

北九州市立大学

制度・参画者分析と環境負荷の定量分析による
中国の E-waste 対策の政策評価に関する研究

盧 現軍

2013/09/01

目 次

第1章 序論.....	1
1.1 研究の背景.....	1
1.1.1 中国における E-Waste の現状.....	1
1.1.2 電子廃棄物リサイクルの課題と本研究の対象.....	3
1.1.3 電子廃棄物回収リサイクルを促進する政策やプロジェクト.....	3
1.2 研究の目的と構成.....	5
1.2.1 研究の目的.....	5
1.2.2 本論文の構成.....	6
参考文献.....	8
第2章 既往研究と本研究の研究手法.....	9
2.1 中国における家電リサイクルに関する既往研究.....	9
2.1.1 家電リサイクルに関する現状・問題及び対策に関する研究.....	9
2.1.2 家電リサイクルの回収や静脈物流に関する研究.....	10
2.1.3 中国における家電リサイクル処理に関する研究.....	11
2.1.4 家電リサイクル補助に対する研究.....	11
2.1.5 家電リサイクルに関するほかの既往研究.....	12
2.2 中国における携帯電話リサイクルに関する既往研究.....	12
2.3 環境分野の制度・参画者分析に関する既往研究.....	13
2.4 本研究の研究手法と視点.....	14
参考文献.....	17
第3章 中国における家電リサイクルに関する制度・参画者分析.....	20
3.1. 家電リサイクルの背景.....	20
3.2. 廃家電の発生・回収・処理現状.....	20
3.3. 中国における家電回収リサイクルのフロー.....	22
3.4. 家電リサイクルに関する制度の発展.....	23
3.4.1. 法律整備の背景と現状.....	23

3.4.2.家電リサイクルに関する法体系の形成とその概要	25
3.5 家電リサイクルに関連する制度・参画者分析.....	27
3.6 まとめと今後の課題.....	31
参考文献.....	32
第4章 中国における携帯電話廃棄量の推計とリサイクルに関する制度・参画者分析	
.....	33
4.1 背景	33
4.2 使用済携帯電話発生量の推計.....	33
4.2.1 推計手法	33
4.2.2 携帯電話保有量の推計	35
4.2.3 使用済携帯電話発生量の予測	36
4.2.4 使用済携帯電話からの金属の回収ポテンシャル	39
4.3 中国における使用済携帯電話のフロー分析	43
4.3.1 アンケート調査の概要.....	43
4.3.2 使用済携帯電話のフロー	43
4.4 使用済携帯電話リサイクルに関する制度・参画者分析.....	44
4.4.1 携帯電話リサイクルに関する制度	45
4.4.2 消費者の廃棄行動と退蔵問題	46
4.4.3 中古市場と携帯電話のリユース.....	48
4.4.4 メーカー、キャリア、販売店とEPR	48
4.5 本章のまとめ	49
参考文献.....	53
第5章 中国における家電買替促進政策による二酸化炭素排出量への影響分析.....	55
5.1 背景	55
5.2 本章の推計方法.....	55
5.2.1 本章の目的.....	55
5.2.2 推計方法	56

5.3	「家電以旧换新」政策の紹介.....	56
5.4	以旧换新政策による家電買替サイクルの変化及び買替促進量の将来推計.....	58
5.4.1	政策による買替サイクルの変化.....	58
5.4.2	政策による買替促進量の将来推計.....	59
5.5	エアコン使用時のCO ₂ 排出量.....	64
5.6	本章のまとめ.....	68
	参考文献.....	71
第6章	中国山東省を対象とした廃家電発生量の推計とリサイクルの環境負荷評価.....	73
6.1	背景.....	73
6.2	中国山東省の概要.....	73
6.3	廃家電発生量の推計.....	74
6.3.1	推計手法.....	74
6.3.2	世帯あたりの所得と世帯あたり家電保有率の関係.....	75
6.3.3	世帯あたりの所得及び世帯数の将来推計.....	77
6.3.4	家電保有量の将来推計.....	78
6.3.5	家電廃棄量の推計結果.....	78
6.4	家電リサイクルのライフサイクルCO ₂ 評価とその日中比較.....	80
6.4.1	評価手法.....	80
6.4.2	輸送時における環境負荷.....	81
6.4.3	リサイクル工程における環境負荷.....	82
6.4.4	資源回収による天然資源削減効果.....	82
6.4.5	LCCO ₂ の日中比較.....	84
6.5	まとめと今後の課題.....	85
	参考文献.....	87
第7章	結論.....	89

第 1 章 序論

1.1 研究の背景

1.1.1 中国における E-Waste の現状

中国では、経済発展や国民の所得の向上によって、図 1.1.1 からわかるように 1990 年代の初めから電子製品が急速に普及してきた、また、電子製品の平均寿命が 10 年前後に集中していることから、2000 年頃から使用済電子製品が急速に発生すると考えられる¹⁾。一方バゼル条約や中国の法律により、2000 年から E-Waste の輸入が禁止されたが、割安な中古電子製品や再生材料への需要が伸びたため、様々なルートで E-Waste が中国に不法輸入されているようだ²⁾。国内発生や国外からの輸入という電子廃棄物の発生源が中国に存在している。これらの e-waste 回収処理ルートとしては、フォーマルとインフォーマルなセクターが存在しており、回収段階のインフォーマルセクターが個人を主とする回収者のことであり、日常、住民区を回り、いわゆる家庭の廃棄資源を回収・分別し、中間処理セクターに販売する。フォーマルセクターが政府指定 E-waste 回収者あるいは現在、中国全土で構築されている再生資源回収システム、また、政府指定の処理企業の回収であり、政府の補助を受けている。家庭から注文を受け、家庭へ回収に向かう。処理段階におけるインフォーマルセクターは国に定められた電気・電子廃棄物処理ライセンスが持っておらず、かつ政府部門への登録もなく、非常に管理・コントロールしにくい。それに低レベルの処理方法で外部コストも考慮せず、処理から出る廃液や有害気体が処理しないで環境に放出することで、環境汚染や健康被害を引き起こす処理企業である。一方のフォーマルセクターが E-waste 処理ライセンスを持ち、国の基準にあう処理施設を備える企業である。インフォーマルルートが外部コストを考慮しないために、処理コストが低く抑えられることで、フォーマルルートに比べ、相対的に高い価格で廃家電を買い取ることができる。2008 年ごろまで、消費者が廃家電を廃棄物でなく価値のあるものと考えられていた中国では、インフォーマルルートがフォーマルルートより圧倒的な量を回収していた。

使用済電気・電子製品を回収・処理することにより、大量の雇用機会も生み出している。文献データによると、中国では、現在約 2000 万人が e-waste 回収処理業に従事しているようだが³⁾、現状では大量のインフォーマル業者による回収処理が主流となっており、こういった処理で使用方法や技術が古く、排出した有害物質も処理しないために、処理による重金属などの汚染が中国の各地で引き起こしている⁴⁾。また、電子廃棄物に含まれる再生資源が鉱石より密度が高いため、こういった再生資源は中国の経済発展と資源の枯渇との

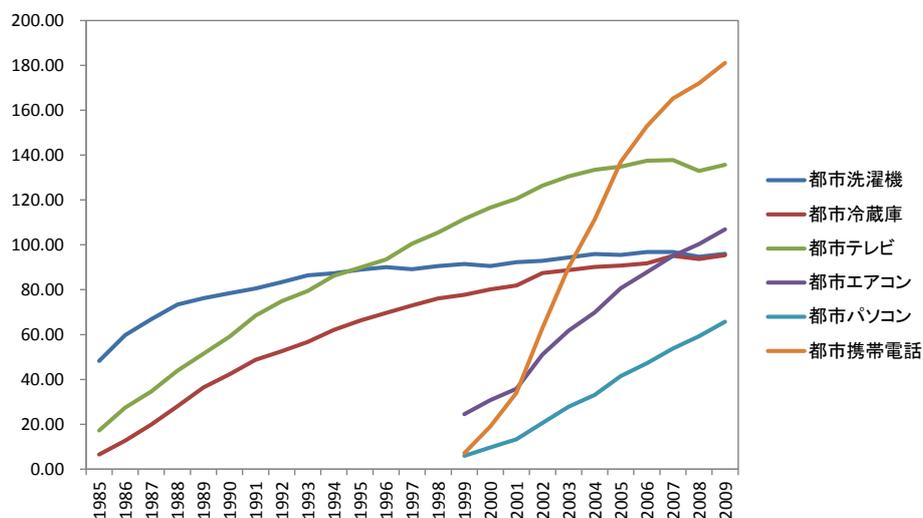


図 1.1.1 百世帯あたりの保有台数 (単位：台)

矛盾を解決する鍵となっている。

以上で述べた理由で、電子廃棄物の回収リサイクルが様々な面から注目を集めるようになった。さらに、国際社会から見ると、日本では 2000 年に家電リサイクル法が実施され、ヨーロッパでも 2003 年 WEEE 指令や RoSH 指令が公布された、このような先進国から中国に進出しているグローバル企業や国際市場に進出している中国の大手電子製品メーカーが EPR 意識を持ち始め、自発的に電子製品の回収・リサイクルに力を入れるようになったことも中国の電子廃棄物回収リサイクルの進展に影響を与えたと考えられる。このような背景のもとで中国における電子製品リサイクル活動が活発に行っており、その回収処理活動を規制や推進する法律や政策も続々と制定されるようになってきた。

2011 年 1 月 1 日、中国の家電リサイクル法とされる廃旧電器電子製品回収処理管理条例が施行された。その後、この法律と一体化とする法律が続々と施行され、家電回収リサイクルにかかわる各アクターの義務や責任が明確にされ、家電リサイクルに関する法体系が形成しつつある。また、国から様々な政策やプロジェクトを通して、フォーマルなセクターの発展を補助金で支援し、徐々に、大量の電子廃棄物がフォーマルルートに流れるようになってきた⁵⁾。回収段階においては、2009 年 6 月に、家電回収システムの構築や CO2 の削減やリサイクルの促進等の目的で、以旧換新政策が公布され、様々な効果が得られた⁶⁾。その後、廃棄電器電子製品処理基金徴収使用管理弁法が施行され、国に認可された回収リサイクル企業がこの基金から補助されるようになった⁷⁾。さらに、リサイクル段階におい

では、2010年に城市鉱産示範基地プロジェクトが開始し、中国の各地でE-Wasteに蓄積している金属、プラスチック等の資源の再生利用を目的とするリサイクル示範基地の建設を推進されている⁸⁾。

1.1.2 電子廃棄物リサイクルの課題と本研究の対象

現在、上述のように e-waste 回収処理に関する法体系が形成しつつあり、さらにリサイクル促進政策もいくつ出されていることにより、電子廃棄物回収リサイクルの社会環境が多く変わってきた。そのため、法制度等の整備による効果と問題、それに各セクターの新たな法律への対応策を明らかにし、法体系や政策をさらに改善していくことが求められている。特に新たな法律規定とステークホルダーとの関係を明らかにすることが法律の効果評価や改善にとって重要な課題である。中国の家電リサイクル法で拡大生産者責任を掲げており、関係メーカーがどのような対応策をとっているかを明らかにすることが必要だ。さらに、各種政策の実施によってどのような効果が得られたか、循環型社会や低炭素社会を目指す中国にどのような役割を果たしているかを明らかにすることが政策を推進するために不可欠であると考えられる。

本研究の対象がテレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン、パソコンの5品目と代表的な小型電子製品のひとつである携帯電話だ。これらの項目を対象とした理由は、社会の保有量や廃棄量が大きく、環境汚染が深刻になっており、健康被害を引き起こしており、回収コストが高く、処理が難しく、社会効果や利益が得られ、政策の支持が必要とすることを挙げられた。それに、家電4品目とパソコンが2011年に施行された廃棄電器電子製品処理名簿の対象となっており、それらの回収リサイクルが法律で義務付けられた⁹⁾。また、携帯電話が処理名簿の対象になっていないが、図1.1.1に示すように、保有量が著しく増え、2011年12月までに携帯電話ユーザー数が9.75億人に達していた¹⁰⁾、それに携帯電話の買替サイクルが3年前後で家電4品目によりはるかに短いことから、毎年、使用済携帯電話の数が膨大であると考えられる。携帯電話には、貴金属や微量な有害物質が含まれており、その回収とリサイクルも社会の注目を浴びるようになってきた¹¹⁾。

1.1.3 電子廃棄物回収リサイクルを促進する政策やプロジェクト

① 家電以旧換新政策¹²⁾

2009年6月1日から2011年12月31日までに家電の買い換えを促進し、廃棄家電リサイクルシステムの構築などの目的で国家財政部など7部署が共同で「家電以旧換新実施弁

表 1.1.1

序号	示范基地名称
1	天津子牙循環經濟産業区
2	寧波金川産業園
3	湖南汨罗循環經濟工業園
4	広東清遠華循環經濟園
5	安徽省界首市田营循環經濟工業区
6	青島新天地静脈産業園
7	四川西南再生資源産業園
8	北京市城市鉱産示範基地
9	河北唐山再生資源循環利用科技産業園
10	遼寧東港再生資源産業園
11	大連国家生態工業示範基地
12	上海燕竜基再生資源利用示範基地
13	江苏??州市循環經濟産業園
14	浙江桐庐大地循環經濟産業園
15	福建華?再生資源産業園
16	江西新余鋼鉄再生資源産業基地
17	山東临沂金升有色金属産業基地
18	河南大周鎮再生金属回収加工区
19	湖北谷城再生資源園区
20	広西梧州再生資源循環利用園区
21	重慶永川工業園区
22	寧夏??武市再生資源循環經濟示範区
23	佛山市?家再生資源回收利用基地
24	?州廃棄自動車循環經濟産業園
25	新疆南疆都市鉱産示範基地
26	山西吉天利循環經濟産業園区
27	黒竜江東部再生資源回收利用園区
28	永興循環經濟工業園

法」を公布した。この政策で中央財政は、70 億元の支援資金を投入し、旧家電を売り渡す消費者は、期間内に旧家電を取替えて新家電を購入する際、購入代の 10%の金額が補助される。期間内に回収業者が指定された解体処理企業に引き渡す場合は、回収企業は運搬補助金の交付対象となる。運搬補助金は、中央財政部が 80%、モデル省市が 20%、それぞれ負担する。実施効果については、家電以旧換新情報システムの報道によると、2011 年 6 月 28 日現在、家電以旧換新により廃旧家電は 5,760 万台回収され、家電新品が 5,571.3 万台販売されたようだ¹³⁾。

② 廃棄電器電子製品処理基金補助

家電リサイクル法では「廃棄電器電子製品の処理基金」を設立し、国に認定された処理業者に対し補助金を支給すると規定した。家電メーカーや家電輸入者に対し処理基金への拠出を求めている。徴収金額は、家電別にテレビ：13 元、冷蔵庫：12 元、洗濯機：7 元、

家庭用エアコン：7元、家庭用パソコン：10元であった。一方、リサイクルを実施した企業にはリサイクルの補助金を支給する。補助金額は、家電別にテレビ：85元、冷蔵庫：80元、洗濯機：35元、家庭用エアコン：35元、パソコン：85元であった。現在、中国全国で64社の企業が国の審査を受け、認定されている⁷⁾。

③ 「城市鉱産」プロジェクト⁸⁾

2010年5月に国家発展改革委が「城市鉱産示範基地建設の展開に関する通知」を公布した。本通知は、城市鉱産示範基地の建設が循環経済を推進する上で重要な役割を果たすことを示した。循環経済発展の目的は、資源再利用率の向上、環境問題の改善、持続可能な発展の実現であり、“城市鉱産”の資源を十分に活用することが、循環経済の“3R”原則を推進することにつながる。城市鉱産示範基地を建設する重要な意義は、工業化と都市化が進む際に発生した廃棄車、家電、電器製品、電器設備などのE-Wasteの中に蓄積している鉄、有色金属、レアメタル、プラスチックなどの再生資源が回収されることになる点である。また、城市鉱産プロジェクトの推進によって、資源の再生利用分野に大規模な発展が見られ、資源循環産業分野の技術革新、管理システムの改善、政策法規の制定にも役立つことになる。認定された城市鉱産示範基地を表1.1.1に示す。

1.2 研究の目的と構成

1.2.1 研究の目的

本研究では、本研究では、中国におけるE-waste対策をマクロ、ミクロの両面から分析・評価した。マクロな視点から、中国における電子製品リサイクルの全貌を制度・参画者分析方法で分析し、使用済製品のフローと、リサイクルに係わる制度・参画者の相互関係を明らかにすることで、主に定性的な面から問題点の分析を行った。具体的には、現在形成しつつある電子廃棄物リサイクルに関する法体系がまとめ、この法体系に対する各アクターの対応や動きの変化に注目し、それらのファクターの関係について明らかにした。その上、これらの法律や政策の効果を評価し、さらに、法律や政策の施行にある問題点とその原因をまとめてみた。また、リサイクル法律がまた整備していない小型家電製品に対し、現在、中国で発生量が多く希少金属含有濃度が高い携帯電話を対象に、アンケート調査から得られたデータをもとに、制度・参画者分析を行うことで、存在している問題点を分析した。一方、ミクロな視点から、政策の施行により低炭素社会の形成を目指す中国のCO₂排出削減にどのような影響を与えるかについて、推計モデルを構築し、政策によるCO₂排

出影響分析をした。最後に、中国の山東省を対象に、家電リサイクルの LCA を行い、その結果が日本の典型的な事例である北部九州の家電リサイクル値と比較することで、中国の家電リサイクルの環境負荷削減効果の相対的位置付けを試みる。つまり、中国の家電リサイクル技術がどのような水準にあるか、さらに、日本との差がどこから生じるかについて考察する。

1.2.2 本論文の構成

本論文は、上記の目的に記した事項に関する研究成果をまとめたもので、7つの章で構成している。その構成を図 1.2.1 に示す。

第1章では、研究の背景を述べ、本研究の目的と構成を示した。

第2章では、電気電子廃棄物分野における研究の現状を把握するために、中国における家電と携帯電話リサイクルに関する既往研究、以旧換新に関する既往研究、制度・参画者分析に関する既往研究をテーマごとにレビューしたうえで、既往研究の特徴や不足点をまとめ、本研究の新たな視点を明確にした。

第3章では、文献調査によるデータに基づいて、使用済家電リサイクルのフローを明らかにすることで、フォーマルルートやインフォーマルルートの割合と問題点を明らかにした。そのうえで、家電リサイクルに関する制度・参画者分析により、国際的な制度と国内制度の関連、国内法制度の効果や問題点、各アクターの動きをまとめた。以上により、存在している問題や今後の見通しを明らかにした。

第4章では、中国における使用済携帯電話の発生量の推計と現地のアンケート調査により、リサイクルによる希金属などの資源の回収可能量と各処理ルートの廃棄フローを明らかにした。その後、制度・参画者分析により携帯電話リサイクルのキーとなるセクターに焦点を当て、制度とアクターの関係を分析した。これにより、現在の中国における使用済携帯電話の回収・リサイクルに存在する問題を明らかにした。

第5章では、中国の現地ヒアリング調査から得た情報・データをもとに、「以旧換新」政策による家電4品目の買替促進効果を推計した。次に、エアコンを対象に、保有台数、出荷台数と生存率関数から出荷年別保有量を推計した。これを元に、エアコン使用時の電力消費量を推計し、CO₂ 排出量の削減効果が 2011 年から 2020 年までの 10 年間でおよそ 1 億トンであることを明らかにし、家電回収促進政策の目的の1つである CO₂ 排出量の削減を実現できることを示した。

第6章では、中国の山東省を対象に 2030 年までの使用済家電の発生量を推計した、その

後、2011年に発生する使用済家電が全て省内にある認可企業である4社の処理事業者でリサイクルされる場合のライフサイクル環境負荷を求めた。それを、日本のケースと比較し、その差の要因を明らかにした。

第7章では、本研究で得られた知見を総括するとともに、今後の展望と課題について述べた。

参考文献

- 1) 李湘洲、我が国電子ごみ回収に存在する問題や解決策、再生資源与循環経済、2012 Vol.5.No.1 pp.30-33
- 2) Fraunhofer IZM, Sector review of Waste of Electronic and Electrical Equipment (WEEE), Country Report: China (confidential report). International Finance Corporation, 2008.
- 3) Li, B., *E-Waste Recycling and Related Social Issues in China*. Energy Procedia, 2011.5: pp. 2527-2531.
- 4) 朱培武、蔣建平、破棄電気電子製品処理 : 挑戦与対策、統計科学与实践 2010年2期、pp.25-27
- 5) 孔令鋒、姚叢容、家電以旧換新与廃棄家電回収処理企業の持続可能な発展、工業技術経済、2010, Vol.29, No.7, pp31-35
- 6) 趙艷、家電以旧換新政策実施効果、中国物流与採購、2011年第9期、pp.69-69
- 7) 中国財政部、国家發展改革委員会、環境保護部等、廃棄電器電子製品処理基金徴収管理弁法、2012年5月
- 8) 中国財政部、国家發展改革委員会、城市鉱産示範基地建設に関する通知、2010年5月
- 9) 中国財政部、国家發展改革委員会、工業与情報化部、制定と調整廃棄電器電子製品処理目録の若干規定、2010年9月
- 10) 中国工業・信息産業部：通信事業發展趨勢良好
http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n11294132/n12858447/index_9.html 閲覽日 2012年7月12日
- 11) 中野 加都子：急務! 使用済み携帯電話から貴金属・レアメタルの回収、月刊廃棄物, 2009, February, pp.36-39
- 12) 中国国家商務部、財政部、發展と改革委員会、工業・信息化部、環境保護部、工商総局、質検総局：家電以旧換新実施弁法 2009年6月28日公表
- 13) 中国国家財政部、商務部：国家以旧換新管理情報システム：以旧換新で全国の家電消費が2000億円突破
http://jdyjhx.mofcom.gov.cn/website/webNews.shtml?_mod=1 (閲覽日 2012.1.22)

第2章 既往研究と本研究の研究方法

これまで、様々な視点から中国における電子製品リサイクルを対象とする研究が数多く行っていた。しかし、データ不足等の原因でマクロな面から電子製品リサイクルの枠組みとなる社会制度に対する分析が多くなっていた。現在、リサイクルの発展や公開データの増加に伴い、ミクロな面からの分析が多くなってきている。以下は、家電リサイクルや携帯電話リサイクルや制度・参画者分析とテーマごとに分け、既往研究を紹介する。

2.1 中国における家電リサイクルに関する既往研究

2.1.1 家電リサイクルに関する現状・問題及び対策に関する研究

聶永豊が中国における廃棄家電回収処理に対する現状分析を行った¹⁾。電器電子廃棄物の発生や処理の特徴を、種類が多く、発生用が急速に増え、処理しにくくかつ資源やごみの両面性を持つというようにまとめた。電子廃棄物の行方については、中古市場が主流となっていることを指摘し、それによって、安全使用期間を過ぎても中古品として使い続けていくケースが多いため、実際に発生した廃棄量が予測より少ないことも指摘した。さらに、羅志華らが現状分析の上で、電子廃棄物の回収処理問題をまとめた²⁾。まず、回収システムの未整備とそれによる低レベルの処理のため、環境汚染を引き起こしている。次に、法律の不完全によって、環境コストを無視するインフォーマルな処理企業が大量に存続させることで、電子廃棄物回収処理の良好な発展を抑制している。さらに、朱培武が以下のように分析した³⁾。中国ではフォーマルな回収リサイクルシステムがまだ形成していないため、大量の電子製品が安全使用期間を超え、まだ使用されるケースは多く、環境汚染リスクを考慮しない処理も数多く存在している。中国では初級段階にある電子廃棄物処理リサイクルには、様々な問題がある。まず、法律施行の標準や評価システム不足のため、法律の効果がまだ十分に発揮できない。例えば、法律によって消費者が廃家電をフォーマルな回収企業や家電販売店に売り渡さなければならないが、実際に、インフォーマル回収価格が高いため、インフォーマルルートでの売り渡すことが多い。次、効率的なマネジメント・モニタリング体制が不足している。7つの政府部門が廃棄家電回収リサイクルに対し、それぞれ法律が制定し、政府部門間の疎通や協調不足による同じものに対する違う基準が出ているため、企業が戸惑うケースがよくみられる。また、回収に対する政府の支持やモニタリング不足によって、処理企業の稼働率が低く抑えられ、多くの処理起用が経営困難な状態

にある。これらの問題を解決するために、著者らは、宣伝を強化し、環境意識を向上させる、法体系をさらに細分化して実施の標準を作る、家電以旧换新活動の再実施する、国際動向を密着し国際交流を深める等の対策を提案した。李湘洲の研究⁴⁾では、電子廃棄物の違法密輸等の問題を指摘し、拡大生産者責任制度を実施し、メーカーに回収処理責任を負わせる対策を述べた。他にも観点が似ている電子廃棄物の管理や対策研究がいくつかあった⁵⁻⁷⁾。現実なデータを入手するため、中国の各地で電子製品回収処理に関するアンケート調査もいくつか行っていた。馬堅らの青島市の調査によっては市内の保有量や淘汰方式や使用年数や回収ルートと回収価格と処理方式等を明らかになった⁸⁾。寧波や天津等の都市で同じようなアンケート調査も行った⁹⁻¹⁰⁾。これらの全国範囲で行ったアンケート調査のデータをまとめることで全国の様子が把握できると考えられる。

