリマンガン電池である。なお、状態が悪く情報が読み取れない電池は判別不能とした。表 3.4-12 にマンガン電池の Hg 含有情報を、表 3.4-13 にアルカリマンガン電池の Hg 含有情報を示した。両種類ともに 9 割以上の電池で「水銀非含有」あるいは「水銀 0」の表示がされていた。

表 3.4-12 マンガン電池の Hg 含有情報

個数(個)	小型家電 回収	上京RS	
		11/17日分	11/30日分
非含有	109	282	166
記載なし	0	7	5
判別不能	1	0	11
合計	110	289	182

表 3.4-13 アルカリマンガン電池の Hg 含有情報

個数(個)	小型家電 回収	上京RS	
		11/17日分	11/30日分
非含有	440	734	510
記載なし	5	34	45
判別不能	4	0	150
合計	449	768	705

7) 使用推奨期限

アルカリマンガン電池及びマンガン電池には、製造年から特定の年数で設定された使用推奨期限(月/年)の記載が JIS で定められており、その「期限」とは、「その期間内に使用を開始すれば電池は正常に作動し、JIS に規定する持続時間等の性能を満足する期間」となっている⁶⁸⁾。ただし、その年数の設定は JIS では定められておらず、各電池メーカーで取り決めることになっている。シェアの大きいパナソニック及び日立 maxell により設定されていた使用推奨期限を表 3.4-14 に示した。

電池に記載のある使用推奨期限と表 3.4-14 に示した設定年数から、電池の製造年を式 3.4-1 で、製造から廃棄されるまでの年数を式 3.4-2 で推定できる。

$$\text{製造年} = (\text{使用推奨期限}) - (\text{種類・サイズ別設定年数}) \cdots \text{式 3.4-1}$$

$$\text{製造から廃棄されるまでの年数} = (\text{廃棄された年}) - (\text{製造年}) \cdots \text{式 3.4-2}$$

式 3.4-2 を用いてマンガン電池及びアルカリマンガン電池の製造から廃棄されるまでの年数を推計し、製造から t 年目における電池の廃棄率を式 3.4-3 で定義した。

$$\text{製造から } t \text{ 年目の電池廃棄率 (\%)} =$$

$$= (t \text{ 年目までに廃棄された電池の数}) / (\text{全電池数}) \cdots \text{式 3.4-3}$$

表 3.4-14 電池メーカーによる使用推奨期限の設定値

マンガン電池（単 1、単 2）	製造から 3 年
マンガン電池（単 3、単 4）	製造から 2 年
アルカリマンガン電池（単 1、単 2、単 3、単 4）	製造から 5 年
（例外）アルカリマンガン電池（パナソニック EVOLTA）	製造から 10 年

式 3.4-3 を用いて推定したマンガン電池のサイズ別の廃棄率を図 3.4-7～10 に示した。横軸に製造から廃棄された年までの年数、縦軸にその年数で廃棄された電池の累積割合を示している。単 3 マンガン電池では 3 つの調査から推定した廃棄率はほぼ等しくなり、単 1、単 2、単 4 マンガン電池については値にずれがみられた。特に単 2 マンガン電池については、上京 RS での 11/17 日調査とそれ以外の値が大きな値の開きがみられた。この違いの差については、サイズ別のサンプル数の差や、サンプルの取り方として同一排出者により同時期に購入された電池が一斉に廃棄されている可能性が高いことが大きく影響していると考えられ、単 3 電池と同数程度（各サイズで 100 本程度）で均等にサンプルをとれば値の差は小さくなると考えられる。

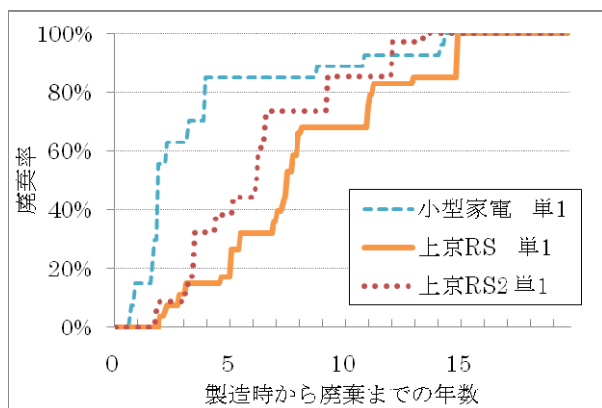


図 3.4-7 単 1 マンガン電池の廃棄率

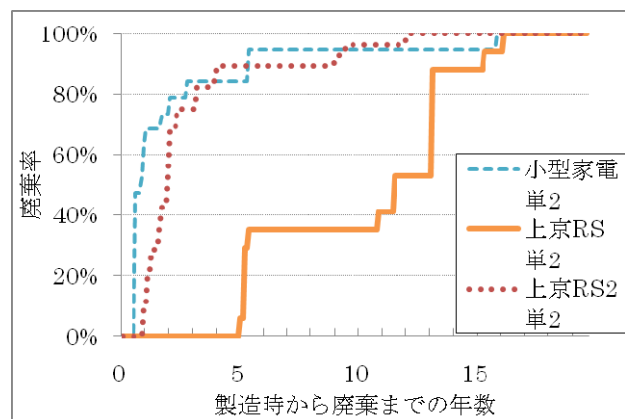


図 3.4-8 単 2 マンガン電池の廃棄率

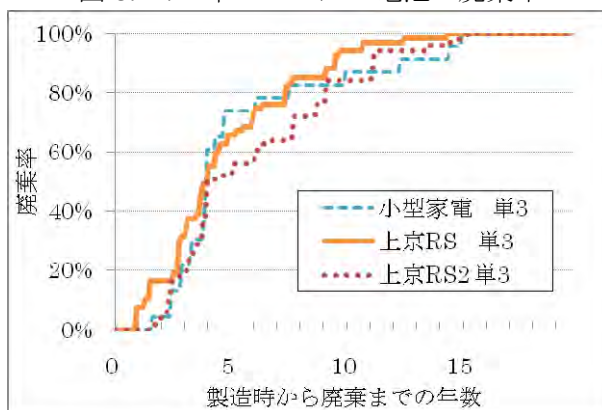


図 3.4-9 単 3 マンガン電池の廃棄率

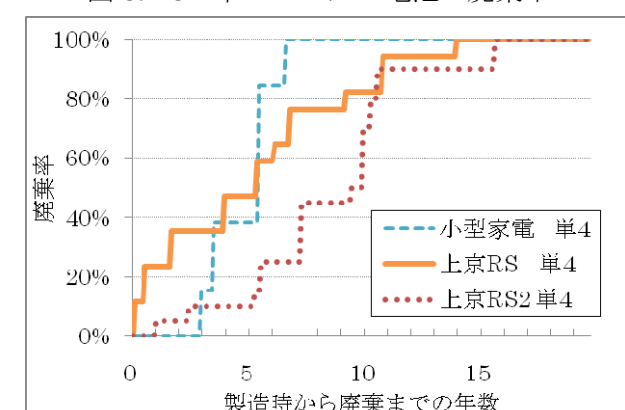


図 3.4-10 単 4 マンガン電池の廃棄率

アルカリマンガン電池のサイズ別の廃棄率を図 3.4-11～14 に示した。単 2、単 3、単 4 型では 3 つの調査から推定した廃棄率はほぼ同じ傾向を示した。また、単 1 型については上京 RS での 11/30 日分について比較的新しい電池が少なくなっているが、サンプル数が 25 本と少なかったことが大きく影響していると考えられる。

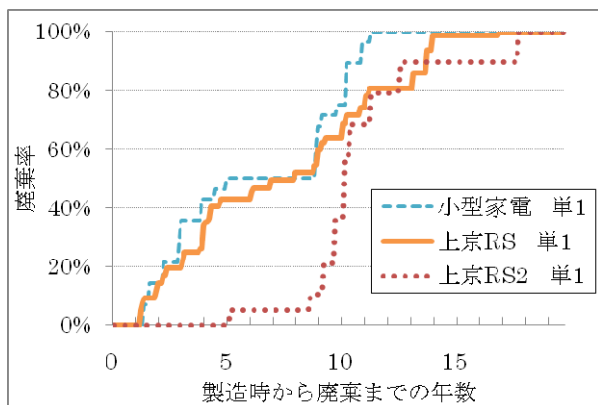


図 3.4-11 単 1 アルカリマンガン電池の廃棄率

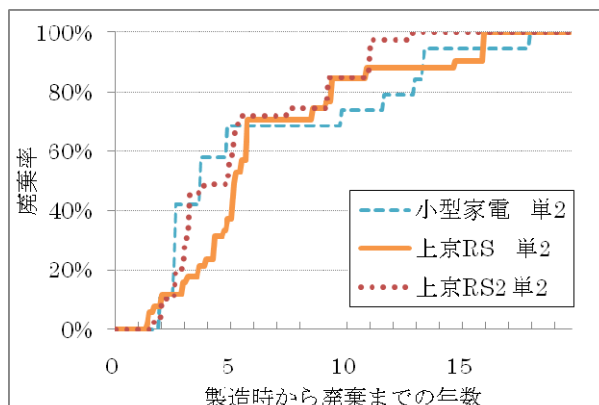


図 3.4-12 単 2 アルカリマンガン電池の廃棄率

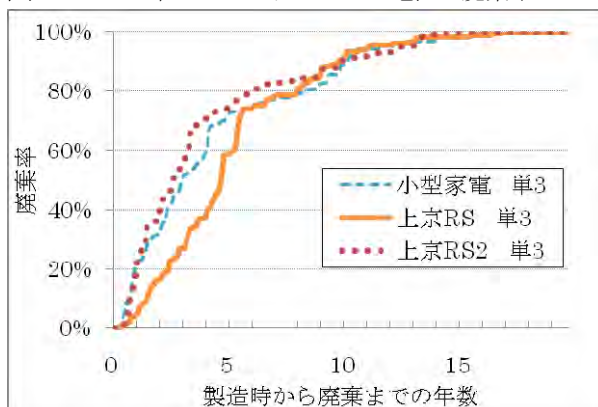


図 3.4-13 単 3 アルカリマンガン電池の廃棄率

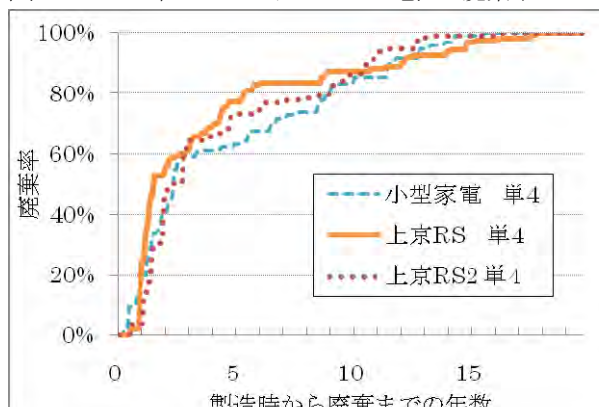


図 3.4-14 単 4 アルカリマンガン電池の廃棄率

製造から廃棄されるまでの年数を「使用年数」とすれば、マンガン電池及びアルカリマンガン電池の平均使用年数は表 3.4-15 に示した値となった。サンプル数での加重平均値でみると、アルカリマンガン電池ではサイズが小さくなる順に平均使用年数が短くなっており、マンガン電池では単 4>単 1>単 3>単 2 の順に短くなった。また、3 回の調査での値を総合した平均使用年数はマンガン電池で 6.0 年、アルカリマンガン電池で 5.1 年と推定された。

表 3.4-15 マンガン電池及びアルカリマンガン電池のサイズ別平均使用年数

サイズ	マンガン電池				アルカリマンガン電池			
	小型家電	上京 RS11/17	上京 RS11/30	加重平均値	小型家電	上京 RS11/17	上京 RS11/30	加重平均値
単 1	3.6 年	8.1 年	6.2 年	6.2 年	6.3 年	7.4 年	10.8 年	7.6 年
単 2	2.2 年	10.3 年	2.8 年	4.6 年	6.2 年	6.5 年	5.4 年	6.1 年
単 3	5.4 年	4.8 年	6.0 年	5.3 年	4.3 年	5.1 年	3.9 年	4.5 年
単 4	4.8 年	5.1 年	8.5 年	6.4 年	4.6 年	3.9 年	4.2 年	4.2 年

8) 異物の混入程度や、電池の状態

電池以外の異物としては、プリンターのインクカートリッジやオセロの駒、ビールふたやヘアピンなどがみられた。また、上京 RS11/30 調査時には、図 3.4-16 に示すように液漏れをおこし詳細な情報を確認することが困難な電池が合計 160 本あった。この液漏れを起こしていた電池については 1 つのビニール袋に入れられていたものであり、同一の排出者によるものと考えられる。



図 3.4-15 電池以外の異物



図 3.4-16 液漏れを起こしていた電池

3.4.5 結果のまとめと考察

- 1) 主な調査対象であったマンガン電池とアルカリマンガン電池について、発電方式とサイズ及び重量の調査結果から 1 個あたりの重量単位 (g/個) を推定することができた。また、製造国の調査によりマンガン電池の約半数、アルカリマンガン電池の約 3 割が海外産であり、中国とインドネシアが大部分を占めていることがわかった。また、100 円均一やスーパー等のプライベートブランドの電池の使用傾向についても、マンガン電池で 2 割、アルカリマンガン電池で 3~4 割程度であることがわかった。水銀含有表示については 9 割以上の電池で実施されていることが分かった。
- 2) 上京 RS との比較対象として、京都市小型家電回収事業において設置された回収 BOX から、合計 901 個の電池が計測された。他の回収モデル事業を行っている地域でも同様に電池の混入がみられている⁶⁶⁾ことから、消費者が回収できないものとして正しく認識できていない実態が明らかになった。

3.5 使用済み小型家電製品における電池の取り外し実態調査

3.5.1 調査の概要と目的

本節では京都市小型家電回収モデル事業により回収された家電製品をサンプルとして、電池が取り外されないまま手放された製品がどれだけあるかを調査した結果を示す。3.2 節では取り外し実態について環境省のアンケート調査結果 (図 3.3-4) を示したが、本調査では実際に消費者により手放された製品を対象に実態把握を行った。ただし、サンプルの性質上消費者は「手放した家電製品はリサイクルされるもの」と認識していると考えられる。そのため、小型家電製品の捨て方としてより一般的と考えられる不燃ごみを対象に同様の調査を行った場合とは性質が異なる可能性がある。これを踏まえた上で、本調査は 1 つの事例における取り外し実態調査結果であると位置づけ、特に小形二次電池については環境省の行った消費者アンケートとの比較考察を主な目的とした。また、一部製品については 2006 年に宮島ら⁶⁹⁾が行ったニカド電池に関するアンケート調査結果も参考値として示した。

3.5.2 調査方法

調査したサンプルは 2010 年 10 月~2011 年 12 月の 3 ヶ月間に京都市小型家電回収モデル事業において各拠点施設やイベント回収により集められた家電製品である。モデル事業における回収対象 15 品目は、携帯電話・PHS、ポータブル液晶テレビ、デジタルカメラ、ビデオカメラ、電子手帳、電子辞書、電卓、携帯音楽プレーヤー、携帯 DVD プレーヤー、携帯ラジオ、家庭用ゲーム機、USB メモリー、IC レコーダ、外付けハードディスクドライブ、家庭用ゲームソフト (ディスク型を除く) である。しかし、実際にはシ

ェーパーや時計、電池といった対象以外の製品も多く混入されていた。

本調査では、回収された家電製品の中から一次電池や二次電池を使用する製品を選び、それぞれ電池が入ったままになっているものと、入っていない（取り外されている）ものの数を計測した。本調査で対象とした製品一覧を表 3.5-1 に示した。ただし、1) 収集した家電製品の運搬時に電池が外れていた場合、正しく集計できていない可能性があること、2) ドライバー等の器具を使用しなければ電池の有無を確認できないものについては、中身を確認できていないこと、の 2 点が留意点として挙げられる。なお、表 3.5-1 は、調査において確認された製品の使用電池から区分したものであり、一般的な区分とは異なる。

表 3.5-1 調査対象製品と使用している電池の分類
(太字が京都市回収対象 15 品目、下線は環境省アンケート調査と比較を行う製品)

使用される電池の種類	製品
主に小形一次電池を使用	ポータブル液晶テレビ 、 電子手帳 、 電子辞書 、 ポータブルラジオ 、置き時計、リモコン
主に小形二次電池を使用	携帯電話・PHS 、 ビデオカメラ 、 ノートパソコン 、 ポータブル DVD プレーヤー 、 コードレステレホン（子機）
小形一次電池、小形二次電池の両方を使用	デジタルカメラ 、 音楽プレーヤー 、 小型ゲーム機 、 シェーバー 、

3.5.3 調査結果

主に小形一次電池を使用する製品についての調査結果を図 3.5-1 に示した。なお、ポータブル液晶テレビに関しては、調査したうちの 13 台が一次電池を使用するものであり、6 台はコンセントを使用するものであり除外した。二次電池を使用するポータブル液晶テレビは今回の調査では廃棄されていなかった。また電子手帳に関しては、PDA と呼ばれる二次電池を使用するもの 6 台に関しては除外している。

製品中に電池が入っている割合が高いのは置き時計（43%）であり、1 台については電池の容量も残っており正常に動作していた。次に、ポータブル液晶テレビ及びリモコンについて、電池が残ったままになっているものが 3 割程度確認された。ポータブル液晶テレビに関しては、図 3.3-4 に示した環境省アンケート調査による小形二次電池での結果（86%）に比べてかなり低いことがわかる。

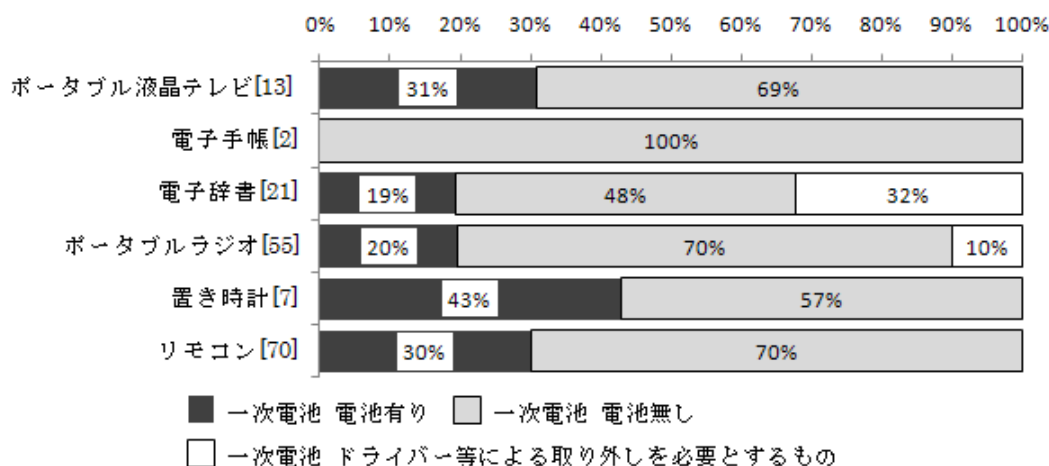


図 3.5-1 主に小形一次電池を使用する製品の電池取り外し実態

[]内は調査した製品の数

次に、主に小形二次電池を使用する製品についての調査結果を図 3.5-2 に示した。本調査の取り外し実態調査結果と、図 3.3-4 に示した環境省が行った消費者アンケートの結果の一部を再掲した。まず携帯電話・PHS について、本調査及び環境省アンケート調査において小形二次電池が中に入ったまま捨てられる場合が 8 割以上と高い傾向にあることがわかった。ただし本調査では、運搬時に電池が外れてしまった場合や、イベント回収において携帯電話に穴を開けて使用不可にするために電池を外す作業が行われている場合が考えられる。そのため、本調査における結果は、実際の取り外し率よりも高い値になっていると予

想される。ビデオカメラについては本調査では製品の中に入ったままの電池は45%、一方環境省アンケートでは81%と大きなずれが見られた。ノートパソコンは回収対象15品目に入っていないためサンプル数が6台と少なく、またいずれも電池は取り外されていなかった。コードレステレホン（子機）からの電池取り外しについては本調査で9割、環境省アンケートで7割という結果となった。また宮島らが行ったコードレステレホンからのニカド電池取り外しに関するアンケート調査⁶⁹⁾では、取り外したかどうかを覚えている人の約75%が取り外すことを考えず、取り外さなかったと回答している。

また、小形一次電池の取り外し結果と比較すると、小形二次電池のほうが製品の中に入ったままの（取り外されていない）電池の割合が大きい。小形一次電池は規格が統一されているが、小形二次電池では製品用に設計されたものが多く、製品が使用済みとなった後に他の製品で使うことができない。そのため、電池も含めて「製品の一部」とであるとみなして、使用済みとなった際は一緒に手放す傾向にあると推察された。

続いて、小形一次電池及び小形二次電池の両方を使用する製品についての結果を示す。まず、デジタルカメラについて一次電池及び二次電池の電池取り外し実態を図3.5-3に示し、さらに小形二次電池のみの結果を図3.5-4に示した。デジタルカメラのうち、小形一次電池を使用する製品は41台（43%）、小形二次電池を使用する製品は53台（57%）であった。電池種類別の取り外し実態では、やはり小形一次電池に比べて小形二次電池のほうが取り外されていなかった。また、小形二次電池のみの結果について本調査と環境省アンケート調査を比較すると、どちらも約8割の製品で電池が取り外されないまま廃棄されていることがわかった。

図3.5-5に音楽プレーヤーの電池取り外し実態を示した。調査時点での区別が不十分であったため、音楽プレーヤーでは小形一次電池と小形二次電池を使用するものを明確に区分できていない。そのため電池有り、電池無し、デジタル音楽プレーヤー（取り外し不可）、ドライバー等器具を必要とするものの4種類に分類した。また、環境省アンケートでは小形二次電池を使用する音楽プレーヤーをヘッドホンステレオとして区分し、67%の人が取り外されないまま捨てたと回答していた。

次に小型ゲーム機に関する調査結果を図3.5-6に示した。小形一次電池を使用する製品は22台（67%）、小形二次電池を使用する製品は2台（6%）、残りの9台はドライバー等を使いカバーを外さなければ確認できない製品だった。小形一次電池を使う製品だけでみると、14%は電池が入ったまま、残りの86%は電池が無いものだった。

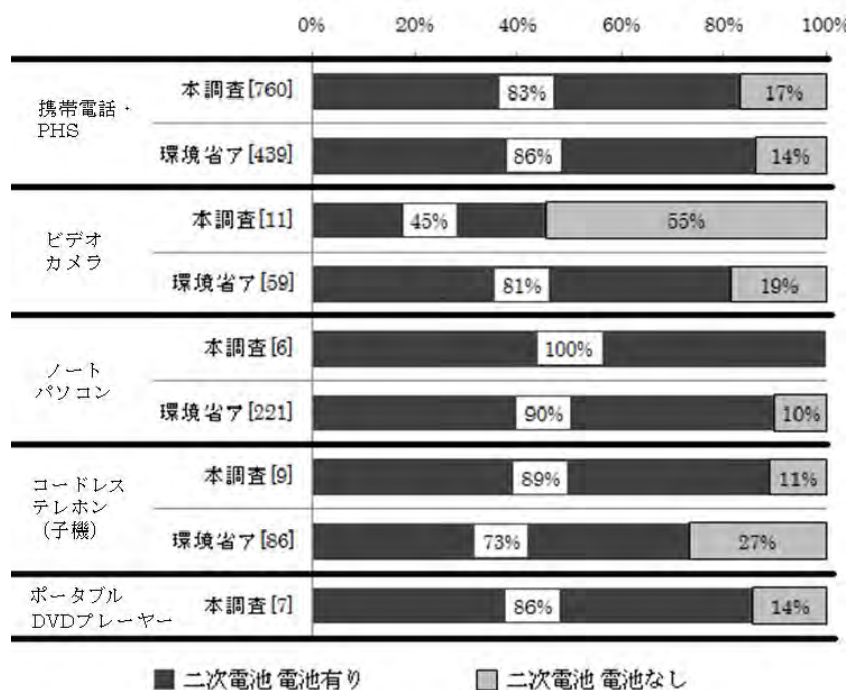


図 3.5-2 主に小形二次電池を使用する製品の電池取り外し実態
（環境省ア：図 3.3-4 一部再掲、[]内はそれぞれ、環境ア：対象人数、本調査：製品数）

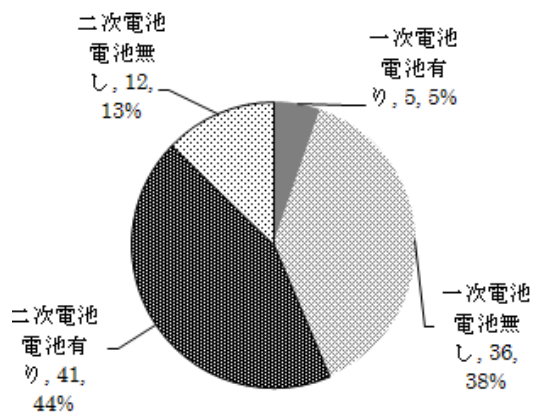


図 3.5-3 デジタルカメラの電池取り外し実態（製品数、%）

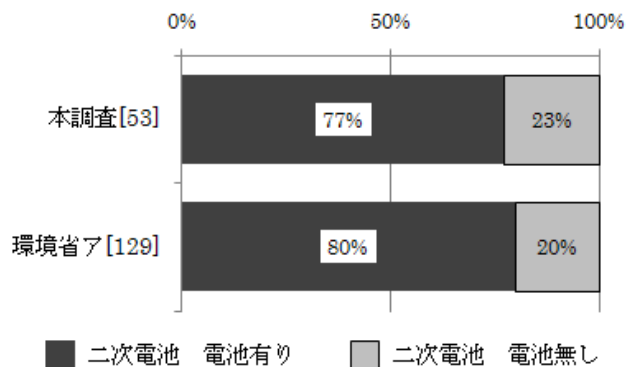


図 3.5-4 デジタルカメラの小形二次電池取り外し実態（環境省ア：図 3.3-4 一部再掲、[]内はそれぞれ、環境ア：対象人数、本調査：製品数）

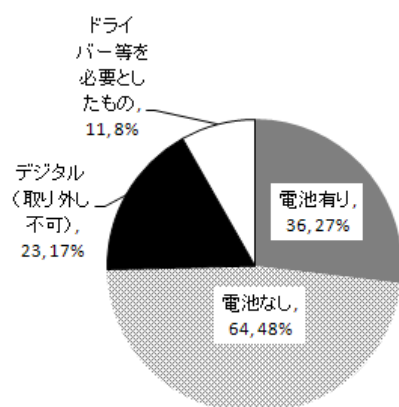


図 3.5-5 音楽プレーヤーの電池取り外し実態（製品数、%）

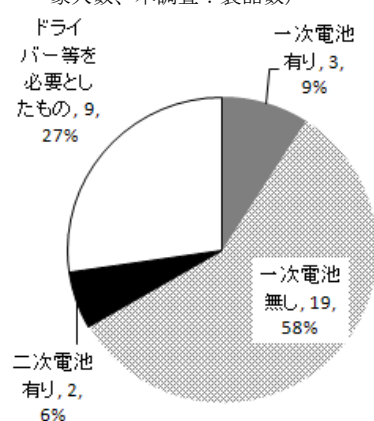


図 3.5-6 小型ゲーム機の電池取り外し実態（製品数、%）

シェーバーの電池取り外し実態を図 3.5-7 に示し、さらに小形二次電池のみの結果を図 3.5-8 に示した。本調査では小形一次電池を使用するものが 2 台、小形二次電池を使用するものが 21 台あったが、そのうち小形二次電池を使用するものは全て電池を取り外すことができないものだった。これに対し、環境省アンケート調査では 75% の人が電池を取り外していないと回答している。また、宮島らが行ったシェーバーからのニカド電池の取り外し実態に関する調査結果⁶⁹⁾でも、電池を取り外したかどうか覚えている人の約 75% が電池を取り外すことを考えず、取り外さなかったと回答している。これらを踏まえると、本研究で行ったシェーバーに関する調査ではややサンプルが偏っていた可能性が考えられた。

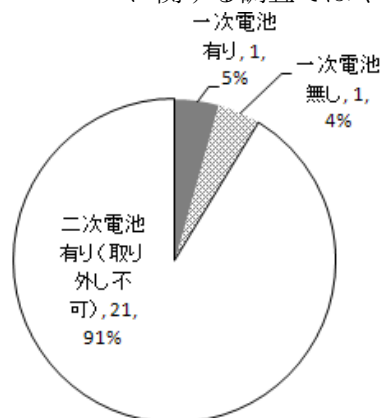


図 3.5-7 シェーバーの電池取り外し実態（製品数、%）

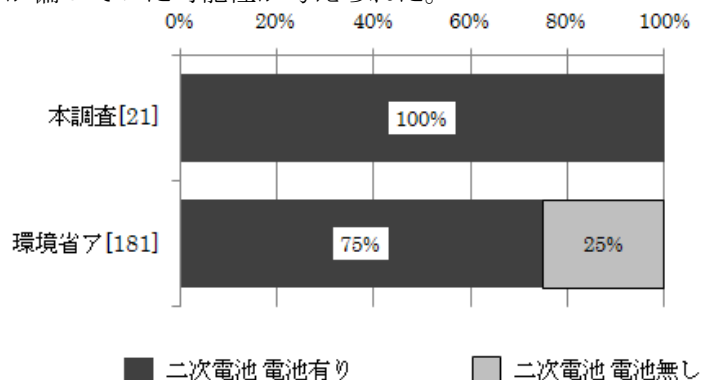


図 3.5-8 シェーバーの小形二次電池の取り外し実態（環境省ア：図 3.3-4 一部再掲、[]内はそれぞれ、環境ア：対象人数、本調査：製品数）

3.5.4 考察

1) 小形二次電池について本研究で行った調査と環境省のアンケート調査結果を比較すると、ビデオカメラ

とシェーバーを除きほぼ同じ傾向を示した。

- 2) 本調査では小形一次電池の取り外し実態についても調査を行っており、その結果と小形二次電池の結果を比較すると、小形二次電池のほうが製品から取り外されにくいことが示された。これは小形二次電池では製品用に設計されたものが多く、製品が使用済みとなった後に他の製品で使うことができないためであり、「製品の一部」とみなされ廃棄されている現状にあると考えられた。
- 3) 本調査ではサンプル数が少なく偏りが多くなったと考えられる製品もいくつかみられ、また回収・リサイクル目的で集められた家電製品であるという性質をもつため、データの一般性という点では、環境省アンケート調査を重視すべきである。しかしながら、本調査のように実際に消費者が手放した製品からの取り外し実態調査はほとんど事例がない。今後の課題として、捨てられた電池の種類別データの取得も含め、より一般的と考えられる不燃ごみとして捨てられた家電製品を対象とした詳細な調査を行うことで、より正確な排出実態の把握が可能である。

3.6 消費者の電池及び内蔵製品の保有・廃棄行動に関するアンケート調査

3.6.1 調査の背景と目的

3章3節では電池の捨て方の傾向について明らかにし、3章5節では電池を内蔵する小形家電製品との関係（取り外し行動）が重要であることを示した。これらにおいて浮かびあがってきた課題に対して、より具体的に解決策を検討するため、また、フロー解析等に必要データを入手するため、アンケート調査を実施した。具体的には、消費者がどのような小型家電製品や小形電池を保有・廃棄しているのか、小型家電製品と小形電池の関係（取り外しの傾向とその背景）がどのようになっているのかを明らかにするために、小形電池単体と小形電池を使用する代表的な小型家電製品を対象に、保有及び廃棄に関する消費者の意識や行動を調べた。

3.6.2 調査方法

表 3.6-1 に本研究で行った調査の概要を示した。11 政令指定都市を中心に、6,500 人を対象に、年齢は 20 代から 60 代までを均等になるように、アンケート調査を行った。対象とした小型家電製品は、小形電池を使用する代表的なもの 9 種類（デジタルカメラ、ビデオカメラ、シェーバー、コードレス掃除機、コードレス子機、コードレス電動工具、携帯電話、タブレット端末、ノートパソコン）とした。対象とした小形電池は、家庭用に販売されている「筒型の一次電池」「ボタン電池」「筒型の二次電池」「二次電池のバッテリーパック」の 4 種類とし、発電方式や電池サイズの違いは考慮しなかった。また、自動車等に使用される大型の電池、産業用の電池に関しては対象外とした。

表 3.6-2 に調査対象とした各自治体における、調査時点での小型家電製品及び小形電池の回収分類を示す（2012 年のため、小型家電リ

表 3.6-1 アンケート調査概要

項目	概要
目的	小形電池内蔵製品及び小形電池に関する保有・廃棄状況を把握すること
実施期間	2012年3月13日～3月19日
方式	インターネットアンケート
回答者年代	20代・30代・40代・50代・60代から均等に
対象地域及び	計6500…うち京都市約1,000サンプル、10政令指定都市（札幌、仙台、川崎、横浜、名古屋、大阪、神戸、広島、北九州、福岡）各約500サンプル、その他
設問数	29問
対象	●デジタルカメラ、ビデオカメラ、シェーバー、コードレス掃除機、コードレス子機（電話）、コードレス電動工具、携帯電話／タブレット端末、ノートパソコン ●電池単体（一次電池、ボタン電池、筒形二次電池、二次電池のバッテリーパック）
設問内容	保有状況や廃棄状況等

サイクル法施行前であることに注意が必要である）。小型家電製品については、京都市においては「小型家電製品」として、北九州市及び福岡市においては「小型電子機器」について、分別回収が行われていたが、それ以外では、可燃ごみや不燃ごみ、金属として回収・処理されていたことがわかる。また、小形電池については、各市によって筒型の一次電池の回収分類は異なり、ボタン電池、筒型の二次電池に関しては、広島市以外は「販売店等での拠点回収」となっていたことがわかる。

