【 論 文 】

使用済み自動車用鉛バッテリーのフロー推定

平 井 康 宏*・酒 井 伸 一**

【要 旨】 自動車用鉛バッテリーのリサイクル・廃棄フローモデルを作成し、インターネットアンケート調査から退蔵バッテリー残存率関数を定め、静脈フローを推定した。補修用バッテリー販売時の廃バッテリー回収率は、ガソリンスタンド・整備業では10割に近く、カーショップで約8割、ホームセンターで約5割、平均回収率は85%で、約230万個/年が未回収と推定された。不要となった後も家庭内で保管（退蔵）されるバッテリーのストック数は約500万個、平均滞留年数は約2.2年と推定された。これらの結果と統計等を元に推定した2003年度の不要バッテリーのリサイクル率は、精錬業で原料利用した国内再生率84%、国内解体率87%（解体後に得られる鉛の輸出を含む）、中古バッテリー輸出を含む国内回収率89%であった。残る11%は、中古車上の車載輸出（約5%）、焼却・埋立、不法投棄、退蔵純増に至ると推定された。

キーワード：回収率、退蔵、鉛蓄電池、アンケート、輸出

1. は じ め に

自動車用バッテリーはその構成材料に鉛や硫酸を含み、資源性・有害性の点から廃製品となった際の管理に注意を要する製品である。現在、新たな自動車用バッテリーリサイクルシステムの構築に向けた検討がされており、2005年8月には、中央環境審議会・産業構造審議会の合同会合が「自動車用バッテリーの回収・リサイクル推進のための方策について 報告書（案）」¹⁾をとりまとめた。同報告書によると、国内投入約2,500万個/年（四輪車用2,200万個/年、二輪車用282万個/年、輸入を含む）に対し、リサイクル向けに回収されるバッテリーは約2,000万個/年（二輪車用を含む）と推定されている。また、電池工業会によると回収量のうち二輪車用バッテリーは約50万個/年と推定されている。投入と回収の差である約500万個/年の未回収バッテリー（四輪車用約250万個/年、二輪車用約230万個/年）

は、中古輸出（車載・単体）、自治体回収ごみへの混入、家庭での退蔵（不要となった後も廃棄されず保管されている状態を指す）バッテリーの増加、不法投棄などに至ると考えられる。中古輸出は、アジア途上国での鉛バッテリーリサイクルに関する問題（鉛の回収率が40%程度の未熟な回収手法等が適用された場合に生じる周辺環境の鉛および硫酸による汚染や労働者・周辺住民の健康被害）²⁾の遠因となっているおそれがある。自治体ごみ処理施設の焼却灰中の鉛の由来を推定した研究³⁾では、鉛蓄電池の種類（四輪車用、二輪車用、小型シール電池）は特定していないものの、2/3程度が鉛蓄電池に由来すると推定されている。これらの問題を防止するためには、効果的な回収・リサイクルシステムを構築することが重要であり、その前提として廃バッテリーフローの実態把握が求められる。

既往の調査事例としては、電池工業会^{4,5)}による回収率・再利用率の推定、増田ら⁶⁾による累積未回収量の推定、日本メタル経済研究所⁷⁾による鉛マテリアルフローの推定、中環審・産構審合同会合⁸⁾による店舗別販売・回収個数原単位の推定などがある。

電池工業会が公表している回収率推定値は、回収量を排出量で除したものである。回収量は再生精錬業者の回収量報告を集計したものであり、産業用を含めた鉛電池全体が対象となっている⁴⁾。排出量は廃車+国内取替用

原稿受付 2005. 10. 28 原稿受理 2006. 9. 11

* (株)国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター
(現在 京都大学環境保全センター)

** 京都大学環境保全センター

連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町

京都大学環境保全センター 平井 康宏

E-mail: hirai@eprc.kyoto-u.ac.jp

出荷分で推定されているが、国内蓄電池メーカー以外の輸入電池は含まれていない⁵⁾。自動車用蓄電池の占める比率は70%程度で、回収率は電池全体とほぼ同じと推定されている⁴⁾。これらの前提で推定された回収率は、1990年代後半から100%近くで推移しているが、輸入品を含めた自動車用鉛バッテリー全体の回収状況を示すものではないことが指摘されている⁹⁾。

増田⁸⁾は、鉛蓄電池のリサイクルシステムを提案する前提として、蓄電池以外の用途も含めた鉛全体の日本におけるマテリアルフローを示した。この中で、鉛のストック量の一部として、1989年から2000年までの鉛蓄電池の累積未回収量を20万tonPb（四輪車用バッテリー換算で約2,500万個）と推定した。電池工業会の回収率を用いた推定であるため前述の問題点や、未回収分に海外への中古輸出なども含まれるといった点で改良の余地がある。

日本メタル経済研究所⁷⁾は、1994年度の銅・亜鉛・鉛の国内マテリアルフローを推定した。主要用途分類毎のマテリアルフローも調査されており、鉛では蓄電池・無機薬品・はんだ・電線被覆・鉛管板が対象となっている。自動車用鉛蓄電池の廃棄・リサイクルについては、電池工業会のリサイクル率（96.3%）が高く、残り3.7%も自治体経由で回収されているとして、廃棄量の全量が回収されていると仮定した。一方、蓄電池由来の鉛排出量に対して原料供給側の回収スクラップ量が少ないことも指摘しており、再利用状況の詳細調査が今後の調査課題とされている。

中環審・産構審合同会合⁸⁾による店舗種類別の販売・回収個数原単位は、バッテリー販売店舗等へのアンケート調査により、1店舗あたりの販売・回収個数を調査したものである。調査対象が大規模店舗に偏るなどバイアスが見られる。また、店舗種類別の原単位を積み上げてマクロの回収率を推計するといった活用が図られていない。

新しいリサイクルシステム¹⁾では、バッテリー販売時に上乗せされたリサイクル費用が資金管理団体にプールされ、廃バッテリーの回収業者や解体業者にリサイクル費用が支払われる仕組みが計画されている。したがって、このルートでの回収量・解体量は正確な把握が可能になると期待される。しかし、新システムの導入後も、資金管理団体からリサイクル費用を受け取らずに独自に回収・解体を行うことは可能であり、バッテリーの中古輸出や果鉛（使用済み鉛蓄電池の解体によって電槽から取り出された正負の極板等を指す。名称は極板格子が蜂の巣状であることに由来する）の輸出を前提とした回収量は把握できない。