2.1.2 家電リサイクルの回収や静脈物流に関する研究

顔江が家電企業逆向物流の運営モデルの研究で三つの運営モデルを紹介した¹¹⁾。廃家電の回収や逆向物流には、中古販売やリニューアルや再製造やパーツ再利用や原料再利用や埋立・焼却等のプロセスがあることを説明した。その後、逆向物流モデルを拡大生産者責任の原則のもとで三つ紹介した。自営モデルでは、メーカーが自社製品を回収するために逆向物流システムを構築し、回収処理することで、エコデザインやパーツのリユースを促進できる。しかし、巨大なコストがかかるため、中小企業が負担できない。連合経営モデルでは、日本の現在の家電リサイクル回収処理を参考に、業界の企業は共同で回収システムや処理企業を作り、回収処理システムの構築コストを分担する。委託モデルでは、メーカーは費用を提供することで、廃棄家電の回収処理を専門の回収処理企業に委託する。最後に、現在の中国の現状から、家電メーカーが回収システムを構築し、処理を専門業者に委託するメーカー連合や委託のモデルを提案した。さらに、田暉らは家電メーカーが廃棄家電製品の回収処理システムの構築に参加する可能性分析をした¹²⁾。中国の大手家電メーカーへの聞き取り調査をもとに、家電メーカーが回収処理に参加する現状を調査した。結果としては、三分の二の調査メーカーが自分の販売ルートを通して回収を行っていることが分かった。また、回収した廃棄家電がメーカー自身で処理するか、フォーマルな処理企業に委託して処理していることも分かった。以上の情報から、中国の大手家電メーカーが拡大生産者責任の認識を持っており、この認識はリサイクルの基金の徴収のための基礎となったことを分析した。宋曉芳らの我が国廃旧家電規範化回収体系研究¹³⁾では、現状の回収体系をまとめ、その特徴を、個人回収で主とし、中古販売が主な目的で、リサイクルし

でも回収しやすい部品しか回収できていなく、資源浪費や環境汚染が深刻になったというように説明した。その上、良好な回収処理システムを構築するための法律や政策提案を行った。他にも、逆向物流網の計画や回収モデルの開発等をテーマとする修士論文もいくつかあった¹⁴⁻²¹⁾。

2.1.3 中国における家電リサイクル処理に関する研究

インフォーマルな処理方法に対し、羅志華²¹⁾らはその処理現状を調査した。インフォーマルな処理セクターは資金不足のため、処理施設がなく、処理技術レベルが低下し、環境汚染装置がほとんどとっていない。回収した廃棄家電製品が手作業で解体し、再利用できる中古パーツをとり、全然使用できなくなる部品が化学液体での溶解か露天焼却の方法で高価な貴金属を回収し、残渣が処理しないまま農村地区に捨てるか埋め立てることで、深刻な環境汚染を引き起こしている。近年、先進国の技術移転によって、先進な処理技術や処理措置が中国に導入された。その処理プロセスが王舟らの研究で明らかにした²²⁾。第一段階では回収業者から集めた E-waste を手作業で簡単な解体・分類を行う。そして一般再生資源と有色金属・レアメタル部品などに詳しく分類される。再利用可能な集積回路 IC を手作業で回収して「中古電子市場」に送る。第二段階では解体・分類処理をした E-waste の価値がある部分と再生資源を選別してから、更に細かく粉碎選別を行う。ここで「一般再生資源（プラスチック、鉄）」、「有色金属」、「貴金属」、「レアメタル」のくずに分類して製錬工場に送る。第三段階で金属くず、基板類から「乾式」と「湿式」製錬方法で有色金属の銅、レアメタルを抽出する。粗製錬された物は精錬工場に送る。第四段階では貴金属を含む沈殿物、粗製錬の物を溶解し、濾過、還元、沈殿などの工程を通じて、高純度の貴金属、レアメタルを精錬する。細かい処理方法が処理技術によって違うが、この研究では大まかな処理プロセスを紹介した。

2.1.4 家電リサイクル補助に対する研究

唐愛軍らは廃棄家電製品処理企業のコストを分析した²³⁾。この研究では、中国の 23 社の処理企業を聞き調査し、コストや収入を計算した結果は、洗濯機の処理が利益を得られるほか、テレビや冷蔵庫やエアコンの処理が赤字状態になっていることを示した。フォーマルの処理企業を発展させるため、補助が必要だと判断した。また、処理企業の稼働率を確保するため、ひとつ省では 2 か 3 社の補助企業が最適だと提案した。最後に計算したコストに基づき、品目別の補助金額がそれぞれ冷蔵庫 40 元、エアコン 35 元、テレビ 30 元、エ

エアコン 60 元であることを提案した。また、万春暉の処理基金の研究では²⁴⁾、中国の廃家電回収処理コストを推計した。その上、回収処理基金の徴収基準や規模も推計した。最後に、基金の管理について提案した。

2.1.5 家電リサイクルに関するほかの既往研究

前述の既往研究のほかにも、先進国の家電リサイクル経験と中国の現状と比較することで中国の家電リサイクルにある問題を発掘し、提案する先行研究もあり、特に日本の家電リサイクル経験をよく取り上げられる²⁵⁻²⁹⁾。また、家電の以旧換新政策の実施による廃棄電器電子製品の回収システムへの影響についての研究もいくつかあり³⁰⁻³⁴⁾、政策によって大量の廃棄電子製品がフォーマルルートに回収されることができ、この政策で使用した回収ルートや経験が中国のフォーマルな回収システムの構築に基礎を定めた。一方、補助が全部国の財政から捻出したため、この政策の **EPR** 不足も指摘された。

2.2 中国における携帯電話リサイクルに関する既往研究

中国では、廃棄家電に比べ、現在携帯電話を初めとする小型家電回収リサイクルに対する専門な法律がなく、専門な処理施設も整備していないため、携帯電話リサイクルに対する研究も少ない。趙増明ら³⁵⁾は、携帯電話ユーザーが急増するとともに、使用済携帯電話が大量に発生しているが、法律や回収ルートの未整備によって資源の浪費や環境汚染が起る懸念を示した。フォーマルな回収ルートとされるグリーン回収ボックス計画が存在しているがインセンティブ不足で回収量が微量であり、ほとんどの使用済携帯電話が個人回収者に回収され、リニューアルして中古市場にまわり、こういった中古携帯電話は品質保証がなく、様々な社会問題を起こしている。使用できなくなった部品が生活ごみに混入され、埋立や焼却による環境汚染を懸念した。現在、電子製品リサイクルに対する法律整備が大型家電製品に集中しており、携帯電話リサイクルの法整備が先送りしていることも指摘した。また、清華大学の研究チーム³⁶⁾は中国の携帯電話リサイクルの特徴や改善策をまとめた。中国の経済社会の発展に見られる不均衡により、中国の携帯電話消費は「階段状消費」の特徴を呈するようになった。またこのような「階段状消費」が、中国モバイル通信の環境問題に特殊性を与えている。即ち、中国の使用済み携帯電話は「古くなっても捨てられない」ことが多く、十分な再循環と再利用が行われている。このため、中国の携帯電話解体産業の発展は苦境に追い込まれている。数多くの携帯電話消費者が使用済み携帯

電話をごみとは考えず、使用済み携帯電話を一種の物的価値のある財産と見なし、都合のよい時に使用済み携帯電話を売り渡したり、使用済み携帯電話をプレゼントとして友人に贈ったり、手元に残しておいたりする。使用済み携帯電話を生活ごみのように使用済みとして捨てる人は少ない。改善策として、まずは公衆の参加である。公衆に携帯電話の無償回収に協力するよう求めることは、明らかに現実的ではない。しかし、積極的に宣伝し、条件を提示することにより、公衆による携帯電話のバッテリーなど付属品の無償回収活動への参加を呼びかけ、公衆の回収への参加を徐々に広げ、深めることができる。次は生産者の責任拡大である。中国の携帯電話メーカー、販売業者、輸入業者は、廃棄携帯電話の回収に対する自発性が弱い。国が法律を制定し、これらの利害関係者が確実に貢献するよう促し、先進国の生産者が負っている回収業務を中国で具体化していく必要がある。続いては中古市場管理である。中古携帯電話市場の管理を強化し、より強力な賞罰措置をとることによって中古市場を規範する。最後は国際協力である。国際協力を強化し、電子ごみ管理の経験と技術交流を呼びかける。中国は発展途上国であり、電子ごみ管理の経験と技術では、後発国の基盤が弱いという欠点があり、先進国の支援が必要であると指摘した。他にも、携帯電話リサイクルによる金属の再資源化に関する研究³⁷⁻³⁸⁾や使用済み携帯電話の回収物流管理対策に関する研究³⁹⁻⁴¹⁾もあった。

2.3 環境分野の制度・参画者分析に関する既往研究

吉田文和が制度・参画者分析⁴²⁾を用い、日本の各リサイクル法を分析した。例えば容器包装リサイクル法に対し、以下のように分析した。容器包装リサイクル法は、①消費者に対しては容器包装ごみ排出時の分別、②自治体に対しては収集運搬と分別、③事業者に対しては再商品化（リサイクル）の役割分担を定め、再商品化を指定法人に委託できることとした。容器包装リサイクル法は参画者としては、消費者・自治体・事業者・指定法人の4種を想定し、その各参画者に分別・収集運搬分別・再商品化・委託の役割分担する制度を作っている。この制度の施行問題点として、①大きい自治体の負担、②排出抑制効果が弱い、③ペットボトルの増加、④需要ミスマッチ、⑤入札制度の問題、が指摘できる。また日本の制度では再商品化義務量が生産量から間接的に算出され、かつ市場競争上、委託金額が価格転嫁できにくいため発生抑制効果が弱い。むしろ小型ペットボトルは、容器包装リサイクル（新制度）を見越してメーカーがこれまでの自粛を解除したため、小型ペットボトル入り飲料の販売量は拡大し、新制度の弱点が突かれたかたちになっている⁴³⁾。

2.4 本研究の研究方法与視点

先行研究をまとめてみると、マクロな面から E-waste の回収処理や法律の現状や問題を分析し、将来の対策を提案する定性的な研究が多く行ってきたが、対策やプロジェクトに対するミクロな面から定量的な分析や研究が少なく、統計データ例えば販売量等や物質の CO2 排出原単位等の基礎データが存在しないか、入手できないということが主な原因と考えられる。本研究では、できる限り現地調査を通して、中国のオリジナルなデータを使用し分析を行い、また、現段階でどうしても入手できないデータについては、日中両国のデータの類似性を十分に検証したうえで、類似性のある日本のデータを使い、定量的な分析をやり遂げた。

本研究は中国における電子製品リサイクルに対して、定性的かつ定量的な分析を行った。定性的な分析では、文献調査や現地調査から得たデータを基に、中国における電子廃棄物のフローを明らかにした。そのうえで、制度・参画者分析を行い、制度制定の内外の背景と実施効果や制度と参画者、そして参画者の相互関係を、ひとつのシステムととらえ、分析した。定量的な分析では、リサイクル促進政策の CO2 排出の定量分析を行った。以下では、使用した研究方法を詳細に紹介する。

① 文献調査

文献調査は研究を行うには、そのテーマに関係する分野でこれまでどのような研究が行ってきたかを明らかにするためにを行う調査であり、研究を始める第一歩と言われる。本研究を行う際に、先行論文や図書や新聞記事やオンラインデータベースなど数多くの文献を調査した。制度・参画者分析を行うために、政府機関のホームページを通して各関係する法律の目的と内容等を知ることができ、また、メーカーなどのセクターの CSR 報告書やレポートや消費者に対するアンケート調査のデータを調べることで、周りの環境の変化によるメーカー等の動きを分析するに必要な情報も得られた。また、中国以外特に日本の文献も調査し、中国国内の研究ではまだ明らかにしていない予測関数に必要なパラメータとその決め方や原単位等を自分の研究の参考になった。

② 現地調査

研究の対象地域の現実に合うデータを入手するために、現地調査がなくてはならない。本研究では、使用済携帯電話のフローを明らかにするために現地のアンケート調査、そして、リサイクル促進政策の買替効果や家電使用年数の分析するために、現地のヒアリング調査を行った。このような現地調査データを使うことにより、研究結果の信頼性を高めた

と思われる。

③ 制度・参画者分析

制度・参画者分析とは環境問題を総合的に分析する枠組みとして、環境政治学から示された分析方法である。この方法は社会の環境問題対処能力を全体として把握し、高めることを目的とし、制度とは国際条約、国内法、条例、協定、規範、習慣などの枠組み条件である。参画者とはこの枠組み条件の中で、各種政府機関、環境ビジネス産業、マスメディア、住民が各参画者として、それぞれ戦略と意思、技量をもって、状況的機会に対応する。その際、環境問題の種類と緊急性、参画者間の相互関係が重要である。これにより参画者が制度をつくりあげていく側面と参画者間の相互作用の側面、そのダイナミックスを同時に見ることができる。本研究では、E-Waste リサイクルに関する国内外制度の枠組み条件を明らかにした、その上、制度の効果や参画者の動きや対応を分析した。

④ マテリアルフロー

現在、経済社会と環境問題との関係を分析する上で、様々な経済主体間の物資やエネルギーの流れを定量的に把握するためにマテリアルフロー分析を挙げられる。本研究では、文献や現地調査から得たデータをもとに、使用済となった時点から再利用までマテリアルフローを明らかにし、使用済製品の行方や汚染を引き起こす恐れがあるルートを分析した。

⑤ LCA

ライフサイクルアセスメント (LCA) は製品やサービスの環境影響をその生涯にわたって評価する手法である。そのため製品の一生を評価する際は、製品の製造～使用～廃棄・リサイクルといったライフサイクル全体を評価対象にすることが基本となる。しかし、LCA実施の目的を十分に達せられるのであれば対象範囲を限定して、製品の製造段階までを評価対象にしたもの、使用段階を含めたもの、使用済み製品の回収・リサイクルを含めたもの等多岐にわたるケースがありうる。本研究では、使用済製品の回収やリサイクル段階に焦点を当て、輸送や処理や再生使用によるライフサイクル CO₂ を評価した。

本研究では、以上の分析手法を使用し、中国における E-Waste に関する法律や政策をマクロかつミクロな両面から評価を行ったことが本論文の新たな視点と考えられる。マクロな面では、制度・参画者分析を用い、制度・経済・情報等の要因で構成した社会の枠組みとこの枠組み条件のなかで活動している各アクターとの相互関係を明らかにする定性的な分析を行った。ミクロな面では、法律や政策の実施によって、低炭素循環型社会を目指す中国にどのような役割を果たし、そしてどのような影響を与えていたかに対し、CO₂ 排出の削減の視点から定量的な分析を行った。今まで、中国における電子製品リサイクルに関

する研究を行う際に、統計データが存在しないか入手できないことで、CO₂ 排出に関する定量的な研究が少なくなっているが、本研究の分析では、できる限り現地調査を通して、中国のオリジナルなデータを使用し分析を行った。また、現段階でどうしても入手できないデータについては、日中両国のデータの類似性を十分に検証したうえで、類似性のある日本のデータを使い、定量的な分析をやり遂げた。

参考文献

- 1) 聶永豐、我国電子電気廢物の回収及処理、有色金属の再生与利用、2003年12期、pp12-14
- 2) 羅志華、我国電子廢棄物現狀研究、江蘇環境科技、2006.12.Vol19 supp.2
- 3) 朱培武、我国廢旧家電電子製品回収處理現狀及对策、再生資源与循環經濟、2010年第3卷第1期、pp32-34
- 4) 李湘洲、我が国電子ごみ回収に存在する問題や解決策、再生資源与循環經濟、2012 Vol.5.No.1 pp.30-33
- 5) 黄菊文、李光明、我国電子廢棄物管理現狀及对策研究、環境科技、2011.6.Vol24.supp.1
- 6) 吳培錦、田義文、我国電子廢棄物回収處理現狀及法理对策、特区經濟、2010.4、pp233-234
- 7) 姚从容、陣星、中国都市電子廢棄物回収處理現狀—天津市の調査をもとに、資源科学、2009.5、Vol.31 No.5 pp836-843
- 8) 馬堅、青島市廢旧電器電子製品回収處理情報調査、環境工程、2009年第27卷増刊、pp397-401
- 9) 黄平砂、寧波市家用家電製品回収回用調査分析、都市環境与都市生態、2004.12.Vol17.No.6 pp40-42
- 10) 陣書亮、綠色製造の現狀調査—消費者の綠色家電認識調査、知識經濟、2007年第8期、pp164-166
- 11) 顏江、家電企業の逆向物流の運営モデル研究、物流科技、2008年第1期、pp25-27
- 12) 何逸林、田暉、激励家電企業参与產品處理体制建設の可能性分析、家電科技、2011年第3期、pp30-31
- 13) 宋曉芳、我国廢旧家電規範化回収体系研究、物流技術、2008年第4期、pp65-67
- 14) 劉慧、我国廢旧電子製品の回収体系研究、中国農業大学、2007年修士論文
- 15) 陳愷、第三方回収モデルに基づく電子廢棄物回収体系研究、厦門大学、2009年修士論文
- 16) 葛春景、7Rに基づく廢旧家電回収處理モデルの研究、天津理工大学、2008年修士論文
- 17) 孫軍麗、EPRに基づく廢旧家電回収モデル研究、天津大学、2007年修士論文
- 18) 江前斌、廢旧家電回収網土地選定運輸研究及GIS實現、東華大学2010年修士論文
- 19) 張志強、廢旧家電逆向物流網計画研究、大連海事大学、2008年修士論文
- 20) 宋晋、電子廢旧產品回収物流若干問題研究、西南交通大学、2007年修士論文
- 21) 方偉成、電子廢棄物回収處理体系の研究、江西理工大学、2008年修士論文

- 22) 王舟, 杜歆政, 小幡範雄, 裴艷霞: 中国における電子廃棄物の再資源化方策に関する考察, 政策科学、19-1, Oct, 2011
- 23) 唐愛軍、万玲、廃棄家電コストと補助基準研究、中国科技投資、2010年第6期、pp58-59
- 24) 万春暉、廃棄家電産品処理基金研究、中国科技投資、2010年第6期、pp38-41
- 25) 温俊明、池涌、国内外廃旧家電回収処理の進展与対策、科技通報、2004年3月 Vol.20.No.2 pp133-137
- 26) 范連穎、日本の廃旧家電回収利用の経験の啓示、環境科学動態、2005、No3 pp19-21
- 27) 李玉文、中外電子廃棄物処理政策与動態、林区教学、2008年第1期、pp90-92
- 28) 劉憲兵、中日廃旧家電管理比較及建議、有色金属再生利用、2006年第3期
- 29) 孔偉、日本廃旧家電循環再利用体系現状及对中国の啓示、日用電器、2008年第9期
- 30) 馬曉蘭、家電以旧換新による廃旧家電回収体系への影響、価値工程、2011年14期 pp9-10
- 31) 李徳絹、廃棄電器電子製品回収の新モデル探索—家電以旧換新を例に、現代商業、2010年第2期、pp11-13
- 32) 王蕊、家電以旧換新の政策解析及経済学分析、江西農業学報、2010.22(2):194-196
- 33) 孔令鋒、家電以旧換新政策の環境保全効果与電子廃棄物マネジメント、生態經濟、2010年第6期、pp164-168
- 34) 孔令鋒、經濟回復のなかで循環經濟の促進—家電以旧換新政策に基づく分析、中国發展、2010年4月、第10卷、第2期
- 35) 趙增明、廃棄携帯などの電子製品回収利用モデルの思考、電信軟科学研究、2005年10期、pp32-37
- 36) Jian YANG. A Report on E-Waste Issues Related to Mobile Telecommunications in China. March,2008
- 37) 常静、廃旧携帯の回収利用及資源化管理対策、廃旧携帯電話回収利用及資源化管理対策、2006年第1期、pp27-30
- 38) 李汝雄、廃旧携帯電話に含まれる有価金属の回収、環境保護、2002.11、pp44-45
- 39) 王紅偉、我国廃旧携帯回収物流發展建議、決策与信息、2009年第3期、pp157-158
- 40) 王洪艷、携帯回収ルート建設研究、広東科技、2008年第3期、pp32
- 41) 邢光軍、拡大生産者責任による携帯逆向物流回収ルートの研究、南京郵便大学学報、2008年12月 Vol.10 No.3 pp41-45
- 42) M・イエニッケ、政治システムの環境政策対処の能力、北海道大学大学院経済学研究

科「経済学研究」第46巻第3号、1996年12月

42) 吉田文和、循環型社会—持続可能な未来への経済学、中央公論新社、2004年4月、
pp.32-51

第3章 中国における家電リサイクルに関する制度・参画者分析

3.1. 家電リサイクルの背景

近年、中国では社会発展とともに、家電産業におけるデジタル化や薄型化や省エネ化が進んでおり、さらに技術の進歩による新型家電製品価格が下落しつつある。そのため、1990年代初めから普及した家電製品の買替が集中的に発生することにより、使用済家電製品が大量に生じたと考えられる¹⁾。このような使用済家電製品には、有色金属などの再利用資源が数多く含まれているほか、微量の有害物質も含有されているため、不適切なリサイクルによって、大気や重金属汚染が引き起こし、自然や健康に悪影響を及ぼしたと言われる²⁾。中国では、法律整備の遅れや国民の環境汚染意識の希薄、それにメーカーのEPR不足など原因で、低レベルリサイクル活動を行うインフォーマルの処理業者が大量に存在しており、これらの処理業者が集中する地区では、重金属汚染が深刻になっており、先行研究によると中国広東省にある都市の土壤に含まれ重金属の量が何倍も基準に上回ったようだ³⁾。このような現状を改善するため、法律の整備をはじめとする様々な対策を打ち出すようになってきた。政府アクターや事業者アクターや市民アクターが補助金政策、ERP推進、環境教育の強化などの様々な対策で家電リサイクルに取り込んでいる。

近年、家電リサイクルに関する法律や政策が続々と公布され、これらの新たな法律や政策の実施による各アクターへの動きの変化を明らかにする研究が少なく、特に、家電リサイクルに関する法体系や回収システムが形成しつつある中、レジームやアクターを1つのシステムにとらえ、その相互関係を分析することが課題となってくる。本研究は、マクロな面から、制度・経済・情報等の要因で構成した社会の枠組みとこの枠組み条件のなかで活動している各アクターに目を付け、特に近年に施行された法律や政策に注目し、制度・参画者分析を用い、法律と各アクターの関係、そして各アクター間関係を明らかにするとともに、家電リサイクルシステムの構築のなかで、法律の効果や不足点を整理することを目的としている。

3.2. 廃家電の発生・回収・処理現状

上述したように、中国の家電廃棄物には主に二つの発生源があり、一つは国内で発生で、もう一つは国外からの違法輸入である。2000年中国政府がバーゼル条約に応じ法律で家電

表 3.2.1 中国における 100 世帯あたり家電保有量

単位: 台		1990	1995	2000	2005	2010	2011
洗濯機	都市部	78.41	88.97	90.52	95.51	96.92	97.05
	農村部	9.12	16.90	28.58	40.20	57.32	62.57
冷蔵庫	都市部	42.33	66.22	80.13	90.72	96.61	97.23
	農村部	1.22	5.15	12.31	20.10	45.19	61.54
テレビ	都市部	59.04	89.79	116.56	134.80	137.43	135.15
	農村部	4.72	16.92	48.74	84.80	111.79	115.46
エアコン	都市部	0.34	8.09	30.80	80.67	112.07	122.00
	農村部		0.18	1.32	6.40	16.00	22.58
パソコン	都市部			9.70	41.52	71.16	81.88
	農村部			0.47	2.10	10.37	17.96
携帯電話	都市部			19.05	137.00	188.86	205.25
	農村部			4.32	50.24	136.54	179.74

図 3.2.1 中国における 100 世帯あたり保有量

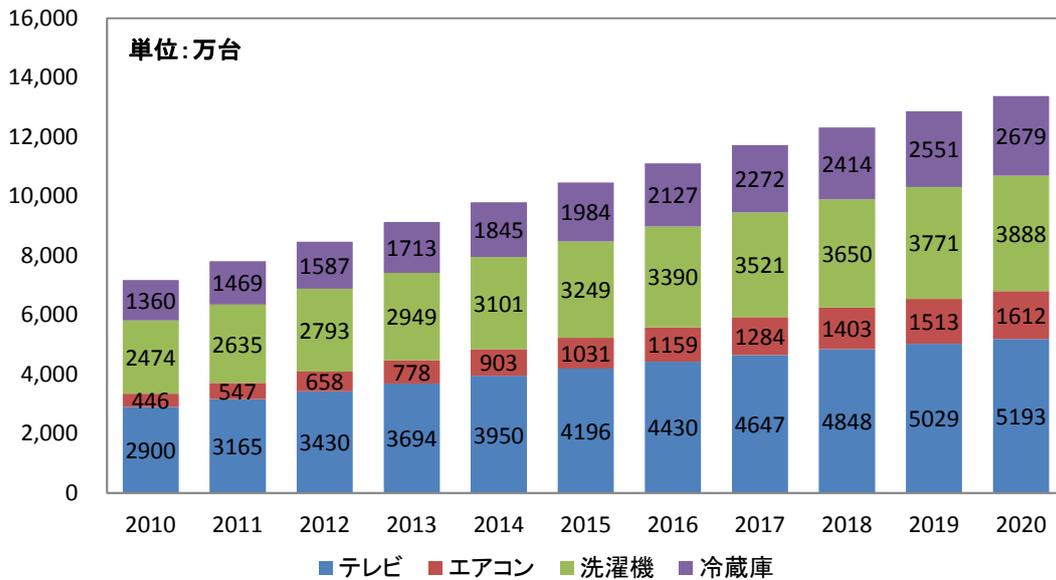


図 3.2.2 中国における使用済家電製品の推計

廃棄物の輸入を禁止したが、家電リサイクルによる再生資源に対する需要が急増しているため、様々なルートから家電廃棄物が中国に流入している。それに、不法輸入した廃棄家電の殆どがフォーマルルートで処理され、環境汚染を引き起こす源と言える。