表 3.6-2 対象自治体における小型家電製品及び小形電池の回収分類

	小型家電製品		筒型一次電池	ボタン型一次電池、 筒型二次電池
	デジタルカメラ、シェーバー等小型家電	携帯電話		
札幌市	「不燃ごみ」で4週に1回ステーション収集	販売店回収を推奨しつつ 「不燃ごみ」	分別回収	販売店等での拠点 回収
仙台市	「可燃ごみ」で週2回ステーション収集 ※サイズが大きいものは「粗大ごみ」	販売店へ	分別回収	
川崎市	「小物金属」の分類で月2回ステーション収集		分別回収	
横浜市	「可燃ごみ」で週2回ステーション収集	販売店へ	分別回収	
名古屋市	「不燃ごみ」で月1回各戸回収	販売店へ(できない場合は 不燃ごみ)	不燃ごみ	
	【モデル事業】H21-22年度に分別回収実施			
京都市	【モデル事業】H21年度より分別回収 ①公共施設等の専用回収ボックス、②イベント時の回収 ※携帯電話については販売店でも良い		拠点回収	
大阪市	「可燃ごみ」で週2回ステーション収集(一部地域では「小物金属」) ※携帯電話については販売店を推奨		拠点回収	
神戸市	「不燃ごみ」で月2回ステーション収集 ※携帯電話については販売店を推奨		不燃ごみ	
北九州市	小型電子機器以外は「可燃ごみ」で週2回ステーション収集 ※携帯電話については小型電子機器回収、販売店を推奨		家庭ごみ (可燃ごみ)	
	【回収実験】H20年度より小型電子機器の分別回収 ◎対象: デジタルカメラ、ビデオカメラ、ポータブルAV機器、小型ゲーム機、電子手帳類(シェーバー、コードレス掃除機・子機・電動工具は対象外) ◎ホームセンター、スーパー等の回収ボックス			
福岡市	小型電子機器以外は「不燃ごみ」で月1回ステーション収集 ※携帯電話については小型電子機器回収、販売店を推奨		不燃ごみ	
	【回収実験】H22年度より、北九州市と同じ内容で展開			
広島市	「不燃ごみ」で月2回ステーション収集	販売店回収を推奨しつつ 「不燃ごみ」	分別回収	有害ごみとして市が 回収(販売店での拠点回収もあり)

※自治体によって、言い方が異なることがあるが、ここでは統一の表現とした。

※自治体によって、言い方が異なることがあるが、ここでは統一の表現とした。

3.6.3 調査結果

(1) 小型家電製品及び小形電池の保有実態

対象とした小型家電製品の保有台数に関する質問の回答結果(平均)を表 3.6-3 に示した。これによると、携帯電話は各世帯に約2台、デジタルカメラ、シェーバー、コードレス子機(電話)、ノートパソコンについては約1台あることがわかる。ビデオカメラの保有は世帯平均0.55台であるが、そのうち使っていないものが0.2台となっている。

対象とした小型家電製品に使用されている

電池の個数及び種類に関する質問の回答結果を表 3.6-4 に示した。個数については、記入があった人に関する平均である。これによると、どの製品も概ね約1個の電池を使っていることがわかる。電池の種類については、デジタルカメラ及びビデオカメラについては約6割がリチウムイオン電池であるが、シェーバー、コードレス掃除機、コードレス子機(電話)、コードレス電動工具については、NiCd電池、Ni-MH電池、リチウムイオン電池が1~3割程度ずつ使われており、機種等によって異なる電池が使われていることがわかる。なお、シェーバーやコードレス掃除機の平均電池個数が1個以下となっている。また、電池の種類については「その他」の割合も一定あることがわかる。これらは、アンケート回答者が電池パック

表 3.6-3 小型家電製品の平均保有台数(台/世帯)
(n=6,500)

	使用中	使えるが 使っていない	壊れて使 えない	その他	合計
デジタルカメラ	1.21	0.27	0.07	0.01	1.56
ビデオカメラ	0.34	0.15	0.05	0.01	0.55
シェーバー	0.82	0.15	0.05	0.01	1.03
コードレス掃除機	0.25	0.05	0.01	0.00	0.31
コードレス子機(電話)	0.83	0.07	0.03	0.01	0.94
コードレス電動工具	0.25	0.05	0.02	0.01	0.33
携帯電話	1.92	0.19	0.13	0.05	2.29
タブレット端末	0.14	0.01	0.00	0.01	0.16
ノートパソコン	1.19	0.19	0.11	0.01	1.50

等の存在や種類を判断できなかった可能性もあると考えられる。

対象とした小型家電製品への使用以外にも、小形電池は保有されている。そこで、その保有個数に関する質問の回答結果を表 3.6-5 に示す。これによると、一次電池の保有が最も多く、製品（対象小型家電製品以外）に入れて使用中のものと予備で置いてあるものがそれぞれ約 9 個、合計約 20 個となっている。

表 3.6-4 小型家電製品に使用されている小形電池の個数及び種類

		デジタルカメラ	ビデオカメラ	シェーバー	コードレス掃除機	コードレス子機(電話)	コードレス電動工具
平均電池個数(個/台)		1.46	1.22	0.91	0.88	1.16	1.29
使用されている電池	NiCd電池	16%	16%	25%	26%	30%	34%
	Ni-MH電池	10%	12%	14%	13%	26%	17%
	Li-ion電池	58%	55%	22%	20%	21%	22%
	小型シール鉛蓄電池	3%	3%	4%	6%	5%	4%
	その他	14%	13%	35%	35%	19%	23%

表 3.6-5 その他の小形電池の平均保有個数（個/世帯）

平均個数	製品に入れて使用中	現在入れている電池との交換用や、充電中	予備で置いてある	使用したことがあり使えるが使っていない	切れて使えない、消耗して使えない	その他	合計
一次電池(筒状)	9.11	0.00	8.72	0.79	1.51	0.39	20.5
ボタン電池	2.32	0.00	1.02	0.19	0.28	0.11	3.9
二次電池	2.14	1.61	0.93	0.19	0.11	0.07	5.1
二次電池バッテリーパック	1.31	0.52	0.19	0.10	0.08	0.04	2.2

(2) 小型家電製品及び小形電池の廃棄行動

対象とした小型家電製品の廃棄方法に関する質問の回答結果を図 3.6-1 に示した。これによると、まず、デジタルカメラ、ビデオカメラ及びコードレス電動工具が類似した傾向であり、自治体の不燃ごみ・大型ごみへの排出と、小売店での引き取りが、2～3 割ずつで主たるルートとなっている。シェーバー、コードレス掃除機、コードレス子機は、自治体の不燃ごみ・大型ごみ排出の割合が 3～4 割と大きくなっているが、シェーバーについては可燃ごみ排出の割合も 3 割近くあるのが特徴的である。携帯電話、タブレット端末、ノートパソコンについては、小売店での引き取りが 3～5 割と多くを占めているが、ノートパソコンについては回収業者への引き渡しも 2 割程度となっている。全製品について、自治体の可燃ごみ及び不燃ごみとして排出されている割合を見ると、シェーバーでは約 7 割、コードレス掃除機、子機、電動工具で約 4～5 割、デジタルカメラ、ビデオカメラで約 3 割、携帯電話やタブレット端末、ノートパソコンで約 1～2 割となった。

都市（回収方法）の違いによる廃棄行動の違いを見るために、デジタルカメラについて、11 政令指定都市の回答者の結果を図 3.6-2 に整理した。都市によっては存在しないルートを選択した回答者も相当数存在するが、不燃ごみや可燃ごみを指定している都市では、それぞれが最も多くを占める結果となっている。小型家電製品等の分別回収を行っている都市については、北九州市では 15%程度、京都市や福岡市では約 1 割が自治体の小型家電製品等の回収に出したと答えているが、その割合は高くない。現在のところ、取り組み開始からの年数が短いことや、排出機会が限定されているためと考えられた。

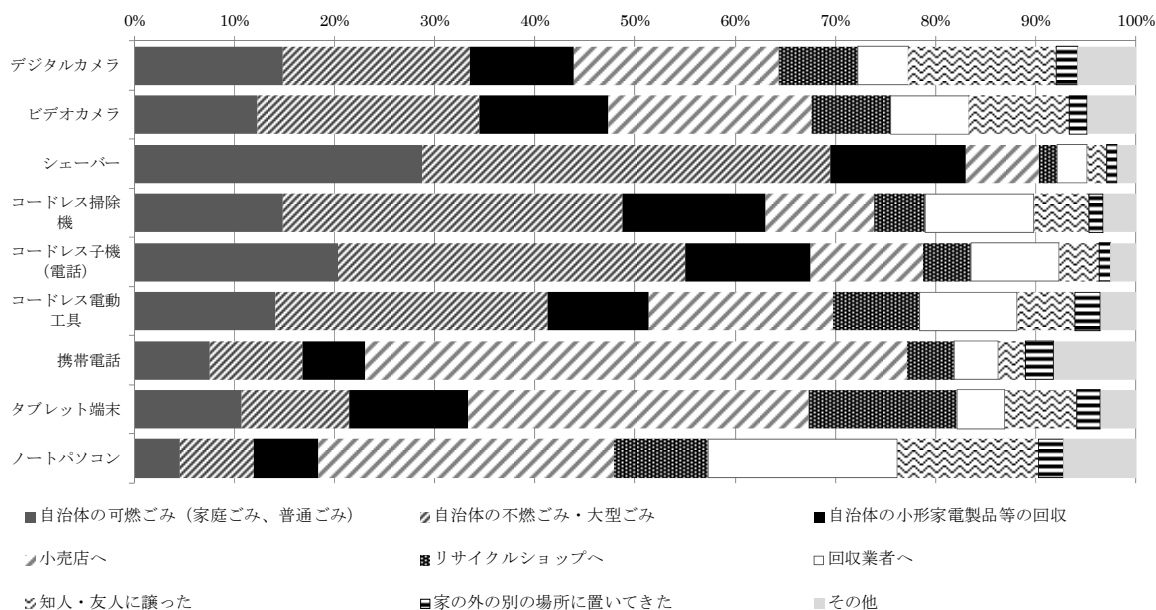


図 3.6-1 小型家電製品の廃棄方法（過去 4 年以内に廃棄経験がある人について）

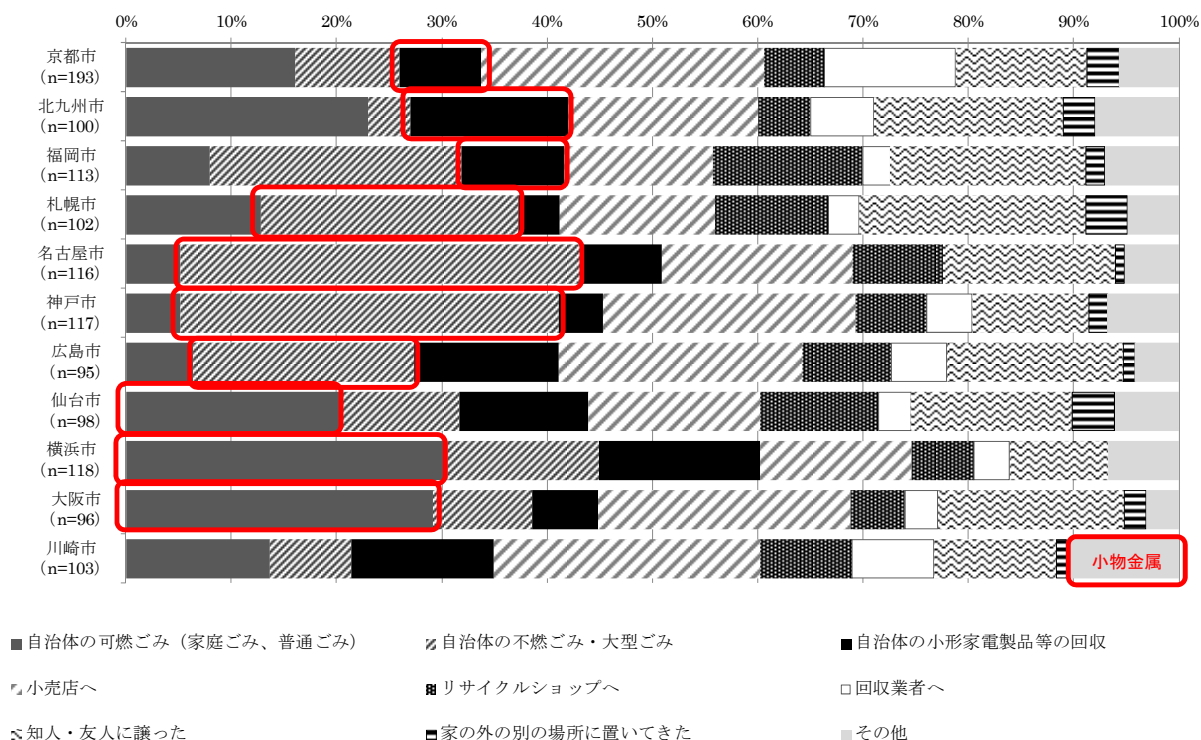


図 3.6-2 デジタルカメラの廃棄方法（都市別；太線で囲ったのが各都市で指定した方法）

小型家電製品の廃棄時に、電池を取り外したか尋ねた質問の回答結果を図 3.6-3 に示す。これによると、取り外したとする割合は 1～3 割程度で、それ以外は、内蔵したままの排出であったことがわかる。この製品別の割合等は、これまでの調査（3 章 3 節）と同程度であった。取り外さなかった理由としては、「取り外す必要はないと考えた」「取り外すことは考えもしなかった」が大半であり、小型家電製品排出・回収時の小形電池の位置づけを明確にし、周知を図ることが必要と考えられた。国内出荷推定量に対する回収実績値から求めた小形電池の回収率は 3 割に満たない（2 章）が、その一因として、種類によっては 7 割近い小型家電製品が自治体の可燃ごみや不燃ごみ等に排出されており、また処分される小型家電製品の 7 割以上が小形電池を内蔵したまま排出されている実態が改めて確認された。既存の小形電池の回収システムを活かして回収率をあげるためには、小型家電製品からの小形電池の取り外しを呼びかけることが必要と

考えられた。また、その後のリサイクルフロー等によっては、小型家電製品とあわせて、もしくは連動（回収ボックス等をセットにするなど）させて回収を促進することも有効と考えられる。なお、EU においては、WEEE 指令

（2002/96/EC）の下で回収された使用済み電子・電気機器製品に内蔵される電池は、機器から取り外された時点で新電池指令での対象となり、電池個別での回収・リサイクルが行われなければならないとされている。

小形電池の廃棄方法に関する質問の回答結果を図 3.6-4 に示した。なお、小型家電製品に内蔵されたまま廃棄される電池はここに含めないこととしている。また、各

自治体等における回収方法の違い（特に一次電池）によって、排出ルートの傾向が異なることがわかっている（3 章 3 節）が、ここでは全体平均を示した。これによると、自治体の可燃ごみや不燃ごみ・大型ごみとして排出される割合が 3～4 割強あることがわかった。

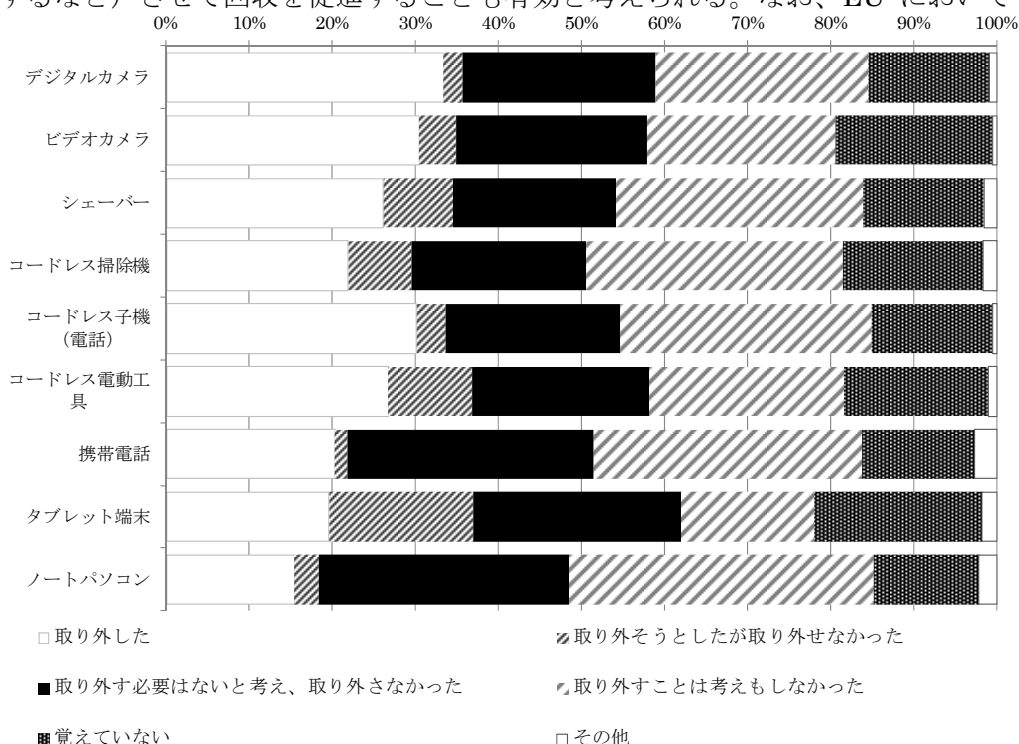


図 3.6-3 小型家電製品廃棄時の電池取り外し
（過去 4 年以内に廃棄経験がある人について）

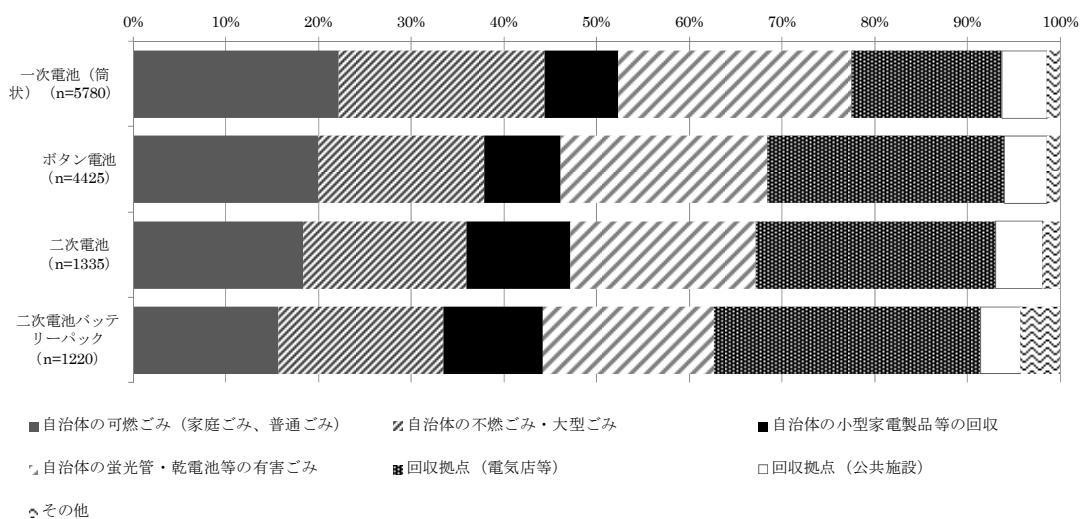


図 3.6-4 小形電池の廃棄方法（過去 4 年以内に廃棄経験がある人について）

（3）小形電池の回収システムやリスクに関する認知や意識

使用済み電池の自宅での保管や処分行動について尋ねた質問の回答結果を図 3.6-5 に示す。これによると、使用済みになると、少量でもできるだけすぐに処分する人と、ためておいて処分する人とが同程度であることがわかる。また、まとめて処分する際には、分別しながら種類別に処分すると回答した人の割合が多くなった。ただし、ボタン電池や小形二次電池については筒型一次電池と同様の捨て方をされる傾向があることが示唆されており（3 章 3 節）、実際に種類別の処分方法を把握し、実践してもらうためには、そのための周知や誘導策が必要と考えられる。

小形電池に含まれる可能性のあるカドミウムや鉛の存在や有害性（環境負荷）、コバルト等のレア金属の存在や資源性（希少価値）について、認知や関心に関する質問の回答結果を図 3.6-6 に示す。これによると、希少性より有害性の方が認知は高かったものの、認知度は 3 割強であること、いずれも 7 割前後の人は関心をもつことがわかる。

小形二次電池について、回収・リサイクルに関する法律やシステム（製造業者等による）の存在について認知を尋ねた質問の回答結果を図 3.6-7 に示す。これによると、認知は 3～4 割となった。

小形電池回収ボックスの写真を示し、1 年以内に見かけたことがあるか尋ねた質問の回答結果を図 3.6-8 に示す。これによると、小形二次電池回収ボックスについては約 25%、その他については 1 割強の人しか見ておらず、どれも見たことがない人が 6 割以上となっていることがわかる。

回収ボックスの存在認知による廃棄行動への影響を検討するため、図 3.6-4 に示す結果について、回収ボックスを見かけたことがある人となない人に分けて整理した結果を図 3.6-9 に示す。なお、スペースの都合上ここでは一次電池の結果のみ提示したが、他の電池類でも同様の結果となった。これによると、回収ボックスを見たことがある人は 4～6 割の人が回収拠点に出しており、見たことがない人が 2～3 割であることに比べて明らかに大きな割合となった。これより、回収システムや意義の認知に加えて、回収ボックス等をより目立つ形で配置するなどの工夫が必要と考えられた。

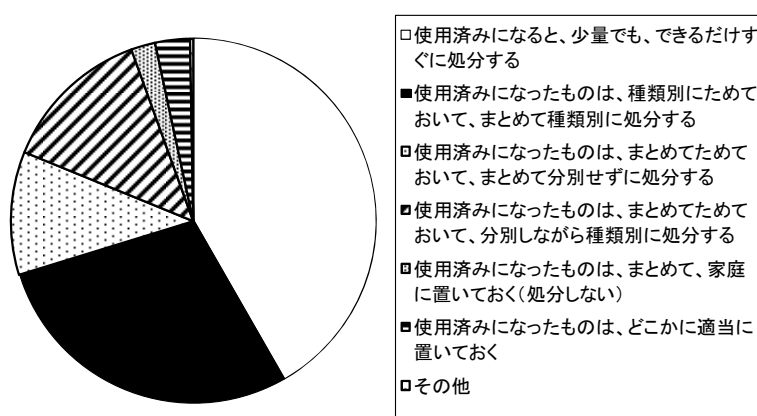


図 3.6-5 使用済み電池の自宅での保管や処分行動 (n=6,500)

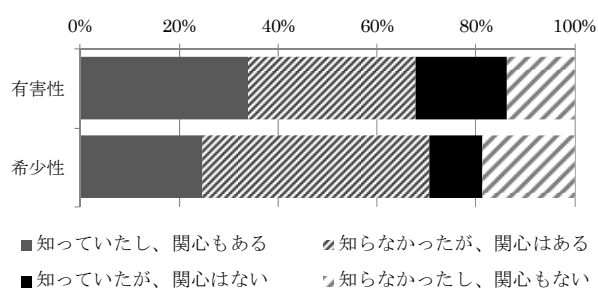


図 3.6-6 小形電池の有害性や希少性金属に関する認知や関心 (n=6,500)

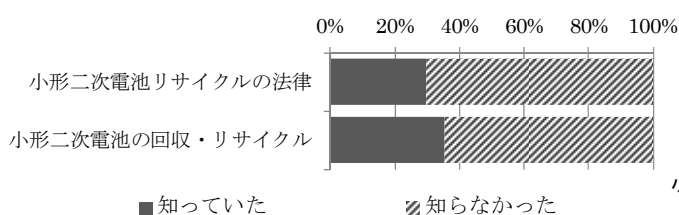


図 3.6-7 小形二次電池リサイクルの法律、システムの認知 (n=6,500)

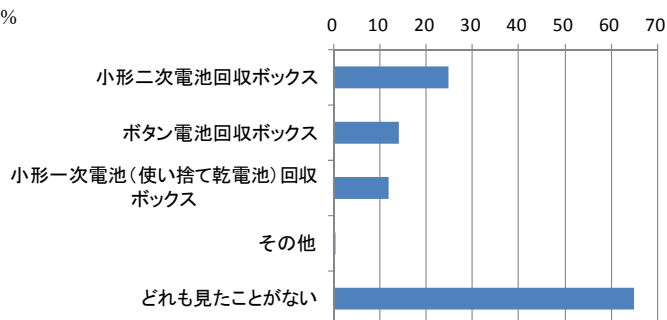


図 3.6-8 各種電池回収ボックスを見かけたことがある人の割合 (%) (n=6,500)

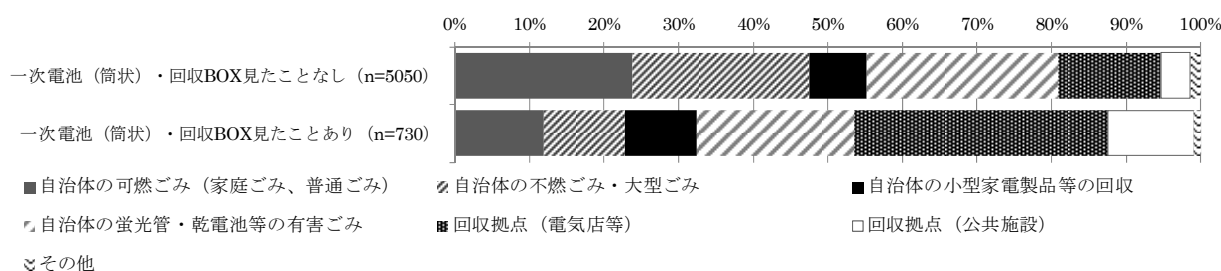


図 3.6-9 回収ボックスを見たことがある人となない人における廃棄行動の違い (他の電池類も類似した結果のため、ここでは割愛した)

3.6.4 考察

- 1) 小型家電製品の廃棄時に、電池を取り外したか、ネットアンケート調査により尋ねた結果、電池を取り外したとする割合は 1~3 割程度で、それ以外は、内蔵したままの排出であることがわかった。取り外さなかった理由としては、「取り外す必要はないと考えた」「取り外すことは考えもしなかった」が大半であり、小型家電製品排出・回収時の小形電池の位置づけを明確にし、周知を図ることが必要と考えられた。国内出荷推定量に対する回収実績値から求めた小形電池の回収率は 3 割に満たないが、その一因として、種類によっては 7 割近い小型家電製品が自治体の可燃ごみや不燃ごみ等に排出されており、また処分される小型家電製品の 7 割以上が小形電池を内蔵したまま排出されている実態が改めて確認された。
- 2) 既存の小形電池の回収システムを活かして回収率をあげるためには、小型家電製品からの小形電池の取り外しを呼びかけることが必要と考えられた。また、その後のリサイクルフロー等によっては、小型家電製品（小型家電リサイクル法）とあわせて、もしくは連動（回収ボックス等をセットにするなど）させて回収を促進することも有効と考えられる。なお、EU においては、WEEE 指令（2002/96/EC）の下で回収された使用済み電子・電気機器製品に内蔵される電池は、機器から取り外された時点で新電池指令での対象となり、電池個別での回収・リサイクルが行われなければならないとされている。

3.7 3章のまとめ

- 1) 806 自治体における収集分類調査から、筒型一次電池だけではなくボタン電池や小形二次電池に関しても自治体間での指導が統一されていないことがわかった。特に、ボタン電池や小形二次電池に関して、約 45%の自治体で捨て方に関する記載がウェブサイトからは確認できなかった。本研究で行った消費者に対するアンケート調査から、ボタン電池や小形二次電池については筒型一次電池同様の捨て方をされる傾向があることがわかっており、情報の記載がない自治体が多いことは消費者の回収・リサイクル制度に関する認知度の低さにもつながっていると考えられた。
- 2) 小型家電製品からの電池の取り外しに関しては、自治体ウェブサイトの調査から、調査時点では 80%以上の自治体が製品からの電池取り外しに関して情報の記載を行っていないことが明らかとなった。また、本研究で行った取り外し実態に関する調査から小型家電製品の廃棄時に電池が取り外されず一緒に捨てられていることが明らかとなり、特に小形二次電池に関しては環境省が行ったアンケート調査、本研究でのアンケート調査と同様の傾向が得られた。よって、小形電池の回収・リサイクルを考える上では、電池単体の収集だけではなく製品からいかに電池を取り外し、回収するかを考慮することが重要である。アンケート調査によると、取り外さなかった理由として「取り外す必要はないと考えた」「取り外すことは考えもしなかった」が大半であり、小型家電製品排出・回収時の小形電池の位置づけを明確にし、周知を図ることが必要と考えられた。
- 3) 使用済み小形電池のサンプル調査から、現在日本で使われているマンガン電池の 5 割、アルカリマンガン電池の約 3 割が海外製であることが分かった。また使用推奨期限に関する調査から、製造されてから消費者が手放すまでの年数は、マンガン電池で平均 6.0 年、アルカリマンガン電池で平均 5.1 年と推定された。

《1~3章の参考文献》

- 1) EPBA, <http://www.epbaeurope.net/>, 2011 年 1 月 28 日確認。
- 2) INOBAT, <http://www.inobat.ch/index.php?id=24>, 2010 年 12 月 10 日確認。
- 3) Call2Recycle, <http://www.call2recycle.org/>, 2011 年 1 月 28 日確認。
- 4) 社団法人電池工業会, 世界の電池環境規制の状況, 2010 年 5 月版。

- 5) 人口・面積、<http://www.stat.go.jp/data/sekai/02.htm#h2-05>、2010年12月7日確認総務省統計局ホームページ、2-5.
- 6) International Monetary fund, <http://www.imf.org/external/ns/cs.aspx?id=28>, 2011年1月8日確認.
- 7) BEBAT, <http://www.bebat.be/pages/en/main.html>, 2010年12月1日確認.
- 8) GRS, <http://www.grs-batterien.de/start.html>, 2010年12月2日確認.
- 9) Batteri INSAMLINGEN, <http://www.batteriinsamlingen.se/start/>, 2010年12月3日確認.
- 10) STIBAT, <http://www.stibat.nl/pages/home-producenten-en-importeurs.aspx>, 2010年12月6日確認.
- 11) ElreturDPA system, <http://www.elretur.dk/index.asp> ; ERP Denmark, <http://www.erp-recycling.dk/>, 2010年12月9日確認.
- 12) screlec, <http://www.screlec.fr/>, 2010年12月8日確認.
- 13) Corepile, <http://www.corepile.fr/index.html>, 2010年12月8日確認.
- 14) Reba, <http://www.reba.com.pl/node?id=0>, 2010年12月8日確認.
- 15) ecobat, <http://www.ecobat.cz/>, 2010年12月12日確認.
- 16) Ecopilhas, <http://www.ecopilhas.pt/portal/index.php?id=7>, 2010年12月9日確認.
- 17) Ecopilas, <http://www.ecopilas.es/>, 2010年12月8日確認.
- 18) ERP, <http://www.erp-recycling.co.uk/index.php?content=90>, 2010年12月9日確認.
- 19) JBRC, <http://www.jbrc.net/hp/contents/jbrc/index.html>, 2010年12月11日確認.
- 20) ボタン電池回収センター, <http://www.botankaishu.jp/m/top.php>, 2010年12月14日確認.
- 21) 野村興産ヒアリング.
- 22) 東邦亜鉛ヒアリング.
- 23) 経済産業省 機械統計.
- 24) 財務省 貿易統計.
- 25) 高月紘、酒井伸一、有害廃棄物 クリーン、サイクル、コントロールの視点から (1993)、中央法規出版株式会社.
- 26) 電池工業会、暮らしの中の電池 (一次電池と環境)、2004年.
- 27) 矢作武重、乾電池・蛍光灯のリサイクルリング(2007)、Journal of MMIJ、Vol.123、pp811-813.
- 28) 社団法人全国都市清掃会議, <http://www.jwma-tokyo.or.jp/>, 2010年12月8日確認.
- 29) 電池工業会 H21年度事業報告, <http://www.baj.or.jp/breport/breport.html>, 2010年12月14日確認.
- 30) 経済産業省 資源有効利用促進法,
http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin_info/law/02/index.html, 2010年12月11日確認.
- 31) 市場正夫、小形二次電池のリサイクルリング (2007)、Journal of MMIJ、Vol.123、pp806-810.
- 32) JBRC 年次報告書ダウンロードページ, http://www.jbrc.net/hp/contents/jbrc/frm_nendo.html, 2010年12月11日確認.
- 33) 中曽利雄、どこよりも早い！ドイツにおける廃棄物政策 Vol.50、月刊廃棄物 2010年3月号、pp88-91.
- 34) Environment, European Commission, Q&A on the Batteries Directive 2006/66/EC, http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/pdf/questions_answers_directive.pdf, 2011年1月8日確認.
- 35) Communities, Commission of the European, Commission Staff Working Paper. Directive of the European Parliament and of the Council on Batteries and Accumulators and Spent Batteries and Accumulators. Extended Impact Assessment (2003/11/24) , <http://ec.europa.eu>.
- 36) Batteries: Commission requires collection and recycling of all batteries,
<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/03/1596>, 2011年1月8日確認.
- 37) Peter Bar, The engagement of the largest Swiss retailer in battery recycling(1995) , Journal of Power Sources, Vol.57, pp45-46.
- 38) Batrec, <http://www.batrec.ch/en-us/>, 2010年12月10日確認.
- 39) Swiss e-waste competence, INOBAT, <http://www.e-waste.ch/en/stakeholders/inobat-5.html>, 2010年12月10日確認.