そこで、本研究は、輸入バッテリーや中古バッテリーの輸出を含め、自動車用鉛バッテリーのリサイクル・廃棄フローを推定することを目的とした。

2. 方 法

2.1 推定対象の範囲

対象品目は、四輪車用の鉛バッテリーとした。小形鉛二次電池や産業用バッテリーは四輪車用鉛バッテリーと販売方法および廃棄形態が大きく異なるため、調査の対象外とした。二輪車用鉛バッテリーについては調査を行ったが、国内回収量の推定結果が0.9～3.8千ton/年となるなど、精度が不十分と考えて報告を見送った。四輪車用バッテリーに比べて二輪車用バッテリーは重量・容積ともに小さく、バッテリー解体業者や自治体へのヒアリングでは「ほとんどない」「四輪車用の1%以下」などの回答が多く見られた。これらが精度の低下につながった要因と考えられる。二輪車用鉛バッテリーの未回収量（230万個/年）は四輪車用のそれ（250万個/年）と比べ同数程度（ただしその推計精度には疑問も残る）と推測されることや、硬質プラスチックが用いられているために四輪車用とは同一の解体工程で処理できず引取を拒否する解体業者があることなどを踏まえると、二輪車用バッテリーの静脈フロー把握は重要な課題と思われる。しかしながら、二輪車用バッテリーは四輪車用バッテリーに比べ1個あたりの鉛使用重量が少ないため、本報告は重量では未回収バッテリーの8割、不要バッテリー発生量の95%以上をカバーする。四輪車用バッテリーのうち農機や船舶用など自動車以外の用途で使われているものについては、分離して推計することが困難であったため、自動車用バッテリーと同様の回収・廃棄が行われていると仮定して対象に含めた。合同会合に提出された電池工業会の資料¹⁾によると、四輪車用バッテリーのうち農機・船舶関係店での販売個数は68万個で、国内販売量の約3%を占めるとされており、その割合は小さい。

推定対象期間は、2003年度の1年間とした。2003年度の情報が得られない場合には、可能な限り近い年度の情報を用いた。

推定の地理的範囲は日本国内とした。なお、国内で発生した不要バッテリーには、輸入車の車載バッテリーや輸入バッテリーが不要となったものも含めた。

計測単位は、バッテリーの個数とした。ただしバッテリー解体工程以降のプロセスでは、個数での計測になじまないため、鉛重量（ton-Pb）を補助的に用いた。

対象とするライフサイクルの範囲は、国内での不要

バッテリーの発生から、回収・解体を経て鉛一次製錬業または鉛二次精錬業に引き渡されるまでとした(図1)。

本推計で想定した廃鉛バッテリーのライフサイクルは以下の通りである。使用済みバッテリーは、バッテリー交換時または廃車時に発生するとした。使用済みとなった車は、中古車として輸出されるか国内で解体されるとした。これに伴う使用済みバッテリーは、中古車輸出の際は全量が車載されたまま輸出され、解体の際は全量が回収業によって回収されるとした。交換時に不要となったバッテリーは、交換用バッテリーを購入した店に返却されるか、購入者によって退蔵されるとした。退蔵されたバッテリーは、引き続き退蔵されるか、バッテリー販売店、自治体・ごみ処理(自治体ごみ回収およびごみ処理業者による回収)、その他のルートへ排出されるとした。バッテリー販売店に返却されたバッテリーは全量が回収業者によって回収されるとした。また、ごみ処理業者に排出されたバッテリーは全量が焼却または埋め立てされるとし、自治体に排出されたバッテリーの一部は回収業者によって回収され、残りは焼却または埋め立てされるとした。回収業によって集められたバッテリーは、中古バッテリーとして輸出されるか、国内のバッテリー解体業者に引き渡されるとした。解体によって得られた果鉛は、輸出されるか国内の鉛一次製錬・二次精錬業者に引き渡されるとした。

2.2 リサイクル・廃棄フローの推定方法

フロー量ならびにストック量は以下の記法に従って記述した。

- ・フロー構成要素の各ノードに固有の番号(1～17)を割り当てる。
- ・ノード x からノード y へのフロー量は、 $F_{x,y}$ と表す。
- ・ノード x におけるストック量は、 S_x と表す。
- ・ストック量の増減は、便宜的に設けたノードへのフロー量として表す。

図1 本研究で想定した自動車用バッテリーの静脈フロー

各フロー・ストック量の推定方法を表1に示した。以下ではその概要を述べた。

廃車時に不要となるバッテリーの発生量は、廃車台数をもとに推定した。廃車台数から中古車輸出台数を除いた量を自動車解体台数とした。

交換時に不要となるバッテリーの発生量は、交換用バッテリーの販売数と同じとした。交換直後のバッテリー販売店での回収量(および未回収量)、不要バッテリーの退蔵ストック数は、本研究のアンケート結果を用いて推定した。また、退蔵バッテリーからの除却数は、先に推定した退蔵ストック数と退蔵時の残存率関数(2.4にて詳述)から推定した。退蔵純増数は、未回収量と退蔵除却数との差とした。退蔵から除却されたバッテリーの行く先は、本研究のアンケート結果から推定した。

自治体に排出された後にリサイクル向けに回収される量は、228市区町村の回収実績^{10,11)}から人口あたり原単位を設定して推定した。回収実績は、全国都市清掃会議が2003年5月に実施した「市区町村における廃製品の適正処理困難な状況に関する調査」¹¹⁾および全国都市清掃会議の2002年の調査データに基づく。2003年の調査は、鉛バッテリーやスプリングマットレス等17の廃製品について、全国都市清掃会議に単独で加入している市区町村(500団体)を対象に、不法投棄を含む排出量や自治体での排出区分、収集後の処理方法などを調査したものである。鉛バッテリーの排出量については、210市区町村から回答があった。2002年の調査は同様の趣旨のものであり、27市の結果が「自動車用バッテリーの回収・リサイクル推進のための方策について報告書」¹⁰⁾に引用されている。本研究では、上記の2調査のうち重複する自治体については2003年調査の値のみを用い、合計228市区町村の人口あたりバッテリー自治体回収数を求めた。228市の人口は5,485万人、バッテリー回収個数は73,188個であり、人口千人あたりの年間自治体バッテリー回収量は1.33個であった。人口カバー率の高さから、本推計はある程度の代表性を持つと考えるが、