また、家電の保有量については、表 3.2.1 に示すように、都市では携帯電話エアコンとテレビの 100 世帯あたりの保有量が既に 100 台を超えた、他には、冷蔵庫や洗濯機の 100 世帯あたりの保有も 100 台に近づいてきた。農村地域においても、保有も急増しており、テレビの 100 世帯あたり保有が 100 台を超えた。新機能や省エネなどのエコ製品が続々と市

場に投入され、家電製品の買替が加速することにより、廃家電発生量が急速に増加すると予測できる。国内発生した廃家電発生量を推計するには、販売量データが必要だが、中国における家電販売量に関する公的なデータが入手できないため、保有量データを使用し、廃棄量を推計した。本研究の推計では 2011 年中国の使用済家電製品の発生量が図 3.2.2 に示す。この図からわかるように、これから中国の家電廃棄物が増加していくことが明らかにした。

前述のように、これらの家電破棄物がインフォーマルとフォーマルな回収者に回収され、中古利用に回るか、リサイクルされることになる。回収のステップでは、フォーマル回収とインフォーマル回収に関する法律からの境界線がないが、フォーマルとインフォーマルの主な区別は、回収者が個人か会社と機構であるか、税金を納めるかどうか、回収した廃家電をフォーマルな処理企業に売り渡すかどうかにある。

処理ステップでも、フォーマルとインフォーマルな処理者が存在しており、フォーマルな処理者が廃家電処理ライセンスを取得し、処理施設や処理方法も国の定めた基準に達し、処理から発生する環境負荷が小さく、電子廃棄物処理企業リストに登録している業者をいう。これと反対で、管理部門に登録していなく、管理しにくく、違法輸入電子廃棄物を処理し、低レベル処理技術を使い、廃気体や液体を処理する施設を備えていない業者をインフォーマルな処理者と言う。

3.3. 中国における家電回収リサイクルのフロー

前述のように、中国における家電リサイクルに関する研究が数多く行っていた。なかには、消費者に対するアンケート調査の研究も多くあり、今回で、使用済家電フローを、先行文献調査を通して、明らかにした結果を図 3.3.1 に示す。図 3.3.1 から、使用済となった家電製品のほとんどが有料あるいは提供側に利益を与えられるルートに流れていることが分かった。以旧換新ルートとは、政府が家電販売の推進や使用済家電の回収促進をするために打ち出した政策の 1 つで、消費者は新たに家電製品を購入する際に、自分の使用済家電製品を政府指定の回収業者に売り渡す条件付きで、新家電製品の価格を 10% 割引く政策だ。この政策は消費者にインセンティブを出すことで、使用済家電の約 23% がフォーマルのルートに回収され、政府に認定された回収・処理業者にリサイクルされ、再資源化されている。退蔵ルートとは使用済家電製品を処理しないまま、家に放置することを指す。このルートがおよそ 14.5% の割合を占め、しかし、家電 4 品目が他の小型家電よりサイズが

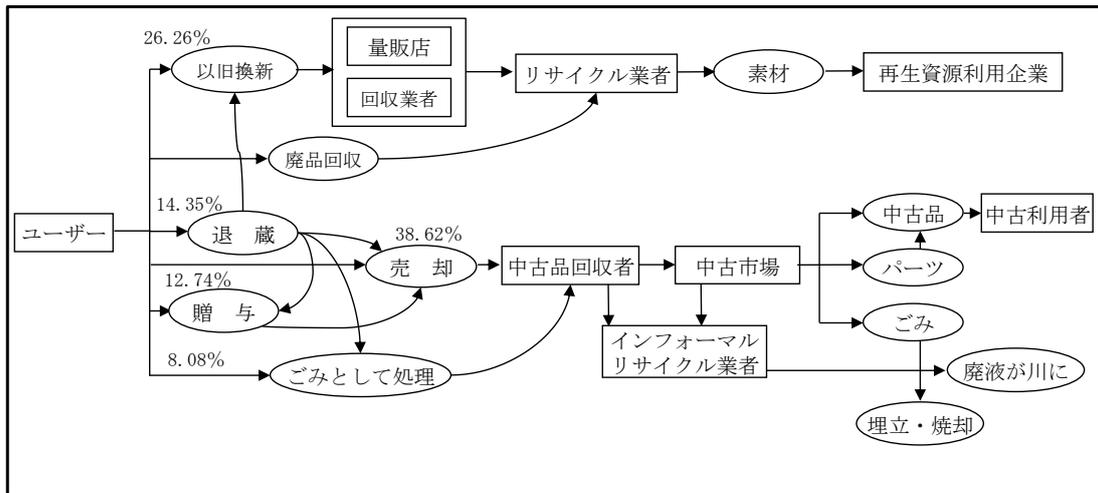


図 3.3.1 中国における家電回収リサイクルのフロー⁴⁻⁶⁾

大きく、スペースが必要なため、退蔵した家電 4 品目の多くは最後に売却される場合が多くみられると言われている。また、知人や友人に贈与するルートが約 13%の割合を占め、その理由は収入の格差による中古品に対するニーズにあることだ。先行文献のアンケートデータから退蔵や贈与やごみとして処理等のルートの使用済家電のほとんどが最後に売却され、個人回収者を経てさらにインフォーマルの処理業者や古市場に売却されるがわかった。インフォーマルの処理業者が低レベル処理技術や方法で金属などの資源をとられ、処理に使う廃液が未処理のまま川に流され、川の汚染を引き起こしてしまうケースが多い。一方、中古市場では回収された家電製品が直接かリニューアルして中古品として販売されることが多い、全然、使わなくなった家電はパーツリユースかごみとして処理されるようだ。

このフローから、関係するアクターが家電リサイクルにかかわるアクターが消費者や回収者や量販店やリサイクル業者や中古市場関係者や再生資源利用者等であることがわかった。これから、法律で定められた枠組みや政府のモニタリングの下で家電リサイクル活動を行っているアクターを対象に制度・参画者分析を行う。

3.4. 家電リサイクルに関する制度の発展

3.4.1. 法律整備の背景と現状

2011 年 1 月に中国の家電リサイクル法と称される廃旧電器電子製品回収処理管理条例が施行され、対象製品が家電 4 品目とパソコンとなった、その背景に 2 つのファクターがあ

表 3.4.1 中国における家電リサイクルの法体系

	法制度	施行日	概要とガイドライン
基本となる法律	固体廃物汚染環境防治法(2005.04.01改正)	1996.04.01	減量化 再利用 資源化 グリーン生産 グリーン購入 汚染を起こす主体が責任を負う原則
	清潔生産促進法	2003.01.01	
	循環経済促進法	2009.01.01	
各種関連法律法規	関与加強廃棄電子電器設備環境管理公告	2003.08.26	各アクターの義務や責任の具体化: 政府(中央政府と地方政府部門) 消費者 メーカー 流通販売業者 回収業者と個人回収者 中古市場 リサイクル業者 再生資源利用業者と中古利用者
	危険廃棄物経営許可証管理弁法	2004.07.01	
	廃棄家用家電と電子産品汚染防治技術政策	2006.04.27	
	電子産品汚染控制管理弁法	2007.03.01	
	再生資源回収管理弁法	2007.05.01	
	電子産品汚染環境防治管理弁法	2008.02.01	
	家用和類似用途電氣的安全使用年限和再生利用通則	2008.05.01	
	廃棄電器電子産品処理汚染控制技術規範	2010.04.01	
	中国資源綜合利用技術政策大綱	2010.07.01	
	廃棄電器電子産品処理発展規?編制指南	2010.11.15	
	廃棄電器電子産品処理企業建立データ情報管理系統及び提出情報指南	2010.11.16	
	廃棄電器電子産品処理企業補貼審核指南	2010.11.16	
	廃棄電器電子産品処理企業資格審査和許可指南	2010.12.09	
	廃棄電器電子産品回収処理管理条例	2011.01.01	
	廃棄電器電子産品処理目錄	2011.01.01	
廃棄電器電子産品処理資格許可管理弁法	2011.01.01		
廃棄電器電子産品処理基金徵收使用管理弁法	2012.07.01		
旧電器電子産品經營管理弁法	草案		
政策とプロジェクト	家電以旧換新施行弁法	2009.06.28	インセンティブの提供 フォーマル処理施設の整備
	都市鉱産モデルパーク建設の通知	2010.05.12	
	エコ製品惠民工程の実施に関する通知	2009.05.18	
	家電下郷推進に関する通知	2008.11.28	

と考えられる。まず、1980年代の後半からテレビをはじめとする家電製品が急速に普及され、2000年に入って、普及された電気製品が廃棄段階に入り、廃棄家電が大量に発生するようになった。それに、バーゼル条約や中国の法律で E-waste の国際流動が禁止されたが、毎年、大量な E-waste が中国に不正輸入されており、このような E-waste の不適正処理によって、中国の処理地で深刻な環境汚染や健康被害が引き起こされているから、2003年から2008年まで施行された法律では、電子廃棄物汚染防止に対する法律が多くなっていった。次に、1990年代半ばから中国の製造業の急速な発展に伴い、製造業に必要な資源への需要が拡大し、使用済み製品のリサイクルを通じ、再生資源の獲得が必要となった。最後に、世界の工場とも言われる中国は、経済の発展を支える一つの柱が輸出であるため、輸出地域の法律が中国の国内の法律整備に影響を及ぼすことに間違いはないと考えられる。特に、中国の最大の輸出先であるヨーロッパ²³⁾では、2003年に、RoSH指令が施行され、非対応品の輸入が禁止されることになった。そのために、中国国内で、この指令に対応する法律である「電子情報製品汚染規制管理規則」が2007年に公布された。更に、2011年にWEEEに対応する法律といわれる廃旧電器電子製品回収処理管理条例も施行された。以上の分析をみると、発生量が多く、再生資源が獲得できる、不正処理による環境汚染や健

康被害が引き起こされる、国際法律の影響を受けるという総合的な背景の中で、中国の電子廃棄物に対する様々な法律が 1990 年代末から整備してきた。表 3.4.1 に示される法律からみると、最初の廃棄物に対する総合的な法律から個別製品に対する個別法へ、また、製品ライフサイクルの一段階に対する法律から製品の設計からリユース・リサイクルまでの全ライフサイクルに対する法律整備へ変遷してきたといえる。今後も、この傾向が続くと見ら

れており、循環経済促進法に基づき、家電、自動車、さらに小型家電、携帯電話などの廃棄物に対応する個別法を整備していくのではないかと見られる。

3.4.2.家電リサイクルに関する法体系の形成とその概要

中国における家電リサイクルに関する法律や政策が表 3.4.1 に示す。表からわかるように現在の家電リサイクルに関する法体系が三つの基本法律に基づき、制定されている。ここで、基本となる法律と家電リサイクルに関連法律法規二つの部分に分けて代表的なものを説明する。

基本となる法律

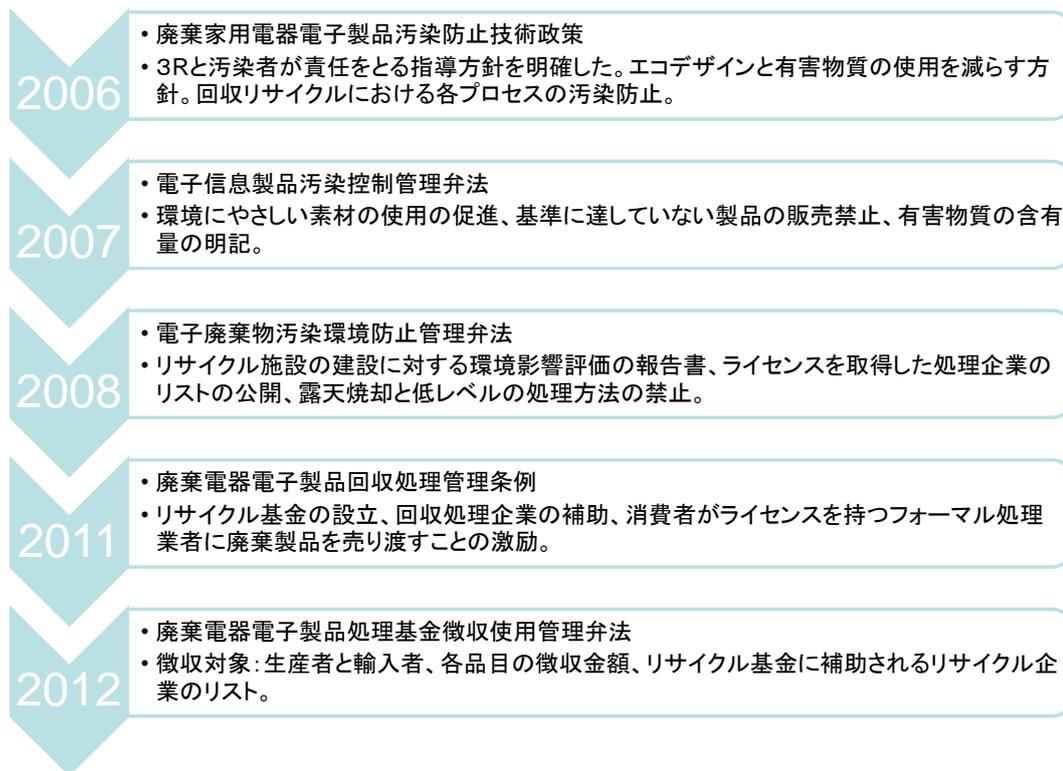
現在、基本となる法律が 3 本あり、固体廃棄物汚染環境防止法や清潔生産促進法や循環経済促進法である。これらの法律で製品のライフサイクルの各段階において基本的なガイドラインを定められていた。表 3.4.2 のように、生産ステージにおいてグリーン生産があり、エコデザインやグリーンエネルギーやマテリアルの使用やグリーン生産技術の導入などのことをいう。消費ステージにおいてリデュース、資源消費や廃棄物の発生を抑制することをいう。廃棄ステージにおいてリユースで直接の中古品として再利用か修理やリニューアル後の再利用とパーツの再利用のこことリサイクルと汚染者が責任をとる原則で製品の生産者と販売業者と輸入者と使用者は汚染の責任をとる原則だ。再資源化ステージにおいてグリーン購入で省エネやエコ製品を優先購入することである。このように、基本法律が製品のライフサイクルの各ステージにおいて基本的なガイドラインを制定することで、個別法の制定根拠になっていた⁷⁻⁹⁾。

家電リサイクルに関する法律の発展が図 3.4.1 に示すように、2000 年、電子廃棄物の違法輸入を解決するために、電子廃棄物を「輸入禁止貨物目録」に加え、そして毎年、その電子廃棄物リストを更新している。しかし、中古品や再生資源の販売による利益を獲得す

表 3.4.2 基本となる法律のガイドライン

ライフサイクルステージ	基本法のガイドライン
生産ステージ	-グリーン生産 -エコデザイン -グリーンエネルギーやマテリアルの使用 -グリーン生産技術の導入
消費ステージ	-リデュース
中古利用ステージ	-リユースで直接の中古品として再利用 -修理やリニューアル後の再利用 -パーツの再利用
リサイクルステージ	-汚染者が責任をとる原則
再資源化ステージ	-グリーン購入 -再生資源使用企業の税込優遇

図 3.4.1 家電リサイクル法律の発展



るために、電子廃棄物が様々なルートを通して中国に入る。廃棄家用电器と電子製品汚染防止技術政策が電子廃棄物の総量の減少や再資源率の向上や電子廃棄物の処理標準をあげるために施行された法律である。この法律では、減量化、再利用や再循環の 3R と汚染者費

用負担を明確した。電子情報製品汚染控制管理弁法が電子製品有毒物質の使用及び処理プロセスにおける同物質による汚染を減らすための法律であり、この法律が中国バージョンの RoSH 指令と見なされている。また、電子廃棄物汚染環境管理弁法や破棄電器電子製品処理汚染控制技術規範が電子廃棄物の貯蔵、輸送、回収、リサイクルプロセスで起こしうる汚染を防ぐために作った法律であり、前者が電子廃棄物処理企業を対象に、処理ライセンス制度の実施を明確した。後者が電子廃棄物の処理過程において技術の基準や規範を定めた。廃棄電器電子製品回収処理管理条例が中国バージョンの WEEE と見なされており、中国の家電リサイクルにとって最も重要な法律と考えられる。同『条例』には、電器・電子製品廃棄物処理目録管理制度、電器・電子製品廃棄物処理発展プラン制度、集中処理・処理資格認可制度を含むさまざまな管理制度が盛り込まれている。国は廃棄電器電子製品処理基金を設立し、廃棄電器電子製品回収処理費用に補助する。電器電子製品生産者、輸入電器電子製品の受取人あるいは他の代理人は規定に従って廃棄電器電子製品回収処理基金に納金の義務を果たさなければならない。同条例によると、国は電器電子製品の生産者あるいは生産者が販売者、修理機関、アフターサービス機関、廃棄電器電子製品回収経営者に頼んでの廃棄電器電子製品回収を奨励する。2012年7月に廃棄電器電子製品処理基金徴収管理弁法が公布され、この法律が基金の徴収金額、フォーマル処理企業のリスト等を規定された。

3.5 家電リサイクルに関連する制度・参画者分析

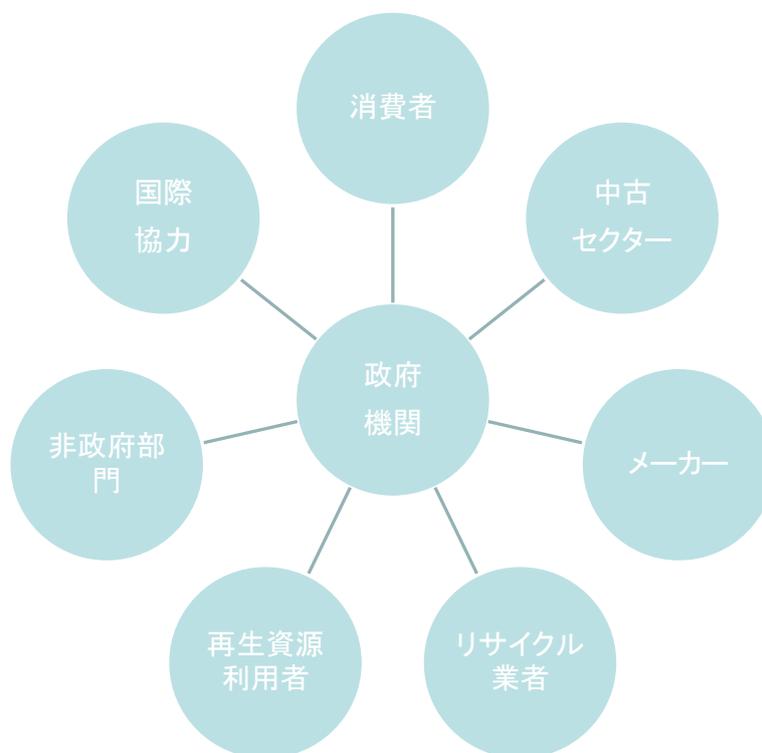
表に示すように家電リサイクルに関する法律の制定が最初に電子廃棄物の汚染防止に焦点を当て、始まったことから、電子廃棄物の不正処理によって深刻な環境汚染を引き起こしていたことが分かる。その後、2009年1月から循環経済促進法の施行に伴い、源から汚染を防ぐとする主に消費や回収段階に対する法律が整備してきた。ここで、家電リサイクルにかかわる各参画者の法律責任や実際の活動を分析することで、制度や参画者、そして各参画者間の相互関係を明らかにし、制度・参画者分析を行った。各アクターが図 3.4.2 に示す。

◆ 政府

① 各アクターのモニタリング

まず、ライセンス制度で、家電リサイクル回収処理企業を審査し、認可された企業の生

図 3.4.2 家電リサイクルに関する参画者



産過程の環境汚染物質排出や処理リサイクル過程にモニタリングを行い、企業や回収処理の情報を社会に公開する。

効果としては、政府にリサイクル基金補助を受ける企業を 21 の省市で 64 社認定され、これらの企業の情報を公開している。リサイクル情報管理システムを通して、日常の処理状況をモニタリングし、廃棄家電の受け入れ数、処理数、リサイクル資源量などの基礎データを観測している。

次に、廃棄電器電子産品処理企業資格審査を通して、処理能力や処理施設や処理設備を審査し、法律に定められた低レベルの処理方法や技術や設備での処理を禁止する。

効果としては、低レベルな処理方法や技術のリストを作り、このリストに入った方法や技術を使用する企業がライセンスの認定審査プロセスを通さなくなった。

② 回収システム構築の推進

再生資源回収ネットワークの構築を都市発展プランに組み込むことが法律に定められた。

効果としては、この法律規定によって、青島市は 2012 年市内で 491 か所回収ネットワーク、3つの分類処理センターを構築した。中国経済普查年鑑によるデータを見ると、全国の

廃棄物回収処理企業が 8203 社、回収ネットワーク 16 万、従業員が 203.3 万人に達していることが分かった。

③ 支持や激励

政府が様々な措置でフォーマルな家電リサイクルの回収や処理を支持する。

廃棄電器電子製品処理基金徴収使用管理弁法が 2012 年 7 月 1 日から施行され、この基金は認定リサイクル企業への回収処理の補助に充てることになった。徴収金額は対象別にそれぞれテレビ 85 元、冷蔵庫 80 元、洗濯機 35 元、エアコン 35 元、コンピュータ 85 元である。また、政府からグリーン生産技術開発などのプロジェクトに優先的に資金を提供する。それに、中国資源総合利用技術政策大綱によって、フォーマルな回収企業や再生資源利用企業の増値税や所得税などの税収優遇政策を打ち出している。最後に、省エネ、資源有効利用プロジェクトに資金を優先貸付政策も法律で定められた。

④ 省エネ製品の普及を推進することで、使用済製品の回収を促す。

法律で政府が以旧換新やデポジットなどの方法で廃棄物を回収することを支持、激励することが規定されている。そのために、政府主導な政策がいくつか実施した。例えば、以旧換新政策、家電下郷政策、省エネ製品の補助政策、グリーンエネグギー使用を促す政策等を挙げられる。

◆ メーカー

固定廃棄物汚染環境防止法で汚染を起こす主体が責任をとる原則を定められ、これが拡大生産者責任を推進するための法律根拠となっていると考えられる。製品の生産と輸入者は汚染の責任をとらせるために、廃棄電器電子製品処理基金徴収使用管理弁法が 2012.07.01 から施行された。この法律によって、メーカーや輸入業者がリサイクル基金を支払わなければならなくなった。対象別の徴収額がそれぞれ、テレビ 13 元、冷蔵庫 12 元、洗濯機とエアコン 7 元、コンピュータ 10 元であった。

こういった背景のもとで、中国の大手家電メーカー TCL、長虹、ハイアールが家電リサイクル業に参入し、それぞれリサイクル工場を建てることになり、現在、3 社が経営しているリサイクル企業が全部リサイクル基金を受ける企業リストに認定されている。

◆ 消費者

まずは、様々な方法を使用し、環境教育を強化していくことが法律に定められた。そのために、メーカーや販売、流通業者にも環境教育の義務を負わせ、各販売店やアフターサ

ービスセンター等で、家電リサイクルへの協力を呼びかける宣伝キャンペーンが行うようになった。消費者が使用済製品を生産者、委託回収者などに渡す義務があると法律で明確され、さらに、法律で消費者が使用済家電製品を家に放置しないで再生センターに売り渡すことを激励する規定もあった。

◆ 中古市場と中古利用者

中古電気電子製品経営管理弁法が中古品に対する 3 か月以上のアフターサービスを提供すると定めた、また、中古品が再利用標準に達したもののだけに中古品ラベルを貼るうえ、中古品を販売しなければならなくなった。

◆ 協会

協会からの指導や各種サービスの提供を激励すると法律で定められている。現在、整備された法律の中で、家電リサイクルに関する協会の参加が多くなってきた。

◆ リサイクル業者

リサイクル基金の補助企業の審査を受けるには、社内でリサイクルデータ情報管理システムを構築しなければならなくなっており、このシステムが担当政府部門につながり、毎日の処理の基礎データや処理の状況の日報などを報告することになっている。この措置で企業が法律に沿って適切に回収した家電を処理するようになったため、回収した廃棄家電が再び中古品として流出することが少なくなってきた。

◆ 再生資源利用業者

再生資源利用企業の税収優遇制度により、再生資源の使用に興味を持ち始める企業が増えてきた。中国の大手家電メーカーが出した社会責任報告書に企業の再生資源積極的に使用することが書かれている。