- 40) 経済産業省、循環経済に関わる内外制度及び経済への影響に関する調査 ―二次電池リサイクルの海外状況調査 (2003) .
- 41) INOBAT 2009 年報告書,
http://www.inobat.ch/fileadmin/user_upload/pdf/2010/INOBAT_BAFU-Taetigkeitsbericht_2009_D.pdf, 2010 年 12 月 10 日確認.
- 42) 中曽利雄、どこよりも早い！ドイツにおける廃棄物政策 Vol.49、月刊廃棄物、2010 年 2 月号、pp88-91.
- 43) 中曽利雄、どこよりも早い！ドイツにおける廃棄物政策 Vol.52、月刊廃棄物 2010 年 5 月号、pp86-90.
- 44) 中曽利雄、どこよりも早い！ドイツにおける廃棄物政策 Vol.53、月刊廃棄物 2010 年 6 月号、pp84-89.
- 45) 中曽利雄、どこよりも早い！ドイツにおける廃棄物政策 Vol.56、月刊廃棄物 2010 年 9 月号、pp84-86.
- 46) GRS、2009 年報告書、
http://www.grs-batterien.de/fileadmin/user_upload/Download/GRS_Erfolgskontrolle_Download.pdf, 2010 年 12 月 2 日確認.
- 47) BlyBatteriRetur, <http://www.blybatteriretur.se/>, 2010 年 12 月 3 日確認.
- 48) El-Kretsen, <http://www.el-kretsen.se/>, 2010 年 12 月 3 日確認.
- 49) AVFALL SVERIGE, <http://www.avfallsverige.se/nc/>, 2010 年 12 月 3 日確認.
- 50) SEPA 電池に関するアンケート調査,
http://www.batteriinsamlingen.se/fileadmin/user_upload/PDFer/Presentation_SIFO_resultat_allm%C3%A4nheten.pdf, 2010 年 12 月 4 日確認.
- 51) STIBAT 2009 年報告書, <http://www.stibat.nl/pages/jaarverslagen.aspx>, 2010 年 12 月 6 日確認.
- 52) 社団法人電池工業会、世界の電池環境規制の状況, 2007 年 8 月版.
- 53) Elretur, <http://www.elretur.no/>, 2010 年 12 月 9 日確認.
- 54) RENE, <http://www.rene-europe.com/>, 2010 年 12 月 9 日確認.
- 55) Corepile, 年次報告書, http://www.corepile.fr/presse_ra.html, 2010 年 12 月 8 日.
- 56) Z.Rogulski, A.Czerwinski, Used batteries collection and recycling in Poland(2006), Journal of Power Sources, Vol.159, pp454-458 .
- 57) Reba 年次報告書, <http://www.reba.com.pl/node?id=166>, 2010 年 12 月 8 日確認.
- 58) asimelec, <http://www.asimelec.es/>, 2010 年 12 月 8 日確認.
- 59) Ecopilas 2009 年報告書,
http://www.ecopilas.es/media/Ou25/File/memoriasanuales/Memoria_ECOPILAS_2009.pdf, 2010 年 12 月 8 日確認.
- 60) ERP, <http://www.erp-batteries.co.uk/>, 2010 年 12 月 9 日確認.
- 61) 大船渡市ホームページ,
<http://www.city.ofunato.iwate.jp/contents/7d4316101e393a3/7d4316101e393a3104.html>, 2010 年 12 月 18 日確認.
- 62) 環境省 一般破棄物処理技術情報 H20 年度調査結果,
http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h20/index.html, 2010 年 12 月 16 日確認.
- 63) 京都市環境局、家庭ごみ細組成調査報告書 (2010) .
- 64) 環境省 平成 19 年度リサイクル制度の体系化・高度化推進検討調査報告書.
- 65) 岡田彬、平井康宏、浅利美鈴、酒井 伸一、消費者調査に基づく小型電気電子機器の静脈フロー推定 (2009) 、廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集、Vol.20、pp31-32.
- 66) 中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会家電リサイクル制度評価検討小委員会、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会電気・電子機器リサイクルWG 資料.
- 67) 京都市小型家電リサイクルモデル事業、http://www.city.kyoto.lg.jp/kankyo/soshiki/5-5-0-0-0_44.html, 2011 年 2 月 10 日確認.
- 68) JIS 一次電池通則、<http://www.jisc.go.jp/app/pager?id=86169>、2011 年 2 月 3 日確認.
- 69) 宮島章、浅利美鈴、平井康宏、酒井伸一、Cd のサブスタンスフロー解析と充電池内蔵製品の廃棄行動についてのアンケート調査 (2006)、廃棄物学会研究発表会講演論文集、Vol.17、No.1、pp59-61.

- 70) 伊坪徳宏、稲葉敦、LIME2 意思決定を支援する環境影響評価手法、丸善株式会社、2010 年 11 月発行。
- 71) 伊坪徳宏、稲葉敦、ライフサイクル環境影響評価手法 LIME・LCA、環境会計、環境効率のための評価手法・データベース (2005)、丸善株式会社。
- 72) Defra, Battery Waste Management Life Cycle Assessment, 2006.
- 73) 第一カーボン、<http://www.daiichi-carbon.co.jp/HIN/CAR/flowdai.html>、2011 年 2 月 6 日確認。
- 74) 貴田晶子、酒井伸一、芝川重博、松本暁洋、一般廃棄物焼却炉のダイキ沖新類対策に伴う重金属類の排出抑制効果に関する研究 (2003)、Journal of Environmental Chemistry、Vol.13、No.1、pp51-67.
- 75) 東條康匡、田中信壽、松藤敏彦、角田芳忠、松尾孝之、自治体の埋立処分ごみ、特に不燃ごみに関する現状調査(2005)、廃棄物学会論文誌、Vol.16、No.2、pp130-140.
- 76) 安田賢二、高橋通正、吉野秀吉、粗大ごみの破碎処理にともなう有害物質の排出挙動 (1994)、廃棄物学会論文誌、Vol.5、No.3、pp108-117.
- 77) Susana M.Xara, Julanda N. Delegado, Manuel F.Almeida, Carlos A.Costa. Laboratory study on the leaching potential of spent alkaline batteries(2009), Waste Management, Vol.29, pp2121-2131.
- 78) Somjai Karnchanwong, Pawena Limpiteprakan, Evaluation of heavy metal leaching from spent household batteries disposed in municipal solid waste(2009), Waste Management, Vol.29, pp550-558.
- 79) 柳瀬龍二、平野文昭、松藤康司、花嶋正孝 使用済み乾電池の埋立処分に伴う埋立 10 年間の水銀の挙動 (2004)、廃棄物学会論文誌、Vol.15、No.2、pp96-104.
- 80) 柳瀬龍二、平田修、松藤康司、花嶋正孝、使用済み乾電池の埋立処分に伴う埋立 20 年間の水銀の挙動 (2009)、廃棄物学会論文誌、Vol.20、No.1、pp12-23.
- 81) 産業技術総合研究所 産業環境管理委員会、LCI データベース IEDA ver1.0.
- 82) 環境省 一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令,<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S52/S52F03102004001.html>,2011 年 2 月 9 日確認。
- 83) 小口正弘、田崎智宏、亀屋隆志、浦野紘平、使用済み小型電池に含まれる金属類の回収・再資源化対策検討のための資源消費と水質汚染潜在負荷の評価 (2004)、環境科学学会誌、Vol.17、No.6、pp419-429.
- 84) JBRC 各回収拠点との承諾事項, <http://www.jbrc.net/hp/contents/boshu/boshu.html>, 2010 年 12 月 11 日確認。
- 85) 富士経済、2007 電池関連市場実態総調査 .
- 86) 富士経済、2010 電池関連市場実態総調査上巻.
- 87) 社団法人産業管理協会、JLCA-LCA データベース 2004 年度 2 版.
- 88) David parsons, The Environmental Impact of Disposable Versus Rechargeable Batteries for Consumer Use(2007), Journal of LCA, Vol.12, No.3,pp197-203.

4 章 小形電池の資源ポテンシャルの把握

4.1 小形電池の化学性状の把握

4.1.1 電池に関する分析・調査方法

小形電池の化学性状を把握するために、主要な電池について、幅広い金属類の含有量を測定した。表 4-1 に試料の概要を示す。物質としては、電池の代表成分や有害性及び希少性を持つ金属類、Li、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Y、Zr、Cd、La、Ce、Pr、Nd、Gd、Dy、Au、Pb を対象とした。

試料は、解体後、各部位に分類して重量を測定し、試料を調整した後、電気炉にて灰化し、灰化物に王水を添加して加熱酸分解を行い、ろ過・定容後、ICP-AES または MS により、金属元素の測定を行った。

また、電池の平均重量も求めた。マンガン及びアルカリ乾電池については、京都市拠点回収施設等での廃電池サンプル調査結果(平均重量)¹⁾を用いた。コイン型リチウム電池、アルカリボタン電池、PC 用 Li-ion 電池、携帯電話用 Li-ion 電池については、本研究で分析対象とした電池(表 4-1)の平均重量を求めた。Ni-MH 電池、Ni-Cd 電池及び Li-ion 電池(PC や携帯電話用以外)については、貿易統計において把握できる輸出入の個数と重量から推定した値を重量単位とした。

さらに、退蔵されていた古い乾電池(京都市の拠点回収にて回収した電池)や海外で販売されている乾電池中の水銀も測定した。この試料については、結果とともに提示する。

4.1.2 小形電池中の金属濃度測定結果及び考察

小形電池に含まれる金属類の分析結果を表 4-2、表 4-3 に示す。これによると、種類ごとに様々な有害金属や希少金属を含んでいる。乾電池については、Mn が 16~28%と主要成分となっているが、Ni や Cu、Pb 等も含まれている。Ni-MH 電池は Ni が 33~44%と主成分となっているが、Nd を 26%や La を 17%含むものがある。また、Co が 5%程度含まれているほか、Y、Zr、Ce、Pr、Gd 等も含まれている。Ni-MH には、ミッシュメタル(複数のレアアースが含まれた合金)が用いられていることが知られており²⁾、多種のレアアースは、そこに含まれていたものと考えられる。Ni-Cd 電池については、Cd が 21~26%、Ni が 18%で主要成分となっている。コイン型リチウム電池及びアルカリボタン電池については、Mn が約 2割で主要成分であるが、Cr や Ni、Cu も一定量含まれる。リチウムイオン電池については、Co が 4~43%、Ni が 0.09~25%、Cu が 4.7%~25%含まれており、Li が 1.9~5%であった。Co の含有が注目されているが、メーカーによる違いや経年変化は明確には見られなかった。表 4-2 には、小口らの小形電池実測濃度³⁾及びイギリス環境省が示す小形電池中濃度⁴⁾も示した。レアアース等の値は対象外であったが、主要な金属類に関しては、類似した濃度であった。また、パソコン本体や基板中濃度⁵⁾も示したが、それらと比較すると、Co 及び Ni は Li-ion 電池において高濃度であり、Cu、Au、Pb 等において、小形電池中濃度は同程度であることがわかる。なお、電池の平均重量の推定結果は表 4-4 に示した。

表 4-3 には、古い乾電池や海外で販売されていた電池に含まれる水銀量の測定結果を示した。これによると、1970 年代や 1980 年代の乾電池で、水銀を多く含むものも見られることがわかった。今後、退蔵製品の年代分布等の把握も含めた検証が必要と考えられる。

表 4-1 分析対象とした小形電池の概要

No.	電池種類	状態	販売元 ※	電池全体 重量(g)	使用推奨年／ 電池製造年※	
W1	マンガン乾電池	廃製品	A社	17.2	1988/12/1	
W2			A社	17.1	2009/8/1	
W3			B社	17.8	2012/12/1	
W4			C社	95.9	2011/11/1	
W5			D社	17.9	2010/6/1	
W6	アルカリ乾電池		A社	22.7	2014/3/1	
W7			A社	23.1	2019/9/1	
W8			E社	22.5	2014/10/1	
W9			F社	24.1	2014/5/1	
W10			G社	22.5	2011/9/1	
W11			C社	22.3	2012/9/1	
W12			H社	22.5	2013/6/1	
W13	Ni-MH電池		B社	27.9	記載なし	
W14			B社	25.9		
W15			A社	25.8		
W16	Ni-Cd電池		I社	22.0		
W17			A社	19.6		
W18			A社	18.6		
W19	コイン型リチウム電池 (CR2032)		A社	2.7		
W20			J社	3.0		
W21			K社	2.9		
W22			A社	1.8		
W23	アルカリボタン電池(LR44)		L社	1.6		
W24			K社	1.9		
L1	リチウムイオン電池(ノートPC用)	新品	M社	45.9	2011	
L2			A社	44.6	2011	
L3		廃製品	N社	44.0	2011	
L4			D社	19.6	2001	
LP1	リチウムイオン電池(携帯電話用)	廃製品	B社		18.8	2001
LP2					18.2	2002
LP3					16.6	2003
LP4					16.6	2006
LP5					17.7	2007
LP6			N社		16.9	2003
LP7					17.3	2004
LP8					17.6	2005
LP9					18.9	2007
LP10					18.8	2008
LP11			O社		15.7	2006
LP12					16.6	2007
LP13					19.4	2008
LP14			D社		16.5	2001
LP15					17.6	2003
LP16					17.4	2004
LP17			P社		16.5	2001

表 4-3 古い乾電池や海外販売電池の水銀含有

No.	電池製造年	電池製造国	電池1個あたりの 水銀量(絶対量mg)
O-1	2012/1/1	中国?	0.000128
O-2	2011/8/1	中国?	0.00173
O-3	不明(使用期限2019-01)	中国	0.000201
O-4	2011/11/1	インドネシア	0.000144
O-5	1978/12/1	日本	7.75
O-6	1979-10?	日本	0.525
O-7	1986/10/1	日本	37.5
O-8	1979/3/1	日本	0.409
O-9	?	日本?	50.4
O-10	?	日本?	0.0419
O-11	1981/2/1	日本	1.36
O-12	1986/4/1	日本	0.261

表 4-4 電池重量の推定結果

電池種類	重量(g)	出典等
マンガン乾電池	46.6	過去の使用済み製品調査結果 ¹⁾
アルカリ乾電池	33	過去の使用済み製品調査結果 ¹⁾
コイン型リチウム電池	2.9	本研究で分析した製品の平均重量
アルカリボタン電池	1.8	本研究で分析した製品の平均重量
Ni-MH電池	65.9	貿易統計より算出 ¹⁾
Ni-Cd電池	47.1	貿易統計より算出 ¹⁾
PC用Li-ion電池	38.5	本研究で分析した製品の平均重量
携帯電話用Li-ion電池	17.5	本研究で分析した製品の平均重量
その他のLi-ion電池	32.2	貿易統計より算出 ¹⁾

※PC 及び携帯電話については、電池ではなく PC 及び携帯電話の販売元

※W については使用推奨年、L 及び LP については製造年

表 4-2 小形電池に含まれる金属類濃度 (mg/kg)

試料種別	No.	Li	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Y	Zr	Cd	La	Ce	Pr	Nd	Gd	Dy	Au	Pb
小形電池類	マンガン乾電池	W1	—	49	170,000	7.0	420	20,000	<1	320	110	<1	<1	<1	<1	<1	<1	510
		W2	—	110	180,000	4.6	15	24	<1	70	1.3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,000
		W3	—	110	160,000	5.1	49	42	<1	130	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	700
		W4	—	37	170,000	<1	73	89	2.1	36	1.6	4.6	7.9	1.3	16	<1	<1	560
		W5	—	130	170,000	5.5	68	58	<1	140	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	830
	アルカリ乾電池	W6	—	97	240,000	5.7	2,200	12,000	<1	64	5.0	<1	3.4	<1	1.7	<1	<1	<1
		W7	—	79	280,000	4.1	1,900	13,000	<1	150	<1	<1	3.3	<1	1.7	<1	<1	<1
		W8	—	26	250,000	4.6	2,100	15,000	<1	83	1.7	<1	1.8	<1	<1	<1	<1	<1
		W9	—	40	260,000	11	3,200	20,000	<1	200	<1	1.2	1.8	<1	<1	<1	<1	<1
		W10	—	26	250,000	5.0	3,700	19,000	<1	140	1.4	<1	2.3	<1	1.0	<1	<1	<1
		W11	—	22	240,000	3.8	2,100	12,000	<1	170	3.3	<1	2.8	<1	1.5	<1	<1	<1
		W12	—	100	250,000	4.6	2,300	13,000	<1	41	<1	16	5.9	<1	3.0	<1	<1	2.3
	Ni-MH電池	W13	—	120	14,000	46,000	420,000	110	2,100	170	1.7	170,000	22,000	3,200	2,800	2,500	5.1	3.0
		W14	—	110	420	9,800	440,000	71	4,300	1,100	5.4	200	49	830	260,000	130	130	2.4
		W15	—	140	18,000	45,000	330,000	210	3,400	55	8.5	76,000	41,000	10,000	25,000	6,700	26	24
	Ni-Cd電池	W16	—	140	740	15,000	180,000	37	5	24	260,000	59	50	8.4	45	10	<1	64
		W17	—	150	840	1,800	180,000	66	13	140	250,000	2.5	1.3	<1	2.0	<1	<1	1.2
		W18	—	120	730	5,000	180,000	41	<1	250	210,000	3.6	2.5	<1	3.2	<1	<1	27
	コイン型リチウム電池	W19	—	86,000	220,000	97	5,400	430	1.1	220	78	7.4	2.8	<1	2.5	<1	<1	1.7
		W20	—	100,000	200,000	120	5,700	130	<1	110	5.5	<1	<1	<1	9.5	<1	<1	<1
		W21	—	100,000	200,000	840	45,000	1,600	<1	110	1.2	12	7.9	1.6	5.9	<1	<1	1.6
	アルカリボタン電池	W22	—	23,000	200,000	57	32,000	13,000	<1	80	<1	2.4	1.6	1.2	4.2	<1	<1	30
		W23	—	25,000	180,000	290	37,000	31,000	<1	65	8.2	<1	8.4	<1	6.7	<1	<1	46
		W24	—	150	180,000	22	15,000	380	<1	56	4.6	1.2	4.7	15	63	<1	2.7	65
	ノートPC用リチウムイオン電池	L1	37,000	8.6	140	300,000	2,800	78,000	<1	99	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	14
		L2	36,000	11	70	45,000	250,000	82,000	<1	11	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	34
		L3	34,000	12	72	42,000	240,000	120,000	<1	3.9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	31
		L4	31,000	2.2	3.0	260,000	880	250,000	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	携帯電話用リチウムイオン電池	LP1	19,000	8.4	1,200	160,000	27,000	87,000	<1	8.9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	70
		LP2	50,000	24	4,100	430,000	22,000	230,000	<1	11	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5.0	30
		LP3	20,000	20	2,000	170,000	30,000	85,000	<1	2.3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	940
		LP4	25,000	7.3	790	200,000	18,000	120,000	<1	56	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	87
		LP5	31,000	16	570	260,000	8,400	120,000	<1	52	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	110
		LP6	24,000	14	830	200,000	57,000	93,000	<1	3.9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	57
		LP7	24,000	16	1,500	200,000	11,000	47,000	<1	3.1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2.8	110
		LP8	27,000	19	720	230,000	23,000	93,000	<1	7.2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5.9	180
		LP9	34,000	17	610	280,000	14,000	110,000	<1	83	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1.3	60
		LP10	34,000	9.7	610	270,000	24,000	91,000	<1	41	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1.4	180
		LP11	21,000	8.1	260	180,000	11,000	54,000	<1	8.2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	53
		LP12	32,000	9.3	740	270,000	9,200	110,000	<1	44	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1.6	23
		LP13	33,000	8.5	940	270,000	15,000	92,000	<1	57	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2.3	42
		LP14	23,000	6.0	1,200	190,000	4,000	110,000	<1	11	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	69
		LP15	24,000	12	930	190,000	16,000	78,000	2.3	5.7	<1	10	8.6	<1	1.6	<1	<1	57
		LP16	25,000	6.0	1,100	200,000	13,000	72,000	2.7	3.6	<1	9.4	5.8	<1	<1	<1	<1	45
		LP17	27,000	14	2,100	230,000	14,000	100,000	<1	6.9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	120
小形のデータ	マンガン電池	0	0	170,000	0	0	0	—	0	0	—	—	—	—	—	—	0	1,000
	アルカリ電池	0	0	260,000	0	3,800	57,000	—	0	0	—	—	—	—	—	—	0	0
	Ni-Cd電池	260	0	44,000	11,000	210,000	0	—	0	250,000	—	—	—	—	—	—	0	0
	Ni-MH電池	950	0	20,000	36,000	420,000	0	—	0	0	—	—	—	—	—	—	0	0
	リチウムイオン電池	17,000	0	3,800	170,000	0	140,000	—	0	0	—	—	—	—	—	—	0	0
Defraデータ	マンガン電池	0	—	150,000	0	0	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	1,000
	アルカリ電池	0	—	223,000	0	5,000	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	0
	酸化銀電池	0	—	20,000	0	20,000	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	0
	Ni-Cd電池	0	—	0	0	220,000	—	—	—	150,000	—	—	—	—	—	—	—	0
	Ni-MH電池	0	—	10,000	40,000	350,000	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	0
	リチウムイオン電池	30,000	—	0	180,000	0	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	0
PC	デスクトップ本体	0.9	1,700	91	2.6	5,100	29,000	—	12	1.7	12	—	—	2,100	—	—	13	1,800
	デスクトップ基板	9	33	160	25	2,670	159,000	1	110	16	110	—	—	100	—	—	120	15,000
	ノート型基板	8	220	1,300	40	5,300	170,000	1	280	<1	100	—	—	450	—	—	310	8,500

※小形のデータについて、マンガン電池及びアルカリ電池は、それぞれ3試料(単一・単二・単三)の平均値である。

4.2 家庭内保有されている小形電池に含まれる金属量の推定

4.2.1 小形電池に含まれる金属量の推定方法

本研究のアンケート調査結果(3章6節)を用いて、次式により国内の家庭内に保有されている小形電池保有個数を推定した。

$$B_{ij} = S_i \times S_{bij} + O_{bij}$$

B_{ij} : 小型家電製品 i (対象製品以外は「それ以外」のグループとする) に用いられる小形電池 (種類 j) の世帯あたり平均保有個数 (個/世帯)

S_i : 対象とする小型家電製品 i の世帯あたり平均保有台数 (台/世帯)

S_{bij} : 対象とする小型家電製品 i に用いられる小形電池 (種類 j) の一台あたり平均個数 (個/台)

O_{bij} : 単独で保有されている小形電池 (種類 j) や、対象製品以外の製品用の小形電池 (種類 j) の世帯あたり平均保有個数 (個/世帯)

全国合計値は、世帯数 n を乗じて求めた。なお、推定には次の仮定等を置いている。

- ・ 携帯電話、タブレット端末及びノートパソコンについては、1 台あたりリチウムイオン電池が 1 個使用されている
- ・ 使用していない対象小型家電製品にも小形電池が含まれている
- ・ 携帯電話とタブレット端末は同じリチウムイオン電池である
- ・ 種類不明の二次電池や二次電池パックについては、種類のわかっている二次電池の割合と等しく分布していると仮定し、電池パックも電池と同じ扱いとし、結果（表 4-5）において、補正值として示した

本研究の化学性状分析により把握された小形電池中に含まれる希少／有害金属に着目し、また同じく本研究のアンケート調査より推定した小形電池保有数を用いて、家庭で保有されている小形電池に含まれる金属量を推定した。具体的には、次の式を用いた。各電池種別の重量 W_{bj} については、表 4-1 の値を用いた。

$$M_{jk} = Db_j \times Cm_{jk} \times W_{bj} \times 10^9$$

M_{jk} ：国内の家庭で保有される小形電池（種類 j ）に用いられる金属 k の量（kg-金属 k ）

Db_j ：国内の家庭で保有されている小形電池（種類 j ）の合計個数（個）

Cm_{jk} ：小形電池（種類 j ）に含まれる金属 k の平均濃度（mg-金属/kg-小形電池）

W_{bj} ：小形電池（種類 j ）の重量（g/個）

推定にあたっては、次の仮定を置いた。

- ・ 重量が異なる場合でも、同じ電池種では金属の濃度は等しい
- ・ ノートパソコン及び携帯電話以外のリチウムイオン電池中の金属は、携帯電話と同じ濃度である
- ・ 保有している乾電池の種類はマンガン電池：アルカリ＝1：1、ボタン電池はコイン型リチウム電池：アルカリボタン電池＝1：1 である
- ・ 小型シール鉛蓄電池や酸化銀電池等は対象外とする

4.2.2 小形電池に含まれる金属量の推定結果及び考察

（1）小形電池保有個数

表 3.6-3～3.6-5 に示した結果を用いて、小形電池保有個数を推定した結果を表 4-5 に示す。また、小形電池の国内出荷推定量として、国内生産量から輸出量を引き、輸入量を加えた値¹⁾も示した。ただし、この値は家庭のみではなく事業用も含む総合計であること、年間のフロー量であることに注意が必要である。なお、補正值は、研究方法で示した通り、種類不明の電池を各種類に割りつけた値である。

この結果によると、世帯あたり約 40 個の電池が保有され、一次電池と二次電池が約 1/2 ずつであることがわかる。全国合計では約 21 億個と試算され、これを国内出荷推定量約 27 億個/年²⁾と比較すると、若干少ないが同程度の値といえる。他方、電池種別に国内出荷量と比較すると、大きく異なる点が見られる。まず一次電池では、国内出荷量の方が保有量の倍程度と多いが、これは家庭以外での利用が相当量ある可能性、家庭での利用について消費者が正確に把握できていない可能性等が考えられる。二次電池合計については、保有量の方が 3 倍程度多いが、これは、二次電池は使用期間や寿命が長い過去に販売された製品が保有されていること、製品中に小形電池が内蔵された状態で輸入され国内販売されているものも多い³⁾ことが理由として考えられる。

表 4-5 家庭に保有されている小形電池

	対象小型家電用 (個/世帯)	それ以外 (個/世帯)	合計 (個/世帯)	全国合計 (千個)	【補正值】合計 (個/世帯)	【補正值】全国合計 (千個)	国内出荷量 (千個/年)
一次電池(筒状)	—	20.5	20.5	1,060,000	20.5	1,060,000	2,019,496
ボタン電池	—	3.9	3.9	203,000	3.9	203,000	360,123
二次電池合計(以下内訳)	9.6	7.3	16.9	877,000	16.9	877,000	279,735
ニッケルカドミウム(NiCd)電池	1.6	—	1.6	82,600	2.8	145,000	45,702
ニッケル水素(Ni-MH)電池	1.0	—	1.0	54,400	1.8	95,500	147,912
リチウムイオン(Li-ion)電池	2.8	—	2.8	144,000	4.9	252,000	86,121
PC用Li-ion電池	1.5	—	1.5	77,800	2.6	137,000	—
携帯電話等用Li-ion電池	2.5	—	2.5	127,000	4.3	223,000	—
小型シール鉛蓄電池	0.3	—	0.26	13,700	0.5	24,100	—
二次電池(種類不明)	—	5.1	5.1	262,000	—	—	—
二次電池バッテリーパック(種類不明)	—	2.2	2.2	116,000	—	—	—
合計	9.6	31.7	41.4	2,140,000	41.4	2,140,000	2,659,354

(2) 小形電池に含まれる金属量

表 4-2 及び表 4-5 の結果を用いて推定した家庭で保有される小形電池に含まれる金属量の推定結果を、表 4-6 に示す。これによると、Li、Co、Ni、Cd については、家庭に保有されている小形電池に寄与するものも相当量となっていることがわかった。具体的に現在のフロー量と比較すると、Li については、2010 年の国内需要量は 3,000 トン²⁾、電池への国内需要量は 2,000 トン²⁾である。家庭内で小形電池として保有される量（以降、家庭内保有量）は約 516 トンと推定され、国内需要量の 2～3 割に相当する。Co については、2010 年の国内需要量は 12,000 トン²⁾、うち電池への国内需要量は 9,500 トン²⁾である。家庭内保有量は約 3,900 トンと推定され、国内需要量の 3～4 割に相当する。Ni については、2010 年の国内需要量は 49,000²⁾、電池への国内需要量は 2,100 トン²⁾である。家庭内保有量は約 4,700 トンと推定され、これは Ni 国内需要量の 1 割程度、電池への国内需要量の倍程度となっている。Cd については、2010 年の国内需要量（そのほとんどが NiCd 電池用）は約 1,800 トン²⁾である。家庭内保有量は約 1,600 トンと推定され、国内需要量と同程度の値となっている。Au については、2010 年の国内需要量は約 120 トン²⁾である。家庭内保有量は 0.95 トンと推定され、国内需要量の 1%弱、うち電気機器等への需要 60 トンの 1%強の値となっている。

その他のレアアースについて、2010 年国内需要量²⁾に対する本推定量の関係は、Y は 1,500 トンに対して 21 トン、Zr は 21,000 トンに対して 9.8 トン、La は 3,850 トンに対して 520 トン、Ce は 11,500 トンに対して 130 トン、Nd は 5,500 トンに対して 600 トンとなった。

本研究では、家庭内ストック量と年間需要量の比較によりポテンシャルの大きさをイメージしているが、各機器の寿命分布を考慮したより詳細なフロー分析を行わねばならないことは言うまでもない。加えて、家庭で保有されている小形電池のみを対象としたが、それ以外の用途等も含めると、さらに多くの金属が小形電池に含まれて存在している。その中には、希少金属や有害金属も相当量含まれることがわかり、これらの回収・リサイクルの促進策を検討することは重要と考えられる。

表 4-6 家庭で保有されている小形電池に含まれる国内の金属推定量 (kg-各金属)

電池種類	Li	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Y	Zr	Cd	La	Ce	Pr	Nd	Gd	Dy	Au	Pb
マンガン乾電池	0	2,160	4,210,000	110	3,100	100,000	10.4	3,450	560	22.8	39.2	6.44	79.3	0	0	0	17,800
アルカリ乾電池	0	978	4,440,000	97.3	43,900	261,000	0	2,130	28.6	43.1	53.4	0	22.3	0	0	0	5.77
コイン型リチウム電池	0	27,924	60,500	103	5,480	211	0.107	43.0	8.27	1.89	1.04	0.156	1.75	0	0	0.312	0.32
アルカリボタン電池	0	2,920	33,900	22.4	5,090	2,690	0	12.2	0.776	0.218	0.891	0.982	4.48	0	0	0	8.55
Ni-MH 電池	0	777	68,000	212,000	2,500,000	821	20,600	2,780	32.7	517,000	132,000	29,400	604,000	19,600	338	0	61.7
Ni-Cd 電池	0	934	5,260	49,700	1,230,000	328	41.7	943	1,640,000	148	123	19.1	114	22.8	0	0	210
PC 用 Li-ion 電池	182,000	44.5	375	851,000	650,000	697,000	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	104
携帯電話用 Li-ion 電池	109,000	49.4	4,630	902,000	72,600	388,000	1.15	92.9	0	4.45	3.30	0	0.367	0	4.66	309	2,530
その他の Li-ion 電池	226,000	103	9,650	1,880,000	151,000	808,000	2.39	193	0	9.27	6.88	0	0.765	0	9.70	643	5,260
合計	516,000	35,900	8,830,000	3,890,000	4,660,000	2,260,000	20,600	9,790	1,640,000	517,000	133,000	29,500	604,000	19,600	353	952	26,000

4.3 4 章のまとめ

- 1) 小形電池に含まれる金属類の分析結果の概要を、電池別に列挙するが、小形電池には、資源性・有害性の両面から配慮が必要であることが確認された。
 - ・ 乾電池については、Mn が 16～28%と主要成分となっているが、Ni や Cu、Pb 等も含まれていた。
 - ・ Ni-MH 電池は Ni が 33～44%と主成分となっているが、Nd を 26%や La を 17%含むものがある。また、Co が 5%程度含まれているほか、Y、Zr、Ce、Pr、Gd 等も含まれている。Ni-MH には、ミッシュメタル（複数のレアアースが含まれた合金）が用いられていることが知られており、多種のレアアースは、そこに含まれていたものと考えられる。
 - ・ Ni-Cd 電池については、Cd が 21～26%、Ni が 18%で主要成分となっていた。
 - ・ コイン型リチウム電池及びアルカリボタン電池については、Mn が約 2 割で主要成分であるが、Cr や Ni、Cu も一定量含まれる。
 - ・ Li-ion 電池については、Co が 4～43%、Ni が 0.09～25%、Cu が 4.7%～25%含まれており、Li が 1.9～5%であった。Co の含有が注目されているが、メーカーによる違いや経年変化は明確には見られなかった。
 - ・ 古い乾電池：小形電池は長期間退蔵される傾向にあり、水銀含有電池の排出にも注意を要する。今回測

定したものには1個当たり 50mg の水銀を含むものもあった。

2) 家庭で保有される小形電池に含まれる金属量の推定結果によると、Li、Co、Ni、Cd については、家庭に保有されている小形電池に寄与するもの（以降、家庭内保有量）も相当量となっていることがわかった。具体的に現在のフロー量（2010 年）と比較すると、次のようになる。

- ・ Li の家庭内保有量：約 516 トン⇔国内需要量：3,000 トン、うち電池への国内需要量は 2,000 トン
- ・ Co の家庭内保有量：約 3,900 トン⇔国内需要量：12,000 トン、うち電池への国内需要量：9,500 トン
- ・ Ni の家庭内保有量：約 4,700 トン⇔国内需要量：49,000、うち電池への国内需要量：2,100 トン
- ・ Cd の家庭内保有量：約 1,600 トン⇔国内需要量（そのほとんどが NiCd 電池用）：約 1,800 トン
- ・ Au の家庭内保有量：0.95 トン⇔国内需要量：約 120 トン、うち電気機器等への需要 60 トン

今回は家庭で保有されている小形電池のみを対象としたが、それ以外の用途等も含めると、さらに多くの金属が小形電池に含まれて存在している。その中には、希少金属や有害金属も相当量含まれることがわかり、これらの回収・リサイクルの促進策を検討することは重要と考えられる。

《4 章の参考文献》

- 1) 浅利美鈴、丸川純、酒井伸一：廃電池の排出動態とリサイクルの現状分析、廃棄物資源循環学会誌、Vol.22, No.6, pp.412-425 (2011)
- 2) 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構：鉱物資源マテリアルフロー2011
(<http://mric.jogmec.go.jp/index.html>) (2012 年 5 月 30 日確認)
- 3) 小口正弘、田崎智宏、亀屋隆志、浦野紘平：使用済み小形電池に含まれる金属類の回収・再資源化対策検討のための資源消費と水質汚染潜在負荷の評価、環境科学会誌、Vol.17, No.6, pp.419-429 (2004)
- 4) Defra (Department for Environment Food and Rural Affairs): Battery Waste Management Lifecycle Assessment (2006)
- 5) 貴田晶子、白波瀬朋子、川口光夫：使用済みパソコン中のレアメタル等の存在量と金属分析、廃棄物資源循環学会誌、Vol.20, No.2, pp.59-69 (2009)
- 6) 環境省：平成 19 年度リサイクル制度の体系化・高度化推進検討調査報告書
- 7) 総務省統計局 (<http://www.stat.go.jp/data/nihon/02.htm>) 2012 年 3 月確認
- 8) Misuzu ASARI, Shin-ichi SAKAI: Consumer perspectives on household hazardous waste management in Japan, Journal of Material Cycles and Waste Management, Vol.13, pp.10-24 (2011)
- 9) モバイル・リサイクル・ネットワーク：リサイクル実績 <http://www.mobile-recycle.net/>
- 10) 一般社団法人 パソコン 3R 推進協会：「家庭から廃棄される使用済パソコンの回収・リサイクル実績」
<http://www.pc3r.jp/>