表1 自動車用鉛バッテリーの静脈フロー・ストックの推計方法

記号	項目名	値	単位	出所
S1	車載バッテリーのストック量＝自動車保有台数×自動車1台あたりバッテリー搭載数	81,259,757	個	
	自動車保有台数	77,390,245	台	*1
	自動車1台あたりバッテリー搭載数	1.05	個/台	*2
F1_2	廃車時の不要バッテリー発生量＝自動車廃車台数×自動車1台あたりバッテリー搭載数	5,883,273	個/年	
	自動車廃車台数	5,603,117	台/年	*3
	自動車1台あたりバッテリー搭載数	1.05	個/台	*2
F2_4	中古車輸出に伴うバッテリー輸出量＝中古車輸出台数×自動車1台あたりバッテリー搭載数	1,050,000	個/年	
	中古車輸出台数	1,000,000	台/年	*4
	自動車1台あたりバッテリー搭載数	1.05	個/台	*2
F2_5	自動車解体業への不要バッテリー流入量＝F1_2－F2_4	4,833,273	個/年	
F5_10	自動車解体業からの不要バッテリー回収量＝F2_5	4,833,273	個/年	
F1_3	バッテリー交換時の不要バッテリー発生量	15,640,000	個/年	
	＝交換用バッテリー販売量	15,640,000	個/年	*5
F3_6	バッテリー交換直後のバッテリー販売店での直接回収量＝F1_3×交換直後の直接回収率	13,294,000	個/年	
	交換直後の直接回収率	85%		*6
F3_7	バッテリー交換直後の未回収量＝F1_3－F3_6	2,346,000	個/年	
S7	退蔵ストック量＝総世帯数×普及率×自動車保有世帯あたり平均退蔵個数	5,002,113	個	
	総世帯数	49,837,731	世帯	*7
	自動車普及率	73.8%		*8
	自動車保有世帯あたり平均退蔵個数	0.136	個/世帯	*6
F7_8	退蔵ストックからの除却量＝S7×一次消失係数	2,232,943	個/年	
	一次消失係数	0.4464	1/年	*6
F7_9	退蔵ストックの純増量＝F3_7－F7_8	113,057	個/年	
F8_6	退蔵後のバッテリー販売店での間接回収量＝F7_8×退蔵後販売店排出率	826,189	個/年	
	退蔵後販売店排出率	37%		*6
F6_10	販売店からの総回収量＝F3_6＋F8_6	14,120,189	個/年	
F8_11	自治体ごみ回収・ごみ処理業への排出量＝F7_8×退蔵後自治体・ごみ処理業排出率	1,272,778	個/年	
	退蔵後自治体・ごみ処理業排出率	57%		*6
F8_12	不法投棄・放置量＝F7_8×退蔵後不法投棄・放置率	133,977	個/年	
	退蔵後不法投棄・放置率	6%		*6
F11_10	自治体ごみ回収からのリサイクル向け回収量＝人口×人口あたり自治体バッテリー引き渡し量	168,676	個/年	
	人口	126,824,166	人	*7
	人口あたり自治体バッテリー引き渡し量	0.00133	個/人/年	*5*9より計算
F11_15	焼却・埋立量＝F8_11－F11_10	1,104,102	個/年	
F10_13	中古バッテリー輸出量＝中古バッテリー輸出重量÷バッテリー1個あたり鉛含有量	253,165	個/年	
	中古バッテリー輸出重量	2,000	ton-Pb/年	*10
	バッテリー1個あたり鉛含有量	7.9	kg-Pb/個	*11より計算
F10_14	バッテリー解体量＝F5_10＋F6_10＋F11_10－F10_13	18,868,973	個/年	
F14_16	果鉛輸出量＝鉛スクラップ（蓄電池）輸出量÷バッテリー1個あたり鉛含有量	762,152	個/年	
	鉛スクラップ（蓄電池）輸出量（移動書類交付重量）	6,021	ton-Pb/年	*12
	バッテリー1個あたり鉛含有量	7.9	kg-Pb/個	*11より計算
F14_17	国内リサイクル向け果鉛投入量＝F10_14－F14_16	18,106,822	個/年	

(表1の脚注)

*1：(財)自動車検査登録協会の(2004年3月31日時点)

*2：(財)電池工業界「資料(1992年～2003年の平均)」

*3：(財)日本自動車工業会「推定廃車台数」

*4：矢野経済研究所(2005)「急増する輸出中古車の市場展望2005年版」

*5：環境省・経産省(2005)「自動車用バッテリーの回収・リサイクル推進のための方策について」

*6：本研究のアンケート調査

*7：総務省(2004)「住民基本台帳に基づく人口・人口動態及び世帯数(2004年3月31日現在)」

*8：総務省統計局(2005)「平成16年全国消費実態調査」

*9：(財)全国都市清掃会議(2003)「市区町村における廃製品の適正処理困難状況に関する調査」

*10：バッテリー輸出事業者へのヒアリングで把握した下限値(これより大きい可能性はあるが、小さい可能性はない値)。詳細は本文2.2を参照。なお、他の推計方法との比較については、本文3.5を参照。

*11：機械統計年報より計算(2000年以降の平均)

*12：環境省(2004)「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律の施行状況(平成15年)」について

人口規模の少ない自治体が調査対象に含まれておらずバイアスがかかっている可能性があること、自治体間の原単位のばらつきが大きいこと（5%値, 25%値, 中央値, 75%値, 95%値は, 0.078, 0.313, 0.761, 1.83, 7.87 個/千人）に注意を要する。

回収後のバッテリー中古輸出量は、鉛くず輸出事業者へのヒアリングに基づいて設定した。ヒアリング対象とした事業者は、2003年1月～12月の間に鉛スクラップ（廃蓄電池）の輸出を行い、バーゼル法に定める経済産業大臣からの輸出移動書類の交付を受けた全事業者（4社）である。調査は2005年3月1日から3月14日にかけて行い、2003年度の年間鉛バッテリー回収量、回収バッテリーの処理・販売先、バッテリー解体量、解体方法、回収業者からの買取価格、バッテリー輸出量、果鉛輸出量を尋ねた。

バッテリーの解体量は、回収量から中古輸出量を引いた量とした。バッテリー解体後の果鉛輸出量は、バーゼル条約での「鉛スクラップ（鉛蓄電池）」の日本からの輸出の移動書類交付重量¹²⁾をもとに推定した。解体バッテリーの国内での再生量は、解体量から果鉛輸出量を除いた量とした。