3.4.4 家電リサイクルに関する法律・政策の問題

① 新たな廃棄家電回収ルートとされる廃棄資源回収ネットワーク効果が小さい。以旧換新政策終了後、廃家電回収量が激減し、リサイクル工場の原料となる廃棄家電が少なくなったため、工場の稼働率が下がった。

② 汚染者が責任を負う原則に対する法律の対応を改善する。製品の生産者と販売業者と輸

入者と使用者は汚染の責任を負うという原則を法律で定められ、そして、生産者や輸入者から徴収された家電リサイクル基金で回収やリサイクル業者に補助することになっていたが、家電企業の経営環境悪化でリサイクル基金の徴収がうまく行けないようだ。また、販売業や消費者に対する法律規定やそれに対応する細則が殆ど見られなかった。

③ 以旧換新政策で大量の破棄家電が回収できたが、補助金が財政から出るので、長期にわたる施行できない。実施期間限定の政策のため、政策が終わった後、回収量が激減した。また、この政策によって回収した廃家電が全部政府指定の処理業者にリサイクルされることとなり、中古利用が進められなかった。

④ 中央政府のマクロ的発展の方針と地方政府の地方の経済発展の方法の違いによって、政策法規の実行力が軟化している。例えば、法律による低レベルの処理方法や技術を禁止する規定は、電子廃棄物処理業を中心産業とする地方に、地用の経済発展や地方政府の税金などの原因で守られなかったことも指摘された。

⑤ NGO や NPO の役割を十分に発揮させなかった。法律にはこういった組織に対する規定がなく、さらに、このような組織がほかのアクターへの影響力、特にメーカーに影響力がほとんど持っていないため、役割を十分に発揮していないようだ。

3.6 まとめと今後の課題

本研究では、文献調査によって、中国の家電リサイクルフローを明らかにした。そのうえ各回収ルートに入る廃棄家電の割合も推計したことで、家電リサイクルの鍵となるルートを明らかにした。その後、現在、整備してきた法体系で定められた基本方針や具体的な電子廃棄物に関する規定を各アクター別にまとめたうえで、法律や政策の実施による各アクターの行動の変化を分析したことで、家電リサイクルに関する法律や政策の効果や問題を明らかにした。

課題としては、新たな法律の施行による各アクターのさらなる動きの変化を注目する必要がある、その新たな動きによって新たな問題が生じる可能性がある。次に、消費者環境意識の向上による回収ルートの変化を起こした場合、政策の重点を変える必要がある。また、リサイクル基金による補助でフォーマルルートの回収量の変化を評価し、基金の効果を定量化分析することが必要となってくる。

参考文献

- 1) 朱培武、我国废旧家電電子製品回收处理現狀及对策、再生資源与循環經濟、2010 年第 3 卷第 1 期、pp32-34
- 2) 吳培錦、田義文、我国電子廢棄物回收处理現狀及法理对策、特区經濟、2010.4、pp233-234
- 3) C. Hicksa,*, R. Dietmara, M. EugsterEnvironmental. The recycling and disposal of electrical and electronic waste in China—legislative and market responses
Impact Assessment Review 25 (2005) 459– 471
- 4) 姚从容、陣星、中国都市電子廢棄物回收处理現狀—天津市の調査をもとに、資源科学、2009.5、Vol.31 No.5 pp836-843
- 5) 馬堅、青島市废旧電器電子製品回收处理情報調查、環境工程、2009 年第 27 卷增刊、pp397-401
- 6) 黄平砂、寧波市家用家電製品回收回用調查分析、都市環境与都市生態、2004.12.Vol17.No.6
- 7) 循環經濟促進法、2009 年 1 月 1 日
- 8) 清潔生產促進法、2003 年 1 月 1 日
- 9) 固体廢棄物污染環境防止法、2005 年 4 月 1 日

第4章 中国における携帯電話廃棄量の推計とリサイクルに関する制度・参画者分析

4.1 背景

経済成長や国民生活水準の向上に伴い、近年、中国における移動通信事業が著しく発展しつつある。中国の工業・信息産業部の電子情報産業統計公報¹⁾によると、2011年の携帯電話生産量は11,326万台であり、全世界の出荷量の70.6%を占めた。同部の統計によると、中国の携帯電話ユーザー数は、図4.1.1に示すように、2000年以降急速に普及してきた。2011年までに、携帯電話のユーザー数は9.75億人、普及率は72.8%に達している²⁾。所得水準の向上に伴い、携帯電話の買換えサイクルは短くなる傾向にあり、後述するが、本研究で実施したアンケート調査によると、携帯電話の買替サイクルは3年前後である。そのため、毎年、大量の使用済携帯電話が発生していると考えられる。携帯電話には、Au、Agなどの貴金属や、日本のPRTR³⁾の第1種指定物質に該当するBa、Cr、Pb、Niなどの微量有害物質が含まれており、資源節約と環境保護の観点から、中国では使用済携帯電話の回収・リサイクルに対する問題が今後高まると考えられる。

循環政策を策定するためにはまず物質循環の把握が重要で、循環型社会の全体把握のためには、物質循環と制度・参画者の2つの視点が重要であるとの指摘がある⁴⁾。そこで本研究でも、中国における使用済携帯電話リサイクルが直面している問題の所在を明らかにすることを目的とし、使用済携帯電話の発生量と使用後のフロー推計、特に処理ルート別の割合を明らかにする。さらに、このフローをもとに、使用済携帯電話リサイクルに関わる制度と参画者の関係を制度・参画者分析のフレームに基づいて分析する。まず中国における使用済携帯電話の発生量を予測し、文献調査から得られた携帯電話に含まれる金属の量をもとに、2020年まで携帯電話リサイクルによる各金属の可能な回収・リサイクル量を明らかにする。次いで、現地調査に基づき、使用済携帯電話のフローの推計を行い、さらに、使用済携帯電話の回収・リサイクルのために実施されている諸制度とその実態を分析する。

4.2 使用済携帯電話発生量の推計

4.2.1 推計手法

使用済製品の発生量の予測には様々な推定方法があるが、単純時間遅れモデルや分布遅

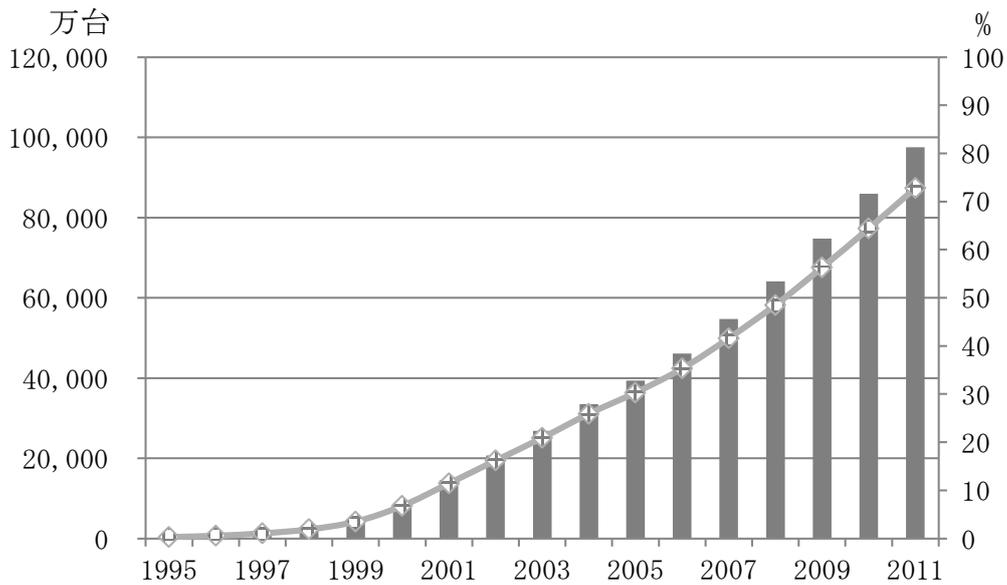


図 4.1.1 携帯電話契約数と保有率の推移²⁾

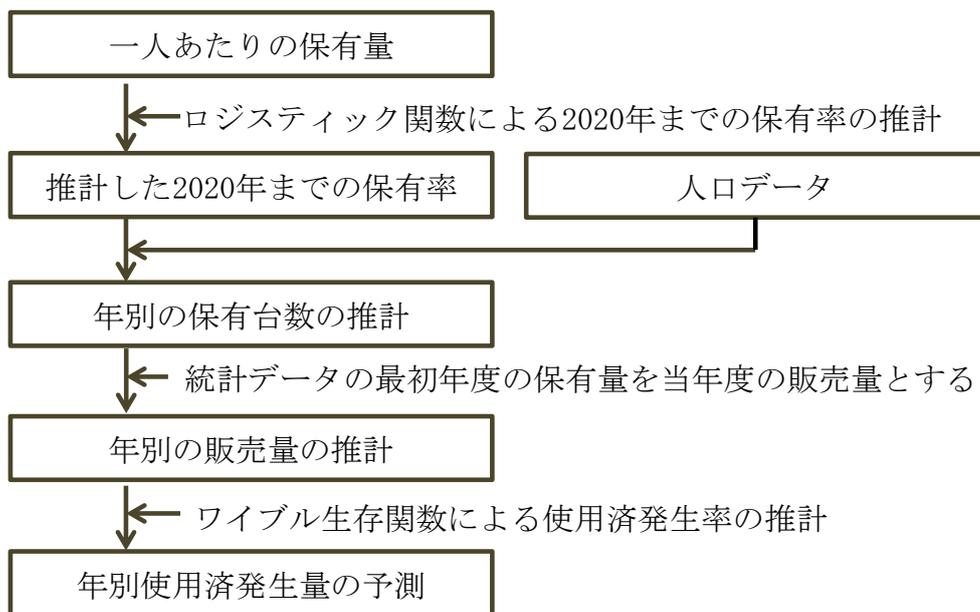


図 4.2.1 使用済発生量の推計フロー

れモデルがよく使われている⁵⁾。中国における使用済電気・電子製品の発生量の予測には、単純時間モデル、つまり販売量が一定の使用年数を経て使用済となると仮定する方法を採用する研究がよく見られる^{6),7)}。しかし、販売量データは年変化が大きく、単純遅れモデルの場合は販売量の敏感な変化が排出量にそのまま反映されるため、予測された排出量の現実性が乏しく見える場合がある⁵⁾。そのため本研究では、分布遅れモデルを用いて、販売量と使用年数の分布に基づく使用済携帯電話発生量の予測モデルを構築することで、2020年

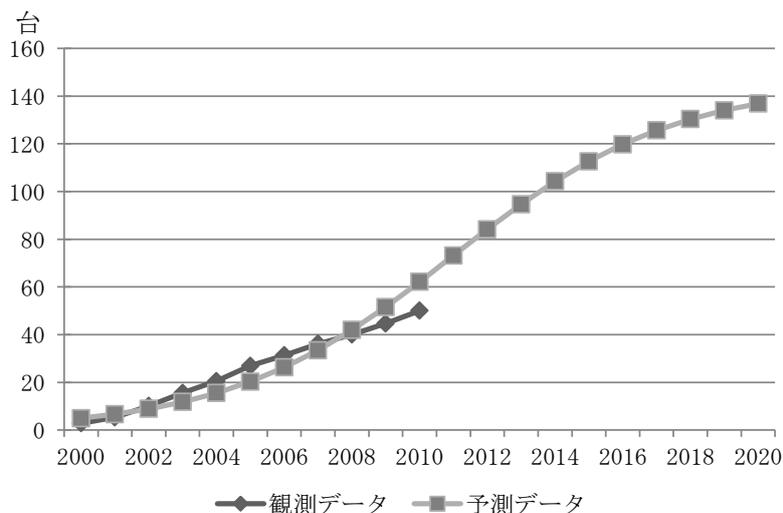


図 4.2.2 100 人あたりの携帯電話保有量の予測

表 4.2.1 予測関数の相関係数とパラメータ

関数式名	ロジスティック
関数式	$y = \frac{K}{1 + a \times e^{-bx}}$
相関係数	0.94
a	38.476
b	0.305
K	145.579

まで年別の発生量を推計した。また、田崎らによる使用済消費財の発生台数予測手法⁸⁾を参考に、使用年数の分布関数についてはワイブル分布関数を用いた。推計のフローを図 4.1.2 に示す。

4.2.2 携帯電話保有量の推計

使用済携帯電話の発生量の予測のために、まず携帯電話の保有量の予測を行う。中国統計年鑑の 2000 年から 2010 年までの 11 年間のデータ⁹⁾をもとに、携帯電話の世帯保有量と世帯人員数のデータから 100 人あたり携帯電話保有量を求めた。その後、ロジスティック関数を用い、2020 年までの携帯電話の 100 人当たり保有量を推計した。結果は図 4.2.2、表 4.2.1 に示すとおりであり、高い相関関係が得られた。次に、推計した 100 人あたりの保有

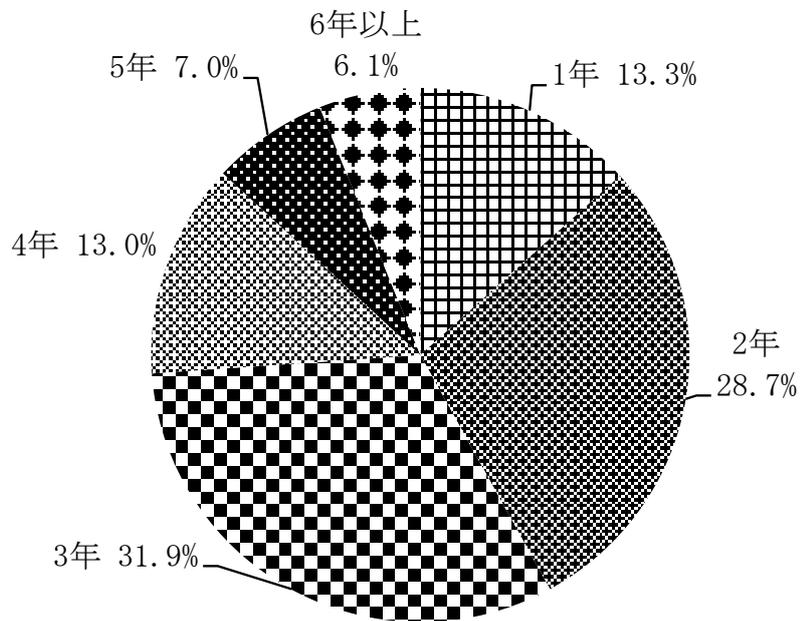


図 4.2.3 携帯電話の使用年数別割合

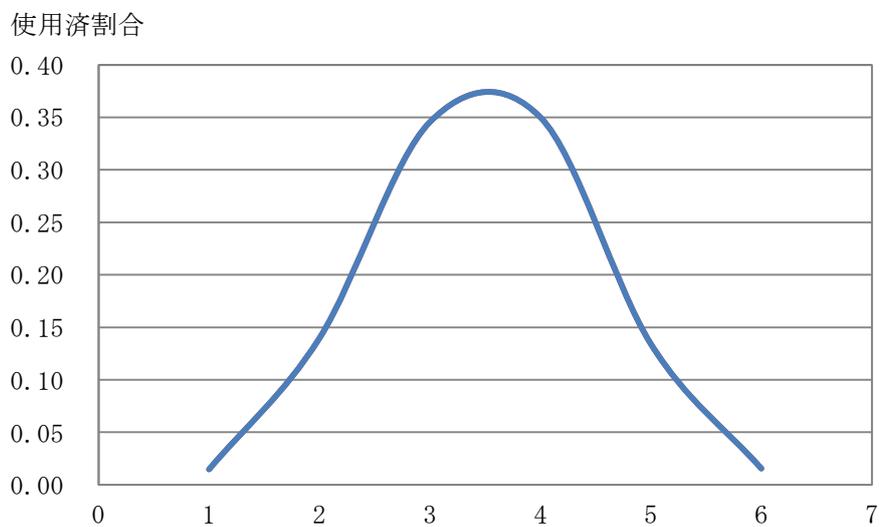


図 4.2.4 出荷後使用年数別の使用済割合

量に国連人口基金の人口予測データ¹⁰⁾を乗じることで、2020年までの家電保有量の予測を行った。

4.2.3 使用済携帯電話発生量の予測

前述のように、本研究では分布遅れモデルを用い、携帯電話の使用年数ごとの使用済割

合を仮定し、使用済携帯電話発生量の予測を行った。まず、中国では、販売量に関する公的なデータが入手できないことに加え、1991年の保有量はごくわずかであることから、1991年の保有量をこの年の販売量と仮定する。その後、ワイブル関数から求めた使用年数ごとの使用済割合を適用することで、1992年の発生量（買い替え量）が求められる。この発生量と統計年鑑から得た保有量の増加量と足し合わせることで、1992年の販売量が得られる。同様に、1991年と1992年の販売量に使用年数ごとの使用済割合を乗じて算出する使用済携帯電話発生量と、1993年と1992年の保有量の差を足すことで1993年の販売量が求められる。この推計プロセスを順次に繰り返して実施すると、2020年までの販売量と使用済携帯電話発生量が求められるようになる。詳しい推計を、以下でさらに説明する。まず、使用年数ごとの使用済割合を求める際には、先行研究を参考にワイブル分布関数を用いた。関数に必要な携帯電話の平均使用年数についてであるが、2011年2月に著者らが実施したアンケート調査（後述）から得た使用年数データ図4.2.3をもとに加重平均によって求めた平均使用年数は2.9となる。ただし、6年以上の使用年数の場合は全て6年として計算したため、ここで0.1の調整を行い、平均使用年数を3年と設定した。次に、ワイブル関数カーブの幅の狭さを示す形状パラメータ β の値であるが、田崎ら¹¹⁾や小口ら¹²⁾の研究では、日本における携帯電話の使用年数分布のワイブル関数の形状パラメータ β 値を3.1と推計している。2011年末までの中国における携帯電話の普及率は約74%であり、日本の普及率93.5%と比較して普及率が相対的に低いことから、日本より中国のユーザーの方は相対的に同質性が高いと考えられ、廃棄・買い替え行動も日本より同時期になりやすいと考えられる。そのため、使用済割合を表すワイブル曲線の傾向が日本のワイブル曲線よりきつくなると設定する。つまり、ワイブル関数の形状パラメータ β の値が日本の3.1より大きくなると考え、ここでは3.5と設定した。また、ワイブル関数においては、平均使用年数を経過すると残存率が0.5となることから、平均使用年数とパラメータ β を設定すると、パラメータ α が求められる。以上の手順を式で表現すると以下のようになる。図4.2.4に、出荷後の使用年数ごとの使用済割合を示す。

$$R(i) = 1 - e^{-\alpha i^\beta} \quad (1)$$

$$f(i) = R(i) - R(i-1) \quad (2)$$

ここで、

$f(i)$: 使用年数 i 年の使用済割合

$R(i)$: 使用 i 年後の累計使用済となる割合

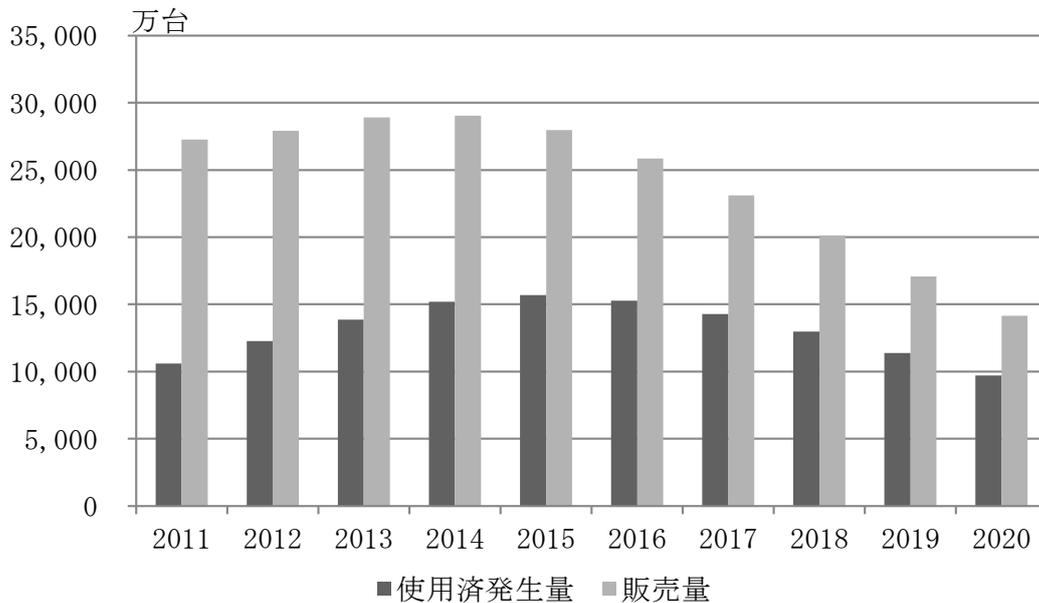


図 4.2.5 携帯電話の廃棄量の予測

i : 使用年数

α, β : 関数のパラメータ

次に、使用済携帯電話発生量の推計に必要な家電販売量に対し、現在、中国では公的データが入手できないため、求める際にいくつかの仮定を置いた。詳細な説明は下記の通りである。

- ① 1999年より以前の保有量の公的な統計データはないが、1991年から1999年までの携帯電話の登録者数のデータがあるため、この期間は、登録者数を保有量と仮定する。
- ② 1991年より前の保有量をゼロとし、1991年の保有量はこの年の販売量と仮定する。
- ③ 購入最初年の廃棄をゼロとし、次の年から使用済携帯電話が発生し始める。
- ④ 使用済となる携帯電話発生量を、その年の買替量とする。

以上の手順より、以下の式を用い、使用済携帯電話の発生量 W が推計可能となる。

$$W(n+1) = \sum [S(n) \times f(i)] \quad (3)$$

$$\Delta Q(n+1) = Q(n+1) - Q(n) \quad (4)$$

$$S(n+1) = \Delta Q(n+1) + W(n+1) \quad (5)$$

ここで、

$S(n)$: n 年における販売量

$f(i)$: 出荷した製品の n 年における使用済割合

$W(n+1)$: $n+1$ 年の使用済発生量 (つまり買替量)

$Q(n)$: n 年の携帯電話保有量

$\Delta Q(n)$: 前年比の純増量

$S(n+1)$: $n+1$ 年における販売量

以上の式を順次計算していき、2020年までの携帯電話の使用済発生量を推計した結果を、図 4.2.5 に示す。図 4.2.5 からわかるように、これから、中国における携帯電話の廃棄量が販売量と共に増加するが、2015年に15,000万台のピークを迎え、2011～2020年までの10年間で累計約13億台の携帯電話が使用済として発生することとなる。このことから、携帯電話リサイクルを行うことで、環境負荷削減と資源消費抑制の大きな効果が期待できることがわかった。なお、本研究の推計で用いた1991～1999年までの保有量は登録者数であり、つまり携帯電話登録者割合＝携帯電話保有率と仮定したため、複数台保有のケースを考慮すると、推計結果は過小評価になっている可能性がある。

4.2.4 使用済携帯電話からの金属の回収ポテンシャル

携帯電話には、金、銀、パラジウム、プラチナ、インジウム、タングステンなどの貴金属やレアメタルが含まれている。1tあたり約280gの金が含まれていると言われており、最も品質のよい鉱石の含有量60g/tと比較して4倍以上の量が含まれている¹³⁾。1台あたりの含有量は微量だが、携帯電話の総数に使われた各資源は相当な量に達していると考えられる。本研究では、文献調査から得た携帯電話の組成を用いて、2011～2020年までの10年間に使用済みとなる携帯電話からの金属などの資源の回収可能性を推計した。携帯電話に含まれる金属やプラスチックなどの量は機種・タイプや製造年によって実際は変化するが、本研究では、中国における携帯電話に関する文献による組成データ¹⁴⁾と、UNEPのMobile Phone Partnership Initiativeの報告書¹⁵⁾において発表されている組成データとの平均値を用い、また、2020年までの携帯電話の物質組成に変化がないと仮定し、資源の回収可能性を推計した。その結果を表 4.2.2 に示す。ここからわかるように、携帯電話を回収・リサイクルすることで、2020年までの10年間、日本のPRTRの第1種指定物質に該当するBa、Cr、Pb、Niの回収可能性はそれぞれ63.5トン、834トン、612トン、1,382トンとなり、また、貴金属であるAu、Agの回収可能性はそれぞれ35.1トン、135トンとなることがわかった。しかし、中国における携帯電話の回収やリサイクルは法的に義務づけら

表 4.2.2 各資源の含有量と回収可能量

Material	Average content (g/unit) ^註	Recovery (t/10years)
Al	12.2	1.60×10^4
Fe	11.4	1.50×10^4
Cu	14.2	1.86×10^4
Co	4.85	6.36×10^3
Zn	1.45	1.90×10^3
Ni	1.05	1.38×10^3
Sn	0.783	1.03×10^3
Cr	0.636	834
Pb	0.466	612
Mg	0.117	153
Ag	0.103	135
Mn	0.093	122
Ba	0.048	63.5
Nd	0.181	238
Sb	0.048	62.7
Au	0.027	35.1
Pd	0.055	72.1
Ti	0.054	71.4
Be	0.005	6.56
W	0.103	135
Bi	0.008	9.97
As	0.13×10^{-2}	3.41
Cd	0.2×10^{-3}	0.525
Hg	0.4×10^{-4}	0.052
Plastic	39.7	5.20×10^4