5章 ニカド電池（カドミウム）及びリチウムイオン電池（コバルト）の国内フロー解析

5.1 カドミウムとニカド電池について

5.1.1 カドミウム

カドミウムは、銀白色で、軟質、展延性に富む金属元素である。空気中では表面が酸化され、光沢を失っている。カドミウムの主用途はニカド電池で、2010年における日本のカドミウム需要の98%以上を占めている。その他の用途として、顔料や合金、塩ビ安定剤、めっきなどが挙げられる。

カドミウムは亜鉛鉱に含まれ、亜鉛製錬の過程で、清浄残渣や煙灰などの中間産物から亜鉛と分解され、蒸留または、電解によって精製することで得られる。国内で生産されているカドミウムのすべてが、亜鉛製錬の副産物として生産されている。

カドミウムは、必須金属元素である亜鉛と類似した化学的性質を持っているため、人体に取り込まれやすい。有害な重金属であり、長期間の暴露により腎臓、肺、肝臓に障害を生じることが知られている。特にカルシウム代謝を阻害し、栄養上の欠陥等の要因と複合して、骨粗鬆症、骨軟化症を発症させる可能性が指摘されており¹⁾、カドミウム使用製品が、最終的に埋め立てや焼却により処分される際に環境中に放出されることによる、人や環境への影響が懸念されている。

EUでは、2002年に、電子・電気機器の重金属等の有害物質の使用を制限するRoHS指令（Directive on Restriction of Hazardous Substances）が制定され、最終製品でのカドミウムの使用が制限されている。ただし、電池については適用除外となっている。このような動きを受け、近年では、世界的にもカドミウムの規制に拍車がかかりつつある²⁾。

今後、世界的にカドミウムの消費量が減少していくことも考えられるが、カドミウムは亜鉛の副産物として生産され続けるため、余剰なカドミウムが発生するということが新たな問題となり得る²⁾。

5.1.2 カドミウム使用製品

＜ニカド電池＞

ニカド電池は、正極にオキシ水酸化ニッケル、負極にカドミウム、電解液にアルカリ水溶液を用いている。公称電圧は1.2Vで、1964年より国内で量産化され、幅広い分野で使用されてきた。ニカド電池は、大電流放電に優れており、過放電・過充電に強いなどの特徴から、主に充電式電動工具のような大出力向け用途に用いられている。ニカド電池のその他の用途としては、コードレスホン、コードレスクリーナー、シェーバー、防災機器などが挙げられる。

ニカド電池のカドミウム含有割合は15%～20%と、相当量のカドミウムが含まれており、環境負荷が大きい電池ともいえる。EUでは、2006年に新電池指令（2006/66/EC）が制定され、カドミウムを20ppm以上含有する携帯型電池については、一部の適用除外を除き、販売禁止となっている。国内では、カドミウムを含むニカド電池の販売は禁止されていないが、環境負荷削減や代替電池の高性能化により、ニッケル水素電池やリチウムイオン電池への代替が急速に進み、ニカド電池の需要は減少傾向が続いている。2007年の日本国内における、二次電池の代替状況を推定したもの³⁾を図5.1-2に示した。これによると2007年だけでも、ニカド電池から代替電池への移行量は、およそ1億1000万個と、急速な代替が進んでいることが分かる。

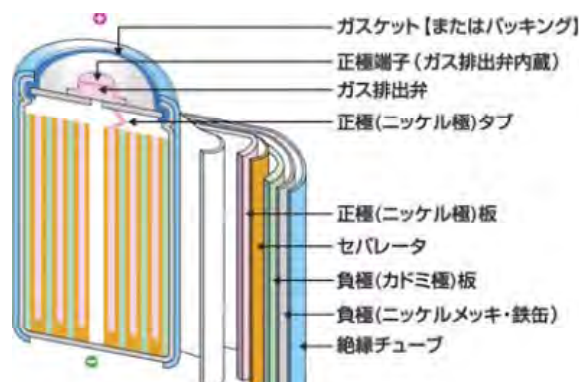


図 5.1-1 ニカド電池の構造（電池工業会）

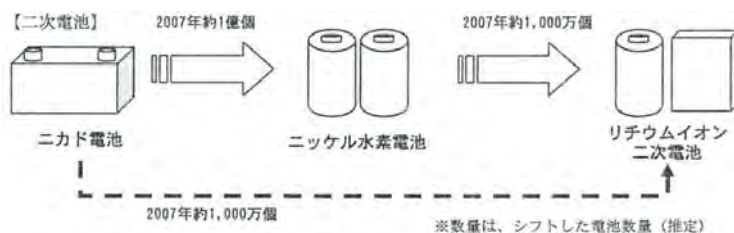


図 5.1-2 二次電池のシフト状況³⁾

特に、家電や小型機器分野では、軽量化・小型化を図るために、ニカド電池と互換性があり、カドミウムを使用していないニッケル水素電池へのシフトが急速に進んでいる。また、充電式電動工具や電動アシスト自転車などの中型パワー用途については、ニカド電池からリチウムイオン電池への一足飛びのシフトも進んでいる³⁾。

<顔料>

顔料とは、着色に用いる粉末で、水やアルコールに溶けないもの⁴⁾である。カドミウムの化合物は、様々な色調を示すため、顔料として用いられてきた。代表的なものとして、黄色の硫化カドミウム (CdS) から作られるカドミウムイエローや、赤色のセレン化カドミウムから作られるカドミウムレッド等が、絵具やプラスチックの着色に用いられている。

<合金>

合金とは、純金属に対し、他の金属や非金属を加えたものである。一般に、純金属に他の元素を添加することで、金属の特性（融点、磁性、耐熱性など）を変化させることができる。カドミウムは融点の低さから合金として低融点はんだなどに利用されている他、摩擦係数の低さと耐久性を生かしたベアリング（軸受）などにも使用されている。また、中性子を吸収するため、原子炉の制御用材料としても用いられる⁴⁾。

<めっき・塩ビ安定剤>

カドミウムは、金属の防食のためにめっきとして施される他、塩化ビニルが加工時に分解を防ぎ、耐光性や耐候性が付与するための安定剤として用いられている⁵⁾。

5.2 コバルトとリチウムイオン電池について

5.2.1 コバルト

コバルトは、1737年にイギリスのイェオリ・ブランツにより発見された金属である。単体では、銀に似た灰白色であるが、ガラス内に不純物として混入させることで、深い青色を呈するケイ酸コバルトとなるため、金属元素として発見されるより以前の、15世紀末頃から、ガラスの顔料として使用されてきた。

コバルトは磁性が強く、融点が高い金属である等の特徴から、現在では、二次電池の正極材料をはじめ、特殊鋼、超硬工具、触媒、管板棒線、磁性材料など、幅広い分野で用いられている。

コバルトは主に、銅やニッケルの副産物として生産されており、主要鉱石として、砒コバルト鉱 (CoAs) や輝コバルト鉱 (CoAsS) などが挙げられる。鉱石を焙焼（溶解しない範囲で加熱し化学反応を行わせる工程）して酸化物とし、塩酸に溶かして不純物を除き、適当な還元剤で還元することでコバルトが得られる。国内では、住友金属鉱山が唯一の生産者であり、多くを海外からの輸入に頼っている⁶⁾。

コバルトの主な用途は二次電池関連分野で、リチウムイオン電池やニッケル水素電池の正極材料に用いられている。そのため、日本は世界を代表する二次電池生産国であると同時に、コバルト需要国でもある。表 5.2-1 に 2005 年から 2010 年にかけての、世界のコバルトの需要量の国別の推移を示した⁶⁻⁷⁾。ここ数年間は、日本と中国の 2 国で、世界のコバルト需要の半分以上を占めていることが分かる。これには、東アジアに、ソニーやパナソニックなど、世界のリチウムイオン電池メーカーのほとんどが集中していることが理由として挙げられる。2008 年までは、日本が世界最大のコバルト需要国であったが、中国のリチウムイオン電池生産の急速な拡大により、2009 年以降は中国が世界最大のコバルト需要国となっている。

表 5.2-1 世界のコバルト需要量（単位：t・Co/年）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
日本	13,000	14,000	14,500	15,000	14,000	14,000
中国	11,300	12,400	12,500	14,400	16,000	20,000
アメリカ	10,800	11,800	12,500	10,700	7,338	10,000
西欧	8,600	9,400	9,800	9,500	8,000	10,000
その他	6,600	7,600	8,000	8,200	6,962	7,000
合計	50,300	55,200	57,300	57,800	52,300	61,000

5.2.2 コバルト使用製品

<リチウムイオン電池>

リチウムイオン電池は、正極にリチウムイオン含有の金属酸化物、負極に炭素材料（カーボン）、電解液には非水系の有機系電解液を使用している。公称電圧は 3.6～3.7V で、これがリチウムイオン電池の大きな特徴となっている。従来の水系電解液の二次電池では、水が電気分解してしまうため、1.5V 以上の起電力を実現できなかったが、リチウムイオン電池は非水系電解液を用いることで、3.6～3.7V という高い起電力を実現している。1991 年に実用化され、翌年の 1992 年には、ソニーによって世界で初めて市場に投入された⁸⁾。

リチウムイオン電池の原理は、図 5.2-1 に示したように、電解液中でリチウムイオンが正極と負極の間を移動することで、電気伝導を担い、充放電が行われる仕組みになっている。

リチウムイオン電池の正極材料には、主にコバルト酸リチウム (LiCoO_2) が用いられており、これが世界最大のコバルト需要を形成している。しかし、近年では、原料となるコバルトの価格高止まりを受けて、ニッケル酸リチウム (LiNiO_2) やマンガン酸リチウム (LiMn_2O_4)、さらには 3 元系材料

(LiNiMnCoO_2) などの採用も増加している。このように、リチウムイオン電池には、希少なリチウムやコバルト、ニッケル、マンガンなどの金属が用いられているため、従来のニカド電池やニッケル水素電池に比べて、高価な二次電池であり、資源性の点から、代替素材の開発や適切な回収・リサイクルが望まれている。

リチウムイオン電池は、小型・軽量である、メモリー効果がない、残存容量を把握できる等の特徴から、従来の二次電池を代替する形で、携帯電話やノートパソコン、デジタルカメラなど、多くの民生用ポータブル機器やモバイル機器に用いられている。

近年では、こういった小型民生用途分野だけに留まらず、よりハイパワーな中型リチウムイオン電池が開発され、電動工具や電動アシスト自転車などへの搭載も進んできている。

さらに、長年大きな期待を集めてきた、電気自動車用電池への実用化も、現実のものとなってきており、最近になってようやく安全性の高い大型リチウムイオン電池が生産されるようになった。そのため、2009 年は「電気自動車元年」と言われており、大型リチウムイオン電池の市場も立ち上がり始めている⁸⁾。

このような流れの中で、今後、中型・大型リチウムイオン電池の市場が拡大していくと考えられる。さらに、従来の携帯機器向けの市場も縮小することなく、ノートパソコン向けを中心に市場が大きくなると予想されている⁸⁾。

<ニッケル水素電池>

ニッケル水素電池は、正極にオキシ水酸化ニッケル、負極に水素吸蔵合金、電解液にアルカリ水溶液を使用した電池である。公称電圧は 1.2V で、ニカド電池と互換性がある。ニッケル水素電池には、カドミウムが使用されておらず、ニカド電池の約 2 倍のエネルギー密度を有することから、ニカド電池からの代替が進められてきた。また一次電池からの代替も進んでいるが、一方ではより高性能なリチウムイオン電池への代替も進んでいる。

ニッケル水素電池は、さまざまな用途に使用されており、民生用機器だけでなく、産業用などでも多く採用されている。主な用途として、コードレス電話、コードレス掃除機、充電式電動工具、電動シェーバーなどが挙げられる。

また近年では、瞬間的な大電流をとりだすことが可能で、リチウムイオン電池ほど危険性が高くないことから、ハイブリッド自動車に搭載され、大型用途の電池も本格量産となっている。ハイブリッド自動車

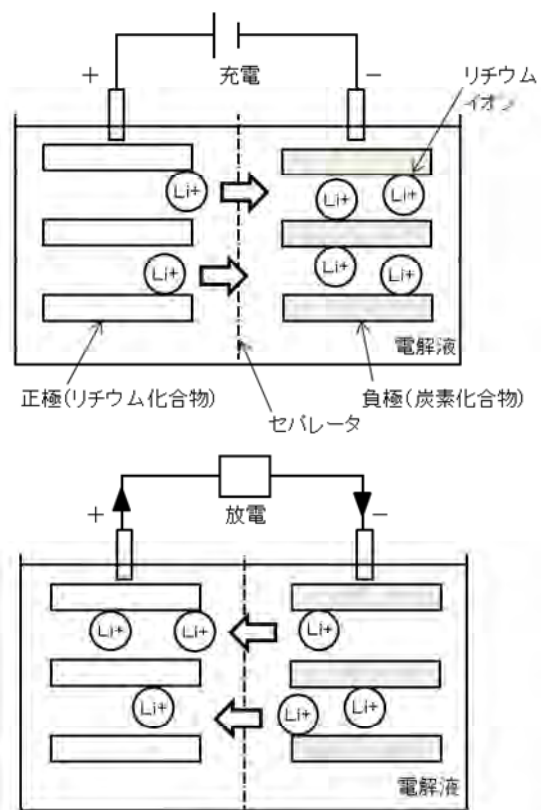


図 5.2-1 リチウムイオン電池の原理

の生産拡大に合わせて、大型ニッケル水素電池の市場は大きく拡大している⁹⁾。

＜特殊鋼＞

鉄鋼材料は、普通鋼と特殊鋼に大別される。普通鋼とは、炭素以外におよそ 0.05%以下のリン、硫黄と、製鋼において必要マンガン、ケイ素、アルミニウムなどをわずかに含む鋼のことである。特殊鋼は、普通鋼以外の鋼のことを指し、鉄に炭素以外の様々な元素を加えた合金鋼などのことで、主なものとして、構造用特殊鋼、特殊用途用特殊鋼、工具用特殊鋼の 3 種がある¹⁰⁾。

鉄に加える元素によって、鋼材の特性を異なったものに変化させることができ、目的に合わせてさまざまな元素が添加される。コバルトは、鋼材に高温下での耐軟化性をもたせるために添加される。コバルトを含む鋼材の例としては、高速度鋼（高温下で高速でカッティングできる切削工具）や耐熱鋼などが挙げられる。

＜超硬工具＞

超硬工具とは、超硬合金を使用した工具の総称で、金属の切削に用いられる切削工具のほかに、力を加えて変形させることで材料を目的の形に加工する塑性加工工具、鉱山開発や土木、建設などに用いられる鉱山土木工具などがある¹¹⁾。超硬工具は、金属の切削加工や金型など、高温下での硬度や耐摩耗性が要求される分野で使われる。超硬工具に用いられる超硬合金は、炭化タングステンにコバルト粉末を結合剤（バインダ）として加えることでつくられるものが代表的である。

＜管板棒線＞

管板棒線とは、金属原料や合金原料が製品化される前段階で、管、板、棒、線の各種形状に成型されたものを指す。コバルトを合金の添加剤として用いることで、高温下での硬度や耐摩耗性、耐酸化性を有するため、耐久性の必要なさまざまな部材に用いられている。

＜磁性材料・触媒＞

コバルトは、磁性を示すため、永久磁石等の磁性材料に用いられている他、触媒として石油精製時の脱硫触媒等に用いられている⁴⁾。

5.3 カドミウムとコバルトのサブスタンスフロー解析（SFA）

5.3.1 SFA の概要

1) SFA の概要

サブスタンスフロー解析（SFA : substance flow analysis）とは、空間と時間で定義されたあるシステム内（国や地域など）における、投入量、排出量、蓄積量について、定量的に分析して、モデル化することに主眼を置く手法である。SFA はマテリアルフロー解析（MFA : material flow analysis）に包含される分析手法である。MFA は製品、天然資源、廃棄物等の流れの収支バランスを把握して、分析する手法であるのに対し、SFA は製品中の重金属類や有害物質といった微量成分に着目して、製品等のフローとその中における有害物質等のフローの位置づけを解析することを主眼としている¹²⁾。

2) 本 SFA の目的及び推定方法

一般的な SFA の目的は、ある特定の化学物質に着目して、投入、排出、蓄積の挙動を把握、分析することである。本研究では、二次電池に含まれるカドミウムとコバルトについて、小形二次電池内蔵製品を含めた挙動の推定を行う。また、自動車や自転車の大型電池についても、電池の統計データに含まれているため、一部、本推定の対象となっている。本 SFA では、最終製品に組み込まれた小形二次電池の挙動を把握することで、環境影響評価やリスク抑制・資源循環策の検討に結び付けることを大きな目的としている。

本研究における SFA の対象物質はカドミウムとコバルトとし、システム境界は日本とした。ここでは、日本から国外への輸出及び、国外からの日本への輸入も SFA の対象とした。

カドミウムについては 2001 年から 2010 年、コバルトについては 2002 年から 2010 年の期間を対象に SFA を実施した。本研究で、調査対象とした製品及び、ライフサイクルの各段階を表 5.3-1、表 5.3-2 に示

した。

表 5.3-1 調査対象としたカドミウム使用製品とライフサイクル

		原料段階	中間製品段階					最終製品段階				
		Cd	NiCd電池	顔料	合金	めっき	その他	NiCd電池 内蔵製品	顔料	合金	めっき	その他
Input	年初在庫	○	○					○				
	国内生産	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	国外生産	○	○					○				
Output	国内販売	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	国外販売	○	○					○				
	年末在庫	○	○					○				

表 5.3-2 調査対象としたコバルト使用製品とライフサイクル

		原料段階	中間製品段階							最終製品段階
		Co	Li-ion電池	Ni-MH電池	特殊鋼	超硬工具	触媒	管板棒線	磁性材料	その他 Li-ion電池 内蔵製品
Input	年初在庫	○	○							○
	国内生産	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	国外生産	○	○							○
Output	国内販売	○	○							○
	国外販売	○	○							○
	年末在庫	○	○							○

＜原料段階における推定方法＞

カドミウムについては、国内需給表²⁾を用いた。需給表には、カドミウムの生産、輸出入、需要の内訳データのすべてが搭載されており、これをそのままフローに反映させた。

コバルトについては、コバルト使用製品をすべて網羅している需給表が得られなかったため、それぞれ別々の統計データから需給表を作成した。主に鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計の値を用い、輸出入量については貿易統計、二次電池への需要については機械統計を用いて推定を行った。

＜中間製品段階及び、最終製品段階における推定方法＞

中間製品とは、製造の中間工程でつくられるもののことで、電池のように最終製品に組み込まれるものや、最終製品の製造に用いられもののことである。カドミウムフローでは、単体としてのニカド電池だけでなく、顔料、合金、めっき、その他カドミウム使用製品も、中間製品として考えている。

ここでは、得ることのできた統計データの違いから、2つの推定方法を用いている。単体としての電池及び、電池内蔵製品については、次に示す推定方法 A-1~A-3 を、それ以外の製品については、推定方法 B を用いて推定を行った。

＜推定方法 A-1＞

電池及び電池内蔵製品については、貿易統計の輸出入量データ及び、機械統計の生産量・販売量・在庫量のデータが得られた製品については、次に示す推定方法を用いた。

まず注意すべき点は、貿易統計における輸入量データは、機械統計の対象となっている企業により輸入販売されるものだけでなく、機械統計の対象となっていない輸入業者等により直接販売されるものも含まれるという点である。つまり、貿易統計における輸入量データの一部は、機械統計では計上されていないことになる。そこで、貿易統計の輸入全量の中で直接販売の占める割合を、直接販売された比率 $x(\%)$ として、ある t 年における各インベントリを次の式で推定した。また、貿易統計において輸出量として計上されているものは、すべて国外において販売されるものとした。

$$SST \text{ (年初在庫)} = st_{t-1}$$

$$DP \text{ (国内生産)} = p_t - (1-x) \cdot i_t$$

$$FP \text{ (輸入)} = i_t$$

$$DS \text{ (国内販売)} = st_t - e_t + x \cdot i_t$$

$$FS \text{ (輸出)} = e_t$$

$$EST \text{ (年末在庫)} = st_t$$

p_t, st_t, st_t : 機械統計における生産量、販売量、在庫量

e_t, i_t : 貿易統計における輸出量、輸入量

直接販売比率 $x(\%)$ は次のようにして算出した。フローにおける国内への流入量と国外への流出量は等し

くなるとすると、次の式が成り立つ。

$$DP + FP + SST = DS + FS + EST$$

この式を変形すると、

$$DS = DP + FP + SST - FS - EST$$

となる。上式で、左辺の国内販売量（直接販売を含む）が、右辺の値に近くなるようにして、直接販売比率 x (%) を設定した。

これらの各統計値の関係性について、図 5.3-1 に示した。

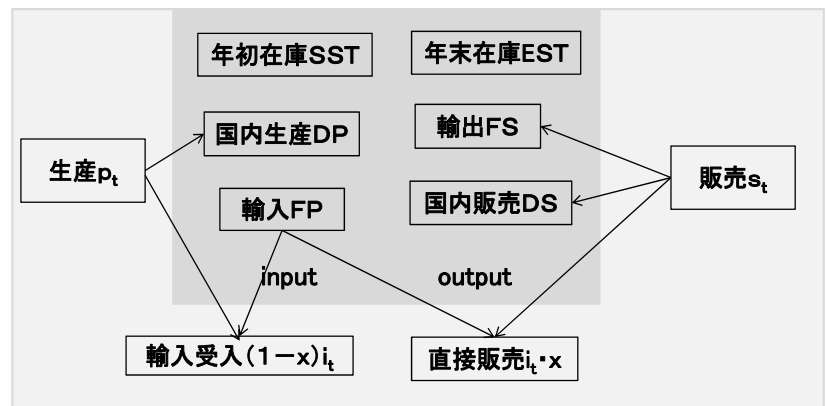


図 5.3-1 各統計値の関係性

＜推定方法 A-2＞

推定方法 A-1 で、機械統計に生産量のデータのみが掲載されていて、販売量と在庫量のデータが得られなかった製品については、販売量と在庫量の推定を行った。

まず在庫量については、その製品と類似した製品の生産量と在庫量の比率を用いることによって推定し、こうして求めた在庫量の推定値を用いて販売量の推定を行った。直接販売比率 x (%) の設定方法と同様に、フローにおける収支を考えると、生産量は、販売量と蓄積量の和に等しくなるから、次の式が成り立つ。

$$p_t = s_t + st_t - st_{t-1}$$

ただし、機械統計における、受入量（同一企業内の他工場から受け入れる等）とその他出荷（同一企業内の他工場に出荷する等）がほぼ等しい値であると仮定している。

上の式を変形して、販売量は

$$s_t = p_t + st_{t-1} - st_t$$

と計算することができる。

このようにして得た、販売量と在庫量の推定値を用いて、推定方法 A-1 と同様の計算を行った。これを推定方法 A-2 とする。

＜推定方法 A-3＞

貿易統計や機械統計に項目が存在しない製品については、その製品を含む項目等から、輸出入量データ及び、生産量・販売量・在庫量データの推定を行った。このような推定値を用いて、推定方法 A-1 と同様の計算を行った場合、推定方法 A-3 として区別した。

＜推定方法 B＞

電池使用製品以外の製品については、貿易統計・機械統計からは、製品使用の内訳が把握できなかった。そこで、カドミウムフローについては、原料段階で使用したカドミウムの国内需給表の製品への使用内訳（内需）を用いて推定を行った。ここでは、原料のすべてが国内での製品製造に用いられ、国内で販売されるものと仮定している。つまり、在庫量や輸出入量はないものとして、国内販売量についてのみ推定を行った。

しかし、コバルトフローについては、二次電池以外のコバルト使用製品の内訳が小さくないことや製品の特性から、在庫量や輸出入量を見逃したフローは適切でないと判断した。また、ニッケル水素電池についても、二次電池以外のコバルト使用製品と同程度の需要量であったことを踏まえて、中間製品段階以降では、リチウムイオン電池とリチウムイオン電池使用製品に限定したフローを作成し、それ以外の製品についてはフローに記載していない。

＜使用・排出段階及び、廃製品段階における推定方法＞

消費者による製品使用後のフローを推定するに当たって、本研究では、その年の国内販売量と排出量が等しいと仮定している。つまり、消費者の製品購入がすべて買い替えによるものであるとした。

使用済み製品の排出ルートについては、全量が回収・廃棄・退蔵の3つのいずれかのルートに移行するとした。廃棄ルートに関しては、より詳しいルートに分けて考えている。

次に、本研究で対象とする製品使用後の排出ルート及び、各ルートへの移行率の推定方法の概要を、それぞれ図 5.3-2 及び表 5.3-3 に示した。

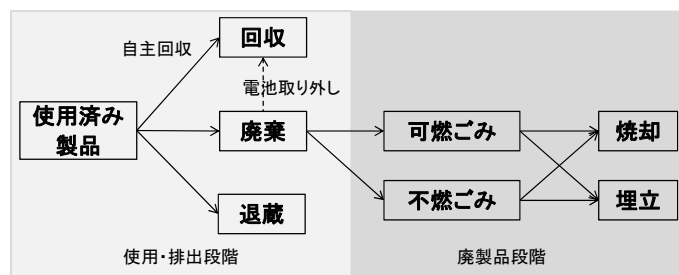


図 5.3-2 使用済み製品の流れ

表 5.3-3 各ルートへの分配率の推定方法

	Cd	Co
回収	アンケート調査	リサイクル実績値とアンケート調査を併用
廃棄/退蔵	アンケート調査	アンケート調査
可燃ごみ/不燃ごみ	アンケート調査	アンケート調査
焼却/埋立	文献値	文献値

回収ルートへ移行する製品のうち、携帯電話とノートパソコンについては、法人により自主回収が行われている。公表されているリサイクル実施状況から、携帯電話については電池の回収量を、ノートパソコンについては本体の回収量（電池を含む）を把握することができた¹³⁻¹⁴。それ以外の製品については、製品廃棄時の電池取り外しの実施についてのアンケート調査結果のみを用いて、回収量の推定を行った。このようにして、最終製品のフローから電池の回収量の推定を行ったが、実際の回収量はJBRCにより公表されているため、フローにはそちらの数値を用いた。

製品から取り外されずに廃棄ルートへ移行した電池については、可燃ごみまたは不燃ごみのどちらかのルートへ移行し、その後、直接埋め立てまたは焼却のどちらかのルートへ移行したと考えた。それぞれのルートへの移行率については、主にアンケート調査から推定を行った。

一部アンケート調査を行っていない製品については、他製品のアンケート調査結果や文献値等から移行率を設定している。

5.3.2 カドミウムのサブスタンスフロー

1) 各段階での推定方法について

<原料段階における推定方法>

カドミウムの原料段階におけるフロー推定には、財団法人金属鉱山会・日本鉱業協会が公表しているカドミウム需給表を用いた。この需給表には、見掛け値と報告値の2つの内需のデータが掲載されている。見掛け値とは、供給側の報告を基に作成されているので、消費者側の報告を基に作成した報告値よりも、実需に近いと推測される。しかし、製品ごとの需要内訳については、報告値をベースとしたものが需給表に掲載されている。そこで、この製品ごとの需要量の比を、見掛け値に掛けることで、見掛け値ベースの製品ごとの需要内訳を算出し、これを補正值としてフロー推定に使用した。実際には、見掛け値と報告値との差分はいくつかの製品に偏っている可能性も考えられるが、近年になるほど差分は小さくなっていることもあり、現状ではこのような計算を行った。補正前と補正後の国内需給表を表 5.3-4、表 5.3-5 に示した。

表 5.3-4 カドミウムの国内需給表（単位：kg-Cd/年）

暦年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
期初在庫	243,766	502,719	340,768	458,804	177,347	451,459	574,576	319,584	350,415	359,058
生産	2,467,547	2,426,153	2,496,118	2,160,012	2,247,973	2,430,106	2,090,926	2,249,347	2,127,598	2,340,876
輸入	2,463,148	2,818,694	3,819,775	2,626,077	3,072,028	1,743,592	1,455,240	1,724,621	385,105	255,000
供給計	5,174,461	5,747,566	6,656,661	5,244,893	5,497,348	4,625,157	4,120,742	4,293,552	2,863,118	2,954,934
内需(見掛け値)	4,650,302	5,371,638	6,062,157	4,815,847	4,665,098	3,102,632	2,953,920	3,324,631	1,098,738	1,802,634
内需(報告値)	2,208,594	2,588,104	2,378,082	2,441,469	1,934,133	2,046,891	2,016,236	1,996,863	1,264,917	1,915,805
電池	2,026,737	2,436,956	2,210,845	2,363,101	1,868,821	1,970,268	1,907,194	1,916,847	1,237,956	1,881,972
顔料	2,759	3,665	1,607	4,004	2,003	0	40,028	50,539	9,985	0
合金	40,029	31,803	27,298	35,767	18,883	12,649	10,651	13,385	5,261	1,251
塩ビ安定剤	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
めっき	555	988	3,396	718	631	591	467	585	325	195
その他	138,514	114,692	134,936	37,879	43,795	63,383	57,896	15,507	11,390	32,387
輸出	21,440	35,160	135,700	251,699	380,791	947,949	847,238	618,506	1,405,322	854,574
期末在庫	502,719	340,768	458,804	177,347	451,459	574,576	319,584	350,415	359,058	297,726

表 5.3-5 補正後のカドミウムの国内需給表（単位：kg-Cd/年）

暦年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
期初在庫	243,766	502,719	340,768	458,804	177,347	451,459	574,576	319,584	350,415	359,058
生産	2,467,547	2,426,153	2,496,118	2,160,012	2,247,973	2,430,106	2,090,926	2,249,347	2,127,598	2,340,876
輸入	2,463,148	2,818,694	3,819,775	2,626,077	3,072,028	1,743,592	1,455,240	1,724,621	385,105	255,000
供給計	5,174,461	5,747,566	6,656,661	5,244,893	5,497,348	4,625,157	4,120,742	4,293,552	2,863,118	2,954,934
内需(見掛け)	4,650,302	5,371,638	6,062,157	4,815,847	4,665,098	3,102,632	2,953,920	3,324,631	1,098,738	1,802,634
内需(報告値)	2,208,594	2,588,104	2,378,082	2,441,469	1,934,133	2,046,891	2,016,236	1,996,863	1,264,917	1,915,805
電池	4,267,391	5,057,929	5,635,842	4,661,263	4,507,567	2,986,488	2,794,166	3,191,410	1,075,319	1,770,799
顔料	5,808	7,606	4,098	7,898	4,833	0	58,644	84,143	8,673	0
合金	84,282	66,007	69,588	70,552	45,545	19,174	15,606	22,285	4,570	1,177
塩ビ安定剤	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
めっき	1,167	2,052	8,657	1,416	1,521	897	685	974	282	184
その他	291,648	238,044	343,979	74,718	105,632	96,073	84,822	25,819	9,894	30,474
輸出	21,440	35,160	135,700	251,699	380,791	947,949	847,238	618,506	1,405,322	854,574
期末在庫	502,719	340,768	458,804	177,347	451,459	574,576	319,584	350,415	359,058	297,726

＜中間製品・最終製品段階における推定方法＞

フローを推定するに当たって、ニカド電池使用製品については、前述の推定方法 A-1~A-3 を、それ以外のカドミウム使用製品については、推定方法 B を用いて推定を行っている。ニカド電池使用製品の使用統計情報と推定方法について、表 5.3-6 に示した。

表 5.3-6 ニカド電池使用製品の統計情報と推定方法

	機械統計			貿易統計	推定方法
	生産量	販売量	在庫量	輸出入量	
ニカド電池	統計値	推定値	統計値	統計値	A-1
充電式電動工具	推定値	推定値	推定値	推定値	A-3
充電式電動シェーバー	統計値	推定値	統計値	統計値	A-1
コードレスホン(電話機子機)	統計値	推定値	推定値	統計値	A-2
コードレスホン(FAX子機)	統計値	推定値	統計値	統計値	A-1
コードレスクリーナー	統計値	推定値	推定値	推定値	A-2
顔料	—	統計値※	—	—	B
合金	—	統計値※	—	—	B
塩ビ安定剤	—	統計値※	—	—	B
めっき	—	統計値※	—	—	B
その他	—	統計値※	—	—	B

※表 5.3-5 のカドミウムの需給表の補正値を使用

推定方法 B を用いたその他のカドミウム使用製品については、輸出入が行われず、国内で生産されたものが全て国内で消費されると仮定している。そのため、フロー推定に当たっては、販売量のみを考えている。

次に、このようにして統計値や推定値から得た各製品数から、カドミウム量へと換算することを考える。そのためには、まず、各製品のニカド電池採用率を推定する必要がある。さらに、製品当たりで使用されているニカド電池のセル数、ニカド電池のセル当たりのカドミウム含有量を推定して、製品数にこれらの数値をそれぞれ掛けることで、カドミウム量に換算することができる。

カドミウム量 (Cd-kg) = 製品数 (unit) × 製品のニカド電池採用率 (%)

× 製品当たり使用セル数 (cell/unit) × セル当たりカドミウム量 (Cd-kg/cell)

ここで、セルという単位は、単電池一つを意味する。対象とするニカド電池使用製品における、製品当たり使用セル数については、宮島¹⁵⁾の値を用いた。各製品へのニカド電池の採用率については、文献^{9,16)}の数値を参考に、2006年以前と2007年以降で異なる値を使用している。それぞれ使用した統計値を表 5.3-7 に示した。

表 5.3-7 ニカド電池使用製品の使用統計値

	充電式電動工具	充電式電動シェーバー	コードレスホン	コードレスクリーナー
推定製品当たりセル数	36	1.5	4	10
推定採用率(～2006年)	76%	50%	83%	80%
推定採用率(2007年～)	64%	50%	38%	80%

また、ニカド電池のセル当たりのカドミウム含有量は、宮島¹⁷⁾の値を用い、8.6gとして計算した。

上記の4製品以外のニカド電池使用製品については、その他のニカド電池使用製品と一括りにして、次の方法で推定した。まず、国内で単体販売されるニカド電池は、国内出荷量の約3%である¹⁸⁾ことから、最終製品に組み込まれて販売されるニカド電池量を推定した。そこから、4製品に組み込まれて販売されるニカド電池量を引いたものを、4製品以外の製品に組み込まれているニカド電池量とした。また、推定に用いる使用統計値については、4製品の平均を用いた。