2.3 アンケート調査概要

バッテリーのリサイクル・廃棄フローを推定するため、スクリーニング調査1種と詳細調査3種のアンケート調査を行った（表2）。スクリーニング調査では詳細調査の対象者の絞り込みおよび世帯あたり不要バッテリー退蔵個数を、最近購入者調査では交換直後の販売店への直接返却率を、退蔵者調査では退蔵バッテリーの退蔵年数分布を、退蔵後処分者調査では退蔵後の処分方法を調べた。

調査規模は、バッテリー退蔵者300サンプルを得ることを目標に、退蔵者の出現率を1～5%（実際は7%程度であった）、スクリーニング調査での回答率を20%、詳細調査での回答率を50%として設計し、スクリーニング調査票の配布枚数を安全側で見積もり30万枚とした。費用の面から、郵送法などでの実施は困難と考え、インターネットアンケート調査手法を用いることとし、調査実務はサイバーブレインズ（当時）に委託した。

調査会社のモニターの主な属性分布は以下の通りである。性別は男性59%、女性41%で男性がやや多い。年齢は、20代27.6%、30代34.5%、40代19.3%で8割を占め、50代7.2%や60代以上3.2%、10代以下8.2%の比率は小さい。居住地域の分布は、東京都14.6%（総務省調査の2004年の人口比9.7%以下同じ）、神奈川県

表2 アンケート調査概要

調査名 ^a	スクリーニング	最近購入者	退蔵者	退蔵後処分者
実施日	2005年1月下旬	2005年2月上旬	2005年2月上旬	2005年2月上旬
調査対象	16才以上	最近1ヶ月以内 ^b にバッテリーを交換・購入した。	家に退蔵バッテリーが1個以上ある。	不要バッテリーを引き取ってもらわなかったことがあり、家に退蔵バッテリーがない。
条件合致者数	—	2,795	4,542	4,752
配布数	約300,000	600	600	600
回収総数	68,325	300	300	300
四輪車用	—	250 ^c	151 ^d	55 ^d
二輪車用	—	25 ^c	123 ^d	38 ^d
不一致 ^e	—	25	26	207 ^f
主な質問内容	<ul style="list-style-type: none"> 直近でのバッテリー交換の時期 不要バッテリーを引き取ってもらわなかった経験の有無 バッテリーの退蔵個数 	<ul style="list-style-type: none"> バッテリーの購入店舗種類 バッテリーの交換者 不要バッテリーの返却状況 	<ul style="list-style-type: none"> バッテリーの購入店舗種類 不要バッテリーの退蔵年数 今後の処分予定 	<ul style="list-style-type: none"> バッテリーの購入店舗種類 不要バッテリーの発生時期 不要バッテリーの処分方法

a：アンケート回答者には、バッテリーに関するアンケートS（H1, H2, H3）などのコード名のみ示した。

b：スクリーニング調査実施時点で1ヶ月以内。

c：四輪車用と二輪車用とを区別せず調査案内状を配付。

d：スクリーニング結果から四輪車用と二輪車用とを区別し、調査案内状を同数配付

e：スクリーニング調査と本調査で回答が一致せず集計対象としなかった調査票の数。

f：スクリーニング調査で本来の意図とは異なる解釈が可能な設問があったため、条件不一致となった回答が増加した。具体的には、「不要となったバッテリーを引き取ってもらわなかったことがありますか」との設問に、「四輪車用バッテリーはいつも引き取ってもらっており、二輪車用バッテリーを買ったことがない」人は、「ない（いつも業者に引き取ってもらっている）」と回答することを期待したが、「二輪車用バッテリーのみ引き取ってもらったことがない」と回答した人が3%程度いたと推測される。四輪車・二輪車を入れ替えたケースでも同様。誤答率は低いが、「退蔵後処分者」の該当率も低いと、相対的な影響は大きい。

9.2% (6.8%), 大阪府 9.0% (6.9%) など関東圏と関西圏で実際よりもやや高く, その他の地域では実際よりもやや低い。自動車の所有率は 68.5% で, 平成 16 年全国消費実態調査 (単身世帯および二人以上世帯を加重平均) による所有率 73.8% よりもやや低い。自動車の所有率は, 世帯主年齢や居住地域 (東京など都市部では低い) などの影響を受けるため, これらがモニターの自動車所有率が低い要因の一部になっている可能性がある。自動車所有の有無は, バッテリー退蔵の有無に大きく影響すると考えられるため, アンケート調査結果からバッテリー退蔵個数を算出するにあたっては, 自動車所有世帯あたりの退蔵個数に正規化することとした。

スクリーニング調査においては, 調査会社の登録者 68 万人のうち, 二輪車免許の取得資格がある 16 才以上に限定した上で, 調査会社のモニター管理方針 (同種の調査テーマについて同じモニターへの調査依頼が連続しないようにするなど) に基づいて 30 万人を抽出し, スクリーニング調査の対象とした。調査対象者には案内メール送付後 1 週間経過時点まで回答を受け付けた。

詳細調査では, 条件に合致する登録者から各 600 名程度に案内メールを送付し, 回収数が各 300 名に達するまで回収を受け付けた。条件合致者からの配布対象者の抽出は, 最近購入者調査では無作為抽出により行った。退蔵者調査においては, 条件合致者を四輪車・二輪車に区分し, それぞれから 300 名を無作為抽出して計 600 名とした。退蔵後処分者調査においては, 退蔵者調査と同様の手順とした。なお, アンケート調査では四輪車と二輪車について調査したが, 本研究では四輪車のみを取り上げた。

2.4 退蔵バッテリー残存率関数の推定方法

家庭に退蔵されたバッテリーの退蔵後 t 年における残存率は式(1)に示した指数関数 $f(t)$ で表されるとした。指数関数の採用は, 退蔵バッテリーを除却するイベントの発生確率が退蔵年数に関係なく一定と仮定したことを意味する。実際には, 次にバッテリーを交換する時 (退蔵から 3～5 年後) に, 2 つまとめて不要バッテリーを返却する場合があります, 退蔵後の年数に無関係とはいええず, このような事象を考慮したより複雑な残存率関数を想定することも可能である。しかし, 本研究では, いたずらにパラメータを増やすことをせず, 単純化したモデルを用いることとした。

$$f(t) = \exp(-kt) \quad (1)$$

バッテリー退蔵発生数を毎年一定とすると, 任意の退蔵バッテリーの退蔵年数が ta 年以上 tb 年未満である確

率 $p(ta, tb)$ は式(2)で表される。

$$\begin{aligned} p(ta, tb) &= \int_{ta}^{tb} f(t) dt / \int_0^{\infty} f(t) dt \\ &= f(ta) - f(tb) \end{aligned} \quad (2)$$