註：先行文献^{14, 15)}のデータより作成

れていないために、後述する本研究のアンケート調査によると、47.1%の使用済携帯電話が使用されないまま退蔵されており、この退蔵携帯電話に含まれる貴金属とレアメタルがユ

表 4.3.1 アンケート調査の概要

時間	2011. 2. 20-2011. 3. 15
調査方法	訪問面接方式とウェブアンケート方式
実施地点	訪問面接方式：天津 内モンゴル 山西 広西
	ウェブアンケート方式：全国範囲
回収数	訪問面接：600部 ウェブ：435部

表 4.3.2 調査対象地域の所得水準による分類

一人あたりのGDP(元)	分類
40,000元より以上	北京、上海、天津、浙江省、江蘇省
30,000元以上40,000元以内	広東省、内モンゴル、山東省、遼寧省、福建省
20,000元以上30,000元以内	河北省、湖北省、黒龍江、河南省、陝西省、吉林省、山西省、重慶市
20,000元以内	湖南省、四川省、安徽省、広西省、寧夏省、海南省、新疆、青海省、江西省、チベット、雲南省、貴州省、甘肅省

ーザーの手元に眠っていることがわかった。また、携帯電話リサイクルの技術的あるいは経済的制約から、日本においても資源として回収されている貴金属・レアメタルは銅、金、銀、パラジウムの4種類であり、それ以外はセメント原料等としてリサイクルされているのが現状である¹⁶⁾。そのために、退蔵されている携帯電話の回収と、リサイクル技術の開発・普及が今後の課題といえる。この問題は中国に限らず、日本においても同様の課題を抱えているのが現状である。

以上のように、使用済携帯電話の膨大な発生に伴い、有用な資源の廃棄や有害物質の排出が予想されるため、資源有効利用と環境保全の両面から、使用済携帯電話の回収・リサイクル体制整備の必要性が明らかになった。次章では、使用済携帯電話の回収・リサイク

表 4.3.3 回答者の属性

性 別	人	割合 (%)
男 性	558	53.9%
女 性	477	46.1%
年 齢		
10才～20才	153	14.8%
21才～30才	426	41.2%
31才～40才	291	28.1%
41才以上	165	15.9%
所得/月		
0～1,000	345	33.3%
1,000～2,000	228	22.0%
2,001～3,000	198	19.1%
3,001～5,000	189	18.3%
5,001～8,000	54	5.2%
8,001以上	21	2.0%
教育レベル		
高校以下	193	18.6%
大 学	572	55.3%
大学院以上	270	26.1%

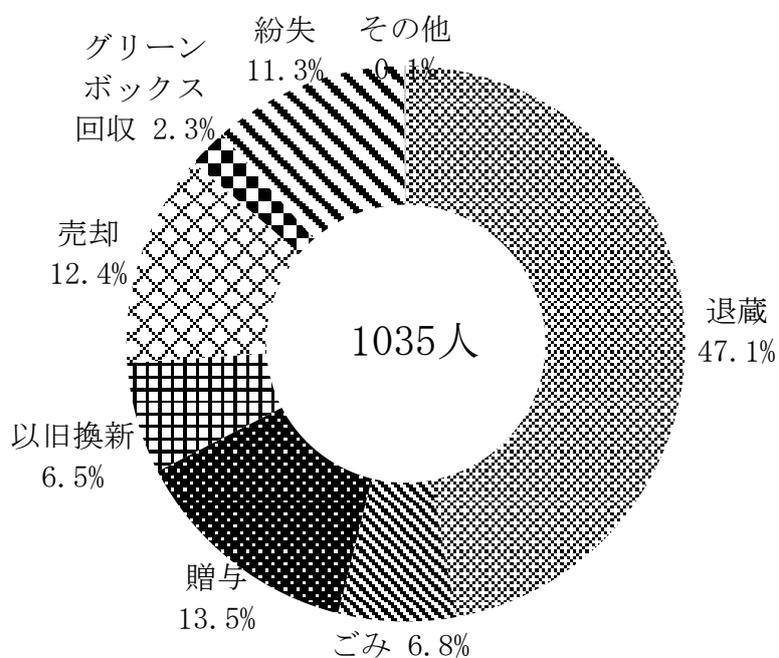


図 4.3.1 使用済携帯電話の行き先

ルを実効的に行うための課題を把握するために、まずは現地のアンケート調査に基づき、

使用済携帯電話のフロー分析を行う。

4.3 中国における使用済携帯電話のフロー分析

4.3.1 アンケート調査の概要

携帯電話の使用済後のフローを明らかにするために、中国のユーザーに対してアンケート調査を行った。その実施概要を表 4.3.1 に示す。調査対象地域を、2010 年の一人あたりの GDP⁹⁾によって 4 グループに分類したものを表 4.3.2 に示す。ここからグループごとに 1 つの代表とする省市として、上から天津市、内モンゴル自治区、山西省、広西省を抽出し、訪問面接方式のアンケート調査を実施した。他の省市に対しては、ウェブアンケート調査を、2011 年 2 月 20 日から 2011 年 3 月 15 日の間に実施した。ここでウェブアンケート調査とは、インターネット経由の調査実施方法を指す。回答者の属性を、表 4.3.3 に示す。主な調査項目は、1)携帯電話の買替理由、2)使用済み後の処理方法、3)退蔵する理由、4)携帯電話リサイクル促進のために必要と思われること、5)今まで使用した携帯電話の平均使用年数である。その他に、中国におけるフォーマルのリサイクルルートと言われる「グリーンボックス回収計画」の認知度、携帯電話に貴金属や有害金属が含まれることを知っているかどうか、また、回収の責任がどのセクターにあるかなどを消費者に問うた。本稿では、これらのうち使用後のフローに関連する項目のみを用いる。

4.3.2 使用済携帯電話のフロー

今回の調査から得られた使用済携帯電話の行き先（処理方法）では、使わずに手元に置く、いわゆる退蔵の割合が最も多く、図 4.3.1 に示すように 47.1%であった。2 章の使用済発生量予測結果に乗じると、2011 年に約 4.7 億台が退蔵されることがわかる。このように、使用済携帯電話の退蔵問題が、携帯電話リサイクルの促進にとって大きな障壁であることがわかる。「グリーンボックス回収計画」で回収される割合と量は、それぞれ 2.3%、2,300 万台にとどまっていることも明らかになったが、その原因は法律の整備不足¹⁷⁾ やユーザーへのインセンティブ不足にあると考えられる¹⁸⁾。中国では、2009 年 6 月に使用済電気・電子製品に対し以旧換新政策が公表され、9 つのモデル省市において、テレビ・冷蔵庫・洗濯機・エアコン・パソコンの 5 品目を対象として、使用済製品の引き取りを条件に新製品の購入価格を 10%割り引く政策が導入された。この政策は消費刺激策であると同時に、廃旧電気・電子機器製品のフォーマルな回収・リサイクルシステムを構築することも狙ったも

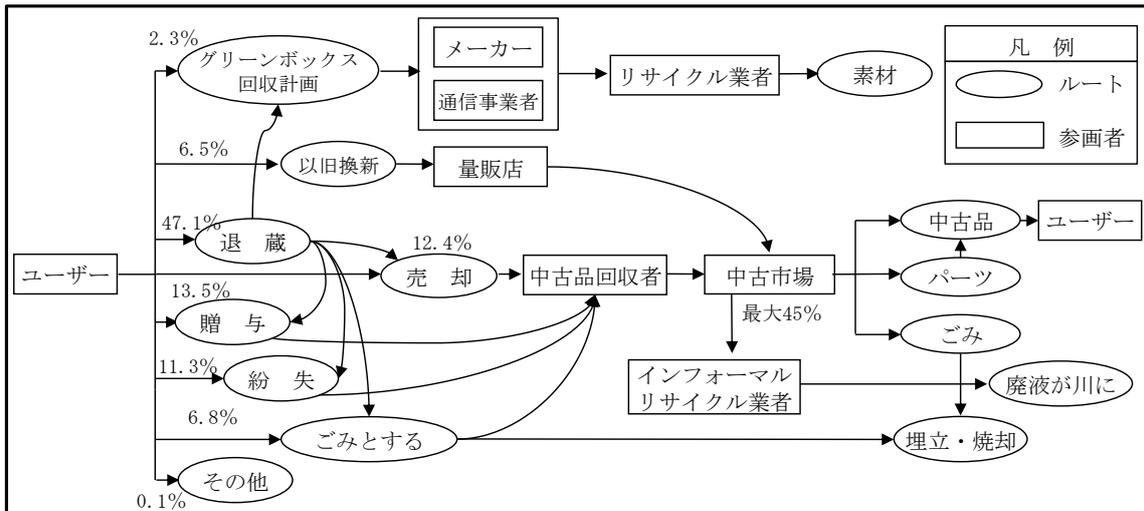


図 4.3.2 中国における使用済携帯電話のフロー及び関係するアクター

のである。この政策が 2010 年 6 月に改定され、対象地域がほぼ全国に拡大されたが、使用済携帯電話は以旧換新政策の対象外となっていた。また、メーカーや販売店が連携し、新品販売促進の目的で使用済携帯電話を新品購入の際の費用の一部として使えるインセンティブ、つまり使用済携帯電話の下取りキャンペーンを行い、新品の販売促進や使用済製品の回収を実施した。しかし、販売店が利益を得るために、回収された端末は中古品取引業者に販売され、中古市場に流れたために、フォーマルのリサイクルルートへの回収にはつながらなかった¹⁹⁾。売却、贈与、紛失の 3 つのルートに入った使用済携帯電話の多くも、中古品として使用し続けられる。さらに、使用済携帯電話の 6.8% が廃棄物として捨てられているが、このうちの一部も廃品回収人によって回収され、中古市場に売却されていると思われる。以上をまとめると、最大 45% の使用済携帯電話が中古品として中古市場に入っていると推計でき、中古市場が使用済携帯電話の循環利用にかなり貢献していることが明らかとなった。

以上の分析と文献調査で得た情報をもとに、中国における携帯電話の使用済後のフローを、図 4.3.2 にまとめる。図 4.3.2 を見ると、各ルートとセクターが入り組んでおり、使用済み端末の処理状況が複雑化していることがわかる。また、中古市場に半分弱の量が流れるが、その多くがインフォーマルなリサイクルルートに流れていることもわかった。

4.4 使用済携帯電話リサイクルに関する制度・参画者分析

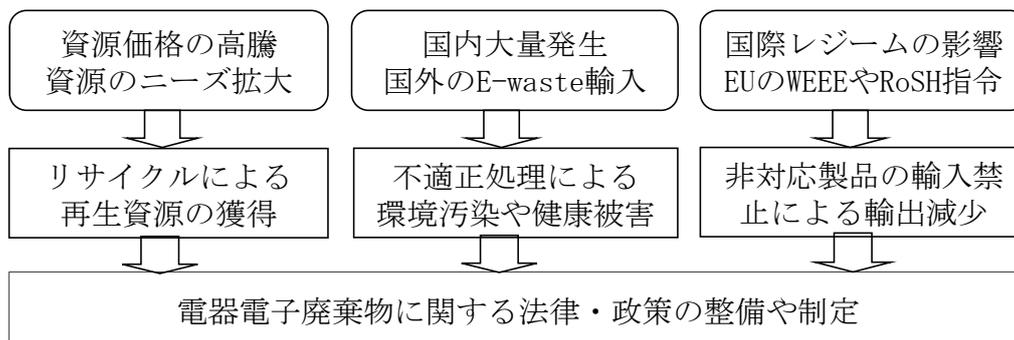


図9 電子廃棄物に関する法律の整備背景

表 4.4.1 電気・電子廃棄物に関する法政策

法制度・政策	施行日
固体廃物汚染環境防治法	1996.04.01
清潔生産促進法	2003.01.01
関与加強廃棄電子電器設備環境管理公告	2003.08.26
固体廃物汚染環境防治法（改正）	2005.04.01
廃棄家用家電与電子產品汚染防治技術政策	2006.08.14
電子信息產品汚染控制管理弁法	2007.03.01
再生資源回収管理弁法	2007.05.01
電子廢物汚染環境防治管理弁法	2008.02.01
家用和類似用途電氣的安全使用年限和再生利用通則	2008.05.01
循環經濟促進法	2009.01.01
家電以旧換新施行弁法	2009.06.28
廢電器電子產品处理汚染控制技術規範	2010.04.01
廢棄電器電子產品处理發展規?編制指南	2010.11.15
廢棄電器電子產品处理企業補貼審核指南	2010.11.16
廢棄電器電子產品回收处理管理條例	2011.01.01
廢棄電器電子產品处理資格許可管理弁法	2011.01.01
廢棄電器電子產品处理基金徵收使用管理弁法	2012.07.01
旧電器電子產品經營管理弁法	草案

4.4.1 携帯電話リサイクルに関する制度

現在（2012年7月末時点）では、中国における携帯電話に対するリサイクル法は制定されていない。図4.4.1に示すように、中国では、発生量の多さ、再生資源が獲得可能性、不適正処理による環境汚染や健康被害の誘引可能性、さらに国際法の影響という総合的な背景の下で、電気・電子廃棄物に対する法律が整備されてきた。一方、携帯電話リサイクルに対しては、国際法からの影響が少なく、また中国国内で携帯電話の退蔵問題や中古利用によって使用済携帯電話発生量が少なく、さらに、中国国内に豊富な希金属資源が賦存す

るために、携帯電話中の資源の貴重性が小さく評価されてきた。このような理由から、携帯電話リサイクルに関する法整備が遅れていると考えられる。また、表 4.4.1 に示す法律からみると、中国における電気・電子廃棄物に関する法整備が、当初の廃棄物全般に対する総合的な法律から個別製品に対する個別リサイクル法へ、さらに製品ライフサイクルの一段階に対する法律から製品の設計からリユース・リサイクルまで全ライフサイクルを網羅する法整備へと変遷してきたといえる。この傾向は今後も続くと思われる。循環経済促進法に基づき、家電、自動車、さらに携帯電話などの小型電子廃棄物に対応する個別リサイクル法の整備が進められると見られている。

携帯電話リサイクル法は制定されていないが、使用済携帯電話処理に関わる各参画者（いわゆるステークホルダー）は、現在の電気・電子廃棄物に関する諸制度の下で使用済携帯電話のリサイクルやリユース等を実施している。次節からは、退蔵に関わる消費者や、リユースに関わる中古市場、リサイクルに関わるメーカー、キャリア、販売店に重点を置き、各参画者と枠組み条件との関係を考察することで、制度・参画者分析を行う。

4.4.2 消費者の廃棄行動と退蔵問題

電気・電子廃棄物に関しては法体系が形成されつつあるが、この法体系には、使用済電気・電子製品の主な排出源である消費者に対する義務や責任に関する規定がほとんど整備されていないことがよく指摘される。携帯電話についても、消費者が使用済携帯電話を手放す際に規制される法律がなく、消費者自身の意思によって行動しているため、図 4.3.2 に示すように携帯電話の使用済後のフローが複雑となっている。3章で述べたアンケート調査から、回収率低迷の要因として、回収システムやモニタリング体制の未整備、法政策の不足にあると考えている回答者の割合が約 65%に達していることがわかった（図 4.2.2）。また、同じアンケート調査で、退蔵となる原因として「回収場所がわからない」と「回収価格（買取価格）が低い」と回答する回答者が約 74%いることから、使用済携帯電話リサイクルに関与するメーカーや販売店に対する法律上のプレッシャーが少ないため、それらのアクターが消費者への啓発やフォーマルの回収システムの宣伝・周知などと、携帯電話リサイクルに協力するアクターである消費者に対する働きかけが不足しているといえる。そのため、携帯電話リサイクルに対する法律や政策等を整備しつつ、政府をはじめとする各アクターが消費者に対し、使用済携帯電話の資源性や不正処理の有害性を含む回収リサイクルの啓発を行うとともに、消費者の環境意識を醸成させることが必要である。また、消費者は使用済携帯電話が経済的価値を有するものだと考えていることから、

リサイクルの方向に誘導するための経済的インセンティブを消費者に与えることも重要であると考えられる²⁰⁾。

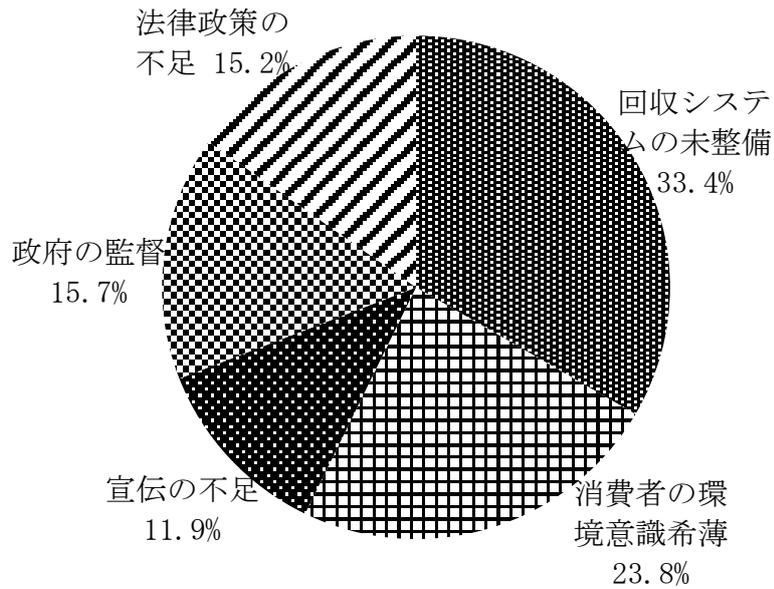


図 4.4.2 使用済携帯電話の回収率低迷の要因

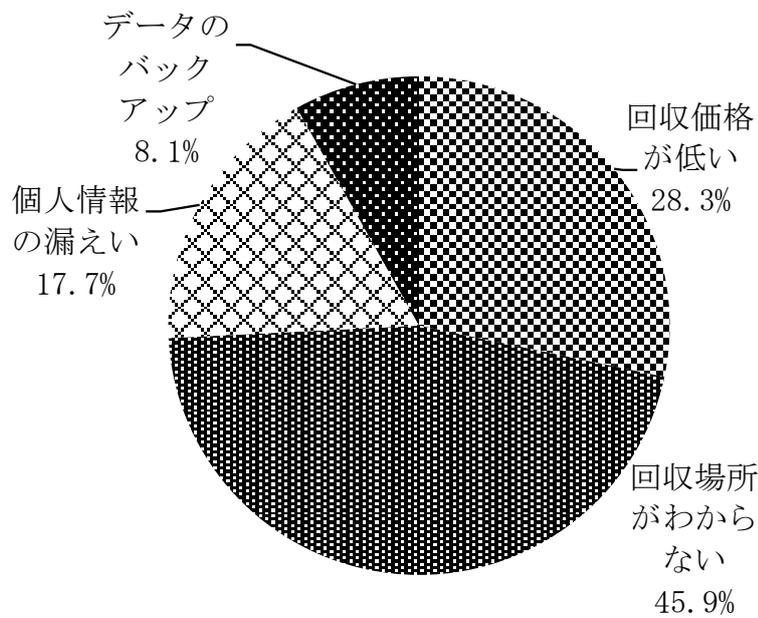


図 4.4.3 使用済携帯電話の退蔵の原因

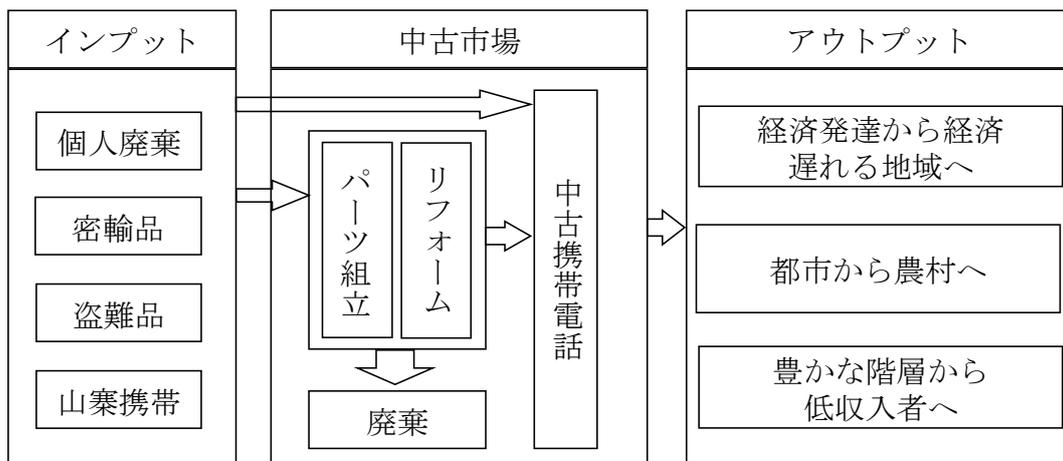


図 4.4.4 中古市場をめぐる概況

4.4.3 中古市場と携帯電話のリユース

2009年1月1日に施行された中国循環経済促進法において、生産・流通・消費等のプロセスで減量化・再利用・資源化活動を行うことが循環経済と定義された。そこで再利用を使用済製品の中古使用と説明しており、中品使用は製品寿命を延長させ、環境にやさしいという面もある。図 4.4.4 に示したように、中国における地域間の経済格差、都市・農村間や住民間の所得格差によって、中国では中古携帯電話に対するニーズが非常に大きい。このような背景の下で、中国の中古携帯市場が徐々に盛んになってきた。中古市場を通じて、使用済携帯電話は経済水準の高い地域から低い地域へ、都市から農村へ、また、高所得者層から低所得者層へ流れている。リユースにより、携帯電話の使用年数を延長させ、製品製造に投入される自然資源の使用量を抑制できる他、中古消費者のニーズも満たされ、この意味では中古市場の発展は悪いことではない。しかし、現在携帯電話の中古市場には、盗難品や密輸品、さらにブランド品の模倣品が氾濫しており、中古携帯の品質が保証できていない等の問題を抱え、中古市場が混乱した状態にある²¹⁾。また、最終的にインフォーマルなリサイクル業者にわたり、不適正処理が行われることによる健康被害も懸念される。このような現状から政府が中古市場を規制するために、2011年から旧電器電子産品経営管理弁法という法律の検討に入っている。さらに、国民の所得向上や携帯電話の新品価格の下落によって中古携帯市場の規模が縮小しつつあり、図 12 に示すインプットとアウトプットの量が減っていくと考えられる。

4.4.4 メーカー、キャリア、販売店と EPR

OECD（経済協力開発機構）が提唱した拡大生産者責任（EPR）に基づいて、中国に進

出したグローバル展開する大手携帯メーカーが携帯電話回収リサイクルを自主的に始め、2002年から2004年かけてノキア、モトローラ等が、自社のメンテナンスセンター・サービスセンター等に回収ボックスを設置し、回収活動を行っていた。その後、2005年末にキャリアである中国移動が、モトローラ、ノキア、一部の国内メーカーと提携し、携帯電話やその部品を回収する「グリーンボックス回収計画」を開始した。しかし、法律からの監修に対する強制力がないため、各アクターが重視しておらず、回収拠点不足や経済的インセンティブの欠如等の要因もあり、僅かの回収量にとどまっている。また前述したように、家電販売店やメーカーが、新品販売の促進を目的に携帯電話の以旧换新キャンペーンを行い、結果的に消費者からの使用済携帯電話を回収できたが、販売店が利益を得るため、回収した携帯を中古市場に売却するためにリサイクルにまわらず、また、このキャンペーンが短期間に限定されるため、リサイクルには効果的とはいえない。2011年に中国の家電リサイクル法が施行されたが、同法には、電気・電子機器メーカーや輸入業者の回収処理責任、販売業者の回収・宣伝責任を明確に記載されている。その一環として、廃棄電器電子産品処理基金徴収使用管理弁法が2012年7月1日から本格的に施行された。これは、電気・電子機器回収処理基金を設置し、メーカーや輸入業者から資金を集め、処理企業に対して補助するという仕組みである。同法の施行やEPRの推進によって、関係する各アクターが今後どのような行動をとるかに注目していく必要がある。

4.5 本章のまとめ

本研究では、中国における使用済携帯電話の発生量と貴金属などの資源の可能な回収量を求めることで、使用済携帯電話の回収・リサイクル体制整備の必要性を明らかにした。また、現地におけるアンケート調査や文献調査によって、使用済携帯電話のフローを作成し、このフローに関わる制度と参画者の関係を明らかにすることに重点を置き、制度・参画者分析を行った。これにより、現在の中国における使用済携帯電話の回収・リサイクルに存在する問題を整理したうえで、解決策や今後の見通しを考察した。

今後の課題としては、回収者、リサイクル業者等の参画者に対するヒアリング調査を実施することでより詳細な実態分析を行うこと、使用済携帯電話の退蔵後のフローを把握することに加えて、新たな法律の施行による各アクターの行動変化に注目したい。ワイブル関数のパラメータについても、より精緻に検討する必要がある。また、図8のアクター、特にインフォーマルセクターについて、さらに深い考察を加えることも今後の課題である。