<使用・排出段階における推定方法>

ニカド電池使用製品本体については、ノートパソコンや携帯電話のように、法人等の製品回収によるリサイクル実績が得られなかったため、使用済み製品本体は、廃棄ルートと退蔵ルートのいずれかへ移行するものとした。また、廃棄ルートへ移行する製品のうち、電池が取り外されているものは、回収されると仮定して、回収量を推定した。

廃棄への移行率及び、回収への協力率（電池取り外し率）は、宮島によるアンケート調査等から推定している。アンケート調査を実施していない製品については、他製品のアンケート調査結果や文献値¹⁸⁾から推定している。

廃棄・退蔵への移行率及び、回収への協力率の推定結果と推定方法を、次の表5.3-8、表5.3-9に示した。

表 5.3-8 ニカド電池使用製品の廃棄・退蔵への移行率

	廃棄移行率	退蔵移行率	推定方法
充電式電動工具	10%	90%	文献値から推定
充電式電動シェーバー	40%	60%	アンケート調査
コードレスホン	27%	73%	アンケート調査
コードレスクリーナー	26%	74%	アンケート調査
その他ニカド電池内蔵製品	26%	74%	上記4製品の平均値
ニカド電池(単体販売)	26%	74%	上記4製品の平均値
顔料	100%	0%	退蔵されないと仮定
合金	100%	0%	退蔵されないと仮定
めっき	100%	0%	退蔵されないと仮定
その他	100%	0%	退蔵されないと仮定

表 5.3-9 ニカド電池使用製品の回収協力率

	回収協力率	推定方法
充電式電動工具	12%	下記3製品の平均値
充電式電動シェーバー	8%	アンケート調査
コードレスホン	19%	アンケート調査
コードレスクリーナー	10%	アンケート調査
その他ニカド電池内蔵製品	25%	電池工業会の回収率
ニカド電池(単体販売)	12%	上記4製品の平均値
顔料	0%	回収されないと仮定
合金	0%	回収されないと仮定
めっき	0%	回収されないと仮定
その他	0%	回収されないと仮定

<廃製品段階における推定方法>

製品から取り外されずに廃棄ルートへ移行した電池は、可燃ごみ、不燃ごみのいずれかに移行するとし、それぞれのルートへの移行率は、表5.3-10の宮島によるアンケート調査等による暫定値を使用した。

表 5.3-10 ニカド電池使用製品の可燃ごみ・不燃ごみへの移行率

	可燃ごみ	不燃ごみ
充電式電動工具	5%	95%
充電式電動シェーバー	16%	84%
コードレスホン	18%	82%
コードレスクリーナー	8%	92%
その他ニカド電池内蔵製品	10%	90%
ニカド電池(単体販売)	12%	88%
顔料	50%	50%
合金	30%	70%
めっき	30%	70%
その他	50%	50%

可燃ごみ及び、不燃ごみへ移行した廃製品は、ごみ処理施設で処理された後、直接埋め立てられるか、焼却処理される。可燃ごみと不燃ごみの、焼却・直接埋立への移行率については、宮島¹⁷⁾による設定値を使用した。

表 5.3-11 ごみの種類による焼却及び直接埋立への移行率

	焼却	直接埋立
可燃ごみ	80%	20%
不燃ごみ	50%	50%

2) カドミウムフローの推定結果と各段階での考察

日本におけるカドミウムフローの推定結果を、2001 年、2006 年、2010 年に分けて、図 5.2-3～5 に示した。

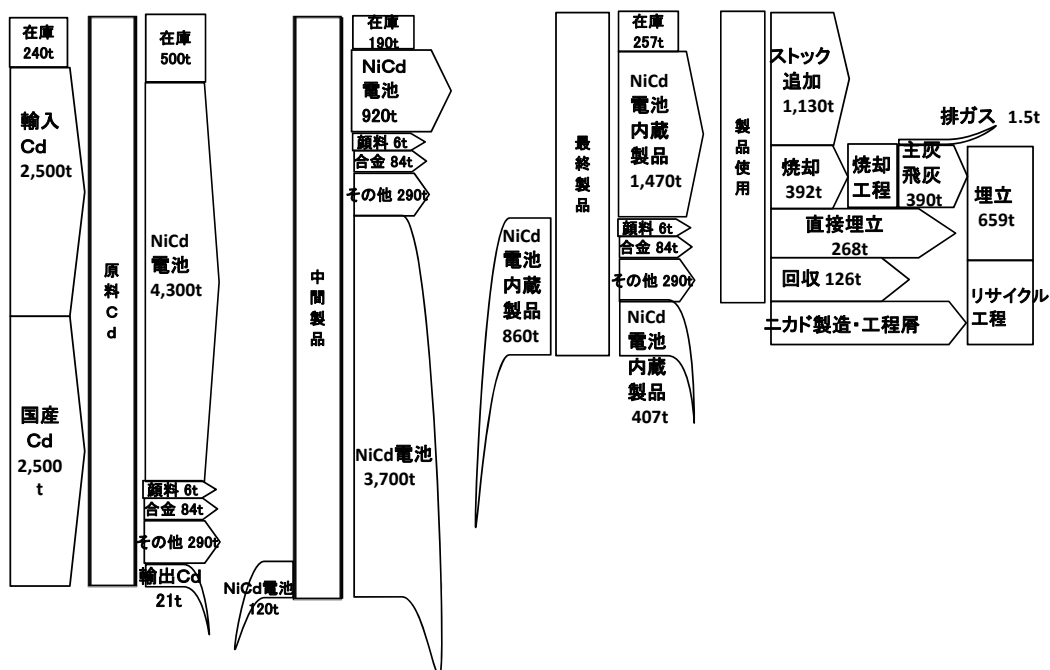


図 5.3-3 日本における 2001 年のカドミウムフローの推定結果

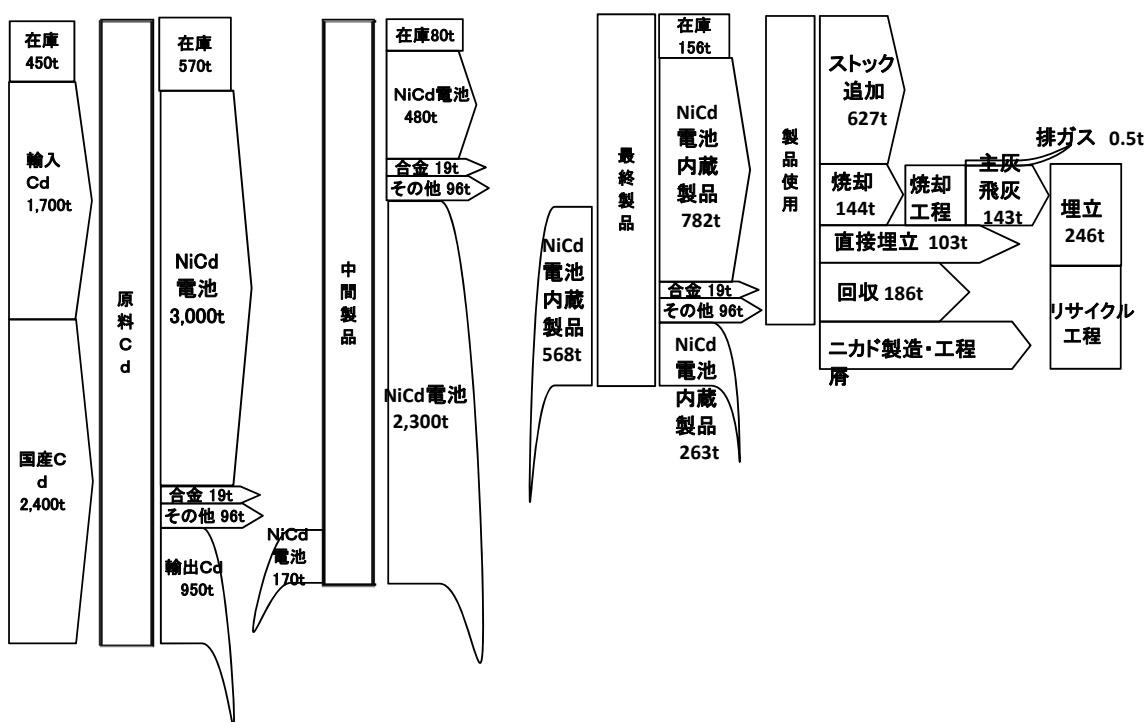


図 5.3-4 日本における 2006 年のカドミウムフローの推定結果

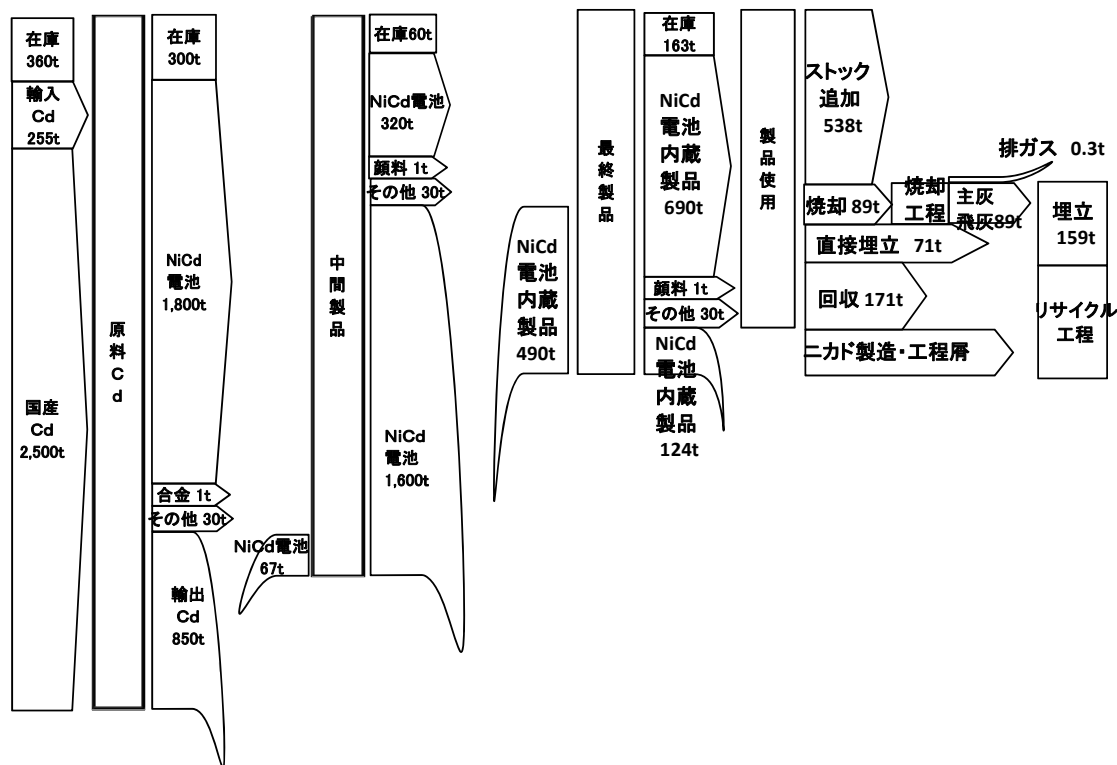


図 5.3-5 日本における 2010 年のカドミウムフローの推定結果

＜フロー全体の特徴＞

国内におけるカドミウムフローの大部分は、ニカド電池及び、ニカド電池内蔵製品で占められている。カドミウムの原料調達は、国内生産と海外からの輸入の両方から賄われているが、近年は主に国内生産によって賄われている。

国内で生産されたニカド電池の大半が、中間製品として主に海外へ輸出されていることが特徴的である。また、ニカド電池内蔵製品については、国内生産と同程度の量が輸入されており、その多くが国内で販売されていることが分かる。製品使用後は、過半数がストックとして退蔵されており、残りの多くは焼却・直接埋立が多くを占めていたが、近年では回収と同程度となっている。

＜原料段階の推定結果の考察＞

2001 年から 2010 年にかけて、日本におけるカドミウムの原料段階でのフローは、非常に特徴的な変化が見られた。

カドミウムは、国内で亜鉛製錬の副産物として生産されており、不足分を海外からの輸入により調達している。この 10 年間で、国内生産はおよそ 2,500t でほぼ横ばいであるのに対し、カドミウムの輸入量が 2,500t から 255t と大きく減少しているのは、国内のニカド電池の生産量が、カドミウム換算で 4,300t から 1800t と大きく減少したためである。

図 5.3-6 に、2001 年から 2010 年にかけての、カドミウムの輸入量とニカド電池向けのカドミウムの需要量の推移を示した。

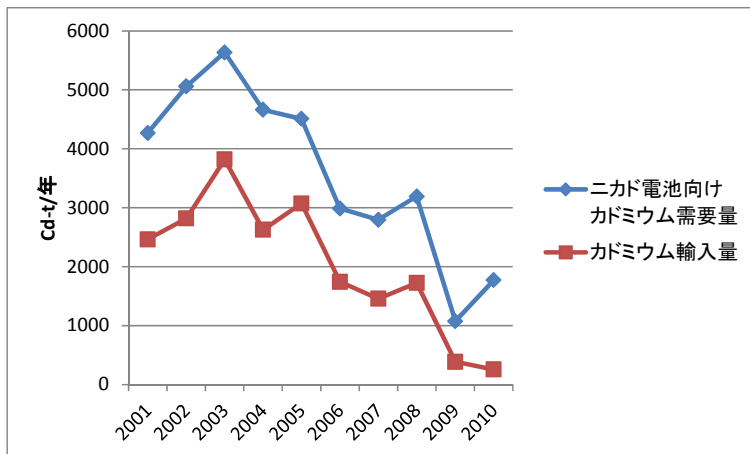


図 5.3-6 カドミウムの輸入量とニカド電池向けカドミウム需要量

2003 年以降、国内のニカド電池の生産量が大きく減少した理由には、国内でのニカド電池需要量が大きく減少したことに加えて、国内のニカド電池工場が中国へ移転した¹⁶⁾こと等が挙げられる。

そのため、2001 年には 21t とわずかであったカドミウムの輸出量は、2010 年には 850t と大きく増加している。カドミウムの輸出量と輸出先の推移を図 5.3-7 に示した。

近年では、中国以外にもインドやオランダなどに輸出されているが、これは国内で余剰になったカドミウムが輸出されているものと思われる。

カドミウムは、国内の亜鉛製錬の副産物として生産されるので、亜鉛の生産が続く限り、副次的にカドミウムが生産され続ける。国内における亜鉛の生産量¹⁹⁾を図 5.3-8 に示した。

国内の亜鉛生産量は、減少傾向にあるものの、それほど大きくは減少していない。一方で、国内では前述の通り、カドミウムの需要量は急激に減少しており、この傾向は今後も続くと思われる。そのため、今後、余剰なカドミウムは増加していく見込みで水銀等の有害金属のように、永久保管等の対処を検討する必要性が出てくる可能性がある²⁾。

<中間製品・最終製品段階の推定結果の考察>

2001 年から 2010 年にかけて、中間製品・最終製品段階のフローでは、特に中間製品である単体としてのニカド電池の輸出量が、3,700t から 1,600t と大きく減少している。これが先程の原料段階における、国内のニカド電池の生産量の減少に大きく寄与している。

日本のニカド電池の輸出量の減少を考えるために、日本のニカド電池の輸出量及び、世界のカドミウムの消費量の推移を、図 5.3-9 に示した。

この図からは、2006 年以降は、世界のカドミウムの消費量は増加傾向であることが分かる。これには、カドミウムの主用途であるニカド電池の需要量が、アジアを中心に増加傾向にある²⁾ことが影響しており、2006 年以降の日本のニカド電池の輸出量の減少を説明できない。

そこで、日本に代わって、他の国によるニカド電池の輸出量が増加している可能性が考えられ、とくに中国の存在は非常に大きいと思われる。中国はカドミウムの生産・消費ともに世界第 1 位であり²⁾、2005 年以降については数値が公表されていないが、亜鉛生産の増加から、カドミウム生産・消費も、増加傾向にあると推定される。

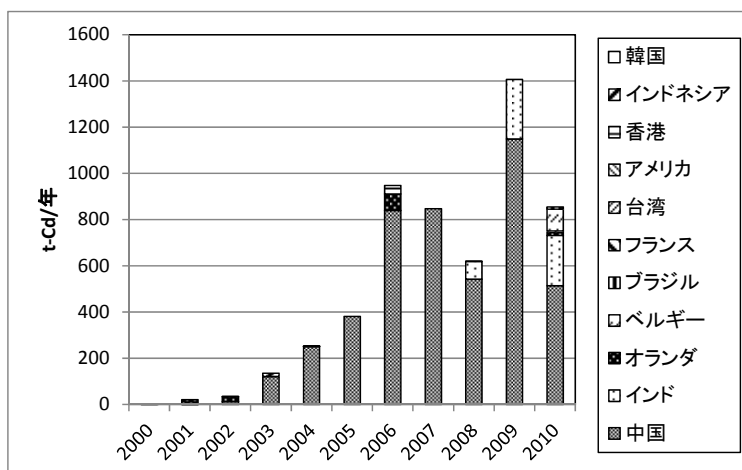


図 5.3-7 カドミウムの輸出量
(HS コード HS 8107.20-000)

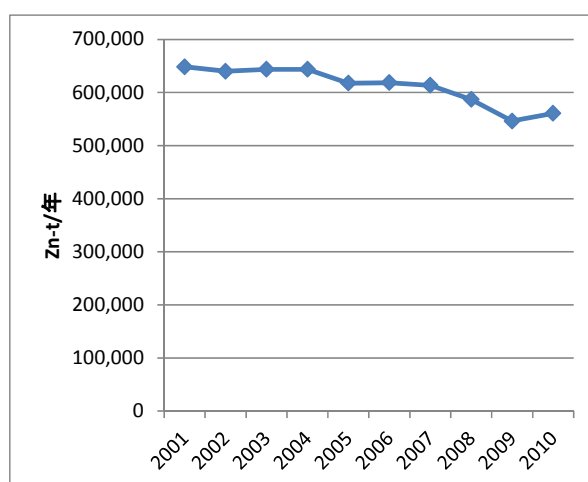


図 5.3-8 亜鉛の国内生産量

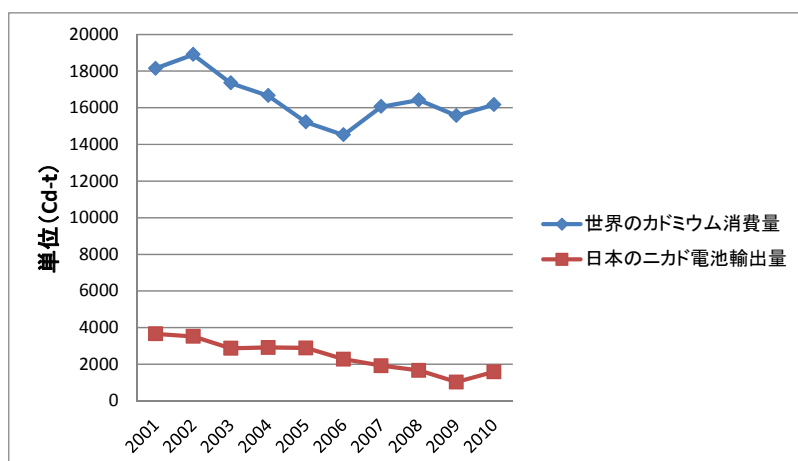


図 5.3-9 日本のニカド電池の輸出量と
世界のカドミウム消費量

よって、中国によるニカド電池の生産も増加傾向である可能性が高いと思われる、これにより、日本の輸出量が減少した可能性があるのではないかと推察した。

また、2001年から2010年にかけて、ニカド電池の輸出量だけでなく、国内需要量も920tから320tと、約3分の1に縮小しており、最終製品であるニカド電池内蔵製品の国内需要が1,470tから690tへと大きく減少したことを受けた結果となった。

＜使用・排出段階及び、廃製品段階の推定結果の考察＞

ここまで見てきたように、2001年から2010年にかけて、カドミウムフローは全体的に縮小しており、使用・排出段階のフローも半分以下に縮小する結果となった。特に埋立量については、659tから159tへと大きく減少している。これは、国内ではニカド電池以外の製品には、カドミウムが使用されなくなってきたおり、そのため国内需要が380tから31tへと激減したことが影響している。ニカド電池以外の製品は、回収も退蔵もされずに廃棄されると仮定しているため、需要量の減少分がそのまま埋立量の減少につながる推定結果となった。

フローが全体的に縮小している中で、カドミウムの回収量は126tから171tと唯一増加している。この値は、本研究で電池の取り外し協力率等から推定したものではなく、JBRCによるニカド電池の回収量に、カドミウム含有比率を20%乗じることで推定したものである。

次の表5.3-12、表5.3-13に、両者の推定結果を示した。両者を比較すると、JBRCによる実際の回収量が、本研究での推定結果を大きく上回っていることが分かった。

表 5.3-12 カドミウムの回収量の推定結果 (t-Cd/年)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
充電式電動工具	3.92	3.97	4.26	4.21	4.20	4.03	3.40	3.50	2.81	2.38
充電式電動シェーバー	1.68	1.86	1.89	1.70	0.92	0.91	1.18	1.13	1.23	1.35
コードレスホン	9.45	8.12	6.58	5.35	5.88	4.93	1.72	1.11	1.52	1.66
コードレスクリーナー	3.12	2.97	2.50	1.73	2.08	2.07	1.56	1.63	1.44	1.37
その他NiCd内蔵製品	48.10	38.60	30.61	35.92	9.61	14.58	12.75	6.71	21.42	22.68
NiCd一次製品のまま販売	1.40	1.23	1.09	1.10	0.70	0.75	0.59	0.50	0.67	0.66
合計	67.68	56.74	46.92	50.01	23.38	27.26	21.20	14.57	29.09	30.11

表 5.3-13 JBRCによるカドミウム回収量の推定結果

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
JBRCニカド電池回収量(t)	834	888	975	947	931	1030	984	984	856
カドミウム換算値(t-Cd/年)	166.8	177.6	195.0	189.4	186.2	206.0	196.8	196.8	171.2

本研究では、消費者による購入はすべて買い替えによるものと仮定しているが、最終製品購入から、使用済みとなった製品が回収ルートに排出されるまでにタイムラグがあることが、一因として考えられる。電池工業会によると、小形二次電池は、もう使えないかどうか分からない等の理由により、製品寿命後も直ちに排出されず、排出までに約8年のタイムラグがあるとされている。しかし、例えば2002年の回収量の推定結果は56.74tであるが、8年後の2010年におけるJBRCによる実際の回収量は196.8tであり、まだ3倍以上の差異が見られることになる。これについては、

- ・ 退蔵からの廃棄を考慮していないことによる過少評価の可能性
- ・ 退蔵へのフロー（移行率）が過大評価になっている可能性
- ・ 回収協力率（ここでは取り外し率に等しいと仮定）が過少評価になっている可能性

などが考えられ、今後の検証課題と考えられる。

5.3.3 コバルトのサブスタンスフロー

1) 各段階での推定方法について

<原料段階における推定方法>

原料コバルトの輸出量・輸入量については、表 5.3-14 の貿易統計から得られる情報をもとに推定を行った。用いた統計情報のうち、コバルトの酸化物・水酸化物については、それぞれコバルト含有比を算出して乗じることにより推定した²⁰⁾。輸出量については、酸化物と水酸化物が一括りになっていたため、コバルト含有比については両者の平均値を使用した。コバルトのマット・塊・粉及び、くず、その他については、コバルト含有比率を 100%として計算した。

表 5.3-14 コバルトの輸出入量の推定に用いた貿易統計上のデータ

Co輸出	Co輸入
HS8105.20-000 マット・塊・粉	HS8105.20-000 マット・塊・粉
HS8105.30-000 くず	HS8105.30-000 くず
HS8105.90-000 その他	HS8105.90-000 その他
HS2822.00-000 酸化物・水酸化物(×0.684で算出)	HS2822.00-090 水酸化物(×0.634で算出)
	HS2822.00-010 酸化物(×0.734で算出)

コバルトの輸出入量以外の推定には、主に経済産業省の鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計²¹⁾を用いたが、この中には二次電池向けの需要が含まれていない。そこで、二次電池については、機械統計の生産量に、単位重量及び、コバルト含有比率 19.6%を乗じることで算出した。これは、4 章 1 節にて測定した PC 用リチウムイオン電池のコバルト平均濃度(16%)と携帯電話用リチウム電池のコバルト平均濃度(23%)の平均として求めた。欧州の報告書では 18%²²⁾と類似しており、妥当と考えた。単位重量は、貿易統計において把握できる年ごとの二次電池の輸出入の個数と重量から算出した。このようにして作成したコバルトの国内需要を表 5.3-14 に示した。

<中間製品・最終製品段階における推定方法>

中間製品段階以降のフローでは、その他のコバルト使用製品については考えず、リチウムイオン電池使用製品のみを対象とした。まず、リチウムイオン電池使用製品の使用統計情報と推定方法について、表 5.3-15 に示した。

表 5.3-15 リチウムイオン電池使用製品の統計情報と推定方法

	機械統計			貿易統計		推定方法
	生産量	販売量	在庫量	輸入量	輸出量	
リチウムイオン電池	統計値	推定値	統計値	推定値※	統計値	A-1
携帯電話	統計値	推定値	統計値	統計値	統計値	A-1
ノートパソコン	統計値	推定値	統計値	統計値	統計値	A-1
ビデオカメラ	統計値	推定値	統計値	統計値	統計値	A-1
デジタルカメラ	統計値	推定値	統計値	統計値	統計値	A-1
充電式電動工具	推定値	推定値	推定値	推定値	推定値	A-3

※リチウムイオン電池の輸入量については、貿易統計からデータを得られなかったため、リチウムイオン電池の直接販売率を 10%と仮定して、<推定方法 A-1>における、 $DP+FP+SST=DS+FS+EST$ の式が成り立つように設定した。

次に、これらの統計値及び、推定値からコバルト量に換算するに当たって、次の計算式を用いた。

コバルト量 (Co-kg) = 製品数 (unit) × 製品のリチウムイオン電池採用率 (%)

× 製品当たり使用リチウムイオン電池重量 (kg/unit) × Li-ion 電池コバルト含有比率 (%)

各製品のリチウムイオン電池採用率については、主に文献 3.8.9.16) の値を参考に設定した。リチウムイオン電池を使用した充電式電動工具については、国内で市場に投入されたのは 2005 年からである⁸⁾ことから、翌年の 2006 年以降についてのみ推定を行った。デジタルカメラについては、京都市の廃家電回収により回収された、デジタルカメラ中に取り外されずに残っていた電池の内訳調査結果を使用した。

表 5.3-16 各製品のリチウムイオン電池の推定採用率と推定方法

	推定採用率	推定に用いた文献
携帯電話	100%	リチウムイオン電池の開発と市場 2010 ⁸⁾
ノートパソコン	95%	リチウムイオン電池の開発と市場 2010 ⁸⁾
ビデオカメラ	55%	本研究の第 3 章 6 節の調査結果
デジタルカメラ	58%	
充電式電動工具	22%	

それぞれの製品に用いられているリチウムイオン電池の重量については、主にカタログ値から推定を行った。携帯電話の電池については、モバイル・リサイクル・ネットワーク¹³⁾により公表されている、回収電池の重量と数量（表 5.3-18）から単位重量を算出した。また充電式電動工具については、製品に交換用の電池が付属していることを考慮して、3 ユニット分の重量とした¹⁷⁾。推定結果を表 5.3-17 に示した。

各製品のリチウムイオン電池のコバルト含有比率は、本研究の 4 章 1 節の結果を参考に 19.6%とし、すべての製品で同じであると仮定した。上記 5 製品以外のリチウムイオン電池使用製品については、リチウムイオン電池の製品別の販売割合⁹⁾を用いることで、5 製品から推定した。国内で販売されるリチウムイオン電池の 87%が 5 製品に、10%が 5 製品以外の製品に組み込まれて販売されるとし、残りの 3%のリチウムイオン電池が単体販売される¹⁸⁾とした。

表 5.3-17 各製品に使用されるリチウムイオン電池重量の推定結果

	リチウムイオン電池重量(g)
携帯電話	20
ノートパソコン	355
ビデオカメラ	118
デジタルカメラ	31
充電式電動工具	1515(3unit)

＜使用・排出段階における推定方法＞

リチウムイオン電池使用製品の内、携帯電話とノートパソコンについては法人による自主回収が行われており、製品に内蔵された電池も回収されている。これらの電池は、廃棄・退蔵ルートへ移行せず、回収ルートへ移行するとした。

携帯電話は、モバイル・リサイクル・ネットワーク¹³⁾により、全国約 9,000 店舗の専売店を中心に回収が行われており、回収した電池の数量についても公表されている。モバイル・リサイクル・ネットワークによる、携帯電話の電池の回収実績を、表 5.3-18 に示した。

表 5.3-18 携帯電話の電池回収実績

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
電池回収数(千個)	9,727	10,247	7,312	6,575	6,133	7,198	8,388	9,188	10,085
電池回収重量(t)	193	187	159	132	125	145	167	191	198

ノートパソコンについては、パソコン 3R 推進協会¹⁴⁾による回収が行われており、2004 年以降の回収実績が公表されているが、電池の回収量については公表されていない。そこで、消費者がノートパソコンを回収に出す際、電池は取り外されないと仮定し、ノートパソコンと電池の回収量は等しいと仮定した。パソコン 3R 推進協会によるノートパソコンの回収実績を、表 5.3-19 に示した。

表 5.3-19 ノートパソコンの回収実績とコバルト換算量

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ノートPC回収量(台)	17,557	28,273	38,834	48,106	60,705	69,277	86,084

消費者による製品使用後のフローを推定するに当たって、本研究では、その年の国内販売量と排出量が等しいと仮定している。つまり、消費者の製品購入がすべて買い替えによるものであるとした。使用済み製品の排出ルートについては、全量が回収・廃棄・退蔵の3つのいずれかのルートに移行するとした。各製品のフローは図 5.3-10 に示す通りと仮定した。回収ルートへ移行する製品のうち、携帯電話とノートPCについては、前述の通り法人により自主回収が行われている。また、電池単体については、JBRCにより公表されている回収量の値がある。それ以外の製品については、製品廃棄時の電池取り外しの実施についてのアンケート調査結果（本研究 3 章 6 節）を用いて、回収量の推定を行った。製品から取り外されずに廃棄ルートへ移行した電池（表 5.3-20 の廃棄移行率に該当）については、可燃または不燃ごみへ移行し、その後、直接埋め立てまたは焼却のどちらかへ移行したと考えた。

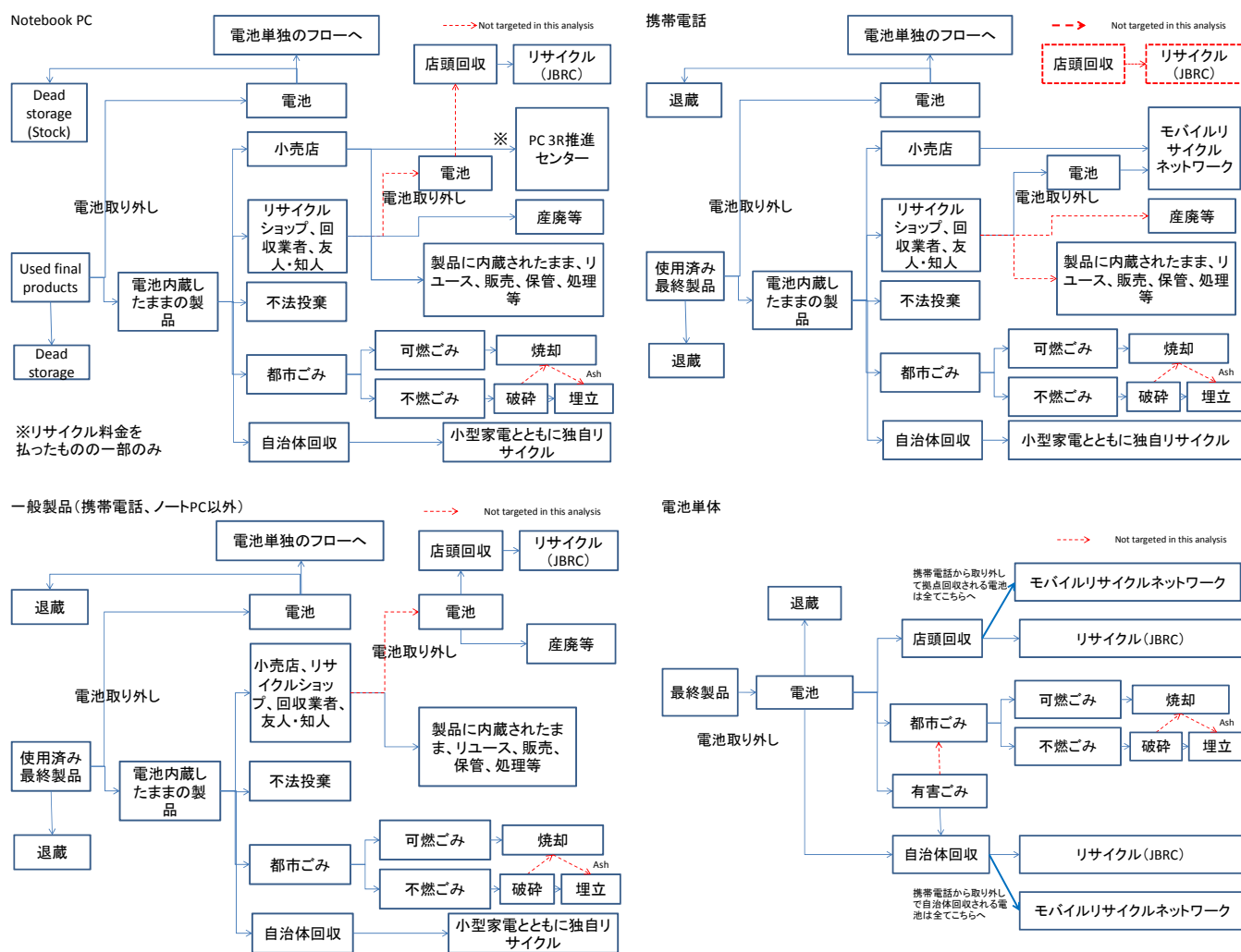


図 5.3-10 使用済み製品についての推定フロー

表 5.3-20 リチウムイオン電池使用製品の廃棄・退蔵への移行率

	廃棄移行率	退蔵移行率	推定方法
携帯電話	33%	67%	環境省アンケート 23)
ノートパソコン	61%	39%	環境省アンケート 23)
ビデオカメラ	51%	49%	デジタルカメラの値を使用
デジタルカメラ	51%	49%	環境省アンケート 23)
充電式電動工具	10%	90%	Cd フローでの推定値
その他 Li-ion 使用製品	41%	59%	上記 5 製品の平均値
リチウムイオン電池（単体販売）	42%	58%	本研究 3 章 6 節の結果