2 個のバッテリーを退蔵保有する世帯において, 最も新しい退蔵バッテリーの退蔵年数が ta 年以上 tb 年未満である場合には, 2 個目の退蔵バッテリーの退蔵年数は ta 年以上 ∞ 年未満である。また, それらバッテリーの退蔵年数が独立に分布すると仮定すると, この事象が観察されるときに k に関する尤度 $l(k)$ および対数尤度 $L(k)$ は, 式(3), (4)で表される。

$$l(k) \propto p(ta, tb) \times p(ta, \infty) \quad (3)$$

$$L(k) \propto \ln(p(ta, tb)) + \ln(p(ta, \infty)) \quad (4)$$

さらに, 最短退蔵年数が ta_i 年以上 tb_i 年未満でバッテリー退蔵個数が j 個の世帯が n_{ji} 世帯いるという事象が観察されるときには, 退蔵年数 ta_i 年～ tb_i 年のバッテリーが $\sum_j n_{ji}$ 個あり, 退蔵年数 ta_i 年以上のバッテリーが $\sum_j (j-1) \times n_{ji}$ 個あることに留意すると, k に関する対数尤度関数 $L(k)$ は式(5)で表される。

$$\begin{aligned} L(k) &\propto \sum_i \left\{ \ln(p(ta_i, tb_i)) \times \sum_j n_{ji} \right. \\ &\quad \left. + \ln(p(ta_i, \infty)) \times \sum_j [(j-1)n_{ji}] \right\} \end{aligned} \quad (5)$$

式(5)の $L(k)$ を最大とする k の最尤推定値を求め, 残存率関数 $f(t)$ を特定した。

3. 結果および考察

3.1 店舗別返却率の推定結果

本研究で実施したユーザーへのアンケート調査に基づく店舗別返却率の推定結果を表 3, 図 2 に示した。全店舗合計の返却率は 85% と推定された。店舗別には, ガソリンスタンドやカーディーラー, 自動車整備業での返却率が 100% に近く高いのに対して, 通信販売等 (10%) やホームセンター等 (50%) での返却率は低いと推定された。

通信販売等での購入比率は 4% (250 人中 10 人) と他の店舗種類での購入比率に比べて低いが, 返却率が他と比べ大幅に低いと, 全体の返却率に及ぼす影響は相対的に大きい。仮に通信販売等を除いて全体の返却率を算出すると 88% となった。これは, 全サンプル ($n =$

表3 販売店舗種類別のバッテリー交換・返却状況

バッテリー交換者 交換直後の返却	(a) 業者 —	(b) 自分等 返却	(c) 自分等 未返却	(d) 合計	(a+b)/d 返却率 (90% 確信区間)	既往調査 の引取率
ガソリンスタンド	37	1	1	39	97% (91% - 100%)	98%
自動車整備業等	33	4	1	38	97% (90% - 100%)	105%
カーディーラー	61	4	1	66	98% (94% - 100%)	86%
カーショップ等	41	13	13	67	81% (72% - 88%)	89%
ホームセンター等	4	8	12	24	50% (34% - 66%)	46%
通信販売等	1	0	9	10	10% (1% - 32%)	—
その他	3	2	1	6	83% (54% - 98%)	—
合計	180	32	38	250	85% (81% - 88%)	85%

* 既往調査⁸⁾の引取率は、店舗へのアンケート調査による推定値であり、図1では、 $(F3_6 + F8_6)/F1_3$ に相当する。一方、返却率は、 $F3_6/F1_3$ に相当し、退蔵後の店舗への返却を含まない。引取率が100%を超える店舗がある理由については本文3.1を参照。

斜線の棒は、本研究の推定結果（バッテリー交換を行ったユーザーに対するアンケート調査結果）であり、バッテリー交換直後の返却率を示し、退蔵後の店舗への返却を含まない。また、誤差線は90% 確信区間を示す。斜線棒の合計は、全アンケート回答の単純合計値をもとに算出した返却率を示す（表3参照）。黒塗りの棒は、既往調査結果⁸⁾（バッテリー販売店舗へのアンケート調査）であり、引取率には退蔵後の店舗への返却を含む。黒塗り棒の合計は、店舗別バッテリー販売個数¹³⁾に店舗別バッテリー返却率を乗じて求めた。店舗種類の下（ ）内の数値は両調査でのサンプル数を示す。

図2 店舗別のバッテリー返却率および引取率の推定結果

250)を用いて算出した返却率の90% 確信区間(81%～88%)の上限値に相当する。通信販売等にはインターネット通販を含むため、本調査がインターネット調査であることのバイアスを受けて、実際よりも高い比率で通信販売等が選択された可能性がある。今後、返却率の精度を高めるためには、単にサンプル数を増やして標本誤差を減らすだけでなく、標本の妥当性についても同等の注意を払う必要があるといえる。

表3には販売店へのアンケート調査⁸⁾による引取率をあわせて示した。ここで引取率とは1店舗あたりの使用済バッテリー引取量の平均値を1店舗あたりのバッテリー仕入れ・販売量で除して得た値である。ただし、仕入れ・販売量は「車両としての販売」を含み、引取量には「車両（廃車）としての引取」が含まれるため、これ

らを差し引いて、補修用バッテリーの販売に伴って生じた不要バッテリーの引取率となるよう補正した。引取率は、図1の $(F3_6 + F8_6)/F1_3$ に相当し、 $F3_6/F1_3$ に相当する本調査の返却率とは定義が異なる。しかしながら、両者は相関性を持つと考えられることや、両者の検討を通じて退蔵後の返却($F8_6$)について考察できることから、両者を比較することは有用である。

店舗別の返却率と引取率を比較すると、ホームセンターで低いなど同様の傾向が見られた。両調査での乖離が見られるケースとしては、自動車整備業等の引取率が既往調査⁸⁾では100%を超えていること、カーディーラーでの引取率(86%)が返却率(94～100%)よりも低いことが注目される。前者については、他店で購入した新品バッテリーを整備業者の店舗にユーザーが持ち込んでバッテリー交換のみを依頼するケースなどがあるためと考えられる。この場合、整備業者のバッテリー販売量は増えず、引取量のみが発生することとなり、引取率が100%を超える要因となる。また、メーカー系の整備業者の中には、同一系列のカーディーラーに隣接して立地するものがあり、このような場合には販売はカーディーラー、引取は整備業者となって、整備業者の引取率を上げ、カーディーラーの引取率を下げる要因になると推測される。一方、バッテリー購入者の側からは、カーディーラーと整備業者は区別されず、「カーディーラーで購入し、業者が交換した」との認識になると思われる。つまり、このようなケースは、本調査でのカーショップの返却率には含まれるが、既往調査のカーショップの引取率には含まれず、カーショップの返却率が引取率よりも高いことを説明する1つの要因となる。この要因によって整備業者の引取率が100%を超えうるかを検討するため、以下の試算を行った。表3のカーディーラーでの返却率と引取率の差(98% - 86% = 12%)は、すべて隣接する整備工場での交換によるもの