註：アンケート調査

消费者对废弃手机回收的行为调查

据工业与信息部统计，截止 2009 年底，我国手机用户已达到 74738.4 万户，手机产量为 61925.0 万部，销售量为 15700 万部，产销量都有较大幅度的增长，同时手机更新换代速度快，消费者对手机功能的不断追求，我国消费者更新手机的平均周期短，导致我国手机废弃量逐年增加。据预测，仅 2008 年一年，我国消费者手机报废量就为 7700 万部。废弃手机中含有有毒有害物质和可回收利用物质，但是目前在我国的回收率极低，仅为 1%。为了探索废弃手机不能有效回收的原因，我们设计了此调查问卷。感谢大家的参与与支持！

您的性别_____ 年龄_____

您所从事的职业_____ 行业领域_____

您所居住的城区_____ 您的月收入_____

您的学历_____

PRAT 1 手机废弃及回收现状调查

1-1、您通常更换手机的原因是？[多选题]

A.手机样式陈旧 B.手机功能陈旧 C.手机损坏 D.其他

1-2、您使用手机的平均使用年限是几年？[单选题]

A.1 年 B.2 年 C.3 年 D.4 年 E.5 年 F.5 年以上

1-3、通常您手机不使用后的处理方式是？[多选题]

- A.闲置家中
- B.赠与亲友或者捐赠；
- C.作为垃圾扔掉；
- D.出售给小商小贩或者二手市场；
- E.通过中国移动营业厅中的“绿箱子”免费回收；
- F.通过销售商以“以旧换新”等活动回收；

1-4、您没有将废弃手机送去回收的理由是？[多选题]

- A.回收价格低，不如赠予亲友或出售；
- B.不知道将手机送去哪里回收；

- C.可用于数据及信息的备份；
- D.担心手机中存储的个人信息泄露；
- E.其他(请注明)_____

1-5、目前我国废弃手机的回收率仅有 1%，您认为手机回收率低的原因是？[多选题]

- A.政府监管不够
- B.法制不健全
- C.没有健全的回收体系
- D.环保意识不强
- E.其他（请注明）_____

1-6、您希望如何回收废弃手机？（可多选）[多选题]

- A.政府设立回收点统一回收
- B.由特定的组织上门回收
- C.在中国移动等通信运营商统一回收
- D.在产品的销售中心统一回收
- E.通过售后服务中心或维修商回收
- F.其他（请注明）_____

PRAT 2 公众对废弃手机回收相关知识的了解程度

2-1、您是否知道 2005 年由摩托罗拉和诺基亚联合中国移动发起的“绿箱子环保计划”？（中国移动通信自办营业厅和摩托罗拉、诺基亚的销售中心和维修服务中心设立了专用于回收废弃手机及配件的“绿箱子”。）[单选题]

- A.完全不知道
- B.知道很少
- C.一般
- D.比较了解
- E.了解

2-2、您是否知道废弃手机中含有铅、汞、砷等多种有毒有害物质？[单选题]

- A.完全不知道
- B.知道很少
- C.一般
- D.比较了解
- E.了解

2-3、您是否知道废弃手机中含有金、银、钯等（其含量远高于矿石含量）可回收再利用的贵金属？[单选题]

- A.完全不知道
- B.知道很少
- C.一般
- D.比较了解
- E.了解

2-4、您是否知道我国有关电子废弃物管理的法律法规中规定的“生产者责任延伸”？[单选题]

- A.完全不知道
- B.知道很少
- C.一般
- D.比较了解
- E.了解

2-5、“生产者责任延伸”就是生产者的责任延伸到产品的整个生命周期，特别是产品消费后的

回收处理和再生阶段。您对此的理解是？[单选题]

- A.完全不知道 B.知道很少 C.一般 D. 比较了解 E. 了解

PRAT 3 公众对废弃手机回收的支付意愿

3-1、 您认为废弃手机回收的费用应由哪些部门承担？[单选题]

- A.政府 B.生产商 C.销售商 D. 通信运营商 E. 消费者 F.共同承担

3-2、对“消费者作为产品和服务的最终受益者，应支付一部分回收费用”的观点，您的看法是？
[单选题]

- A.不同意消费者支付回收费用
B.同意支付，支付方式：购买时支付押金，回收时退还，从中扣除回收费用
C.同意支付，支付方式：将费用加到购买价格中
D.同意支付，支付方式：回收时交给回收者
E.其他（请注明）_____

3-3、如果消费者必须支付废弃手机回收费用的一部分，您能接受支付回收费用的[单选题]

- A.0-5% B.6-10% C.11-15% D.16-20% E.21-25% F.26%以上

参考文献

- 1) 中国工業・情報産業部：電子情報産業統計公報
http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n11294132/n12858462/index_12.html
閲覧日 2012年7月12日
- 2) 中国工業・情報産業部：通信事業発展趨勢良好
http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n11294132/n12858447/index_9.html
閲覧日 2012年7月12日
- 3) 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（PRTR法）
- 4) 吉田 文和：循環型社会のレジーム・アクター分析，経済学研究 53・3，北海道大学，2003
- 5) 寺園 淳・村上 進亮・吉田 綾・村上(鈴木) 理映：アジア地域における廃電気電子機器と廃プラスチックの資源循環システム解析，平成 18 年度廃棄物処理等科学研究報告書，平成 19 年 3 月
- 6) 羅 志華：我国電子廃棄物現状研究：江蘇環境科技，Vol.19 supp.2, .pp1041-107, Dec.2006
（中国語）
- 7) 劉 小麗：中国主要電子廃棄物産出量推算，中国人口・資源・環境，Vol.15, No.5, pp.113-117, 2005 （中国語）
- 8) 田崎 智宏・小口 正弘・亀屋 隆志：使用済耐久消費財の発生台数の予測方法，Vol.12, No.2, pp.49-58, 2001
- 9) 中華人民共和国国家統計局：中国統計年鑑 2011，中国統計出版社，2011 年 9 月第 1 版
- 10) UNFPA ホームページ：Total Population, 1950-2050 World Urbanization Prospects, the 2011 Revision
<http://esa.un.org/unpd/wup/CD-ROM/Urban-Rural-Population.htm> （閲覧日 2012.2.8）
- 11) 田崎 智宏：家電リサイクル法の実態効力の評価 国立環境研究所研究報告書，第 191 号，2006
- 12) 小口 正弘・亀屋 隆志・田崎 智宏・玉井 伸明・谷川 昇：電気・電子製品 23 品目の使用年数分布と使用済台数の推計，廃棄物学会論文誌，Vol17, No1, pp50-60, 2006
- 13) 中野 加都子・中島 謙一：使用済み携帯電話からの貴金属・レアメタルの再資源化に関する研究，環境管理，Vol.42, No.11, 2006
- 14) B.Y.Wu, Y.C.Chan: Assessment of toxicity potential of metallic elements in discarded electronics: A case study of mobile phone in China, Journal of Environmental Sciences, 20, pp.1403-1408, 2008

- 15)MPPI: Guideline on Material Recovery and Recycling of End-of-life Mobile Phones,
March 25, 2009
- 16)中野 加都子:急務! 使用済み携帯電話から貴金属・レアメタルの回収, 月刊廃棄物, 2009,
February, pp.36-39
- 17)李 正豪: 廃棄手機回収需要法律支援, 通信世界 2008, (3)
- 18)楽 寧: 緑箱子環境保護計画の啓示, 經濟管理, 第 4 期 2006 年 1 月 23 日 (中国語)
- 19)Jian Yang, Huansen Mu: Environmental Issues related to Mobile Communication in
China, Mobile Society Research Institute, February, 2007
- 20)常 静: 廃旧携帯電話回収利用及び資源化管理対策, 再生資源研究, 2006 年第 1 期,
pp.27-30
- 21)朱 培武, 蔣 建平: 廃棄電器電子産品処理, 統計科学与实践, 2010 年 2 期, pp.25-27

第5章 中国における家電買替促進政策による二酸化炭素排出量への影響分析

5.1 背景

2008年のリーマンショックの影響で、中国国内の家電需要が一時的に縮小した。また、中国の国家発展改革委員会によると、中国はE-Wasteが激増する段階に入っており、かつ廃旧家電製品に対する法整備が遅れたため（2011年家電リサイクル法と称される廃旧電子電器製品回収処理管理条例施行）、大量の廃家電がインフォーマルのルートに流れ、低レベルの処理により資源の浪費や環境汚染を引き起こしている実態があった¹⁾。そのため、国内の家電需要の活性化と雇用の安定化、省エネルギーとCO₂排出量の削減、資源の有効利用等を目的として²⁾、中国では2009年6月に家電の以旧換新政策が公表され、9つのモデル省市において、テレビ・冷蔵庫・洗濯機・エアコン・パソコンの5品目を対象として、使用済製品の引き取りを条件に新製品の購入価格を10%割り引く政策が導入された。この政策は消費刺激策であると同時に、フォーマルな廃旧電子電器製品の回収・リサイクルシステムを構築することも狙ったものである。この政策が2010年6月に改定され、対象地域がほぼ全国に拡大された。家電以旧換新情報システムの報道によると、2011年6月28日現在、家電以旧換新により廃旧家電は5,760万台回収され、家電新品が5,571.3万台販売されたようだ³⁾。家電以旧換新推广工作方案⁴⁾によると、政策の施行によって良好な経済と社会効果が得られたといわれている⁴⁾。2011年12月31日をもって、この政策は施行期限が来て終了された。

5.2 本章の推計方法

5.2.1 本章の目的

前述で紹介したように、中国における家電リサイクルに関する研究が数多く行っていた。しかし、中国の以旧換新政策を対象として、環境負荷にどのような影響を与えるのか、特にこの政策によるCO₂排出量への影響に関する定量的な研究はまだ見あたらない。そのため、本研究では中国での現地ヒアリング調査情報をもとに、まず、趨勢と比較した場合の家電以旧換新政策による家電買替サイクルが短くなることを明らかにし、その後、買替サイクルの短縮による廃棄量の変化量、つまり、買替量の促進効果を推計した。次に、比較的エネルギー消費が大きく、かつ推計データを取りやすいエアコンを対象に、エアコン使用時のCO₂排出量への影響分析を行った。

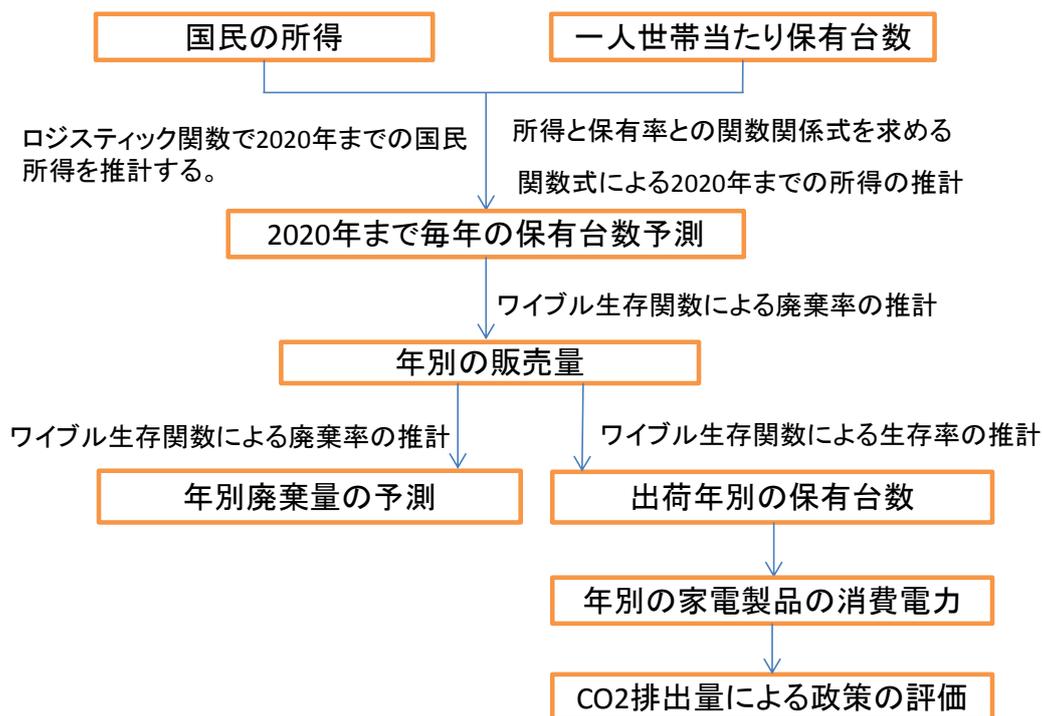


図5.2.1 推計フロー

5.2.2 推計方法

本研究の推計フローを図 5.2.1 に示す。まず、中国統計年鑑のデータをもとに、国民の実質所得⁹⁾をロジスティック関数で予測し、次に、国民所得と一人あたり保有台数⁹⁾との関係を回帰分析する。得られた関数式と予測した国民所得を用い、2020年までの一人あたり保有台数を予測する。次いで、国連人口基金（UNFPA）の人口予測データ¹⁰⁾を用い、2020年までの家電4品目の年別保有量の推計をする。その後、ワイブル関数で求めた家電廃棄率を用い、趨勢ケースと買替促進（以旧换新）ケースに分け、家電4品目の年別廃棄量を予測する。最後に、エアコンを対象とし、ワイブル関数で求めた残存率を用いてエアコン出荷年別の保有台数を求め、エアコンの年別平均消費電力¹¹⁾を用いて、趨勢ケースと買替促進ケースにおけるCO₂の排出量を推計することで政策の影響を分析する。

5.3 「家電以旧换新」政策の紹介

2009年6月、中国の財務部、商務部、工業・信息化部、環境保護部、発展改革委員会の5つの部門が連携し、家電以旧换新政策を9つのモデル省市で施行することが発表され、

表5.3.1 家電以旧換新政策の概要

	家電以旧換新政策
第一段階	9つのモデル省市 2009. 06. 01-2010. 05. 31
第二段階	全国に拡大する 2010. 06. 01-2011. 12. 31
対象製品	テレビ、エアコン、洗濯機、冷蔵庫、パソコン
補助方法	購入する新製品の価格から差し引く
数量限定	個人：5台まで 企業や団体：50台まで
補助額	新製品価格の10%
補助制限	補助額の上限：テレビ400元/台、冷蔵庫300元/台、洗濯機250元/台、エアコン350元/台、パソコン400元/台
運賃補助	距離やサイズによってテレビ30-50元、冷蔵庫40-60元、洗濯機40-60元、エアコン30-60元
リサイクル補助	テレビ15元/台、冷蔵庫20元/台、洗濯機5元/台、エアコン補助なし、パソコン15元/台

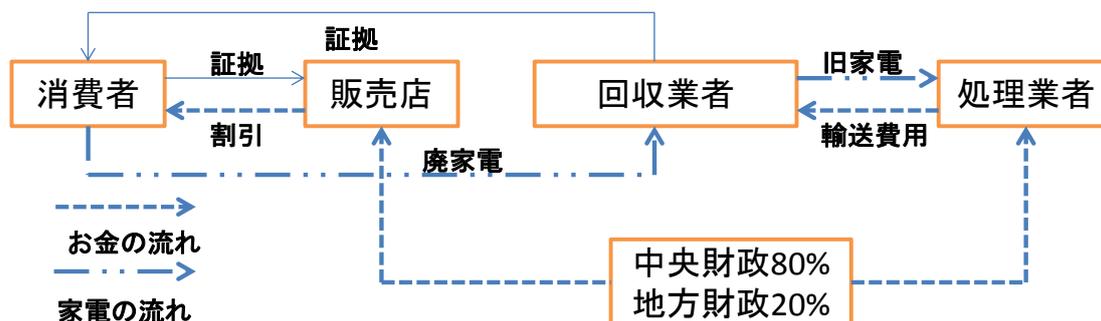


図 5.3.1 家電以旧換新政策のフロー

その後の1年間の施行によって、この政策は内需の拡大と家電産業の発展、そして、資源の節約と環境保護の面で良い成果を収めたと評価し、2010年6月に、この政策をほぼ全国に拡大させた⁴⁾。この政策の詳細を表5.3.1と図5.3.1に示す。

政府の家電以旧換新実施弁法によると、政府は以旧換新政策を通じて、家電を購入する消費者や、廃家電回収処理ライセンスを獲得している旧家電の回収業者や処理業者に補助金を出すというインセンティブを用意することで、家庭や事業所から廃棄された家電製品が、個人回収業者等のインフォーマルルートに流れるのを抑制し、一定レベルの処理技術を備えるフォーマル企業に回収され、リサイクルされるというしくみである。以旧換新政策の施行によって、中国における内需の拡大や省エネ家電への買替促進、環境保全、電子電器

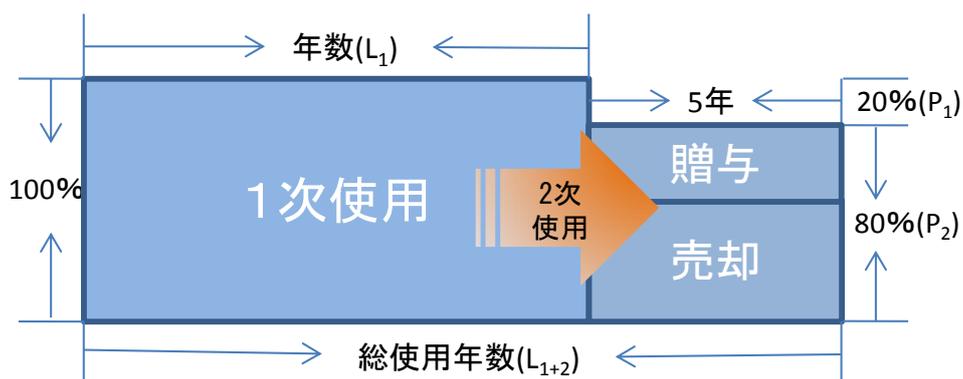


図5.4.1 以旧換新政策導入前の使用年数

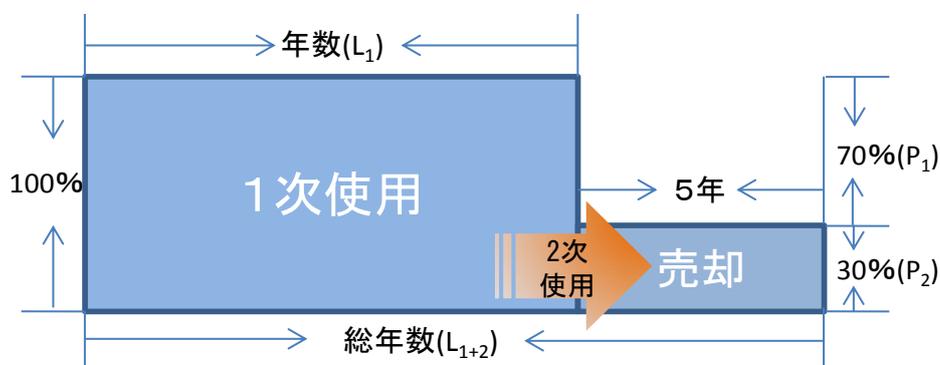


図5.4.2 以旧換新政策導入後の使用年数

表5.4.1 家電平均使用年数の推計結果

	政策後の平均使用年数	政策前の平均使用年数	2次使用を含む総使用年数	1次使用年数	リユースによる延長使用年数
テレビ	9.5	12	13	8	5
冷蔵庫	10.5	13	14	9	5
洗濯機	10.5	13	14	9	5
エアコン	11.5	14	15	10	5

廃棄物リサイクルシステム構築の推進など、様々な効果が得られたと考えられている¹²⁾

5.4 以旧換新政策による家電買替サイクルの変化及び買替促進量の将来推計

5.4.1 政策による買替サイクルの変化

家電以旧換新政策がインセンティブを消費者に与えることで家電買替サイクルを短縮させ、新型機種への買替を促進する。ここで、現地のヒアリング調査に基づき、政策による

平均買替サイクルの変化を明らかにした。家電4品目の平均使用年数については2012年3月に中国天津市で実施した中古市場への現地ヒアリング調査^{註1)}や、居民家用电器損壊処理弁法を参考に、テレビ・冷蔵庫・洗濯機・エアコンの1次使用年数がそれぞれ8、9、9、10年と設定した。また、青島市の家電主要5品目の廃棄状況調査¹³⁾によると、贈与30%、売却50%、合計約80%が2次使用、つまり中古品として利用される。2次使用年数は、天津市への現地ヒアリング調査^{註1)}で得た情報より5年とする。また、以旧換新政策が施行された後、以前と比較し、贈与部分がすべて廃棄されると仮定する。さらに、今回のヒアリング調査で以旧換新政策の影響で廃旧家電が中古市場に入る量が40%減少したことが判明したため、1次使用后、売却の割合が50%から30%に落ちると推計できる。これらの情報をもとに、加重平均により、趨勢ケースと買替促進ケースの2次使用を考慮した平均使用年数を求めた。2次使用までの平均使用年数の概念図を図5.4.1と5.4.2に、計算式を式(1)に示す。

$$y = L_1 \times P_1 + L_{(1+2)} \times P_2 \quad (1)$$

ここで、 y は平均使用年数、 L_1 は1次使用の使用年数、 P_1 は家電製品1次使用後に廃棄される割合、 $L_{(1+2)}$ は総使用年数、 P_2 は1次使用後の家電製品の2次使用の割合である。求めた平均使用年数の結果を、表-2に示す。この政策によって、家電4品目の買替サイクルが2.5年間短縮されることが分かった。

5.4.2 政策による買替促進量の将来推計

本研究では、政策による廃棄量の変化を求めることを通し、政策による買替促進量の将来推計を行った。家電廃棄量の予測には様々な推計方法があるが、この中で、単純時間遅れモデルや分布遅れモデルがよく使われている¹⁴⁾。現在、中国における家電廃棄量の予測には、単純時間モデル、つまり販売量から一定の使用年数を経て廃棄される仮定する方法がよく用いられている¹⁵⁾¹⁶⁾。しかし、販売量データの年変動が大きい場合に単純遅れモデルを用いると、販売量の敏感な変化が排出量にそのまま反映されるため、予測結果の現実性が乏しくなる可能性がある¹⁴⁾。そのために、本研究では、分布遅れモデルを用い、販売量をもとに使用年数の分布を考慮して廃棄されると仮定し、家電廃棄量の予測モデルを構築することで、2020年まで年別の家電廃棄量を推計した。田崎らの使用済み消費財の発生台数予測方法¹⁷⁾を参考に、使用年数の分布関数についてはワイブル分布関数を用いた。

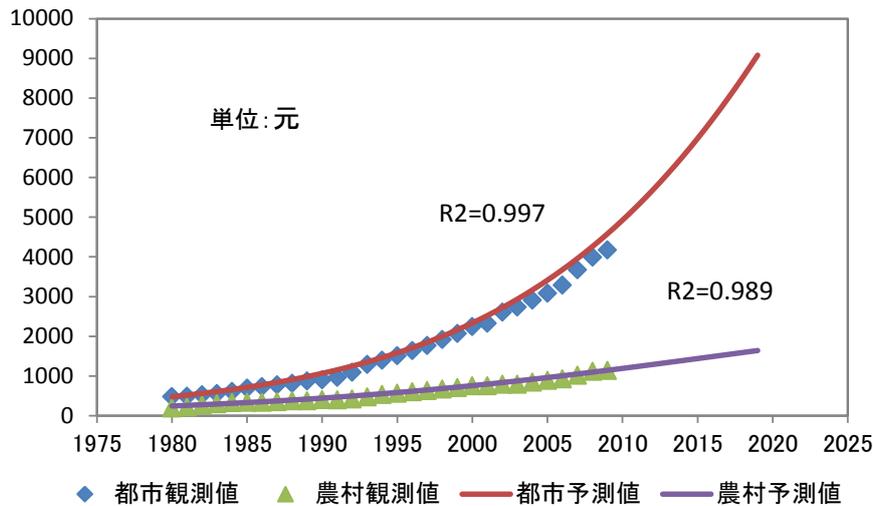


図5.4.3 国民所得の予測

表5.4.2 所得の予測関数のパラメータ値

関数式名	ロジスティック	
関数式	$y = K / (1 + a * \text{EXP}(-bx))$	
	都市部	農村部
決定係数	0.997	0.989
a	99.492	13.005
b	0.082	0.0664
K	40986.41	3046.899

家電 4 品目の廃棄量の予測のために、まず家電保有量の予測を行う。中国統計年鑑のデータを用い、1980年から2009年までの30年間の国民実質所得データ⁹⁾をもとに、ロジスティック回帰分析を用い、都市部・農村部を分けて2020年までの国民実質所得を予測した。その結果を図5.4.3と表5.4.2に示す。

次に、中国統計年鑑に公開されている家電製品の世帯保有量と世帯人員のデータから求めた一人あたり家電保有量と国民所得との関係を回帰分析し、対数関数とロジスティック関数の関係式が得られた。エアコンを例とする結果を、図5.4.4、図5.4.5と表5.4.2に示す。その後、求めた回帰式を用い、2020年までの各年の一人あたり家電保有量を推計した。

最後に、推計した一人あたりの保有量と国連人口基金の人口予測データ¹⁰⁾と掛け合わせることで、2020年までの年別家電保有量を予測した。その結果を図5.4.6に示す。