＜廃製品段階における推定方法＞

電池が取り外されずに廃棄ルートへ移行した製品の、可燃ごみ・不燃ごみへの移行率は、表 5.3-21 に示した暫定値を用いた。可燃ごみ・不燃ごみの焼却・直接埋立の移行率については、表 5.3-11 のカドミウムフローでの設定値と同じとした。

表 5.3-21 リチウムイオン電池使用製品の可燃ごみ・不燃ごみへの移行率

	可燃ごみ	不燃ごみ
携帯電話	10%	90%
ノートパソコン	10%	90%
ビデオカメラ	10%	90%
デジタルカメラ	10%	90%
充電式電動工具	5%	95%
その他 Li-ion 使用製品	9%	91%
リチウムイオン電池（単体販売）	9%	91%

2) コバルトフローの推定結果と各段階での考察

日本におけるコバルトフローの推定結果を、2002 年と 2010 年に分けて、図 5.3-10～11 に示した。

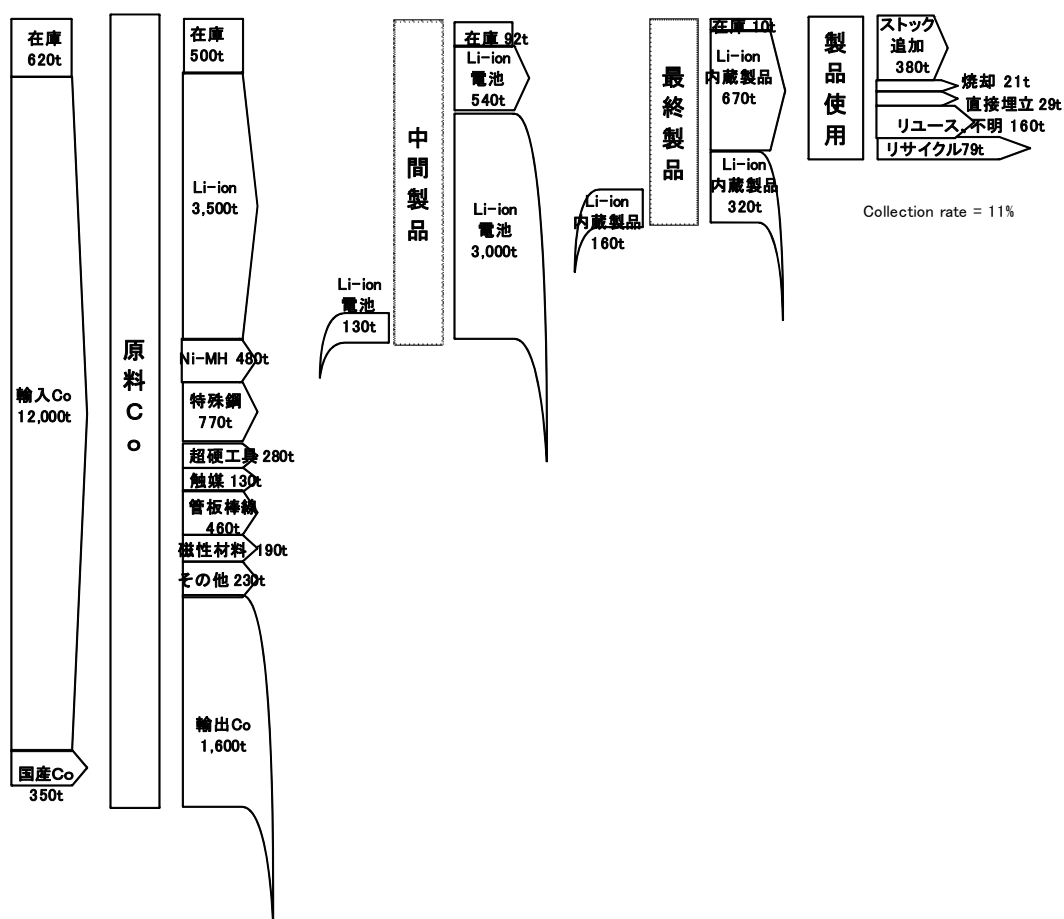


図 5.3-11 日本における 2002 年のコバルトフローの推定結果 (t-Co/年)

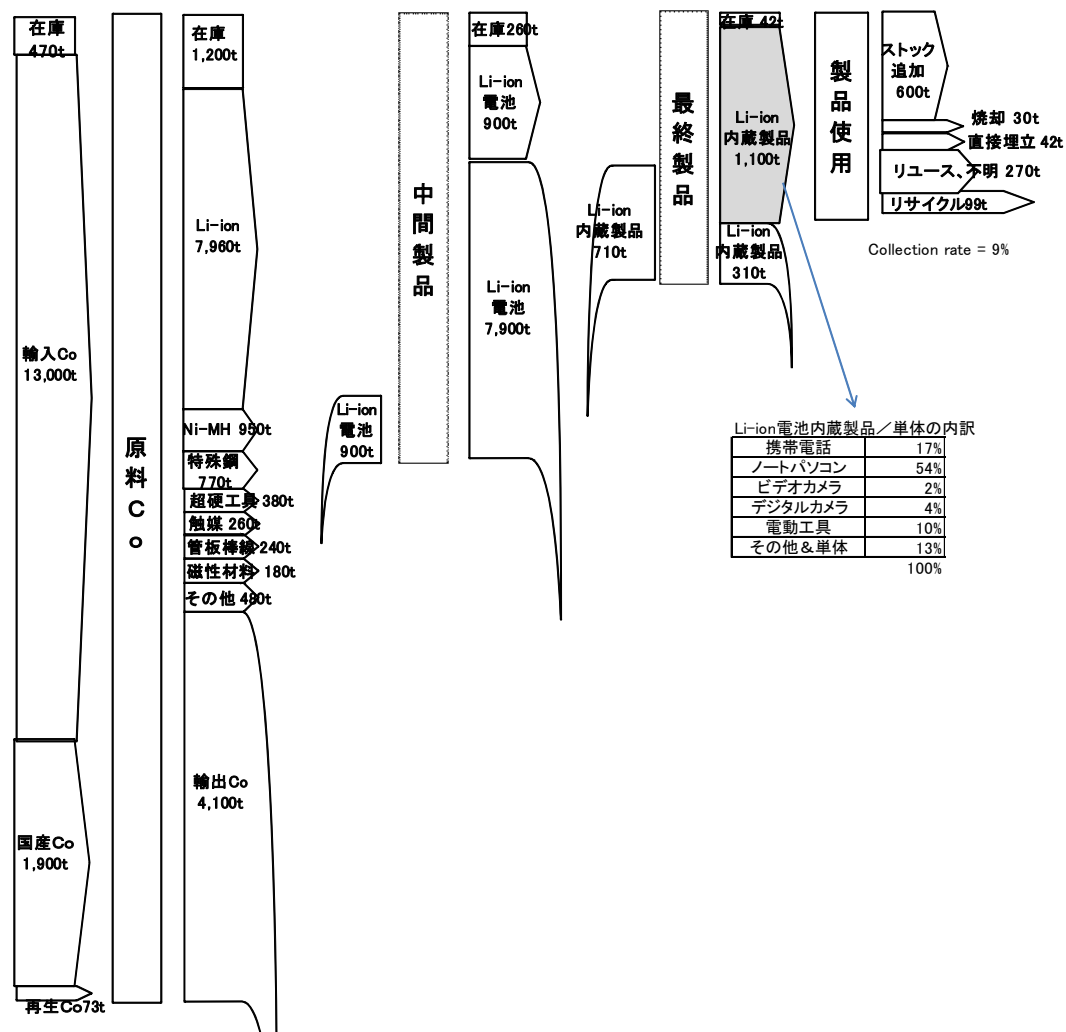


図 5.3-12 日本における 2010 年のコバルトフローの推定結果 (t-Co/年)

＜フロー全体の特徴＞

日本におけるコバルトフローは、リチウムイオン電池とリチウムイオン電池内蔵製品が多くの部分を占めている。

リチウムイオン電池の原料であるコバルトについては、大半を輸入によって賄われていることが分かる。調達されたコバルト原料の需要の多くは、リチウムイオン電池及び、海外への輸出によって占められている。

また、国内生産されたリチウムイオン電池の大半は、ニカド電池同様、中間製品として海外に輸出されている。国内生産されたリチウムイオン電池内蔵製品については、主に国内で販売されている。製品使用後は、半分近くがストック追加として退蔵されており、残りは、焼却、直接埋立、回収へほぼ均等に移行している。

＜原料段階の推定結果の考察＞

2002 年から 2010 年にかけて、日本における原料段階のコバルトフローは、リチウムイオン電池向けのコバルト需要量が 3,500t から 8,000t と大きく拡大した。また、ニッケル水素電池向けのコバルト需要量についても、480t から 950t へと拡大しており、図 5.1-2 で示した二次電池のシフト状況を反映する結果となった。

また、コバルトの輸出量についても 1,600t から 4,100t と 2 倍以上に拡大する結果となっており、中国等にある日本のリチウムイオン電池工場への需要量も増加していると思われる。近年では、世界の主要リチウムイオン電池メーカーであるソニーやパナソニックが、リチウムイオン電池の生産拠点を中国へ移転

する方針を示しており(24-25)、今後、コバルトの輸出量はますます増加していく見込みである。

また、国内で生産されるコバルトは、日本で唯一のプライマリー生産者である住友金属鉱山により生産されている。2002 年以降、生産量は増加傾向にあり、2010 年で 1,900t と国内需要の 10%前後の数量となっている(6)。日本では、残りの 90%前後のコバルト原料を海外からの調達に頼っているが、国内需要が大きく高まっているにもかかわらず、輸入量については大きく変化していない。

＜中間製品・最終製品段階の推定結果の考察＞

中間製品段階以降は、リチウムイオン電池のみに着目したコバルトフローを作成した。フローの変化を見ると、リチウムイオン電池の国内需要量、輸出量共に、大きく拡大していることが分かる。2010 年の国内需要は 900t、輸出量は 7,900t と、輸出されるリチウムイオン電池が 9 割近くを占めている。

また、最終製品段階では、国内で販売されるリチウムイオン電池使用製品のコバルト量は、2002 年から 2006 年にかけて 700t から 1,000 t へと大きく拡大しているが、2010 年は 1,100t とあまり変化は見られなかった。

次に、図 5.3-13 に、リチウムイオン電池内蔵製品の国内販売量の推移を示す。全体として、コバルトフローは 2002 年から 2010 年で 1.5 倍になったことがわかる。比較的大きな電池が使われているノートパソコンの寄与が最も大きい。この期間、ノートパソコンの需要が拡大し、2010 年には、コバルトフローの国内需要量の半分(1050 t-Co のうちの 570 t-Co)を占めるに至っている。

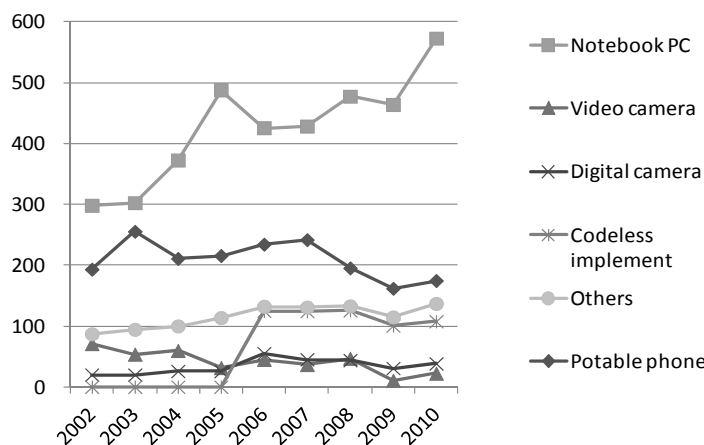


図 5.3-13 リチウムイオン電池内蔵製品の国内販売量 (t-Co/year)

＜使用・排出段階及び、廃製品段階の推定結果の考察＞

2002 年から 2010 年にかけて、使用・排出段階の構成比はそれほど変化することなく、およそ 1.5 倍近く、日本におけるコバルトフローは拡大している。流通量に対する回収量から計算したリチウムイオン電池の回収率は約 10%となった。回収した電池がどの製品に由来するかを図 5.3-14 に、各最終製品中の電池が、どのような廃棄フローとなったかを図 5.3-15 に示す。販売される製品はノートパソコンが最も多くを占めるが、回収においては、携帯電話とノートパソコンが同程度となった。これは、全体に回収される製品が多いこと、特にノートパソコンはリユースされる製品が多い可能性があることがわかる。今後、回収製品からの回収や、リユースの実態把握が重要と考えられた。加えて、現在、タブレット端末等の需要が拡大していることから、それに伴うパソコン需要の動向、タブレット端末に内蔵されている電池(基本、リチウムイオン電池と考えられる)の動向等に注目する必要があると考えられる。

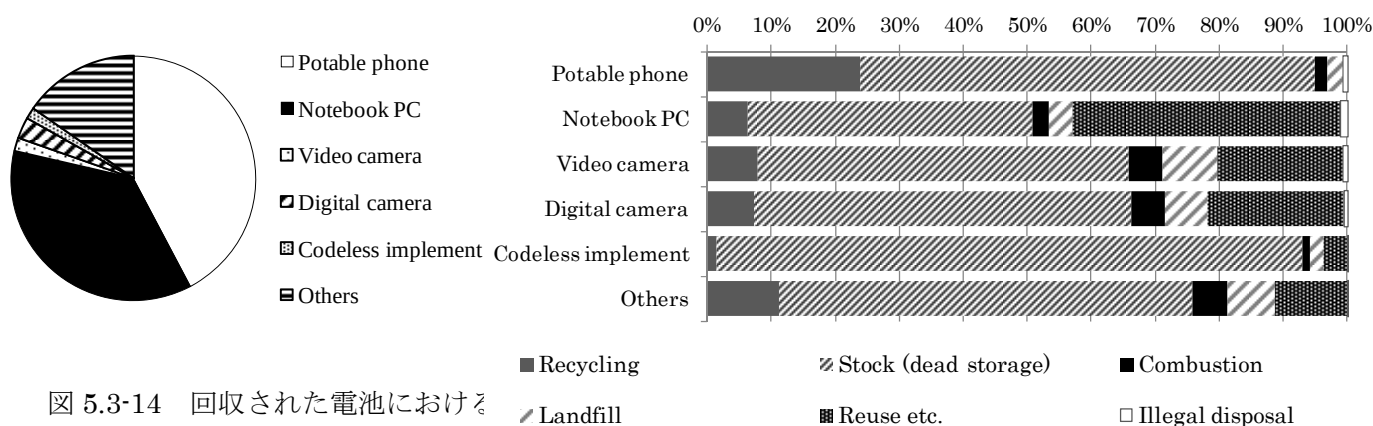


図 5.3-14 回収された電池における最終製品の割合

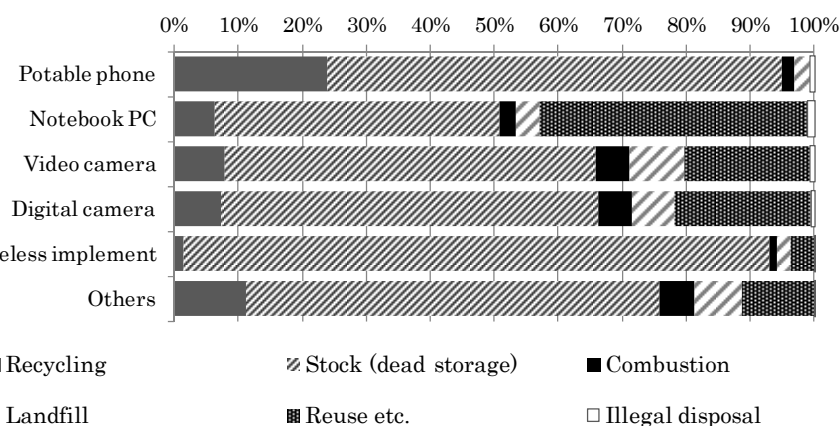


図 5.3-15 各製品中の小形電池の廃棄後のフロー推定結果

5.4 5章のまとめ

本研究では、主にニカド電池に使用されているカドミウム及び、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池に使用されているコバルトに着目して、サブスタンスフロー解析を行った結果、次のような点が明らかになった。

- ・ 2010 年におけるカドミウムフロー（全てカドミウム量に換算した数値を提示）について、まず原料段階では、カドミウム原料の 2,500t が国内で生産され、255t が輸入により調達された。そのうち 1,800t は国内でのニカド電池製造に用いられ、850t が輸出された。製造されたニカド電池のうち、1,600t のニカド電池が中間製品として輸出され、320t が国内で販売された。最終製品である、ニカド電池使用製品の多くは国内において販売され、2010 年の国内販売量は 690t で、製品使用後に回収されたカドミウムは 171t であった。
- ・ 2010 年におけるコバルトフロー（全てコバルト量に換算した数値を提示）については、13,000t のコバルトが原料として輸入され、1,900t のコバルトが国内で生産された。コバルトの国内需要のうち、8,000t がリチウムイオン電池に使用され、4,100t のコバルトが海外へ輸出された。国内で製造されたリチウムイオン電池のうち、7,900t が海外へ輸出され、900t が国内で販売された。リチウムイオン電池内蔵製品については 1,100t が国内で販売され、310t のコバルトが回収されたと推定した。
- ・ 両フローには、国内で生産された電池の多くが、海外へ輸出されるという共通点も見られ、今後は海外の電池の需給動向等についても、詳しく調べていく必要があると言える。

ニカド電池には、有害金属であるカドミウムが含まれ、回収及び、リサイクルが望まれているが、本フローから推定される回収量は 2 割程度に留まっておいる。また、カドミウムは亜鉛の副産物として生産されており、今後は余剰なカドミウムを、どのように管理していくかが重要な課題となっている。

リチウムイオン電池には、希少な金属であるコバルトが含まれているが、こちらも本フローで推定した回収量で、1 割程度に留まっている。今後、日本における二次電池回収システムの充実により、二次電池に含まれている有害物質の適正処理及び、資源性物質の循環利用が望まれる。

《5章の参考文献》

- 1) 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 鉱物資源マテリアルフロー
http://www.jogmec.go.jp/mric_web/jouhou/material_flow_frame.html [2012/1/25 確認]
- 2) 財団法人金属鉱山会・日本鉱業協会：鉱山，2011 年 8 月号 p.131~133 (2011)
- 3) 2008 電池関連市場実態総調査 上巻 富士経済 (2008)
- 4) 市場染色工房 <http://www2.wbs.ne.jp/~ichiba/arekore/kusakizome/02.html> [2012/1/30 確認]
- 5) 塩ビ工業・環境協会 <http://www.pvc.or.jp/news.html> [2012/1/30 確認]
- 6) 工業レアメタル No127 2011 p80~p85 (2011)
- 7) 工業レアメタル No124 2008 p86 (2008)
- 8) シーエムシー出版：リチウムイオン電池の開発と市場 2010 (2010)
- 9) 2010 電池関連市場実態総調査 上巻(次世代・グローバル電池市場&企業戦略の全貌) 富士経済 (2010)
- 10) 金属の百科事典 丸善
- 11) 超硬工具用語集 2008 超硬工具協会 (2008)
- 12) 独立行政法人 国立環境研究所ホームページ
<http://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=58> [2012/1/25 確認]
- 13) モバイル・リサイクル・ネットワーク：リサイクル実績 <http://www.mobile-recycle.net/> [2012/1/25 確認]
- 14) 一般社団法人 パソコン 3R 推進協会：「家庭から廃棄される使用済パソコンの回収・リサイクル実績」
<http://www.pc3r.jp/> [2012/1/25 確認]
- 15) カドミウム及び鉛を含有する家庭製品の循環・廃棄に焦点を当てたサブスタンスフロー解析 宮島章 (2006)
- 16) 2005 電池関連市場実態総調査 富士経済 (2005)
- 17) 宮島章：修士論文「ニカド電池の循環・代替に伴うカドミウムのライフサイクルフローに関する研究」 (2008)

- 18) 経済産業省・環境省：小形二次電池の回収・リサイクル推進のための方策について 経済産業省二次電池リサイクルシステム検討会 環境省パソコン等リサイクル検討会 合同検討会資料
- 19) 財団法人金属鉱山会・日本鉱業協会：鉱山, 2011 年 8 月号 p.110 (2011)
- 20) 2011 日本化学会 原子量専門委員会 <http://www.chemistry.or.jp/international/atomicweight2011.pdf> [2012/1/29 確認]
- 21) 経済産業省：鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計
- 22) イギリス環境省 Battery Waste Management Life Cycle Assessment http://www.epbaeurope.net/090607_2006_Oct.pdf [2012/1/29 確認]
- 23) 環境省：平成 22 年度使用済製品等のリユース促進事業調査報告書 <http://www.env.go.jp/recycle/report/h23-01/full.pdf> [2012/1/29 確認]
- 24) msn 産経ニュース 2011.4.23 <http://sankei.jp.msn.com/economy/news/110423/biz11042312250011-n1.htm> [2012/1/30 確認]
- 25) 日本経済新聞 2012.1.21 <http://www.nikkei.com/news/headline/article/g=96958A9C93819696E0E3E2E19F8DE0E3E2E3E0E2E3E0869891E2E2E2>
- 26) 経済産業省資料 <http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/statistics/pdf/battery.pdf> [2012.2.1 確認]

6 章 欧州の使用済み電池の回収・リサイクル制度の調査と日本の制度との比較¹

6.1 はじめに

本章は、欧州における使用済み電池の回収・リサイクル制度の実態を明らかにして日本における使用済み電池の回収・リサイクル制度の制度設計への知見・示唆を得ることを目的に、特に自治体が回収において大きな役割を果たすデンマークと世界一の電池回収率を誇るスイスを取り上げ、それらの制度概要を調査するとともに、制度比較を行った。調査においては、小型の電池は回収が比較的難しいことから、特に回収方法にどのような制度設計上の工夫等がされているかに着目することにした。また、回収は、製造業者だけでなく、自治体や販売店も役割を果たす場合が多いことから、これらのステークホルダー間でどのように役割や責任が分担されているかにも着目し、制度の調査・比較を行うこととした。

6.2 方法

文献調査と関係者へのインタビュー調査の2つの手法を組み合わせ実施した。手順としては、まず、文献調査により制度の概要を把握した後、関係者へのインタビューにおいて、制度の不明な点を確認するとともに制度概要の筆者らの理解が正しいかを確認し、続いて文献調査とインタビュー調査の結果に矛盾がないかを確認し、疑義のある点や不明な点についてはインタビュー対象者への追加質問を行った。

インタビュー調査は、半構造化インタビュー形式で、モノ・カネ・情報の流れに着目して、インタビューを行った。インタビュー対象者と実施日は、デンマークについては2012年1月18日に電池回収団体である elretur の Peer Lund-Thomsen 理事、環境省の Mahmoud Abdullah Jaber 氏、デンマークの拡大生産者責任制度の公的運用機関である DPA システムの Susan Christensen 女史、それから、電池製造業者団体である BatteriForening 社の Frederik Madsen 氏に、スイスについては同月20日に首都ベルン市の担当者である Cornelia Kissling 女史他2名、また、電池業界団体である INOBAT の Max Zulliger 氏と Miklos Nagy 氏にヒアリングを行った。

6.3 デンマークの使用済み小型電池の回収・リサイクル制度

デンマークの制度は、EU の電池指令²⁾を受け、国内法として2008年12月に制定され2009年12月に改正された電池及び使用済み電池の法令（前者が法令1217番、後者が法令1186番；以下、「電池令」という。）が規定している。電池令が対象とする電池は、エセンシャル・ユースとされる電池を除いた全ての電池で、一次電池と二次電池の両方である。電池は産業用、自動車用、小型という3種類に区別されている。小型電池の定義は、密閉されている、持ち運びが可能（3kg以下）な電池で、産業用や自動車用でない電池とされている。

デンマークにおける使用済み電池の回収システムと回収フローを図6-1に示す。なお、以下で述べる値は特記がされていない限り、2011年の値を示す。対象電池ならびに対象電池を電気電子機器に組み込む製造業者・輸入業者（以下、「製造業者等」と呼ぶ。また、対象電池を電気電子機器に組み込む製造業者等は、「電池使用機器製造業者等」と呼ぶ。）は、まず、国が運営する DPA システムに生産者としての登録をしなければならない。2012年時点で569社の登録がある³⁾。製造事業者等は、初期登録費1000DKK（デンマーククローネ。2013年当初で1DKK＝約16円）とともに、対象電池1kgあたり0.07DKKの年間費用を DPA システムに支払う必要がある。DPA は対象電池が使用済みとなった場合の回収・リサイクルの生産者の責任（以下、「生産者責任」と呼ぶ。）を割り当てる業務を行っており、徴収された費用はこの割り当て業務に用いられる。製造業者等は、他方、上市する対象電池1kgあたり2.84DKKの課徴金³⁾を税務局に支払う必要がある。また、ニカド電池については別の課税があり、電池1セルあたり6DKK、パックあたり36DKKの課税がされる。納税と併せて税務局に報告された電池の上市量は DPA システムに連絡され、この情報を用いて、各製造業者等の上記生産者責任の割り当てが行われる。

¹ 本章のうち、デンマークとスイスの制度については、田崎智宏、浅利美鈴（2013）欧州における使用済み小形電池の回収・リサイクル制度の調査と国内制度への示唆～デンマーク、スイスの制度を対象に～、廃棄物資源循環学会論文誌, 24 (6), 113-124 の内容を用いて、情報を追加して書き改めたものである。

製造業者等は、個別に回収・リサイクルの生産者責任を果たしてもよいが、非効率であるため、いわゆる生産者責任団体を組織し、集団的に生産者責任を果たしている。デンマークにおいては、電池の生産者責任団体は4つがあるが、使用済み小形電池に対してDPAシステムからの生産者責任の割り当てがあるのはElretur（464社²⁾からなる非営利団体）とERP（23社からなる営利団体²⁾）の二団体である。生産者責任の割り当ては、前業務年度（9月が始期）における製造業者等の市場占有率をもとに、各自治体の人口をふまえて実施される。割り当てされた製造業者等あるいは生産者責任団体には、割り当てられた地域での使用済み電池の回収とリサイクルの責任が生じる。割り当ては、デンマーク国内を大きく3地域にわけたうえで実施されるため、例えば、デンマーク国内の北方のみというようなことは起こらない（図6-2）。すなわち、効率的に回収可能な地方だけを特定の事業者・団体が担当することがないように留意がされている。他方、業務の効率性も考慮され、できるだけ割り当てされた地域が連続するようにもされている。この割り当て制度のもとでは、ある自治体で、自治体や販売店などが使用済み電池の回収拠点を新たに設置した場合には、当該自治体を担当する製造事業者等はそこからの使用済み電池の回収・リサイクルの義務を負うことになる。

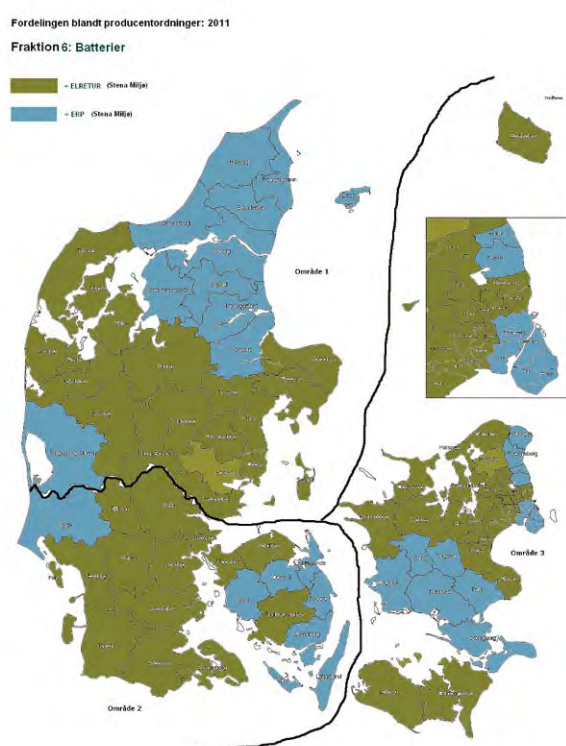


図 6-2 デンマークにおける使用済み電池の生産者への回収責任の割り当て（DPA ホームページより）

使用済み電池がどのように回収・リサイクルされるかという点と、まず、消費者が、使用済み電池を販売店の回収ボックスに持ち込むか、自治体が運営する回収拠点等に持ち込む。販売店の回収ボックスは六角柱の上半分を斜めに切った形状をしており（図6-3）、電気製品の販売店やスーパーなどの店舗内やレジ脇などに設置され、回収ボックスが満たされた時点（2～3ヵ月程度）で自治体の回収拠点に運搬する。多くの場合、販売店は自治体に回収依頼の連絡をするのみで運搬作業を行うことは少ないようであったが、自治体が運搬作業を行うかどうかは自治体の判断次第である。このようにして自治体の回収拠点に集積された使用済み電池を、製造業者等が回収する。なお、回収拠点の情報は、自治体がDPAシステムに登録することとされている。

自治体による使用済み小形電池の回収スキームは、いくつかに分類でき、また、複数の回収スキームが併用されていることも多い。これは、電池令の18条(1)において、自治体が消費者にとって利便性の高いように回収スキームを構築することを求めている法定背景がある。基本となる回収スキームは、欧州でよく見られる自治体の回収拠点の仕組みである（デンマーク国内に392拠点。1拠点あたり2千人～10万人の人口をカバー）。自治体は、自区内に数地点程度の回収拠点を設置し、缶、びん、ペットボトルから、金

属、剪定枝、廃木材、れんが、陶磁器、硬質プラスチック、蛍光灯やスプレー缶、塗料などの有害廃棄物を分別して受け入れるというものである。使用済み電池については、自動車用のバッテリーや小形電池を分けて、それぞれ専用のコンテナに入れられている。小形電池用のコンテナは、樽型の大きなプラスチック製コンテナで、製造業者等から自治体に、総数で 1440 のコンテナが無償で提供されている（図 3）。半年おき、ないしは 1 トン貯まった時点で、製造業者等がコンテナごと回収を行う。持ち込まれた使用済み小形電池のなかには、ビニル袋に入れられたものもあるが、自治体がそれを選別する必要はなく、そのまま製造業者等に引き渡される。1439 トンの使用済み電池（袋を含む）が自治体から製造業者等に回収されている²⁾。

95%の自治体は、その他の回収スキームを併用している。それをまとめたのが表 6-1 である。袋方式は、Bomholmer モデルとも呼ばれ、多くの自治体で採用されている。デンマークでは、多くの欧州国と同様、ごみ回収容器を用いて一般廃棄物の収集が行われているが、消費者がこのごみ容器のふたの上に使用済み電池を袋に入れて置いておくと、自治体が一般廃棄物と併せて、使用済み電池を回収してくれるというものである。箱方式は、有害廃棄物の回収のための箱に消費者が使用済み電池を投入して回収するもので、コンテナ方式はごみ回収容器を用いる方式である。エコ車による回収とは、指定された特定のごみ等を分別回収しながら巡回する専用車であるエコ車に消費者が持ち込む方式である。

自治体の回収費用は図 6-4 に示すとおり人口密度との相関はなく、大きくばらついている。

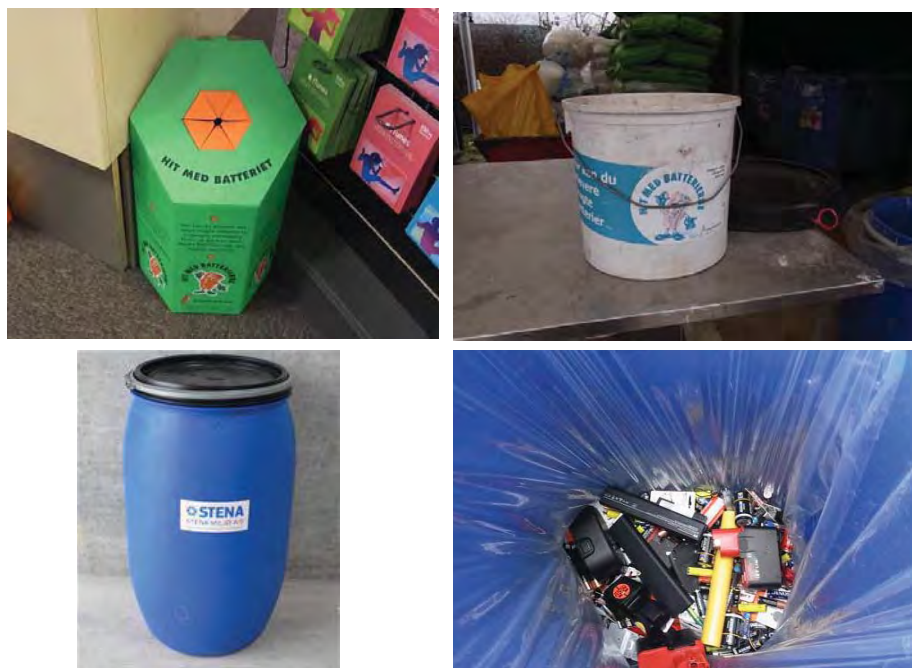


図 6-3 デンマークにおける使用済み電池の回収ボックス

左上：店舗のレジ脇に置かれている回収ボックス

右上：自治体の回収センターで市民が使用済み電池を入れる回収バケツ

左下：回収ボックス等に投入された使用済み電池をまとめて保管・輸送する大容量コンテナ（生産者から提供される）

右下：大容量コンテナの内部

表 6-1 回収拠点方式以外の使用済み小形電池回収スキームを適用しているデンマークの自治体数
(2010 年)

	自治体数 (総数は 98)	全世帯のカバー率
袋方式	67	83%
箱方式	17	65%
コンテナ方式	51	85%
エコ車による回収	17	—
その他の方式*	28	—