であるとする。整備工場での交換数は、 $66 \times 0.12 = 7.9$ だけ増加し、整備工場による引取数は、 $33 + 4 + 7.9 = 44.9$ となる。一方、販売数は以前のままであり 38。よって、引取率は、 $44.9 \div 38 = 1.18$ (118%) となり、整備業者の引取率が 100% を超過しうることが示された。

ただし、上記の試算は他の要因の寄与を否定するものではないため、今後カーディーラーでの返却率をより詳細に調査することが期待される。また、カーディーラーほどではないが両者に差異の見られたカーショップや、推計精度が低くかつ未返却者に占める比率の高いホームセンターについても、さらなる調査が期待される。

バッテリー交換時の未返却による退蔵ストックへのフロー量は、230 万個 / 年と推測された。90% 確信区間は 190 ~ 300 万個 / 年であり、サンプル数の少なさに起因する誤差があることに注意を要する。

3.2 退蔵ストック数の推定結果

自動車保有世帯あたりの退蔵個数は 0.136 個であった (表 4)。日本全国の家庭での不要バッテリーの退蔵ストック数は約 500 万個と推定された。

本推計では、「退蔵個数 3 個以上」を 3 個、「わからない」を 0 個と仮定することによって退蔵個数を実態より過小評価している可能性がある。仮に、「退蔵個数 3 個以上」を 4 個とした場合、自動車保有世帯あたりの退蔵個数は 0.146 個、退蔵ストック数は約 540 万個となる。また、「わからない」と回答した世帯の退蔵個数が他の世帯の平均と同じと仮定した場合、自動車保有世帯あたりの退蔵個数は 0.149 個、退蔵ストック数は約 550 万個となる。本調査では、調査対象者の居住地域の分布に偏りがあり、これを一部補正するために自動車保有世帯あたりの退蔵個数を用いた。都道府県別の世帯あたり退蔵個数は世帯あたり自動車保有台数と高い相関を示し (図 3)、この補正が妥当なものであることを支持する。実際、都道府県別の世帯あたり退蔵個数の変動係数は 32% であるが、自動車保有台数あたり退蔵個数の変動係数は 23% であり、都道府県の違いの一部を吸収できている。

3.3 退蔵時の残存率関数の推定結果

表 5 をもとに退蔵時の残存率関数を推定した結果、一次消失係数 k は 0.446 年^{-1} 、平均滞留年数 ($1/k$) は 2.24 年、退蔵からの年間除却台数は約 220 万個と推定された。なお、退蔵ストック数を 550 万個とした場合には、年間

表 4 世帯あたり不要バッテリー退蔵数の分布

退蔵個数	回答数	比率	退蔵数	個 / 世帯
ない	57,815	84.62%	0	0
1 個ある	3,180	4.65%	3,180	1
2 個ある	906	1.33%	1,812	2
3 個以上ある	456	0.67%	1,368	3 ^a
わからない	5,968	8.73%	0	0 ^b
合計	68,325	100.00%	6,360	0.0931
小計 (自動車保有世帯)	46,803	68.5%	6,360	0.136

a 退蔵個数が 3 個以上と回答した世帯の退蔵個数は 3 個とした。

b 退蔵個数がわからないと回答した世帯の退蔵個数は 0 個とした。

図 3 都道府県別の世帯あたり自動車保有台数とバッテリー退蔵個数との関係

表 5 退蔵年数・退蔵個数別の退蔵者世帯の分布

i	最短退蔵年 * $ta_i \sim tb_i$ 年	世帯あたりバッテリー退蔵個数			
		1 個 (n_{1i})	2 個 (n_{2i})	3 個 (n_{3i})	計
1	0 ~ 1 年	43	5	15	63
2	1 ~ 3 年	43	11	7	61
3	3 ~ 5 年	15	3	1	19
4	5 ~ 10 年	3	1	1	5
5	10 ~ 15 年	3			3
6	15 ~ 20 年				0
合計		107	20	24	151

* 最短退蔵年は、その世帯が退蔵しているバッテリーのうち最も退蔵年数が短いものの退蔵年数を表す。

除却数は約 240 万個と推定される。

退蔵ストックからの除却数の推定結果は、退蔵ストックへの流入台数と同程度の値となった。これは、バッテリー退蔵時の残存率関数の推定結果が、バッテリー退蔵率や未返却率 (返却率) などと整合していることを示すものであり、残存率関数を指数関数で近似したことが極端に整合性を欠くものではないことを意味している。

3.4 退蔵後廃棄フローの推定結果

退蔵後バッテリーの販売店等への返却は3～5割程度、自治体やごみ処理業への排出は4～7割程度、不法投棄・放置等は1割程度と推定された（表6）。有効回答が少なく、推定結果の不確実性が高いことに注意を要する。

3.5 中古輸出の推定結果

ヒアリング対象とした4社のうち3社から回答を得た。輸出量に関する3社の回答は、0 ton/年、果鉛として1万 ton-Pb/年（輸出先韓国）、リサイクル向け中古バッテリーとして2,000 ton-Pb/年（輸出先韓国）であった。この2,000 ton-Pb/年を中古輸出量として採用し、バッテリー個数に換算して25万個/年とした。この数値にはアンケートに未回答の1社の輸出量が含まれていないこと、2004年1月～3月の間に鉛スクラップの輸出を行った事業者の輸出量も含まれていないことから、2003年度の実際の中古輸出量よりも少ない可能性がある。また、リサイクル目的でなく中古品としてバッテリーを輸出する場合には、バーゼル法の適用対象外となるため、輸出移動書類の交付を受けたことのない事業者が輸出を行っている可能性が考えられる。しかしながら、本来対象となる事業者数に対する本調査のカバー率が不明であるため、カバー率を用いた補正は適用できない。これらを踏まえ、本数値を中古輸出量の下限值（これより大きい可能性はあるが、小さい可能性はない値）とした。（なお、輸出移動書類の交付を受けているにもかかわらず輸出量を0 ton/年とした回答があったが、暦年と年度の違いがあるため、事実と異なる回答とは断定できない。）