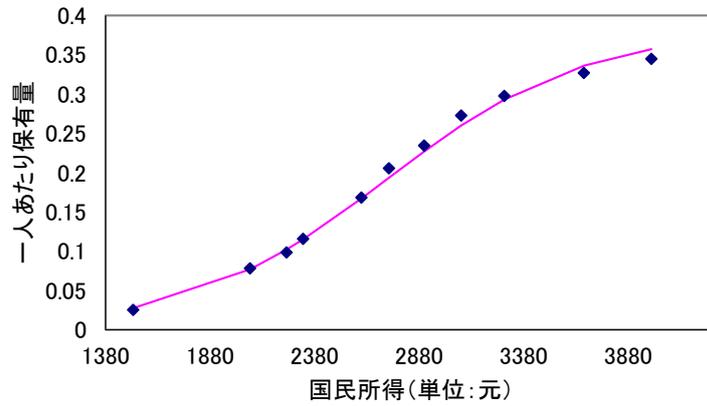


図5.4.4 都市部における所得とエアコンの保有率の回帰分析

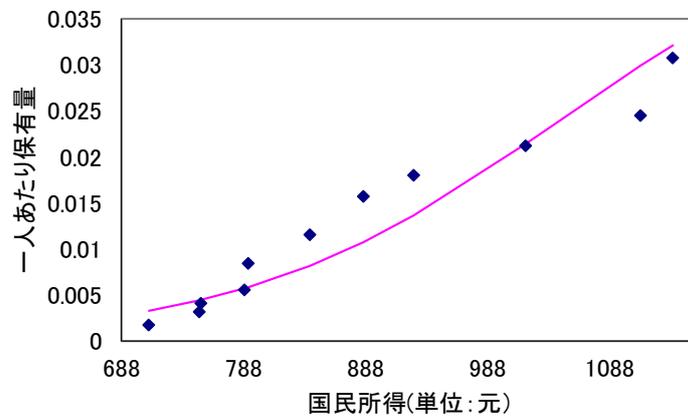


図5.4.5 農村部における所得とエアコンの保有率の回帰分析

表5.4.2 回帰分析の決定係数とパラメータ値

関数式名	ロジスティック	
関数式	$y = K / (1 + a * \text{EXP}(-bx))$	
	都市部	農村部
決定係数	0.996	0.915
a	313.904	3325.579
b	0.002	0.008
K	0.382	0.047

続いて、前述のように、本研究では分布遅れモデルを用いて、家電販売量と使用年数分布を考慮した家電廃棄率を用い、家電廃棄量の予測を行った。推計式は式(2)の通りである。

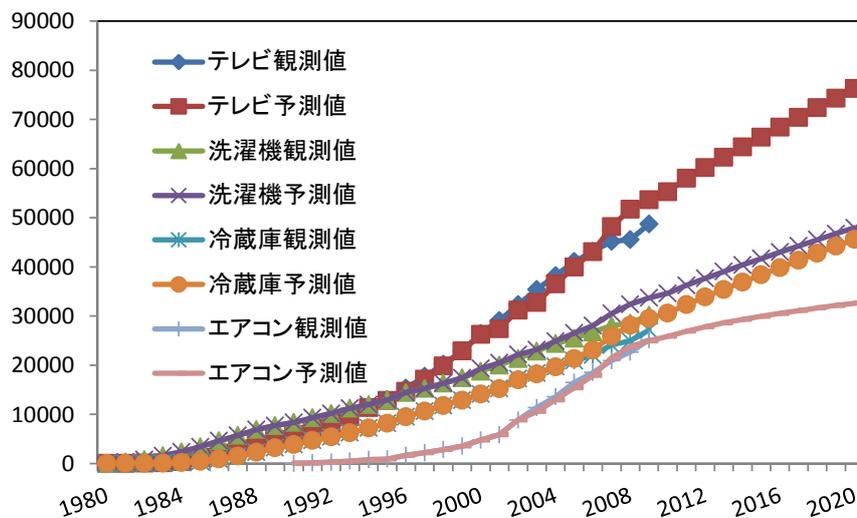


図5.4.6 家電4品目の保有量予測 (万台)

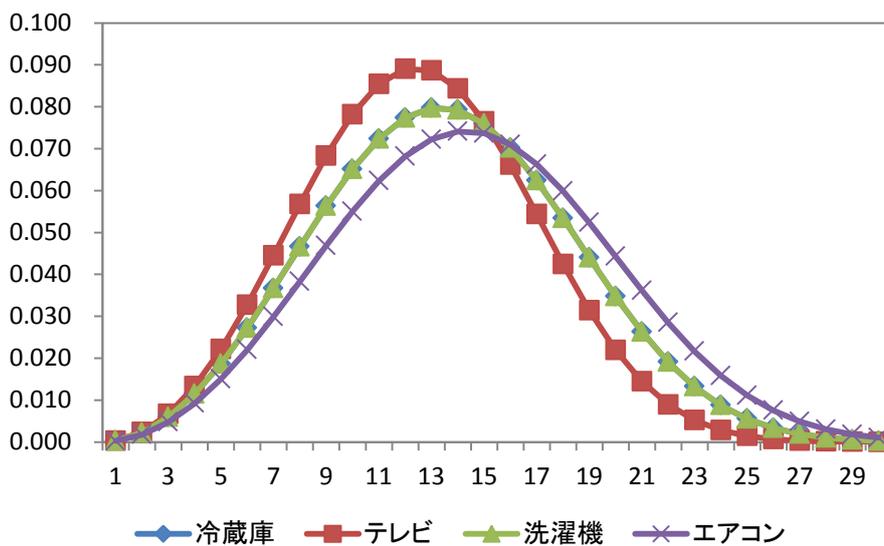


図5.4.7 出荷後の使用年数別廃棄率

$$W_n = \sum [S_t \times f(n-t)] \quad (2)$$

ここで w_n は n 年における家電廃棄量、 s_t は t 年における販売量、 $f(n-t)$ は t 年に販売された製品の n 年における廃棄率である。家電廃棄率を求める際には、ワイブル分布関数を用いた。ワイブル関数に必要な平均使用年数に(1)で推計した結果を用い、ワイブル関数の幅の

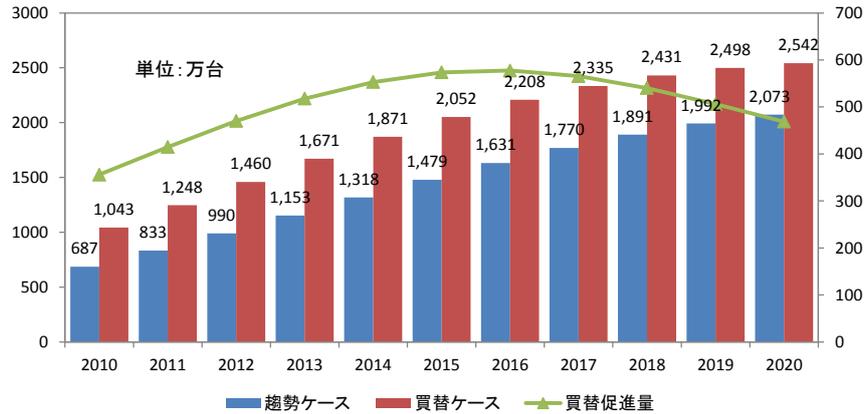


図5.4.8 政策によるエアコンの買替促進量 (万台)

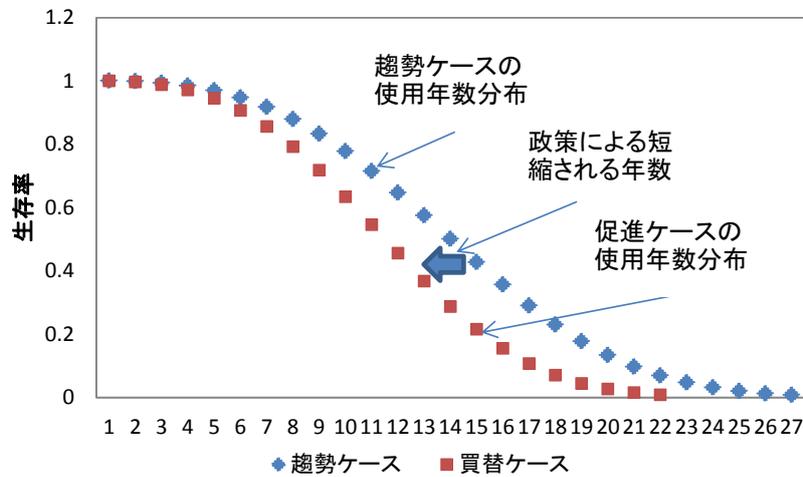


図5.4.9 ケース別の残存率の設定

狭さを示す形状パラメータ β の値に対し、田崎ら¹⁸⁾や小口らの研究¹⁹⁾において、国内使用年数分布が得られない場合でも、日本の 22 品目の電気・電子製品の平均ワイブル分布の形状パラメータ値である 2.4 を使用し、平均使用年数がわかれば、相応の精度で簡便に製品の使用済み台数を推計できることが明らかになっている。そこで、中国における国民所得が日本より低いことと、国内の所得格差が拡大しつつあることを考慮し、製品の廃棄率を表すワイブル曲線の傾向が日本の曲線よりきつくなる、つまり、ワイブル形状パラメータ β の値を日本の 2.4 より大きくなるように 3 に設定した。その後、以下の式を用い、出荷後の使用年数別の家電廃棄率を求めた。

$$R(i) = 1 - e^{-\alpha i^\beta} \quad (3)$$

$$f(i) = R(i) - R(i-1) \quad (4)$$

ここで、 $f(i)$ は使用年数 i 年の家電製品廃棄率、 $R(i)$ は使用 i 年後の累計廃棄率、 i は使用年数、 α 、 β は関数のパラメータである。趨勢ケースにおける使用年数別の廃棄率は、図 5.4.7 の通りである。

家電廃棄量の推計に必要な家電販売量に対し、現在、中国には公的な統計データが入手できないため、求める際にいくつかの仮定を置いた。詳細な説明は下記の通りである。

- a) エアコンに対し、1990 年より前の保有量は 0 とし、1990 年の保有量は全部この年の販売量と仮定する。
- b) 家電 4 品目に対し、購入最初年度の廃棄は 0 とし、次の年度から廃棄が発生し始まる。
- c) 年別の廃棄量が年別の買替量とイコールとする。

以上で、最初年度の販売量が仮定されるため、以下の式を用い、家電廃棄量が推計可能となる。

$$\Delta Q_n = Q_n - Q_{n-1} \quad (5)$$

$$S_n = \Delta Q_n + W_n \quad (6)$$

$$W_n = \sum [S_t \times f(n-t)] \quad (7)$$

ここで、 Q_n は n 年の家電保有量、 ΔQ_n は純増量、 S_n は n 年における販売量、 W_n は買替量（廃棄量）、 $f(n-t)$ は t 年に販売された製品の n 年における廃棄率である。

以上の式に基づき、政策による家電買替促進量を推計した。図 5.4.8 に示すグラフが、エアコンを例に推計した結果である。これによると、以旧換新政策によるインセンティブで製品の平均使用年数が短縮され、買替促進ケースにおける廃棄量が趨勢ケースに比べ、10 年間で約 5500 万台が多く廃棄されることが示せた。

5.5 エアコン使用時の CO2 排出量

2009 年における中国の電力消費量は 32,973 億 kWh に達し、この内、商業用のユニット式エアコン及び家庭用のルームエアコンの電力消費量の比率が高く、それぞれ電力消費量

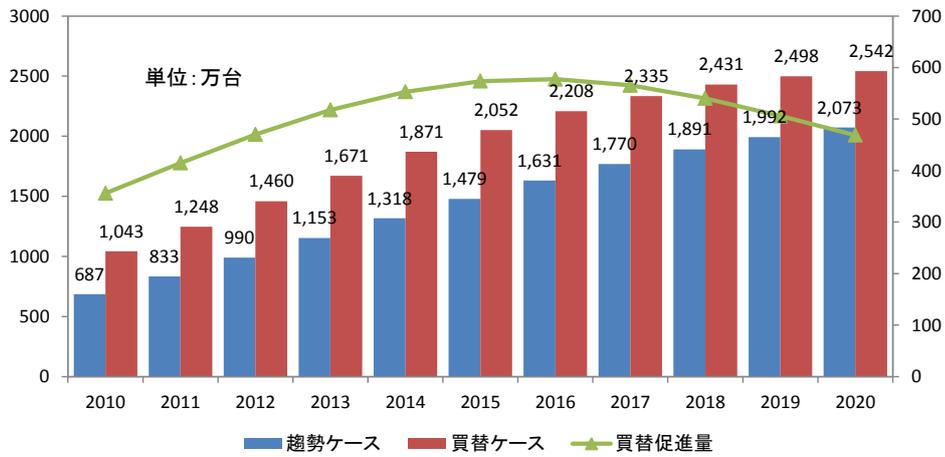


図-5.4.8 政策によるエアコンの買替促進量（万台）

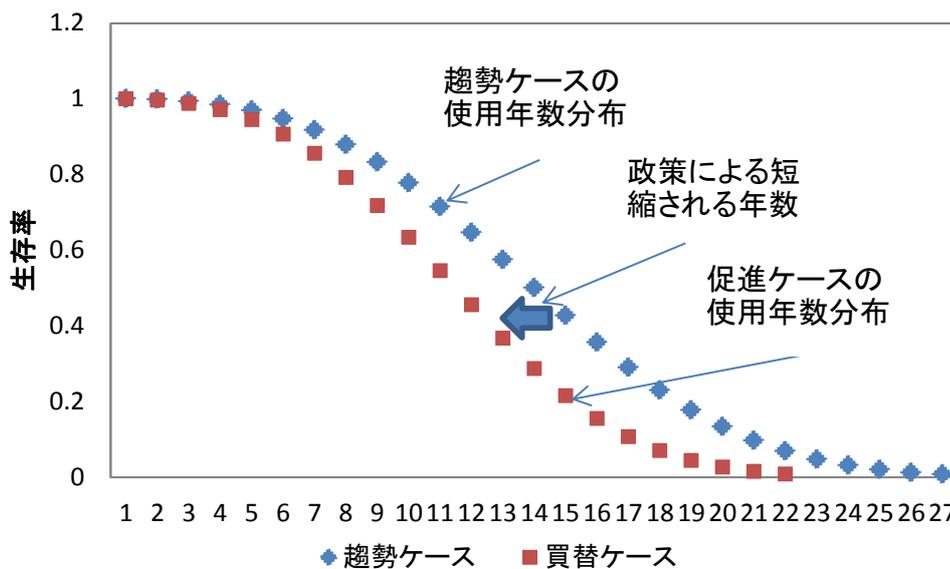


図-5.5.1 ケース別の残存率の設定

全体の 9.05%、5.45%を占める²⁰⁾。また、上海市におけるエアコンの電力消費量のアンケート調査²¹⁾によると、夏季では、エアコンが家庭の全電力消費量の 40% 占めるとの結果がある。そのため、本研究では、比較的能量消費が大きく、かつ推計データの取りやすいエアコンを対象に、出荷年別のエアコンの CO₂ 排出量を求めることで以旧換新政策の影響を分析した。

まず、趨勢ケースと買替促進ケースに対し、ワイブル生存関数による残存率を求めた。次に、上で述べたように、推計した年別販売量と出荷年別残存率と掛け合わせることで、

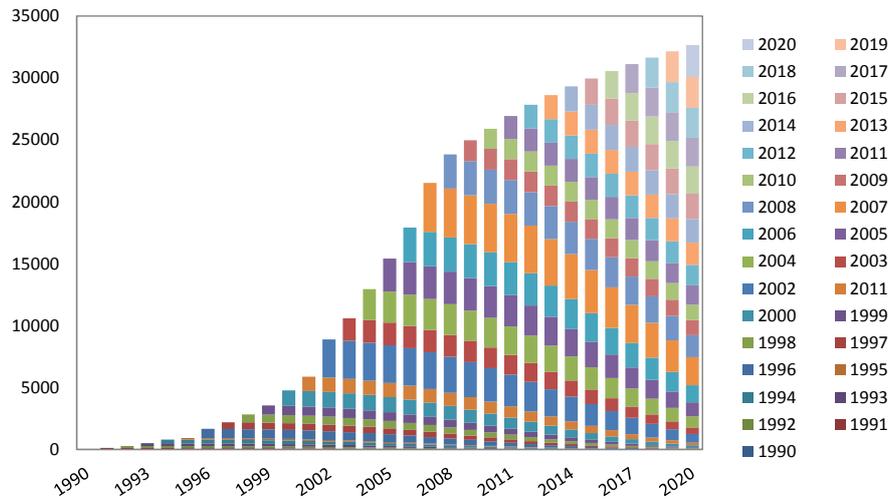


図-5.5.2 趨勢コースにおける出荷年別保有量(万台)

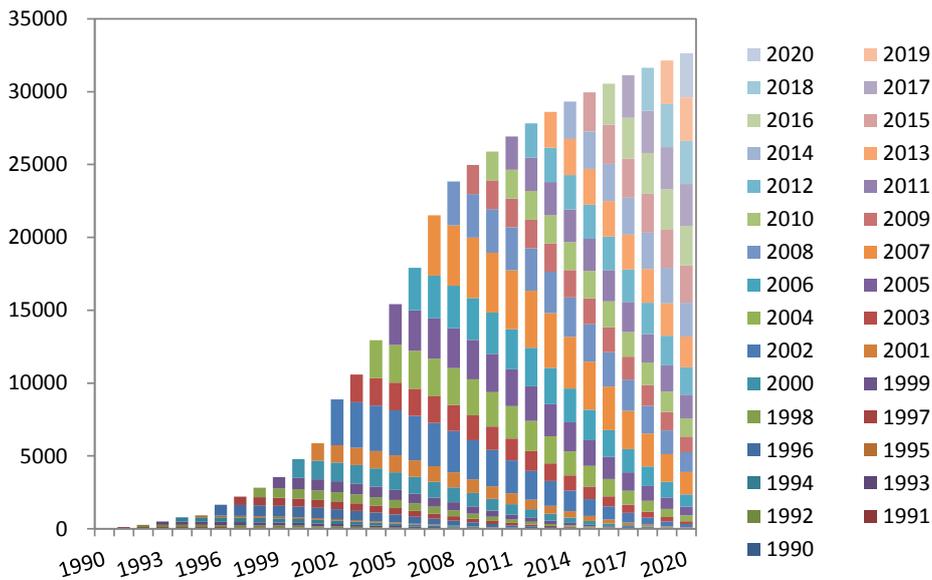


図-5.5.3 促進コースにおける出荷年別保有量(万台)

出荷年別保有量を推計した。結果は、図 5.5.1,5.5.2,5.5.3 に示す通りである。

現在、中国にはエアコンの年間消費電力に関する統計データは存在しないが、エアコンのエネルギー消費効率に関する国レベルの最低基準や効率等級があり、この指標がエアコンの効率（EER: Energy Efficiency Ratio）として表示されている。2000年、2004年、2010年のEER値²²⁾を、表5.5.1に示す。これによると、一般家庭に使用される冷房能力4500W以下の機種のエER最低基準が、2000年の2.20から2004年の2.60に上昇したことがわかる。ま

表5.5.1 年別のエアコン効率の最低限度値の変遷²²⁾

冷房能力(W)	2000年	2004年	2010年
CC<4500	2.20	2.60	3.20
4500<CC<7100		2.50	3.10
7100<CC<14000		2.40	3.00

表5.5.2 エアコンのエネルギー消費効率等級(2010)²²⁾

冷房能力(W)	効率レベル		
	1	2	3
CC<4500	3.60	3.40	3.20
4500<CC<7100	3.50	3.30	3.10
7100<CC<14000	3.40	3.20	3.00

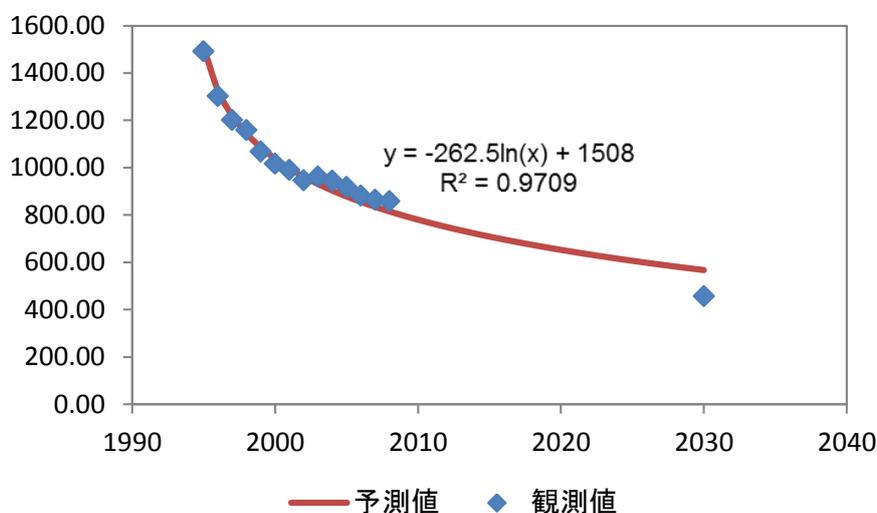


図-5.5.4 エアコンの年間消費電力(kWh/台)

た、ほぼ同時期である1998年～2004年の日本における冷房能力2800Wの家庭用エアコンのCOP最低値は、平均で2.6前後との報告²³⁾があり、この値は中国の基準とほぼ同レベルにあることと、表5.5.2に示す中国における2010年に公表されたEER基準²²⁾が、日本の2007冷凍年度のトップランナー基準値²⁴⁾とあまり差がないから、日本の年間電力消費が中国の年間電

力消費量の参考にできるとし、本研究では、日本冷凍空調工業会が公表しているエアコンの年間使用電力量¹⁾を用いることとする。また、将来については、中国の技術も先進国の技術水準に限りなく近づくと考え、日本のエネルギー総合研究所が発表している超長期エネルギービジョン2100に記載されているロードマップ²⁵⁾の2030年の省エネ目標値を用いて近似曲線を求めた。その結果を、図5.5.4に示す。電力のCO₂原単位については、中国の発展改革委員会が2011年10月に公表した発電量あたりのCO₂原単位²⁶⁾があり、表5.5.3に示すように、中国における6つの電力網別のCO₂の原単位が推計されている。本研究ではその平均値である0.9802を全国の電力CO₂原単位として用い、エアコン使用時の出荷年別CO₂排出量を求めた。なお、今回の電力のCO₂原単位の推計する際に、各ファクターの将来の変化が考慮されていない。本研究のCO₂排出量の推計結果は、図5.5.5に示すように、買替政策によりエアコンの平均使用年数が短くなり、新型の省エネ機種がより速く普及することで、使用時のCO₂排出量が10年間で約1億トン削減できるとの結果が得られた。

5.6 本章のまとめ

本研究では、中国における家電以旧換新政策による環境影響を分析するために趨勢ケースと買替促進ケースに分け、家電4品目の廃棄量の予測を行った。その結果、家電以旧換新政策の影響で家電製品の平均使用年数が短縮され、買替促進ケースの廃棄量が多くなることが明らかとなった。次に、エアコンを対象に、趨勢ケースと買替促進ケースについて出荷年別の保有量を推計し、年別のCO₂排出量を求めることで、省エネ型家電への買替によるCO₂排出量の削減効果を推計した。その結果、2020年まで、買替促進ケースは趨勢ケースに比べ、エアコン使用時のCO₂排出量が約1億トン削減されると推計された。LCAの観点からみると、この政策によってエアコンの製造段階、廃棄段階のCO₂排出量が増加する可能性があるが、エアコンのLCAに関する先行研究¹⁾で既に明らかになっているように、エアコンのライフサイクルにおいて使用段階の排出量が圧倒的に多いため、製造段階、廃棄段階のCO₂排出量の増加を考慮したとしても、使用段階のCO₂削減量が今回の推計値より微減となる程度だと考えられる。そのため、家電以旧換新政策の目的の1つであるCO₂排出量削減が実現できることを明らかにできたといえる。

今回の研究ではエアコンを対象にCO₂の排出量を求めたが、冷蔵庫などほかの家電製品も同じように分析をする必要がある。また、消費者や家電量販店に対してアンケート調査や消費電力の計測等を実施し、より実態に即した廃棄量や電力消費量を求め、推計の精度

表 5.5.3 中国の6つの電力網別のCO2原単位(2011)²⁶⁾

CO2排出原単位	tCO2/MWh
華北地域電力網	0.9803
東北地域電力網	1.0852
華東地域電力網	0.8367
華中地域電力網	1.0297
西北地域電力網	1.0001
南方地域電力網	0.9489