* ケアテイカーによる回収、粗大ごみ収集での回収、小売業者との共同回収、小形電気電子機器と併せた回収、学校での回収など。

Danish EPA (デンマーク環境庁) ⁴⁾をもとに、著者作成。

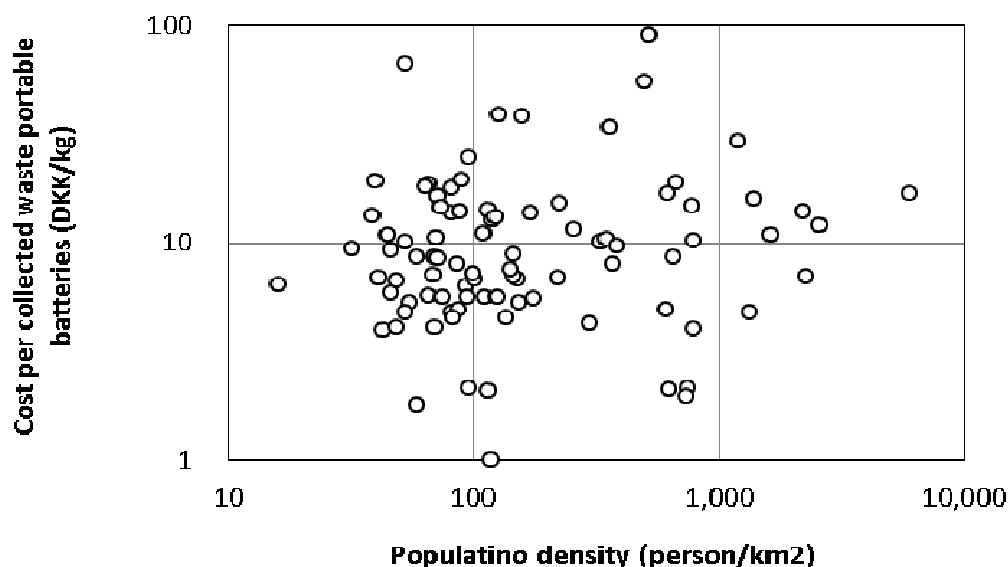


図 6-4 デンマークにおける使用済み電池の回収費用と人口密度との関係(デンマーク環境省ホームページ (<http://www.mst.dk/NR/ronlyres/793AF368-BEEB-4282-8FF5-EC4CC540AFBA/0/Indsamledegrunddatafrakommunerne.pdf>、2012 年 2 月 3 日アクセス) のデータをグラフ化)

使用済み電池が単体で排出されない場合、すなわち、電池使用機器に電池が入ったまま排出される場合は、いわゆる WEEE 指令に基づいて使用済み電気電子機器として回収され、電気電子機器の生産者がリサイクルプラント等で電池を取り外したものが、電池の製造業者等引き渡される。

自治体には使用済み電池の回収・保管等の費用が発生するが、その費用は徴収された課徴金によって充当される。2010 年においては、1580 万 DKK が支払われた ⁴⁾。基本的に、自治体の回収拠点の費用はほぼ充当されるとのことである。回収費用は自治体によって大きく異なり、回収電池 1kg あたり 1.0DKK から 90.1DKK まで大きな幅があるが、平均では 12.3DKK/kg であった ⁴⁾。製造業者への課徴金が 2011 年には上市量 1kg あたり 2.84DKK であったものが 2012 年から 6.0DKK/kg と倍以上に増加した ³⁾ため、自治体の回収費用単価が大きく異なることや、自治体による回収が非効率であることへの批判が製造業者等などから出されている。

製造業者等に回収された電池はリサイクル業者に引き渡されてリサイクルがされる。リサイクル率の目標値は、電池令の 41 条(1)に規定されており、ニカド電池が 75%、鉛蓄電池が 65%、水銀（ボタン型）電池とその他電池が 50%である。これは EU の電池指令の値と同じである。2011 年の実績では、順に 81%、100%、56%、62%であり ²⁾、目標を達成できている。

デンマークの電池令は、回収率の目標値を設定していない。しかし、EU の電池指令が 25%と設定しており、また、Danish Waste Strategy 2009-2012 は、2012 年の目標値(努力目標)を 45%以上としている。2011 年の実績では回収率が 47%である ²⁾。

6.4 スイスの使用済み電池の回収・リサイクル制度

スイスは非 EU 加盟国であり、EU 電池指令ではなく、自らが制定する「有害物質の取扱に関するリスク低減令」（2005 年制定）の付属書 2.15 で電池が規定されており（以下、「電池規程」という。）、これに基づいて、使用済み電池の回収・リサイクル制度が規定されている。上記低減令は、有害物質や有害物質を含有する製品を対象にその使用等を禁止あるいは制限する法令である。対象電池は、一次電池と二次電池の両方で、電池は産業用、自動車用、小形電池、ボタン型電池の 4 種類に分類されている。

スイスにおける使用済み電池の回収システムと回収フローを図 6-5 に示す。なお、以下で述べる値は特記がされていない限り、2011 年の値を示す。電池ならびに電池使用機器の製造業者等は、連邦環境局 FOEN が指定する生産者責任団体に対して前払い廃棄物処理費用を支払わなければならない。この前払い額は、電池の上市量に基づき 0.1～7CHF（スイスフラン。2013 年当初で 1CHF＝約 100 円）とされ、環境交通エネルギー通信省 DETEC によって決定される。2012 年 1 月時点の前払い額は表 6-2 のとおりで、電池の種類ごとに異なる金額が定められており、有害物質の量に加え、リサイクルによる売却額の違いが考慮されている。前払い廃棄物処理費用の制度が導入されたのは 1999 年の 11 月からで、当時は 5kg 以下の小形電池のみが前払いの対象で、その額は 4.80CHF/kg であった⁶⁾。

表 6-2 スイスにおける電池の前払い廃棄物処理費用（2012 年）⁵⁾

	前払い廃棄物処理費用 VEG の金額 (CHF/kg)
小形電池	3.20
自動車用電池	0.50
産業用鉛蓄電池	1.00
ハイブリッドシステム用の産業用電池	2.00
その他産業用	3.20

スイスの生産者責任団体には、連邦環境局により INOBAT が指定されている。INOBAT の年間収入は 1501 万 CHF で、この 99.7%である 1496 万 CHF が前述の前払い廃棄物処理費用による収入である⁷⁾。なお、残りの 0.3%は回収ボックス等の売却収入などである（2006 年から販売開始）が、消費者に使用済み電池を持ち込んでもらうための回収袋は無料で提供している。

電池規則では前払い廃棄物処理費用の用途を限定しており、使用済み電池の回収活動費、回収された使用済み電池のリサイクル活動費、使用済み電池の返却を促進するための情報普及活動費（最大 15%まで）、連邦環境局が義務づける活動費、連邦環境局の管理費用の 5 つの用途が定められている（ただし、連邦環境局の管理費用は今のところ適用・徴収されていないとのこと）。

スイスにおいては電池規程のもと、販売店ルート、自治体ルート、団体ルートの 3 つの回収スキームで使用済み小形電池が回収されている（その様子は図 6-6 を参照）。販売店ルートのみが義務化されているルートであり、販売店は消費者に対し、使用済み電池の回収に関する事項や、無料の引き取りを実施すること、電池には前払い廃棄物処理費用がかけられていることなどの情報提供を行わなければならないとされている。現在、約 11,000 の販売店が存在している⁷⁾。INOBAT によれば、団体ルートはほとんどなく、販売店ルートと自治体ルートは概ね半々であるとのことであった。使用済み電池の回収率の目標は、電池規則では定められていないが、2000 年頃にスイス政府は 80%を目標にすることを言及しており、これが現在も参照されているとのことである。2011 年の回収率は 67%であり⁷⁾、INOBAT はさらなる回収促進のために、教育・啓発活動を継続的に実施している。

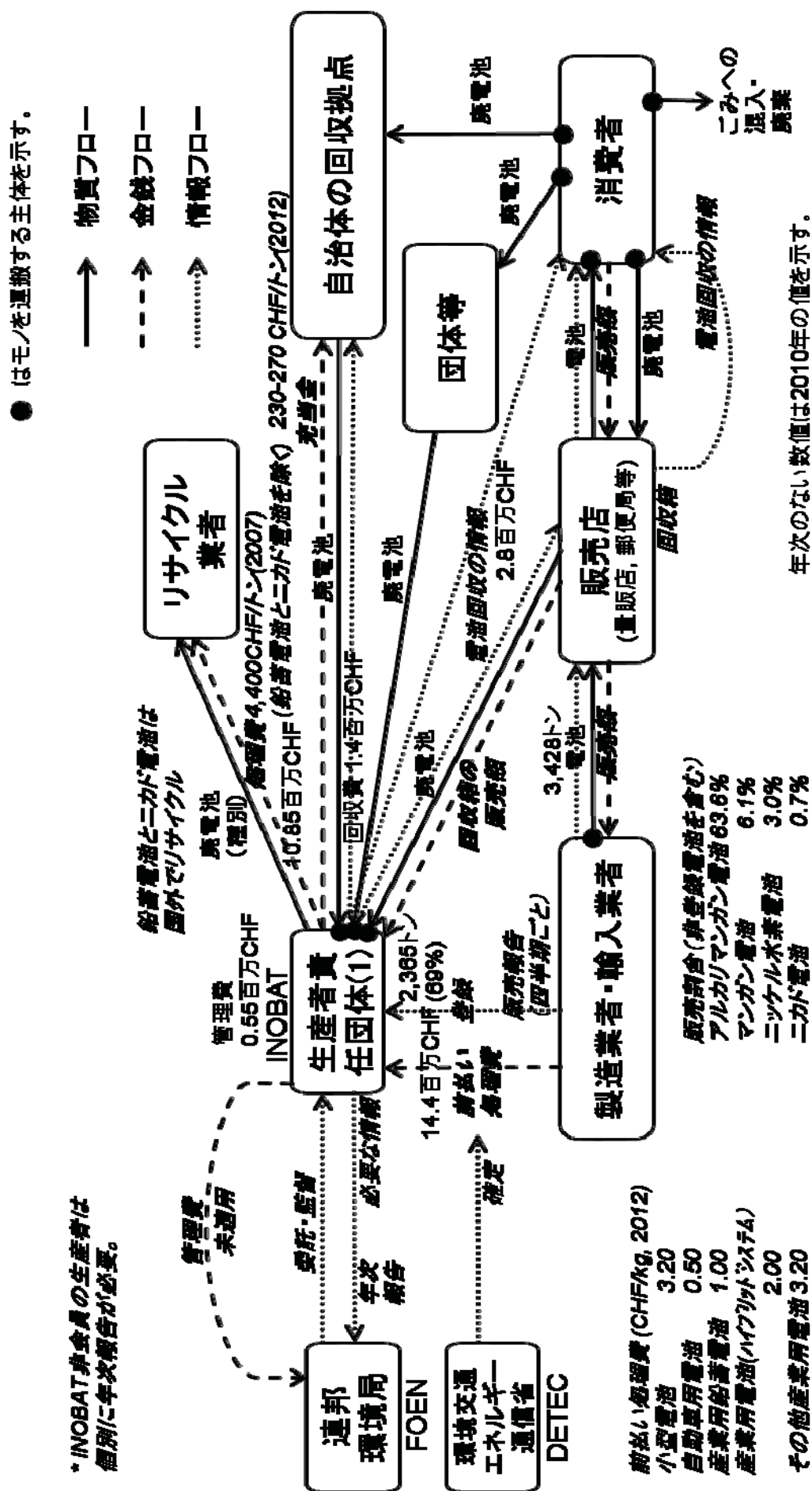




図 6-6 スイスにおける使用済み電池の回収ポイントの様子

赤矢印が投入口を示す。

左：スーパーにあるその他のリサイクル品を含めた大回収ボックス

右上：別のスーパーのコーナーにおける回収ボックス

右中：郵便局における床置きされた回収ボックス

右下：スーパーの販売箇所における使用済み回収についての注意書き

消費者が持ち込んだ使用済み小形電池は、販売店や自治体からの連絡により INOBAT が回収を実施し、リサイクル業者 BATREC 社の施設に搬送される。そこで、使用済み電池は選別され、鉛蓄電池とニカド電池は海外にてリサイクルされ、リチウムイオン電池と残りの電池は BATREC の別々のプロセスでリサイクルがされる。

電池使用機器に含まれている電池については、他国同様、スイス国内に廃電気電池機器の回収スキームが別途存在しており、そちらのリサイクル施設にて選別・保管されている使用済み電池を INOBAT が引き取りに行くことで回収がされるという仕組みとなっている。

生産者責任団体 INOBAT の支出額のなかではリサイクル費用が大きい。DETEC and FOEN (2009)⁸⁾によれば、2007 年時点において、リサイクルの単位費用は使用済み電池 1 トンあたり 4,400CHF（鉛蓄電池とニカド電池を除く）であったとのことである。回収について、INOBAT から販売店への支払いはないが、自治体には回収協力の充当金を支払っている。充当金は固定額であり、使用済み電池 1 トンの回収あたり 230～290CHF と定められている。充当金を得るための最低回収量は 350kg で、自治体は連

邦環境局に回収量の報告をする必要がある。INOBAT へのヒアリングによれば、自治体は実際にかかった全ての回収費用を充当できているわけではないとのことであった。

電池の表示ラベルについては、EU の電池指令と同じ内容が、電池規定 4.1 条に定められている。スイスは EU 非加盟国であるが、経済活動が EU 加盟国と密接にかかわっているため、2011 年 10 月からこの規定が施行されている。有害物質を含有する電池の上市禁止の規制についても同様であるが、EU の電池指令で適用除外とされているボタン電池の水銀含有率の 2%未満という規定は 0.002%未満と厳しく設定されている。また、スイスでも使用済み電池の埋立処分は禁止されており、さらに埋立目的での使用済み電池の輸出を禁じている。

6.5 日本の使用済み電池の回収・リサイクル制度

まず、日本における使用済み電池に係る歴史的経緯を説明する。日本使用済み電池には有用な金属ならびに有害な金属が含まれており、適正な処理・リサイクルが求められることは古くから認識されていた。1983 年には水銀の含有が問題視され、1985 年の旧厚生省通知⁹⁾では「他のごみと合わせて処理しても生活環境保全上特に問題となる状況にはない」としつつも、生活環境の保全のさらなる確保が図られる見込みであることから、事業者にはアルカリ乾電池の水銀含有量の低減化と識別容易化、ならびに水銀電池の回収強化などを求め、一方、市町村には、事業者における措置が実現するまでの間の経過的措置として、使用済みアルカリ乾電池等の広域的な回収・処理の実施等を求めた。このような流れを受け、1990 年代には世界に先駆けてメーカーによる乾電池の水銀ゼロ化が行われるとともに、有害なカドミウムを含むニカド電池の代替が進んだ。また、使用済み電池のリサイクルについては、1991 年の旧再生資源利用促進法により、第二種指定製品としてニカド電池にリサイクルマークが表示されるようになり、また、第一種指定製品として、ニカド電池使用機器についてはリサイクルに配慮した設計・製造を求められるようになった。一方、業界による自主的なニカド電池の回収・リサイクルが電池や電池使用機器の販売店の協力のもとに行われるようになった。2001 年 4 月には、資源有効利用促進法の指定再資源化製品に小型二次電池（ニカド電池、ニッケル水素電池、リチウム二次電池、小型シール鉛蓄電池）が指定され、対象電池の範囲を拡大して使用済み電池の回収・リサイクルが公共政策として実施されるようになった。またそのために、同法の指定表示製品に指定されて小型二次電池には 4 種類のリサイクルマークが表示されるようになり、再生資源または再生部品の利用促進に取り組むことが求められる製品として、小型二次電池使用機器が指定再利用促進製品として指定され、小型二次電池の取り外しが容易な設計等を行うことが期待されるようになった。資源有効利用促進法に基づく回収された使用済み電池の再資源化率目標は、小形シール鉛電池が 50%、ニカド電池が 60%、ニッケル水素電池が 55%、リチウム二次電池が 30%とされている。

この資源有効利用促進法では、再生資源の利用促進が必要な製品であって、事業者が自ら回収し、再資源化することが可能な製品については、事業者の独自の自立的な取組を促進することが望ましいことから、同法ではそのような製品を指定再資源化製品として指定し、事業者に自主回収及び再資源化の判断基準を示している。拡大生産者責任に基づく回収・リサイクル制度といえるが、技術的・経済的な観点と政策的な必要性に鑑みて対象電池は小形二次電池のみに限定されている（対象外の電池である一次電池は自治体による分別回収が、鉛蓄電池は生産者による自主的な回収・リサイクルがそれぞれ行われている）。具体的には、小形二次電池（密閉形蓄電池）であるニッケル・カドミウム蓄電池、ニッケル・

水素蓄電池、リチウム蓄電池（以上 3 品目からは機器の記憶保持用を除く。）、ならびに小形密閉形鉛蓄電池（電気量が 234 キロクーロン以下のものを除く。）である。自動車用蓄電池はリサイクルがされているので、対象に含まれていない。

指定再資源化製品である小形二次電池のメーカーには、二次電池の回収、リサイクル、普及啓発と情報提供、引取りに係る市町村との連携を求めている、小形電池使用機器のメーカーには二次電池の回収と普及啓発と情報提供を求めている（以下では、両者を併せて「生産者」という）。この責務を全うするために、生産者は生産者団体である JBRC を設立して、その運用を行っている。また、資源有効利用促進法では、指定表示製品として小形二次電池を指定しており、メーカーには小形二次電池に識別表示を行うことを、また、同法の指定再利用促進製品として、二次電池使用機器のメーカーに対しては、二次電池の取り外しが容易な製品設計を行うことをそれぞれ求めている。他方、販売店には回収・引き取り・リサイクルの義務はなく、リサイクル協力店として、消費者からの二次電池の収集に協力することが期待されているのみである。

日本における使用済み小形二次電池の回収は、大きくは 3 つの回収スキームに分かれている。基本となるのが生産者団体（PRO）である JBRC の回収スキームである。なお、JBRC への加盟事業者は 2013 年度時点で 303 事業者である。電池製造事業者（10 社）は全て JBRC に加盟しているものの、多数存在する電池使用製品製造等事業者（7000 事業者程度存在しているといわれる。）については、多くが加盟していない状況である。ごく少量の回収にとどまる小形密閉形鉛蓄電池以外の 3 種類の小形二次電池の回収の大半を担っている。携帯電話に用いられるリチウムイオン電池は、別の生産者団体であるモバイル・リサイクル・ネットワークが回収・リサイクルを行っている。回収は共同実施しているが、再資源化はキャリアー（通信事業者）ごとに実施されている。残る小形密閉形鉛蓄電池は、電池製造等事業者が個別に回収を実施している。

JBRC による回収・リサイクルのスキームの概要を図 6-7 に示す。まず、小形二次電池及び小形二次電池使用製品の販売店などがリサイクル協力店として JBRC に登録を行う。リサイクル協力店には小形二次電池の回収ボックス（図 6-8）が設置され、その回収ボックスに使用済み二次電池が満杯になったら（7～8kg 程度）リサイクル協力店が JBRC に引取依頼を行い、電池の回収が行われる。これは主に一般消費者からの回収である。資源有効利用促進法においては回収への協力は義務づけられていないが、リサイクル協力店は 21,102 店舗（2013 年時点）存在している。これと併行して、リサイクル協力事業者による事業系の使用済み二次電池の回収もされている。二次電池の取替工事や販売事業者、大量使用者などが排出者である。リサイクル協力事業者は、同様に事前に登録を行い、二次電池が 20 kg 程度溜まったら JBRC に引取依頼を行う。ただし、リサイクル協力事業者の場合はリサイクル協力店とは異なり、電池種類の分別が必要となる。自治体もリサイクル協力事業者と同様に登録することができるが、電池種類の分別が必要なため、登録自治体数は多くなく、222 自治体（2013 年時点）にとどまっている。なお、この数には登録したまま回収協力活動を停止している自治体を含んでおり、2012 年度に回収実績があった自治体の数は 72 である。現行制度においては、自治体が負担するコストは自治体自身が調達しなければならず、自治体が協力するインセンティブに乏しい。二次電池を回収して再資源化業者まで運搬するのは JBRC が委託する配達業者である。使用済み二次電池が再資源化業者に引渡された情報が JBRC に届き次第、収集運搬業者に委託費用が払われる。再資源化業者に引き渡された使用済み二次電池は、手分別され、それぞれ電池の種類ごとに解体・分離・熱処理が行われ、再生資源となる。

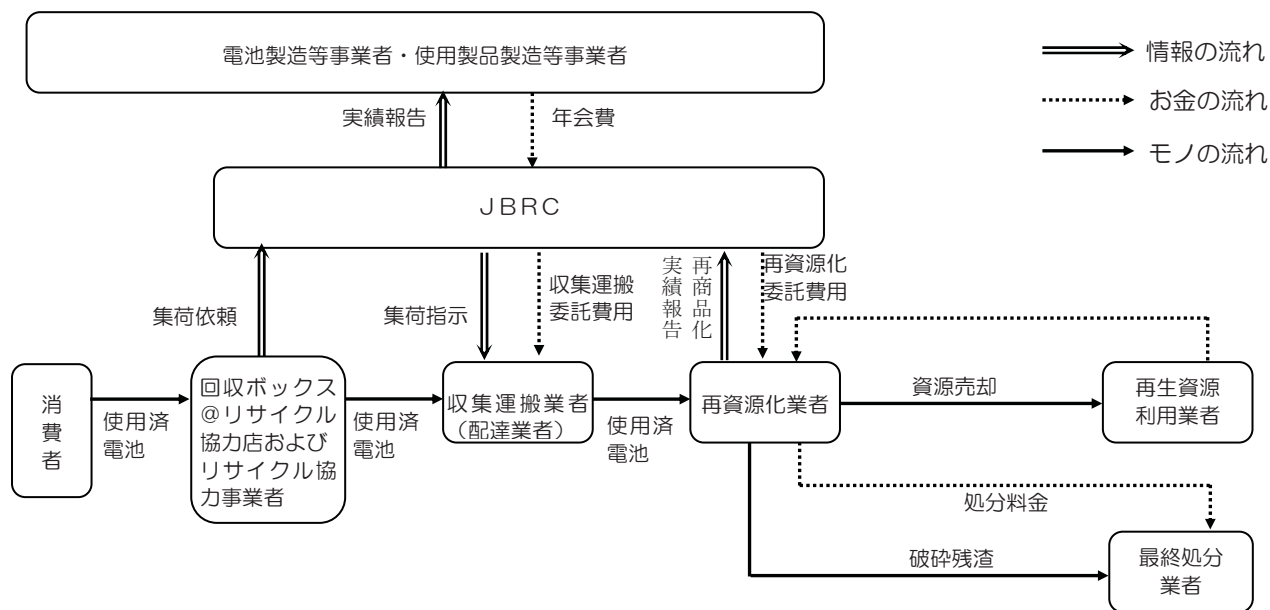


図 6-7 JBRC による使用済み小形二次電池の回収・リサイクルのスキーム

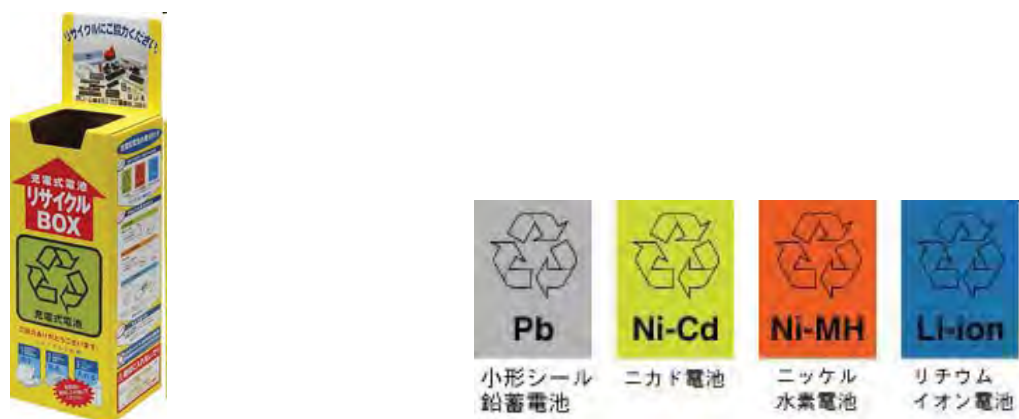


図 6-8 JBRC による使用済み小形二次電池の回収ボックス（左）と小形二次電池の識別表示（右）
（JBRC ホームページより）

法が定める小形二次電池の再資源化率の目標値は、ニカド電池 60%、ニッケル水素電池 55%、リチウム二次電池 30%、小形シール鉛電池 50%で、このリサイクル率は、本制度のもとで回収された使用済み電池総重量に対する再生資源として利用される状態にされたものの総重量として定義されており、エネルギー回収による資源化を含まない値となっている。なお、2011 年におけるリサイクル率は、ニカド電池 72.8%、ニッケル水素電池 76.6%、リチウム二次電池が 60.4%、小形シール鉛電池が 50%であり、目標値を満たしており好ましい状況である。一方、回収重量は減少傾向にある。この要因としては、製造事業者以外のステークホルダーが使用済み二次電池の回収に関わるインセンティブが小さいことや、このような連携も自律的な活動のもとで実施されるという位置づけになっていることを指摘できる。また、

使用済み二次電池の回収における安全確保については、PRO が詳細かつ具体的なマニュアル等を作成するなど、丁寧な措置がとられている。

6.6 制度比較

以上の制度調査結果をもとに、欧州の制度の特徴づけと日本の制度との比較を行う。まず、デンマークの制度の特徴であるが、90年代に有害廃棄物とされた電池（ほとんどが有害電池扱い。）について、自治体回収が求められたところに特徴があり、回収率が高くない小形電池（産業用と自動車用の回収率は80%を超えている。）については、回収活動に自治体を大きく関与させていることに成功している点は興味深い。日本においては、使用済み電池の回収は、資源有効利用促進法で義務づけられている二次電池の場合、自治体の関与は非常に低い。一部の自治体が生産者責任団体であるJBRCの協力自治体として関与しているのみである。また、自治体が支払っている回収費用については生産者から徴収された課金で基本的に全額が賄われており、拡大生産者責任における経済的責任が100%導入されている制度だといえる（中小企業に対する適用除外もない）。このことが自治体の回収協力を促す大きな要因になっていると考えられる。また、自治体から生産者までの回収は、生産者責任のなかで地域の割り当てが行われている。自社製品の引き取りではなく、地域分割して回収責任が割り当てられており、家電リサイクル法にみられる二重構造（同一地域でA、Bグループが別々に回収スキームを構築しなければならない。）はなく、合理的かつ費用効率的だと考えられる。また、全ての製造業者等がDPAシステムへの登録を義務づけられて捕捉可能とする仕組みが準備されている点も、公平な市場競争を確保するうえの特徴である。日本の資源有効利用促進法の二次電池リサイクルでは生産者責任団体であるJBRCに所属していない製造業者等が果たして十分に再資源化の義務を全うしているかを捕捉できていないのとは対照的である。また、ニカド電池への課税は継続しており、特に有害な電池を回避する経済的インセンティブが存在している点も特徴的な点である。

このように制度的には非常に面白い特徴や工夫が見られるデンマークの電池回収制度であるが、有効な制度としては機能していない面がある。第一に、生産者が100%の経済的責任を有している点に関し、自治体の回収費用削減につながっていないどころか、費用増加の傾向がある点である。回収について、生産者が全ての経済的責任を、そして自治体が全ての物理的責任を有するというような極端な役割分担では自治体のコスト低減意識が醸成されずシステム全体では非効率になることがこの事例から示唆される。実施主体に一定の経済的責任を与え、コスト削減の動機付けを与えるような制度設計上の留意が必要であろう。ただし、自治体の場合、そもそもコスト意識が低いという指摘も容器リサイクル法の議論等で出されており、回収事業の効率化は別の形で促進されるように制度設計されるべきかもしれない。例えば、自治体の回収事業に対する会計監査ないしは情報開示を通じて、情報的手段によって回収事業が効率化するよう促すなどである。

第二の課題は、回収方法である。デンマークの店頭（注：店舗の外ではなく、店舗の入口付近が多い。）においては、著者がコペンハーゲン市内の店舗を回ったかぎり、電池回収ボックスを目立つように設置していることはほとんどなく、設定カウンターの片隅に気がつきにくい程度に配置されていた。それでもまだ良い方で、多くの店舗で回収ボックスは設置されておらず、消費者が要求すれば引き取るという状況も観察された。このように回収ボックスの置き方が、店頭回収量を低下させている一因になっていると考えられた。

スイスの制度の特徴は、何よりもまして小型電池の高い回収率（約 70%）にある。しかし、その一方で、制度的な特徴は、一見してあまりないように見える。制度を要約すれば、販売時に価格に含まれる形で ADF（事前処理費）が徴収され、これに基づいて収集やリサイクルの費用が賄われ、その業務は生産者団体が大きな役割を果たしており、回収は電池の販売店等における回収ボックスと自治体による回収方法が採用されているというものである。個々の部分をみれば、他国でも採用されている方式である。しかし、その制度施行状況をよく見てみると、正確な回収量の統計はないものの、回収ルートへの割合はそれぞれが半々程度であるというヒアリング結果であり、電池を排出する市民にとって不便と感ずるであろう店頭回収ルートでの相対的な回収量が大きいという特徴がある。スーパーにおいて使用済み飲料容器の回収ボックスとともに使用済み電池の回収ボックスが設置されていたり、郵便局にも使用済み電池の回収ボックスがあるなど、回収ボックスがデンマークと比べて比較的多い。またこのことは、排出者が電池を回収ルートに引き渡すということが広く認知されていることの証左だと理解することができる。その認知向上についての特徴としては、長年の普及・啓発活動の成果であると生産者団体が考えているように、普及活動やコミュニティ活動に 2.8 百万スイスフラン（1 スイスフランが 82.5 円として約 2.3 億円。2010 年実績）と多額の費用が投入されている点を挙げることができる。そして、このような多額の投入が可能な背景としては、生産者団体が非営利団体であり ADF の余剰金は何らかの用途で支出しなければならない点、ADF の使途に普及啓発活動の費用が最大 15%まで認められている点、普及活動に多額の費用が投入されていても ADF の単価が維持されてきたという 3 点を指摘することができる（しかしその一方で、販売量と回収量の統計をしてみると、回収量は横ばいであり、販売量が低下してきていることが回収率増加にある程度寄与している可能性がある。小型電池の販売のうち約 2/3 を占めるのがアルカリマンガン電池であり、アルカリ電池を使う商品が少なくなってきたようであり、その販売量が減少している）。また、デンマークと同様に、使用済み電池の収集を行っている市町村に対しては、ADF から約 250CHF/トンが支払われており、自治体が収集に協力を行わないディスインセンティブが軽減されている点は日本とは異なる制度特徴である。また、使用済み電池は有害廃棄物に位置づけられている。

《6 章の参考文献》

- 1) EU: Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators and repealing Directive 91/157/EEC. Official Journal of the European Union, L 266 of 26.9.2006 (2006)
- 2) DPA-System: WEEE and BAT Statistics Denmark 2011 (2012)
- 3) Danish EPA (Miljøministriet) Homepage, Betalingssats for markedsførte bærbare batterier og akkumulatorer (in Danish)
http://www.mst.dk/Virksomhed_og_myndighed/Affald/Affaldsfraktioner/Batterier+og+akkumulatorer/betalingssats/ (accessed 2013-March-28)
- 4) Danish EPA (Miljøministriet): Kommunernes indberetninger af omkostninger til indsamling af ud-tjente bærbare batterier og akkumulatorer for 2010 (in Danish; Local reports of the cost of collecting waste portable batteries and accumulators for 2010), Notat, J. nr. MST-7034-00001, 29 September 2011 (2011)

- 5) DETEC (Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications): Verordnung über die Höhe der vorgezogenen Entsorgungsgebühr für Batterien (in German; Regulation on the amount of the advance disposal fee for batteries). SR 814.670.1, 28 November 2011 (2011)
- 6) DETEC: Verordnung über die Höhe der vorgezogenen Entsorgungsgebühr für Batterien (in German; Regulation on the amount of the advance disposal fee for batteries and accumulators). SR 814.670.1, 29 November 1999 (1999)
- 7) INOBAT: Tätigkeitsbericht 2011 (in German; Activity Report 2011). 33p. (2012)
- 8) DETEC and FOEN (Federal Office for the Environment): Massnahmen zur Erhöhung der Rücklaufquote gebrauchter Batterien und dem besseren Umgang mit Batterien (in German; Measures to increase the return rate of used batteries and better handling of batteries). Referenz: I142-0407/Fa/MB, 30th March 2009 (2009)
- 9) 厚生省（1985）生活衛生局水道環境部環境整備課長通知：処理が困難な廃棄物対策について、衛環102号、昭和60年7月24日

7 章 日本における廃電池の回収リサイクルに関する課題及び可能性

7.1 はじめに

本研究においては、小形電池に焦点を当て、その政策把握や国際比較、循環・廃棄の実態、資源・有害金属に関する性状把握、フロー解析等を行った。その結果、電池種やメーカー・製品等により異なるが、資源性の面からは Ni、Co やレアアース、有害性の面からは Cd、退蔵電池では Hg の存在が重要であることが明らかになった。日本において、一部の電池については、回収・リサイクルシステムが構築されているものの、回収率等は高くなく、回収率向上につながる方策や制度設計が求められることもわかった。

本章では、これまでの章の結果を用いて回収リサイクル実績及び制度の整理を行うと同時に、これまでの章で取り上げなかった視点に関する調査事例紹介も織り交ぜ、今後の日本における廃電池の回収・リサイクルに向けた課題及び可能性を整理する。

7.2 小形電池の回収リサイクルの実態と評価

7.2.1 日本における取組実態

日本における廃電池回収・リサイクル制度の概要及び実態を表 7-1 に示す。比較のため、欧州の事例も示す。

これによると、日本ではメーカーによる回収が行われている、つまり資源性及び有害性の面から循環・適正処理が明らかに必要とされる小形二次電池やボタン電池については、回収率が 1 割以下にとどまっていることがわかる。他方、一次電池については、メーカー（電池工業会）は環境影響への心配はないとしメーカー関与の仕組みは存在しないが、一部の自治体により自主的に回収が行われており、約 3 割の回収率となっている。このことから、一定期間（自治体が）広く呼びかけてきた成果が見て取れる。