中古バッテリーの輸出について、環境省・経産省の合同会合がその可能性を指摘している¹⁴⁾。合同会合では、バッテリー輸出に関する貿易統計と電池工業会による自主統計とを比較した。貿易統計では、8507.10 ピストンエンジンの始動に使用する種類の鉛蓄電池が、自動車用バッテリーに相当する。これには四輪車用と二輪車用とが含まれ、新品と中古は区別されてい

ない。一方、電池工業会自主統計では新品輸出のみが対象となっている。1995年から1999年までは自主統計による輸出重量が貿易統計の輸出重量よりも2割程度多く、2000年～2001年はほぼ同程度、2002年～2003年は貿易統計の値が自主統計よりも1割程度多かった。本来であれば中古品を含む貿易統計の値が自主統計よりも常に多いはずであり、両者の統計は整合していない。この不整合に留意が必要とした上で、合同会合では、「近年ある程度の中古バッテリーが輸出されている可能性が推定される」とした。

合同会合では2003年までの統計を用いた検討がされているが、2004年後半以降の貿易統計からは、中古バッテリー輸出の増加を強く示唆する情報が得られる。2004年前半までは輸出バッテリーの単価は2,000円前後、重量単価500円/kg、1個あたり重量4kg前後で推移していた（図4）。1個あたり重量や単価から、新品の二輪車用バッテリーが大半を占めていたと推定される。2004年後半からは変化が大きく、単価は700円/個、重量単価50円/kg前後に急落し、1個あたり重量は13kg/個程度にまで急増した。四輪車用バッテリーの中古輸出が増加したことを反映したものと考えられる。同時期にバッテリー輸出個数が増加しており（図5）、

表6 退蔵後のバッテリーの処理方法

	回答数	比率 ^a (90% 確信区間)
販売店等に返却	13	37% (25% - 51%)
自治体・ごみ処理業 ^b	20	57% (44% - 70%)
放置・不法投棄	2	6% (1.4% - 15%)
譲渡・転用・わからない・無回答	20	—
合計	55	

a 譲渡・転用2, わからない5, 無回答13を除いて算出。

b 内訳は、自治体回収のごみ10, 引越越し・リフォーム8, 廃棄物処理業者に依頼2。

図4 バッテリー輸出での単価・重量単価・1個あたり重量の推移（貿易統計による）

図5 バッテリー輸出個数および重量の月別推移（貿易統計による）

(四捨五入のためプロセスへの流入量と流出量とが一致しない場合がある)

図6 自動車用バッテリーの静脈フローの推定結果

2005年1月～12月までの1年間の輸出個数は568万個で、2003年の輸出個数191万個を377万個上回っている。近年の中古バッテリー輸出個数は数百万個/年にまで増加している可能性がある。

3.6 リサイクル・廃棄フローの推定結果

3.6.1 推定結果概要

自動車用バッテリーの静脈フロー推定結果を図6に示した。また、日本国内での不要バッテリーの発生元と到達先の一覧を表7に示した。国内で発生する不要バッテリーの総数は約2,150万個/年であり、そのうち国内で再生（一次製錬・二次精錬業で原料として投入）される比率は約84%、果鉛輸出を含む国内解体率は約87%、中古バッテリー輸出を含む国内回収率は約89%と推定された。残る11%は、中古車との同時輸出（約5%）、焼却・埋立（約5%）、不法投棄等（約0.5%）、退蔵純増（約0.5%）に至ると推定された。

3.6.2 電池工業会推計との比較

鉛製錬・精錬業に投入される自動車用鉛バッテリー由来の鉛量は143千ton-Pb/年と推定された。電池工業会は、2003年度の鉛蓄電池回収量（鉛製錬・精錬での

再生量）を165千ton-Pb/年と推定しており⁵⁾、このうち自動車用鉛バッテリー由来が70%とすると⁴⁾、自動車用鉛バッテリーの国内再生量は112千ton-Pb/年となる。これは、本研究の推定結果の8割程度で、31千ton-Pb/年、バッテリー個数換算で390万個/年少ない。両推定値にギャップが生じた要因としては、本研究で解体プロセスの歩留まりを100%と仮定したことによる再生量の過大見積もり、各種輸出量の過小見積もり、交換時返却率の過大見積もり、電池工業会推計で小規模事業者による再生を集計対象に含めないことによる過小見積もり、鉛量への換算に用いられる果鉛中鉛量の誤差などが考えられる。

3.6.3 推定結果の不確実性について

本推計の不確実性について以下に述べる。本推定結果のうち不確実性が特に高いと考えられるのは、

「退蔵純増」、「不法投棄等」、「焼却・埋立」の推定値である。

退蔵純増は、2つの推定値（未回収量と退蔵からの除却量）の差として求めており、実態と符号が異なる可能性もある。退蔵数を500万個とした場合には、年間約10万個の退蔵純増であるが、退蔵数を550万個とした場合には、年間約10万個の退蔵純減となる。より正確な推定方法としては、退蔵ストック数を長期にわたって継続的に推定することが有効と考えられる。

表7 不要バッテリー（自動車用）の収支

不要バッテリーの発生元	万個/年	比率
廃車時発生	588	27.3%
交換時発生	1,564	72.7%
合計	2,152	100.0%
不要バッテリーの到達先	万個/年	比率
国内製錬・精錬業	1,811	84.1%
果鉛輸出	76	3.5%
中古バッテリー輸出	25	1.2%
中古車輸出	105	4.9%
焼却・埋立	111	5.1%
不法投棄・放置	13	0.6%
退蔵純増	11	0.5%
合計	2,152	100.0%

不法投棄等や焼却・埋立は、推定に用いたアンケートの有効回答数が少なく、また回答しづらい内容であるため、推定結果の信頼性は高くはないと考えられる。推定の精度を上げるためには、退蔵後の行方に関するアンケートでの有効回答数を増やす工夫（未返却率の高いホームセンターでの購入者を対象とするなど）や、自治体による不法投棄バッテリーの回収量に関する情報を活用することなどが有効と考えられる。

3.6.4 本推定結果の有用性について

本論文では詳細なプロセス別に廃バッテリーの静脈フローを包括的に推計したことが1つの特徴である。従来の研究・調査⁴⁾¹¹⁾は、静脈フローの一断面のフロー量または二断面の比率を示すのみで、静脈フローの全体像を示すものではなかった。フローの全体像を示した図4からは、廃鉛バッテリーの管理上の課題を読み取ることができる。

1つ目の課題は、交換に伴って生じた不要バッテリーをリサイクル向けのルートに乗せることであり、焼却・埋立や不法投棄などの不適正な処理に至るフローを削減することにつながる。2つ目の課題は、廃車時に発生する不要バッテリーの適正管理である。3つ目の課題は、回収業にわたった後のバッテリーを適正にリサイクルすることであり、中古輸出に伴うリスクを削減する必要がある。

1つ目の課題について、現在検討されている新リサイクル制度においては、従来に引き続き、販売店はユーザーから不要バッテリーを無償回収するとされており、退蔵後のバッテリー販売店への返却を現在以上に促す仕組みとはなっていない。ホームセンターやカーショップなどでの回収率向上に向けた追加的な施策が強く求められる。2つ目の課題について、自動車リサイクル法のもとでの2005年度における使用済自動車の引取報告台数は305万台であり、2003年度を対象とした本論文の推定値（約480万個）よりも大幅に少ない。この変化が不法投棄などにつながることはないよう、使用済自動車のフローを把握することが重要と考える。3つ目の課題については、輸出先での実態把握や、輸出時の検査強化、バッテリー解体業者による不要バッテリーの買い取り価格の上昇などによって中古輸出量を削減することが望まれる。新リサイクル制度のもとで協会が回収・解体業者に支払うとされているリサイクル費用の水準が、中古輸出を抑制しうるものであるかが注目される。

4. お わ り に

本調査では、自動車用バッテリーの静脈フローを推定

した。

販売店舗種類別の返却率は、ホームセンターやカーショップで低く、未回収バッテリーの多くは、ホームセンターやカーショップで発生すると推定された。焼却・埋立や不法投棄の入口となる未回収バッテリーを減らすためには、これら販売店での返却率向上に向けた対策が求められる。

バッテリーの回収率を正確に把握するためには、中古輸出量を正確に把握する仕組みが必要である。中古品輸出量は、不法投棄量や焼却・埋立量に比べれば公式な統計として把握することが容易であり、輸出統計品目に新品と中古品の区別を設けるなどの対応が期待される。また、リサイクル目的の輸出であればバーゼル条約に則した手続きが必要であり、中古品としての輸出後にリサイクル目的で取引されていないかなどの実態調査も必要であらう。

参 考 文 献

- 1) 中央環境審議会・産業構造審議会 合同会合：自動車用バッテリーの回収・リサイクル推進のための方策について 報告書（案）（2005）
- 2) 小島道一：中小企業およびインフォーマル・セクターの公害対策——鉛リサイクルにおける日本の経験とアジア諸国の模索——、寺尾忠能、大塚健司編、「開発と環境」の政策過程とダイナミズム——日本の経験・東アジアの課題、IDE-JETRO 研究双書、No. 527、第4章、pp. 107-137（2002）
- 3) 鈴木靖文、高月 紘、酒井伸一：焼却灰の鉛濃度分布を用いた鉛の由来推定、第5回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp. 525-527（1994）
- 4) 小辺良一：自動車用鉛電池のリサイクルについて、自動車研究、第23巻、第12号、pp. 643-648（2001）
- 5) 南部 彰：自動車用鉛蓄電池のリサイクルの動向、2004年鉛年間大会講演会予稿集、pp. 17-24（2004）
- 6) 増田剛志、大蔵隆彦、中村 崇：鉛蓄電池のリサイクルシステムに関する考察、資源と素材、第120巻、第1号、pp. 60-67（2004）
- 7) ㈫日本メタル経済研究所：銅・亜鉛・鉛 国内マテリアルフロー調査（1996）
- 8) 中央環境審議会・産業構造審議会 合同会合：自動車用バッテリーの回収・リサイクル推進のための方策について 報告書（案）、参考資料4（2005）
- 9) 竹内憲司：鉛電池リサイクルの経済評価、平成15年度環境省廃棄物処理等科学研究費補助金分担研究報告書、残留性化学物質の物質循環モデルの構築とリサイクル・廃棄物政策評価への応用、pp. 86-93（2004）
- 10) 中央環境審議会・産業構造審議会 合同会合：自動車用バッテリーの回収・リサイクル推進のための方策について 報告書（案）、参考資料5（2005）
- 11) ㈫全国都市清掃会議：市区町村における廃製品の適正処理困難状況に関する調査（2003）

- 12) 環境省：特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律の施行状況（平成 15 年）について（2004）
- 13) 中央環境審議会・産業構造審議会 合同会合：自動車用バッテリーの回収・リサイクル推進のための方策について 報告書（案），参考資料 2（2005）
- 14) 中央環境審議会・リサイクル部会 自動車用鉛蓄電池リサイクル専門委員会 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ワーキンググループ自動車用バッテリーリサイクル検討会：第 2 回合同会合資料 2（2005. 6. 7）
- 15) 財団法人自動車リサイクル促進センター：自動車リサイクルシステムの 2005 年度運用状況（速報）について（2006. 4. 11）
http://www.jarc.or.jp/topics/pdf/060412/01.pdf

Material Flow Analysis of Spent Automotive Batteries

Yasuhiro Hirai* and Shin-ichi Sakai**

* National Institute for Environmental Studies

(Present address: Environment Preservation Center, Kyoto University)

** Environment Preservation Center, Kyoto University

† Correspondence should be addressed to Yasuhiro Hirai:
Environment Preservation Center, Kyoto University
(Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501 Japan)

Abstract

A material flow model for spent automotive batteries in Japan was developed, and a survival function of spent batteries stored in households was also determined by questionnaire.

Our internet questionnaire revealed that the return rates of old batteries were almost 100% at gas stations and vehicle maintenance facilities; about 80% at car parts and accessory shops; about 50% at do-it-yourself stores; and about 85% on the average. About 2.3 million batteries went unreturned annually. About five million spent batteries were stored in households for an average time of approximately 2.2 years thus far. The recycling rates of spent automotive batteries in fiscal year 2003 were estimated as follows: (a) Domestic recycling rate 84%; (b) Domestic dismantling rate (a+export of dismantled batteries) 87%; Domestic collection rate (b+export of spent batteries) 89%. The remaining 11% of batteries are exported in secondhand vehicles (5%), incinerated or landfilled, illegally dumped or counted as changes in household stocks.

Key words: collection rate, dead storage, lead acid battery, questionnaire, export