EU においても、旧廃電池指令（1991 年）では小形二次電池のみを回収対象としていた。しかし、回収率が上がらず、詳細な影響評価が行われ、全種類の小形電池を回収することによる負荷削減効果が高いことが示され、新しい指令に移行した経緯がある（詳細は第 2 章）。

表 7-1 廃電池の回収・リサイクル制度及び実態等の概要（いずれも詳細は 2 章、3 章）

	日本					欧州 (EU)
電池の種類	小形二次電池 4 種	ボタン電池	一次電池	中・大型蓄電池	自動車バッテリー	全ての電池（小形電池については回収時には分別しない）
	ニカド、ニッケル水素、リチウムイオン、小形シール鉛蓄電池	酸化銀、空気、アルカリボタン電池	マンガン電池やアルカリ電池	家庭用蓄電池（リチウムイオン電池）など	鉛蓄電池、リチウムイオン電池など	
法律等	資源有効利用促進法	特になし	特になし	特になし	特になし	（新）廃電池指令
開始年	2001 年	2009 年	1986 年※	—	1994 年	2008 年
目標等	再資源化率	特になし	特になし	特になし	特になし	回収率・再資源化率
制度の概要	電池メーカー及び電池機器メーカーによる回収・リサイクル	メーカー（BAJ）による自主回収・リサイクル（水銀対応）	自治体による（約 4 割が回収リサイクル）	自治体による	メーカー等による自主回収・リサイクル（SBRA へ委託）※リチウムイオン電池についてはメーカーごとに検討中 1)	回収・処理・リサイクル及び広報活動における費用は基本的に生産者が負担
回収率	9%	0.9%	30%	—	—	48%（ベルギー）※※
回収方法	協力販売店における拠点（BOX）回収※事業者への対応もあり（一定量まとめて回収）		自治体公共施設等における拠点回収、定期ごみ収集時の分別収集など	—	販売店等において回収	自治体の拠点回収・分別収集、販売店回収などの併用（国により力点が異なる）

※1983 年に「暮らしの手帖」の記事を契機に乾電池中の水銀が社会問題化した。1985 年に厚生省（当時）の委員会が電池処理に関する方針、つまり 1) 乾電池中の水銀含有量の低減化等の推進、2) 使用済み乾電池等の広域的な回収・処理の実施、3) 水銀等の排出に関するモニタリングの強化を示し、それを受けて、1986 年から全国都市清掃会議における広域回収処理が始まった。その年を記載。

※※2008 年前後でドイツ 44%、イギリス 5%など、国により異なる。スイス（非 EU）では類似制度で 71%であった。

7.2.2 ライフサイクルの視点からの電池リサイクルの評価

EU においては、新指令への移行にあたり、ライフサイクルに渡る視点から評価を行い、導入に至った。イギリスにおいても、同様の検証が行われている²⁾。小形一次電池と小形二次電池を同時に回収することで輸送負荷を下げつつ、消費者にはわかりやすくすることで回収率を上げることができる点が一つの決め手と考えられる。

他にも、小形電池を対象として、多面的に負荷を検証した研究例がある。電池の LCI（ライフサイクルインベントリ）に関するレビュー論文³⁾もあるが、素材及び製品（電池）製造に焦点をあてたものであり、製造段階を中心に考えると、鉛電池の負荷が最も低い傾向にあることが示されている。

電池間の比較については、オーストラリアにおいて一次電池（アルカリ電池）と二次電池（NiCd とニッケル水素電池）とをライフサイクルに渡る環境負荷（エネルギー使用、資源流入・排出）で比較した事例があり、二次電池がライフサイクルで見ると負荷が低いことが示されている⁴⁾。また、アメリカにおける研究でも、同様の結果を得ている⁵⁾。つまり、二次電池で一次電池を代替することは、環境負荷低減効果があることを示している。

使用済み電池のリサイクル効果の検証については、上記の EU 新電池指令に向けた評価以外では、スウェーデンにおいて NiCd 電池を対象に、電池リサイクル（循環利用）した際のエネルギー削減効果が示されている⁶⁾。なお、ベルギーにおいて平均的な廃電池の組成に基づいて、リサイクル手法間で比較した事例がある。この結果によると、手法間に優劣はないことが示されている⁷⁾。

これらの結果を総合すると、小形電池については、まず一次電池から二次電池へのシフトをできるだけ図り、その二次電池については、一次電池ともあわせて回収し、各種リサイクル手法によりリサイクルすることが環境負荷低減に向けたステップであることがわかる。これも念頭に、課題や可能性について整理する。

7.3 課題及び可能性

表 7-1 よりいくつかの課題が挙げられる。また、電池リサイクルが進む欧州においては、新たな課題が浮き彫りになり、対応が検討されている。それも含め、ここでは 5 点にわけて整理し、改善・解決の方向性について検討する。

7.3.1 制度の課題

日本では、法律においてメーカーに回収リサイクルが義務付けられているのは小形二次電池のみである。適正リサイクルへの努力は続けられているものの、回収量・率の目標等は定められておらず、回収率は低迷しており、実態的には自主的な回収にとどまっている。また、小形電池の種類によって回収システムが異なることは、消費者にとって参加意識・理解・周知を妨げる一因となっていると考えられる。一次電池の回収が一定根付いていることから、自治体が関与した回収や周知を活かすことが重要であることが示唆される。更に、再生可能エネルギー等の普及に伴い、家庭用蓄電池等の導入が進む中、それらへの対応も必要となってくる。しかし、そのような新しい製品群への対応は、現状の法律や取組では対象外となってしまう。従って、電池の適正な回収リサイクルシステムの実効性を高めるためには、制度面では、次のような点についての検討が必要と考えられる。

- ・ 回収量や率の目標値を組み込んだものとする。
- ・ 小形二次電池についても、広報や回収における自治体や販売店の関与を位置づける。特に小形・中型電池は、回収システムの統合化（分別するが同じ拠点で回収するなど）や多様化（販売店や自治体における様々な回収）を図る。
- ・ 廃電池全般を対象にした法律／制度を検討する。

7.3.2 製品設計・表示に関する課題

小形二次電池の回収を妨げる他の要因としては、小型電子機器等から取り外されずに捨てられる傾向が挙げられる。一部の製品は、取り外しが難しい／危険な場合があり、製品設計に関する課題と考えられる。また、「使用済み小型電子機器等の再資源化に関する法律」との関係も含めて、小型電子機器等への表示・

ラベリング（取り外しの必要性・可能性、廃電池の扱いなどについて）も必要と考えられる。

7.3.3 消費者意識・行動に関する課題

消費者の小形二次電池の回収リサイクルシステムの認知は約 3 割にとどまっており、向上が必須である。そのためにも、1 つ目の課題（制度）で述べた自治体等の関与は重要である。

なお、一次電池の使用量削減や二次電池へのシフトも、消費者サイドの一つの論点になり得るだろう。図 7-1 に日本における小形電池の国内販売量及び欧州の一部の国（廃電池回収団体のホームページよりデータが得られたもの；ただし、電池種は不明）におけるデータを示した。これより、日本人の小形電池消費個数の多さ、中でも一次電池が大半を占めていることがわかる。

一次電池の使用量と関連する視点として、使用済み一次電池にどの程度エネルギーが残存していたかを国別に比較した調査概要を表 7-2 に、結果を図 7-2 に示す。

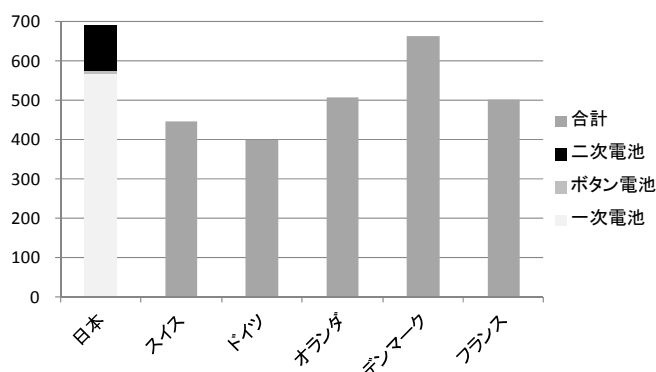


図 7-1 小形電池の販売量 (g/人年) (2008 年)

表 7-2 使用済み一次電池に残存したエネルギーの調査概要

	日本	台湾	英国 ⁸⁾
調査年	2013 年	2014 年	2013 年
調査対象	回収後、自治体（中小規模の 3 自治体）にて保管された一次電池 3,718 個	① 回収後、処理工場に運び込まれた一次電池 986 個 ② 回収イベントで持ち込まれた一次電池 3,868 個	回収後、処理工場に運び込まれた一次電池 2,486 個
計測機器	 イギリス製 BatRecycle Unit を使用。4 種の電池サイズ別にエネルギー残量を 8 段階（赤：ほぼ残量なし→緑：残量多い）でチェックできる仕組みになっている。		

台湾②については、台湾北投清掃工場の顔さんらによる調査。

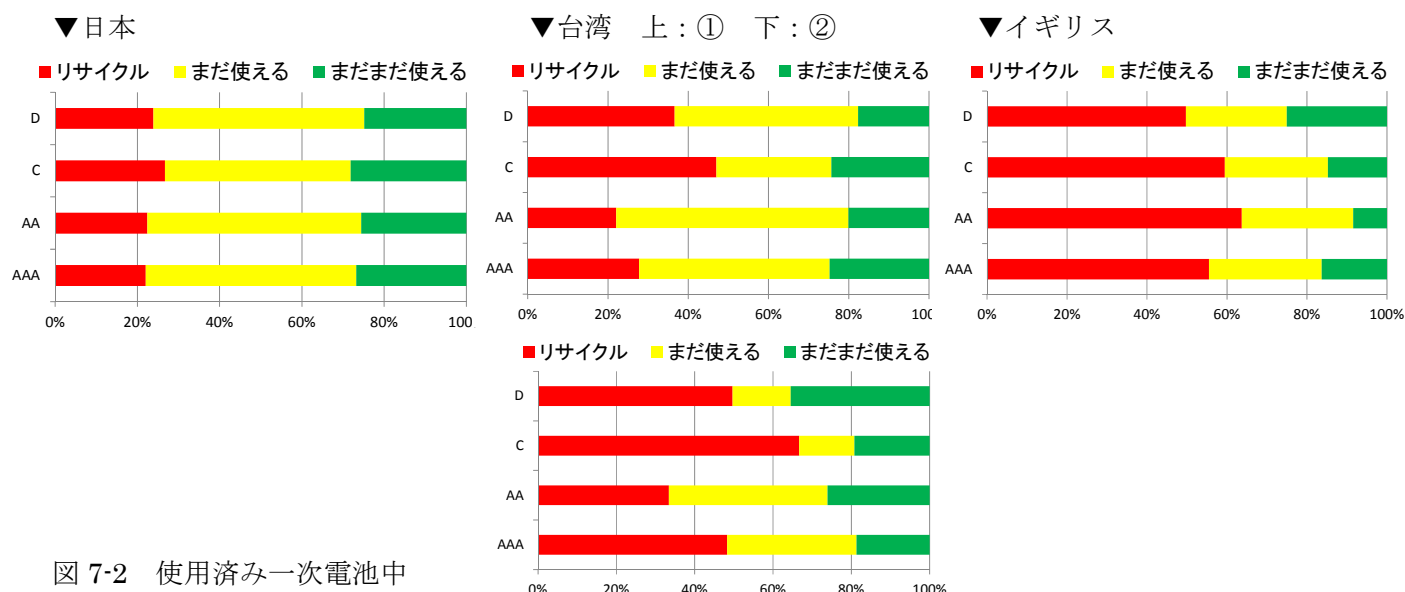


図 7-2 使用済み一次電池中
残存エネルギー比較

これによると、まず全体の傾向として、一定「まだ使える」「まだまだ使える」電池が廃棄されていることがわかるが、特に日本においてはその割合が 8 割近く、イギリスの 4～5 割、台湾の 5～8 割と比べても高いことがわかる。エネルギーが残った状態のまま次々と使用することが、一次電池の大量消費に結びついている可能性が考えられ、用途や使用実態（電池交換時の残量チェックや他への利用の有無等）を明らかにし、二次電池への移行の可能性等を検討する必要があると考えられた。

台湾においては、①と②で若干傾向が異なり、②の方が全体に残量が少ない結果となったが、これは、回収イベントに参加する比較的熱心な方からの回収物である可能性等が考えられる。また、台湾については、電池種による差もあり、用途等との関係がある可能性が示唆された。

これらの結果より、電池の 2R 化も改めて重要な視点として注目すべきと言えるだろう。

7.3.4 コスト面の課題

EU 等においては、メーカー等が全ての廃電池の回収・リサイクル及びその（目標を達成する）ための広報費用を負担する仕組みになっている。日本においては、小形二次電池及び一部のボタン電池についてはメーカー等が、一次電池については自治体（回収を実施している場合）が、それぞれ費用負担して回収・リサイクルを行っているが、1 つ目及び 3 つ目の課題でも検討した通り、小形二次電池等についても、自治体が回収や周知に関与することが有効だろう。また、販売店等の回収協力強化（場合によっては義務化）も重要だろう。広報や回収インフラを効果的に共有することで、社会全体では、コスト面でも効率化が可能と考えられる。ただし、メーカー等からの相応の費用負担（増加）が必要と考えられる。

7.3.5 安全面の課題

EU 等においては、電池リサイクルが進む中、各国においてリチウム系電池の爆発事故が相次ぎ、その対応に向けた議論が進められている。議論の場の一つとして、使用済み電池に関する国際会議（ICBR : International Conference on Battery Recycling）がある。本会議は欧州の電池リサイクル関係者を中心とした情報交換の場であるが、世界の電池リサイクルに関する最新動向を知る場でもある。EU においては、新電池指令により、一定規模の電池リサイクル業界（製造者からリサイクラーまで）ができています。また、自治体を回収に関与させる仕組みとなっているため、業界関係者だけでなく、政府や自治体の参加も見られた。2012 年は、指令の回収・リサイクル率目標の達成に向けた区切りの年であることに加えて、今後の次世代自動車や大型電池（非常用など）の電池リサイクルも視野に入ってきており（新電池指令は全ての電池を対象にしている）、かなり活気のある会議であった。

特に、自動車バッテリーは一つの論点であったが、基本的に、欧州においては、既存の電池リサイクル業界や精錬業界が、その市場を広げる形で、次世代自動車用バッテリーを受け入れていくという形になると考えられているようであった。

もう一点、特筆すべき点として、リチウム系電池の爆発問題が挙げられる。小形電池についても、EU では、全ての電池を対象に回収・リサイクルが行われているが、一つの焦点となっていたのは、「安全性」であった。特に、一次及び二次リチウム系電池の爆発事故が、各国にておこっており、そのメカニズムや対応についてのセッションが設けられた。ポイントとしては次のようなことが挙げられる。

○事故は、これまでの例では、主にリサイクル施設における保管や前処理においておこりやすい（ドイツの発表より）。

○原因は定かではないが、その電池の状態（ダメージを受けている）、他の電池との摩擦、温度条件等によって起こり得る（UK の発表より）。

○WEEE で集められた機器から、破碎後に回収された電池等は、状態が悪く、上記ダメージを減らすための課題と考えられる（オーストリアの発表より）。なお、この発表をベースに、小型家電から取り外した電池も含めたフローを整理してみたが、1 割程度が WEEE から流れており、そのうち状態が悪いものも半分程度あるということになる。

この課題への対応として、ドイツでは、安全な取り扱いに関する関係者への教育の徹底、電池への明記、回収時の分別方法の検討といった対応を考えているとのことであった。日本においても、類似の事故例が

見られることから、大規模に回収・リサイクルを進めている欧州諸国等の動向も参考に、対策の検討・議論を行うことが急務と考えられる。



図● EUにおける取組事例（オランダの電池分別ライン）

7.4 おわりに

廃電池の適正な回収・リサイクルシステム構築に向けて、まず既存システムの実効性を高めるため、小形二次電池等に関する回収目標値の設定や自治体や販売店の関与強化、製品設計・表示、消費者への2Rや回収リサイクル周知などが重要と考えられた。さらに将来的には、中型・大型蓄電池等も含め、全電池への対応も念頭に、制度化を検討することが必要と考えられる。また技術面でも、リサイクル技術や安全性の課題があり、これらは、次世代自動車や中型・大型蓄電池への対応技術の開発を含めて、情報収集及び検討を進めねばならない。

《7章の参考文献》

- 1) 産業構造審議会 環境部会廃棄物・リサイクル小委員会自動車リサイクル WG、中央環境審議会 廃棄物・リサイクル部会自動車リサイクル専門委員会合同会議資料（2013）
- 2) Karen Fisher, Erika Wallen, Pieter Paul Laenen, Michael Collins: Battery Waste Management Life Cycle Assessment, 英国報告書（2006）
- 3) J.L. Sullivan, L. Gaines: Status of life cycle inventories for batteries, Energy Conversion and Management (2012) 58, 134-148
- 4) Parsons, David.: The environmental impact of disposable versus re-chargeable batteries for consumer use, INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT (2007) Vol.12, No.3; p.197-203
- 5) LANKEY R L, MCMICHAEL F C: Life-cycle methods for comparing primary and rechargeable batteries, Environ Sci Technol (2000) Vol.34, No.11, 2299-2304
- 6) Carl Johan Rydh, Magnus Karlström: Life cycle inventory of recycling portable nickel-cadmium batteries, Conservation and Recycling (2002) Vol.34, No.4, 289-309
- 7) K. Briffaerts, C. Spirinckx, A. Van der Linden, K. Vrancken: Waste battery treatment options: Comparing their environmental performance, Waste Management (2009) Vol 29, 8, 2321-2331
- 8) Madeleine Yates : The wasted energy in waste batteries; An assessment of the useful life in batteries sent for recycling (2013)

8 章 結論

本研究では、小形電池（一次、二次、ボタン電池）を対象に、次のような研究や調査を行い、知見が得られた。

(1) 小形電池政策に関する基礎的なレビュー

小形電池の回収・リサイクルに関する政策やその背景についての基本情報の収集を、主にウェブサイトの検索等により行い、特に EU 新廃電池指令に基づく制度と日本、アメリカ、アジア数カ国における制度を整理した。

(2) 小形電池の循環・廃棄の実態把握

日本における小形電池の廃棄実態を把握するために、自治体、消費者、回収物等に関する調査を行った。その結果、本調査の対象とした 806 の自治体の中で、筒型一次電池の分別収集（リサイクルのためとは限らないが大半がリサイクルされていると考えられる）を行っているのは 605 自治体に上り、分別収集が一定根付いていることが伺える。しかし、自治体から消費者への情報伝達が十分とは言えないこと、回収拠点数が多いと言えないことなどの課題も浮き彫りとなった。また、小形電池及び小形電池内蔵小型家電の家庭内保有や廃棄に関するネットアンケート調査を行った結果、小型家電に電池を内蔵したまま廃棄される傾向にあること、電池回収システムや回収ボックスの認知が低いことが、小形電池の回収率を下げている要因と考えられた。

(3) 小形電池の資源ポテンシャルの把握及び国内フロー解析

小形電池に含まれる資源・有害性金属に焦点をあて、性状分析を行うと同時に、資源ポテンシャルを把握した。その結果、資源性・有害性の両面から配慮が必要であることが確認された。その結果やアンケート結果を用いて家庭内保有されている小形電池に含まれる金属量の推定を行った結果、特に Li、Co、Ni、Cd については、国内フローに対して相当の寄与量となる可能性があることがわかった。

NiCd 電池に焦点を当てた Cd の国内フロー解析を行った結果、フローの多くを NiCd 電池が占めているものの、ここ 10 年でフロー量や需要は大幅に減少し、電池種のシフトや製造拠点の移転が原因と考えられた。しかし、Cd は亜鉛精錬の副産物として得られることから、今後余剰となった場合の対応が求められると考えられた。

次に、Li-ion 電池に焦点を当てた Co の国内フロー解析を行った結果、フローの多くを Li-ion 電池が占めており、販売量に対する回収率は約 10%と推定された。特に PC や携帯電話からの電池回収・リサイクルが重要であり、今後、タブレット端末等にも注意を要すると考えられた。

(4) 小形電池の循環・廃棄に関する政策の国際比較

デンマーク及びスイスについては、詳細な現地視察、各国政府や業界団体等へのヒアリング調査等を行い、政策比較を行った。その結果、同じように生産者責任をベースとした枠組みであっても、関係者へのインセンティブの与え方や費用負担に大きな違いがあることを確認できた。さらに、日本の制度との比較を行った結果、日本では二次電池のみが対象だがこれらの国では一次電池も含め拡大生産者責任に基づく回収が行われていること、電池の価格に回収費用が内部化されていること、回収における自治体の役割が大きいこと、自治体が回収に要した費用は生産者によって充当され回収インセンティブがあること等の特徴を把握することができた。

(5) 今後の展開に向けた課題整理

LCA 研究レビューや実態調査、これまでの研究結果等を踏まえ、今後の展開に向けた課題を整理した。具体的には、制度、製品設計・表示、消費者意識・行動、コスト、安全面の 5 つの視点を提示した。

これらを受けた今後の取組の方向性として、廃電池の適正な回収・リサイクルシステム構築に向けて、まず既存システムの実効性を高めるため、小形二次電池等に関する回収目標値の設定や自治体や販売店の関与強化、製品設計・表示、消費者への 2R や回収リサイクル周知などが重要と考えられた。さらに将来的には、中型・大型畜電池等も含め、全電池への対応も念頭に、制度化を検討することが必要と考えられる。また技術面でも、リサイクル技術や安全性の課題があり、これらは、次世代自動車や中型・大型蓄電池への対応技術の開発を含めて、情報収集及び検討を進める必要があると考えられる。

9 章 研究発表

《論文発表》

- Misuzu ASARI, Shin-ichi SAKAI: Consumer perspectives on household hazardous waste management in Japan, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, Vol.13, pp.10-24 (2011)
- 浅利美鈴、丸川純、酒井伸一：廃電池の排出動態とリサイクルの現状分析、*廃棄物資源循環学会誌*、Vol.22, No.6, pp.412-425 (2011)
- 浅利美鈴、酒井伸一：小形電池の金属量推定とその廃棄行動に関する研究、*廃棄物資源循環学会誌*、Vol.23, No.4, pp.268-279 (2012)
- Asari, M., Sakai, S.: Li-ion battery recycling and cobalt flow analysis in Japan, *Resources, Conservation & Recycling*, Online first (2013)
- 田崎智宏、浅利美鈴：欧州における使用済み小形電池の回収・リサイクル制度の調査と国内制度への示唆～デンマーク、スイスの制度を対象に～、*廃棄物資源循環学会論文誌*、第 24 巻第 6 号、p.113-124 (2013)

《学会等発表》

- Misuzu ASARI, Shin-ichi SAKAI: Battery recycling and flow analysis of NiCd and Li-ion batteries in Japan, *The 7th International Conference on Waste Management and Technology* (2012)
- Misuzu ASARI: Battery recycling and flow analysis of them in Japan, *17th International Congress for Battery Recycling 2012* (2012)
- 浅利美鈴、酒井伸一：ニカド電池 (Cd) 及びリチウムイオン電池 (Co) のフロー解析、第 23 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 (2012)
- 桜井健太、平井康宏、浅利美鈴、酒井伸一：循環指標に関するアンケート調査の手法間結果比較と傾向スコア法を用いた補正のための共変量の探索、第 23 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 (2012)
- 浅利美鈴、田崎智宏、酒井伸一：日本における廃電池の回収リサイクルに関する課題及び可能性、第 24 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 (2013)

《知的財産権の取得状況》

特になし

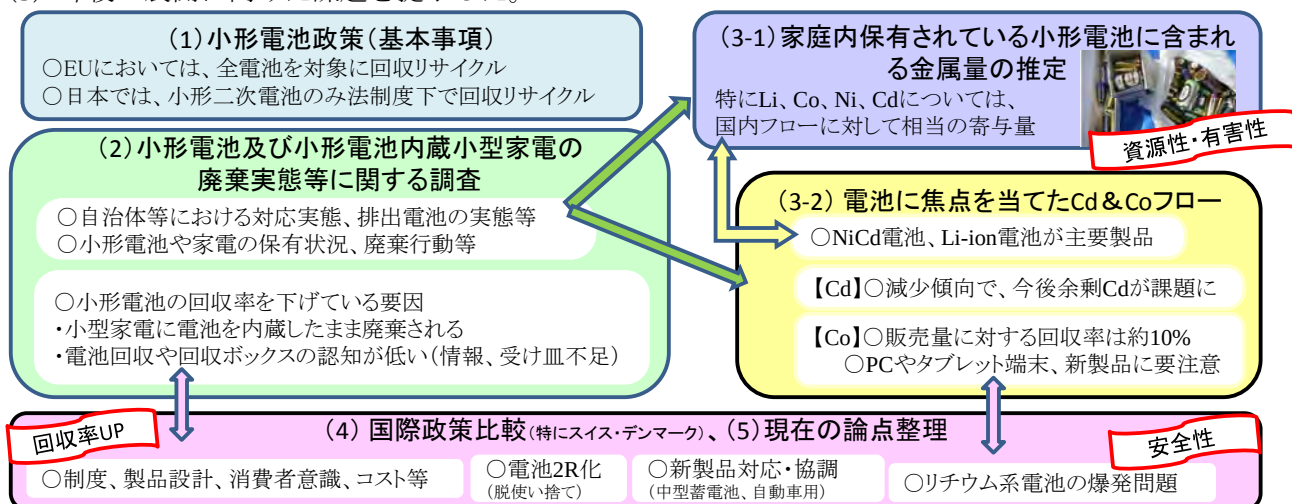
◆背景

電池は、家庭や産業などで幅広く用いられる製品であり、その用途に応じて、様々な種類が存在する。中には、有害性や資源性を有する物質（Pb、Hg、Cd、Co など）を含むものがあり、特に家庭系有害廃棄物の典型例として、過去よりその廃棄プロセスにおける環境影響が研究対象となってきた。しかし、日本国内においては、電池の回収・リサイクル率が低だけでなく、回収・リサイクルの実態が十分に把握されておらず、また使い捨て製品の評価や管理政策に関する議論も十分とは言えない状況である。なお、EU においては全電池を対象とした指令がある（右図）。

◆研究概要

本研究では、大きくわけて、次の5つの研究や調査を行い、知見が得られた。

- (1) 小形電池の回収・リサイクル政策やその背景について、欧米、日本、アジア数カ国の情報を整理した。
- (2) 小形電池及び小形電池内蔵小型家電に関する実態調査を行った結果、小型家電に電池を内蔵したまま廃棄される傾向にあること、電池回収システムや回収ボックスの認知が低いこと（情報発信や受け皿整備が十分といえないこと）が、小形電池の回収率を下げている要因と考えられた。
- (3) 家庭内保有されている小形電池に含まれる金属量の推定を行った結果、特に Li、Co、Ni、Cd については、国内フローに対して相当の寄与量となる可能性があることがわかった。また Cd の国内フロー解析より NiCd 電池が主たる製品であるが、近年需要が減少しており、今後余剰 Cd の問題が出てくるであろうことが明らかになった。また、Li-ion 電池に焦点を当てた Co の国内フロー解析より、フローの多くを Li-ion 電池が占めており、販売量に対する回収率は約 10%と推定された。特に PC や携帯電話からの電池回収・リサイクルが重要であり、今後、タブレット端末等にも注意を要すると考えられた。
- (4) デンマーク及びスイスについて、詳細な政策比較を行った結果、同じように生産者責任をベースとした枠組みであっても、関係者へのインセンティブの与え方や費用負担に大きな違いがあることを確認できた。また、日本における要点（自治体関与、多様な回収方法等7点）も明らかにした。
- (5) 今後の展開に向けた課題を提示した。



これらを総合的に見ると、小形電池は、資源性及び有害性の観点から、回収・リサイクルの促進が望ましいことが確認され、回収促進のためには、既存制度の範囲内では、小型家電製品からの取り外しに関する方針を明らかにして周知を図ることや、回収の受け皿（回収ボックス）等の充実・PRを図ることが重要と考えられた。他方、安全性の課題もあり、特にリチウム系電池の爆発問題については、国際的な対策動向やメーカー等との議論を含め、管理の在り方を議論・検討することが急務と考えられる。

また、既存制度の見直しという点では、現在の回収リサイクル制度対象電池の見直し（小形二次電池のみから、全ての電池を対象に回収するシステムへの移行）や家庭用蓄電池等を含む中型電池等の回収・リサイクルシステムの立ち上げ等について検討・議論の余地があると考えられた。

2008年9月 新電池指令(06/68/EC)が施行

全種類の電池・蓄電池を対象に、1)Hg、Cdの使用を制限し、2)ラベル表示、寄量表示を義務付け、3)生産者の回収・リサイクルの義務を明確に。

なぜ全種類？ → 全ての電池を収集する方がより効率的
 (旧電池指令(91/157/EEC)ではHg、Pb、Cd含有電池のみ)

目標値は？ → 回収率 2012年9月までに25%
 2016年9月までに45%
 再資源化率 鉛蓄電池 重量の65%
 Ni-Cd電池 重量の75%
 その他 重量の50%

費用は？ → 回収・処理・リサイクル及び、広報活動における費用は基本的に生産者が負担

電池政策の例 (EU 電池指令の特徴)

- Title of the study
Environmental analysis and Policy Comparison Studies for development of Battery Recycling System

- Research representative
Misuzu Asari, Kyoto University Environment Preservation Research Center

- Research members
Shin-ichi Sakai, Kyoto University Environment Preservation Research Center
Yasuhiro Hirai, Kyoto University Environment Preservation Research Center
Akiko Kida, Ehime University
Tomohiro Tasaki, National Institute for Environment Studies
Takahiro Miura, Kyoto City

- Abstract

Batteries are broadly used in homes and industry, and various kinds exist according to the use. Some-kinds of battery contain toxic or precious substances (lead, mercury, cadmium, cobalt, etc.) and the environmental impact in the disposal process has been researched over the past years, especially, as a typical example of household hazardous wastes. However, in Japan, the rate of collection and recycling is low and the discussion about management policy of them isn't enough. Therefore, the aim of this research is to get knowledge for developing the policy and management system of small batteries in Japan. We conducted flow analysis of major batteries and substances (NiCd battery and lithium ion battery), review of lifecycle assessment focusing on recycling and total product management system, international comparison between some countries (Japan, Switzerland, Denmark, Germany, Taiwan, etc.).

(1) Comparison of the policy and the studies on small batteries

With respect to policy on collection and recycling of small batteries, the system is established and it is possible to obtain the actual data about collection in Europe. However, in the United States and the Asian countries, the subject of battery is limited and related data is not collected (published) actually. All the small batteries are the subject to collection and the target of the collection rate and others are set characteristically in Europe. The collection rate varies greatly depending on the number of years which have challenged them for and the system in European countries. The collection rate in Switzerland is the highest. In Japan, the kinds of battery to collect are limited, and governmental response is opaque about the product whose demand is expected to increase (medium-sized batteries and others). And the collection rate in Japan is never higher than in European countries. Therefore enhancement of the system is considered important. In addition, the producer and governmental response to the risk of batteries (explosion of lithium-based battery as the latest problem) is also considered important.

(2) Domestic flow analysis of small batteries

We conducted domestic flow analysis of cadmium in the NiCd battery and cobalt in lithium ion battery, both of which are representative of small batteries, using mainly statistics data and industry publication published by some industry organizations. In addition, we included the product which had these batteries built-in as the subject of the evaluation.

The result shows that batteries are the main products account for most of domestic material flows of both cadmium and cobalt, and significant product for thinking about the way of these materials management. It is also cleared that collection and recycling of both materials are not enough.

As for cadmium, the domestic demand is decreasing and the way of future resource management is

questioned. On the other hand, as for cobalt, resources security by collection and recycle is important. As just mentioned, the directions of management of both substances are different. Cadmium is produced as a by-product of zinc smelting in Japan and the deficit is imported. For these ten years, the amount of import of cadmium greatly has decreased from 2,500t to 260t, whereas the domestic production has been roughly flat. These reasons are that the domestic production of NiCd batteries has decreased sharply and several domestic NiCd battery factories moved to China.

As cadmium is produced as a by-product of the domestic zinc smelting, the production of cadmium will increase as far as the production of zinc continues. (Cadmium from zinc production alone is approximately 2,500t a year.) The domestic production of zinc is remaining at the same level, and the demand of cadmium is decreasing sharply in Japan, and the tendency is expected to continue. Therefore, the surplus cadmium is expected to increase in the future.

On the other hand, as for cobalt of the production containing lithium-ion battery, notebook computer whose battery is heavy relatively in weight makes the largest contribution, and followed by others, a cell-phone, a video camera for a lithium ion battery incorporation product. Around half of the production after use was supposed to be put in dead storage incrementally, which suggests a need for the appropriate collection. Additionally, cobalt density varies among makers and products, the evaluation of resource performance and recycle value is difficult. Therefore, development of stable circulation use system is a big issue.

(3) Verification of the subject of batteries from the viewpoint of life cycle

Especially in Europe, LCA is highly developed as an evaluation technique of a battery. The evaluation shows that the environmental impact of a rechargeable battery is lower than a primary battery, and that both a primary battery and a rechargeable battery are desirable to be recycled. There is much amount of the primary battery used in Japan compared with foreign countries, that is, throwing away of a battery has permeated. Then, the energy residual quantity of the thrown-away primary battery was investigated. As a result, it turned out that there is clearly much energy residual quantity compared with U.K. or Taiwan, and that an improvement of usage and the shift to a rechargeable battery, the promotion of “2R (reduce & reuse)” of a battery, are required.

(4) International comparison of the policy of circulation and disposal of small batteries

Especially in Denmark and Switzerland, as foundations of the recycling system, three kinds of flow - material flow, money flow, and information flow - (How and how much flows between involved bodies?) was described, and the features were summarized. As a result, we confirmed that even if each country has the similar framework based on producer responsibility, there is a big difference in the way to give the incentive to persons involved and the burden of expense. Furthermore, comparing the system of the two countries with that of Japan, the following results were obtained;

- 1) Although only the rechargeable battery was an object in Japan, all the batteries also including a primary battery are collected based on an expanded producer responsibility in these countries,.
- 2) Expense for collection of the battery is contained in the price.
- 3) The role to be played by local government in collection of waste is large.
- 4) Producers pay the expense which local governments use for collection of waste, and there is an incentive of collection.

- Keywords: battery, collection, recycling, policy, flow analysis