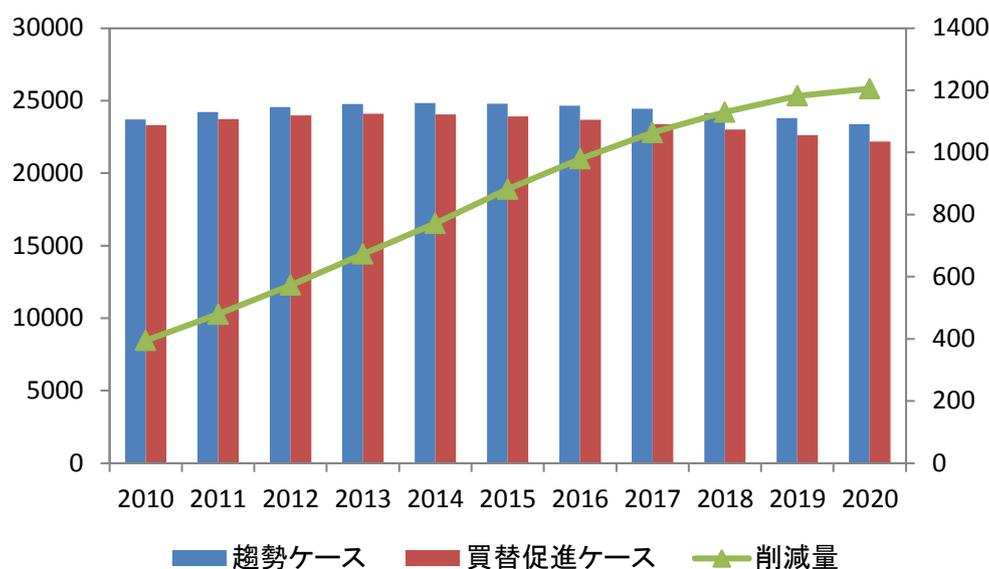


図-5.5.5 エアコン使用時のCO2排出量と削減量(万トン)

を高めること、LCAの観点から使用時のエネルギー消費量、CO2排出量の減少だけでなく、製造時や廃棄時のエネルギー消費量、CO2排出量の増加についても推計することで、家電買替政策の評価をより厳密にすることが今後の課題である。さらに、エアコンや冷蔵庫のようなフロン含有機器については、フロンの回収・処理の実態を加味した評価とすることで、地球温暖化影響を総合的に分析することも課題である。

註1：中国以旧換新政策の影響や課題を把握するために、2012年3月に中国天津市でヒアリング調査を実施した。今回の調査では、天津市南開区にある中古物資市場にある中古家

電販売店 4 件，家電販売店 2 件の他，政府部門である天津市低炭素センターに対し聞き取り調査を実施した．調査の結果，政策の施行後，中古家電販売事業者の回収量が 40%程度減少したこと，インフォーマルな家電個人業者が大幅に減少したこと，中古家電としての使用年数が 5 年程度であること，廃旧家電の取引価格が上昇したこと，その他，家電製品の平均使用年数，政策施行前後の新規家電販売量の変化，廃家電処理のための市内の 4 つの認定工場の状況を把握した．

参考文献

- 1) 中国国家発展と改革委員会：廃棄電器電子製品処理目録 2010
http://www.ndrc.gov.cn/xwfb/t20100915_371122.htm (閲覧日 2012.1.22)
- 2) 中国国家商務部，財政部，発展と改革委員会，工業・信息化部，環境保護部，工商総局，質検総局：家電以旧換新実施弁法 2009年6月28日公表
- 3) 中国国家財政部，商務部：国家以旧換新管理情報システム：以旧換新で全国の家電消費が2000億円突破
http://jdyjhx.mofcom.gov.cn/website/webNews.shtml?_mod=1 (閲覧日 2012.1.22)
- 4) 中国国家商務部，財政部，環境保護部：家電以旧換新推广工作方案 2010年6月3日公表
- 5) 孔令峰，姚从容：家電以旧換新と廃棄家電回収処理産業の持続可能な発展，工業技術經濟，pp31-35 Vol.29, No.7 2010 (中国語)
- 6) 孔令峰：家電以旧換新の背景で中国におけるグリーン購入モデルの構築，消費經濟，pp50-54 Vol.26, No.3 2010 (中国語)
- 7) 王蕊：家電以旧換新政策及び経済学からの分析，江西農業学報，pp194-196 Vol.22, No.3 2010 (中国語)
- 8) 三島 知行，松本 亨：省エネ家電への買替促進による温室効果ガス削減効果の推計，第2回日本LCA学会研究論文発表会講演集，pp174-175 2007
- 9) 中華人民共和国国家統計局：中国統計年鑑 2010，中国統計出版社，2010年9月第1版
- 10) UNFPA ホームページ Total Population, 1950-2050 World Urbanization Prospects, the 2011 Revision
<http://esa.un.org/unpd/wup/CD-ROM/Urban-Rural-Population.htm> (閲覧日 2012.2.8)
- 11) (財)省エネルギーセンター：省エネルギー便覧，pp140-141, 2009
- 12) 孔令峰：家電以旧換新政策の環境保護効果や電子廃棄物管理，生態・環境，第6期，pp164-167 2010 (中国語)
- 13) 都市間—(北九州市—青島市) 連携による循環型都市協力事業実施に関する調査検討事業，経済産業省 平成19年度環境問題対策調査等委託費，2008.3
- 14) 寺園 淳，村上 進亮，吉田 綾，村上(鈴木) 理映：アジア地域における廃電気電子機器と廃プラスチックの資源循環システム解析，平成18年度廃棄物処理等科学研究報告書，平成19年3月

- 15) 羅志華 :我国電子廃棄物現状研究, 江蘇環境科技 Vol.19 supp.2 .pp1041-107.Dec.2006
(中国語)
- 16) 劉小麗 : 中国主要電子廃棄物産出量推算, 中国人口・資源・環境, Vol.15 No.5 pp.113-117
2005 (中国語)
- 17) 田崎 智宏, 小口 正弘, 亀屋 隆志 : 使用済耐久消費財の発生台数の予測方法, Vol.12
No.2 pp.49-58, 2001
- 18) 田崎 智宏 : 家電リサイクル法の実態効力の評価, 国立環境研究所研究報告書, 第 191
号 2006
- 19) 小口 正弘, 亀屋 隆志, 田崎 智宏, 玉井 伸明, 谷川 昇 : 電気・電子製品 23 品
目の使用年数分布と使用済台数の推計, 廃棄物学会論文誌 Vol17,No1,pp50-60,2006
- 20) 周 夏露, 工藤 拓毅, 田中 鈴子 : 中国における省エネルギーの動向分析, IEEJ:2011
年 4 月掲載
- 21) 鐘 婷 : 上海市住宅空調の調査及び電力消費量の推計 建築熱能通風空調, pp.22-24
2003 年第 3 期 (中国語)
- 22) 中国国家标准化委員会 : 部屋空気調節機能源効率限定値及び節能評価値
GB1201.3-2000.2004.2010
- 23) 経済産業省 : 総合資源エネルギー調査会エネルギー基準部会第 9 回配布資料, トップラ
ンナー制度の現状と評価について
- 24) 経済産業省, 資源エネルギー庁 : トップランナー基準 2010.3
- 25) (財)エネルギー総合研究所 : 超長期エネルギービジョン 2100 pp7, 2006
- 26) 中国国家発展と改革委員会 : 2011 中国における地域電力網基準排出因子 2011 年 10 月
20 (中国語)

第6章 中国山東省を対象とした廃家電発生量の推計とリサイクルの環境負荷評価

6.1 背景

近年中国では、電気・電子製品の不適正処理による環境汚染や健康被害が各地で報じられ、深刻な問題になっている¹⁾。また、電気・電子製品のリサイクルにより、希金属を含む再生資源が得られるため、中国においても注目を浴びるようになってきている²⁾。このような背景のもとで、家電製品をはじめとする電気・電子製品の回収リサイクルを推進する動きとして、法律や高度なリサイクル技術を持つフォーマルリサイクル工場の整備、回収システムの構築等を進めてきた。2011年1月に中国版家電リサイクル法とされる、廃旧電気・電子製品回収処理管理条例が正式に施行され、家電リサイクルに対するステークホルダーの義務や責任が明確になった。その後、2012年7月に廃棄電器電子製品処理基金徴収管理弁法が施行され、家電輸入者や家電メーカーから家電処理基金の徴収が開始された。これにより、政府に認定された家電リサイクル企業がこの基金で補助されることになり、これまでに中国全土で62社が政府に認定されたが、うち4社が山東省内に立地している³⁾。

こうした中で、中国の家電リサイクルに関する様々な研究が行われてきた。家電回収処理の現状や対策に関する研究⁴⁾⁵⁾、中国と先進国の家電リサイクルの比較に関する研究⁶⁾⁷⁾、法律の整備に関する研究など⁸⁾、多くの研究がみられている。しかし、こういった研究はマクロな視点からの分析に留まっており、ミクロな視点から家電リサイクルの環境影響やエネルギー消費などに関する定量的評価に関する研究はほとんどないとの指摘もあった⁷⁾。そこで本研究では、中国山東省を対象に、今後増加することが予想される廃家電の発生量を、統計データをもとに2030年までの将来推計を行う。さらに、山東省内で発生した廃家電を省内の4社の政府認定リサイクル工場においてリサイクルを行うケースを想定し、環境負荷評価を実施する。また、リサイクルによるCO₂削減効果の日本との比較を通して、両国における家電リサイクルによる環境負荷削減効果の差とその要因を明らかにすることを目的とする。

6.2 中国山東省の概要

山東省は中国東岸に位置し、日本の半分ほどの面積の中に約9,600万の人口、約3,036

万世帯を有する省であり、2011年の域内総生産は約45,361億元で、これは中国の省の中では第3位にあたる⁹⁾。これまでに、沿岸の青島市、烟台市と、内陸の山東省内で面積・人口ともに最大の臨沂市において、計4社のリサイクル工場が家電リサイクル基金補助企業と認定されている。その中の一つである青島新天地家電処理工場は、中国全土で2か所指定されている家電リサイクルのモデル工場の一つで、高度処理技術や設備を保有しており、政府の支持を得ながら廃家電の回収リサイクルを積極的に行っていることが、本研究において山東省を対象とした理由である。

中国における廃家電リサイクルの状況は、家電リサイクル法の整備やリサイクル基金によるフォーマル企業への補助等の措置により改善されつつある。2004年の日本メタル経済研究所の調査報告によると¹⁰⁾、中国におけるテレビリサイクルはブラウン管がリサイクルされていないため、リサイクル率に関しては20%と非常に低い値が示されている。また、冷蔵庫やエアコンに関しては、水銀、鉛、フロン等の有害物質は回収されずに、埋立や焼却処分されていたが、現在、2010年4月1日から施行された廃棄電気・電子製品処理汚染制御技術規範¹¹⁾によってブラウン管やフロンの回収が義務化され、フロン等の有害物質の無害処理も義務付けられた。また、廃棄電気・電子製品の再資源化率の検討案も出されており、山東省の「十二五（第12次5ヶ年計画：2011～15年）」省エネ・排出削減総合性業務実施案では、廃家電の再資源化率を68%以上にするとしている¹²⁾。

6.3 廃家電発生量の推計

6.3.1 推計手法

家電廃棄量の推計手法を図6.3.1に示す。まず統計年鑑⁹⁾のデータをもとに、回帰分析によって対象品目の世帯あたりの所得（名目値）と家電保有率の関係についてロジスティック関数式の取得を試みる。その後、山東省全体の世帯あたりの所得を2030年まで推計したうえで、山東省の17市に按分する。次いで、先に求めた世帯あたりの所得と家電保有率のロジスティック関係式を用い、2030年までの世帯あたりの保有率を推計する。さらに、国連人口基金（UNFPA）¹³⁾の国レベルの世帯数予測値を使い、市レベルに按分した世帯数推計データと世帯あたりの保有率と乗じることで、2030年までの家電保有量を予測する。最後に、押し出し法を用いることで、保有量から廃家電の発生量を2030年まで推計した。なお、家電廃棄率には、ハイアールグループ技術開発センターから発行された青島市廃棄家電及び電子製品回収処理情報調査¹⁴⁾における家電品目別の廃棄家電発生率を利用する。

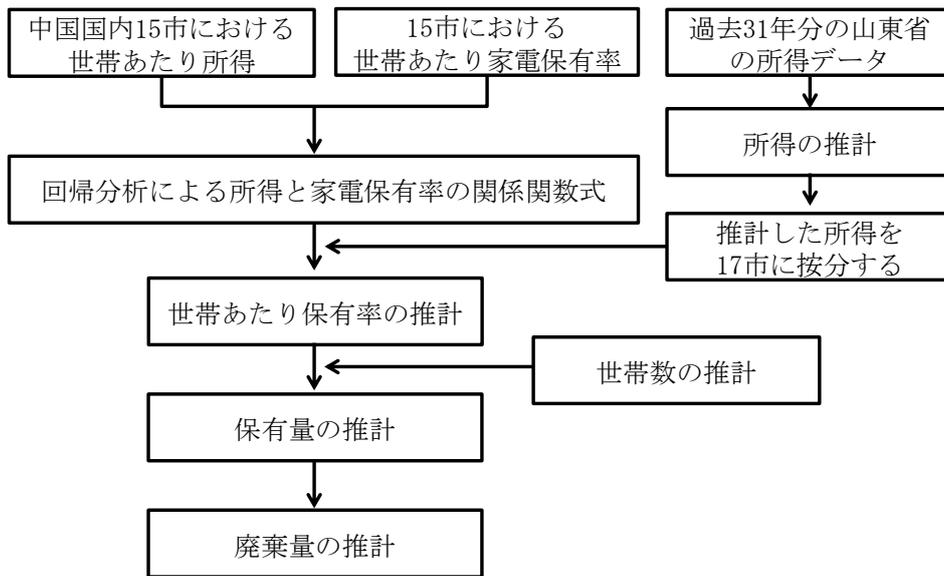


図 6.3.1 廃家電発生量の推計フロー

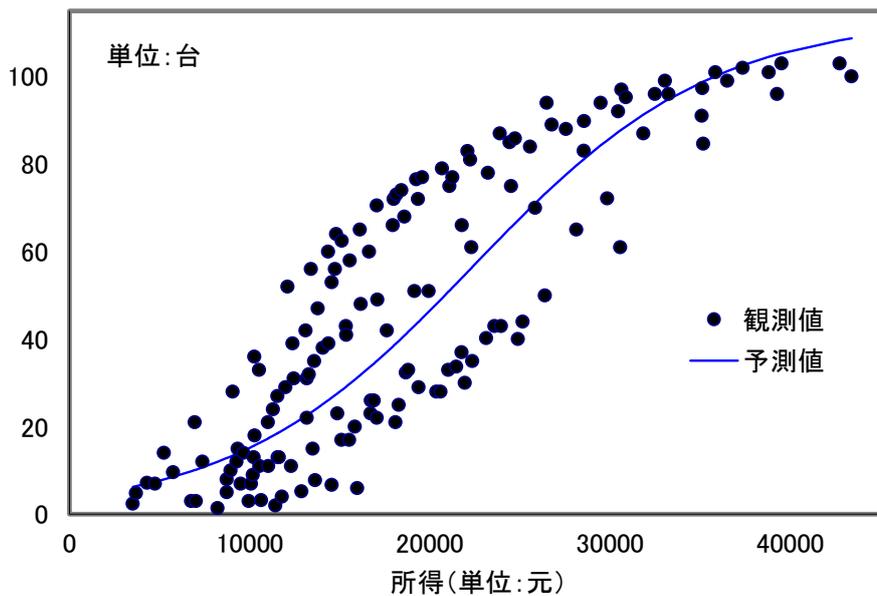


図 6.3.2 冷蔵庫（農村）の100世帯あたり保有台数と世帯あたり所得の関係

6.3.2 世帯あたりの所得と世帯あたり家電保有率の関係

山東省の17都市（済南，青島，煙台，淄博，日照，徳州，威海，荷沢，東營，維坊，濟寧，泰安，聊城，萊蕪，棗庄，臨沂，濱州）における家電保有率に関しては、

表 6.3.1 冷蔵庫（農村）の関数式のパラメータ値

関数式名	ロジスティック
関数式	$y = \frac{K}{1 + a \times e^{-bx}}$
a =	29.1177
b =	0.00015
K =	113.3 (単位：台)
決定係数	0.723

表 6.3.2 各関数式のパラメータ値

	a	b	K	標準偏差
農村洗濯機	20.143384	0.000140	111.1	1.034599
農村冷蔵庫	29.117771	0.000150	113.3	0.853453
農村エアコン	320.75815	0.000156	161.7	0.955264
農村テレビ	6.8397571	0.000080	217.8	0.472694
都市洗濯機	0.3554888	0.000013	115.5	0.281038
都市冷蔵庫	0.3743860	0.000013	119.6	0.242690
都市エアコン	28.721033	0.000065	225.9	0.932532
都市テレビ	1.1071830	0.000015	206.8	0.380103

済南市や青島市などの都市統計年鑑の存在する市以外、小都市の統計の入手が不可能であるため、推計に不足データを補った。推計方法は、データの入手できる山東省内の11市について、大都市である青島、済南においては1991年～2011年の世帯あたり保有データ、他の中小都市においては各都市の入手可能年から2011年までの世帯あたり保有データを使った。また、所得の高い都市を補充するために、地域特性の類似性なども考慮の上、入手可能な4都市（台州、南京、天津、蘇州）の1995～2011年データを用い、山東省のデータとともに世帯あたりの所得と世帯あたり家電保有率の散布図を作成した。世帯あたりの所得と保有率については成長曲線で回帰することが一般的であり、ここでもそれを採用した。成長曲線の中で相関係数が相対的に高かったロジスティック関数を採用し、世帯あたりの所得と家電保有率の関係式を求めた。ここで、冷蔵庫の推計結果を例に図6.3.2と表6.3.1に示す。表6.3.1に示す回帰式の説明変数xは世帯あたりの年間所得、目的関数yは100

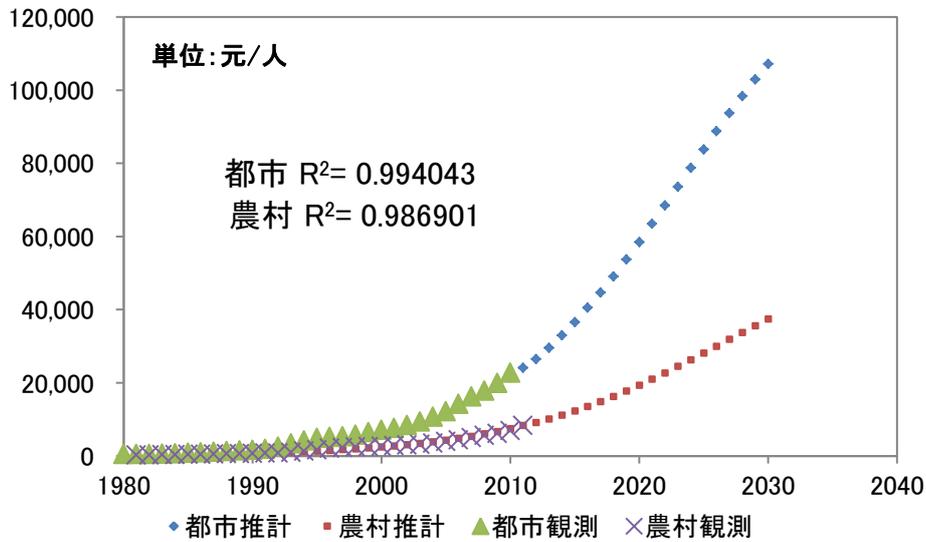


図 6.3.3 山東省における都市・農村別の所得の推計

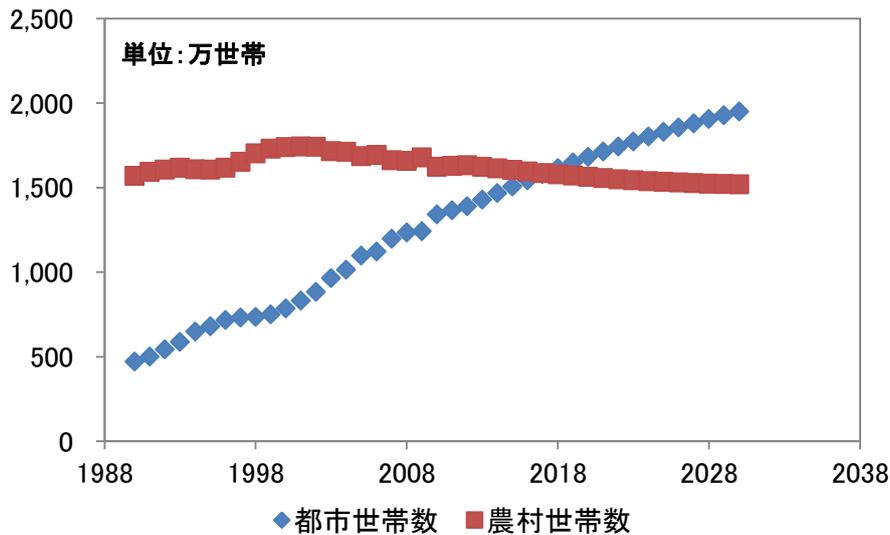


図 6.3.4 山東省の都市・農村別世帯数の推計

世帯あたりの保有台数である。また、他の品目の回帰式のパラメータ等を表 6.3.2 に示す。

6.3.3 世帯あたりの所得及び世帯数の将来推計

山東省統計年鑑において入手可能な山東省 17 市別・都市部・農村部別の各年一人あたり所得データは、10 年分であり、推計には十分とはいえないため、本研究では、過去 31 年分のデータが存在する山東省全体の都市部・農村部別の所得データを用いて、ロジスティッ

ク回帰関数を用い¹⁵⁾、2030年まで推計した結果を図6.3.3に示す。その後、UNFPAや先行研究のデータ¹⁶⁾をもとに、全国のデータから山東省に按分することで世帯人数を推計し、先に推計した一人あたりの所得に乗じることで山東省の世帯あたりの所得を計算した。さらに、入手できる各市別都市・農村別の10年分の所得データを用い、求めた所得の将来値の各市の比率を用いて、先に求めた山東省全体の2030年までの所得の推計値を17市に按分した。世帯数の推計結果を、図6.3.4に示す。これによると、都市化の進展により農村の世帯数が徐々に減っていく傾向にあること、2016年前後に都市化率が50%を突破し、都市の世帯数が農村を上回ることが現れている。

6.3.4 家電保有量の将来推計

6.3.3節で推計した山東省内17市別・都市農村別の世帯あたりの所得を、推計した所得と世帯ごと家電保有率の関係式に代入することで、2030年までの各年家電保有率を算出した。続いて、算出値に世帯数データを掛け合わせることで、山東省の各年保有量を算出した結果を図6.3.5に示す。これによると、一世帯に複数台保有する傾向のあるテレビやエアコンの増加が著しいことがわかる。また、2015年から2020年にかけて家電製品の増加傾向が緩やかになっていることも現れている。

6.3.5 家電廃棄量の推計結果

家電廃棄量の算出にあたり、本来は家電の使用年数に関する統計的分布等の影響要因を考慮すべきであるが、データの入手が困難であるため「押し出し法」¹⁷⁾を用いて推計を行った。上で推計した家電保有量に、表6.3.3に示す毎年の廃家電発生率に乗じることで、廃棄量を求めた。青島にあるハイアールグループ技術開発センターの青島市廃旧家電及び電子製品回収処理情報調査によると、テレビの廃棄発生率が他の品目よりはるかに高い。理由は、技術が進んで、性能の優れている新型製品が続々と登場することにあると考えられる。家電廃棄量を推計した結果を図6.3.6に示す。また、2011年の各市別・都市農村別の廃家電発生量を表6.3.4に示す。推計結果を見ると、2030年まで山東省における廃家電発生量は一貫して増加すること、普及速度が大きく、かつ廃棄率の大きいテレビの廃棄発生量が他の機器より多いことがわかる。また、近年急速に普及した廃棄エアコンの発生量が2000年代後半に大きく増加していることから、リサイクル工程におけるフロン回収等の規制強化の必要性が今後生じると考えられる。推計した結果は、先行研究¹⁸⁾の推計結果(中国全体)を人口で按分して得られる山東省の発生量と比較すると若干多いが、山東省のGDPが

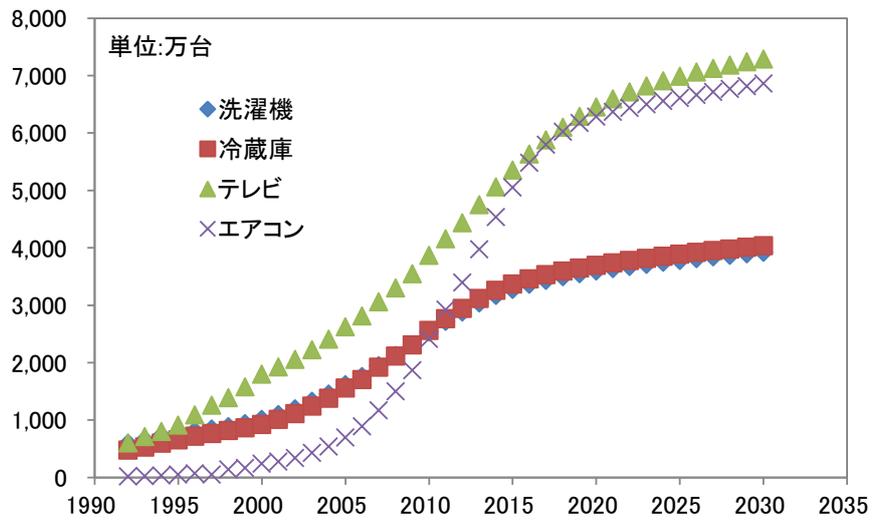


図 6.3.5 山東省における家電保有量の推計

表 6.3.3 保有から廃家電発生率¹⁴⁾

単位:万台	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	エアコン	合計
保有台数	269.69	199.04	160.81	62.90	692.44
廃棄台数	27.24	9.70	6.50	3.49	52.81
保有台数に対する廃棄台数の割合	0.1010	0.0487	0.0404	0.0555	0.0719

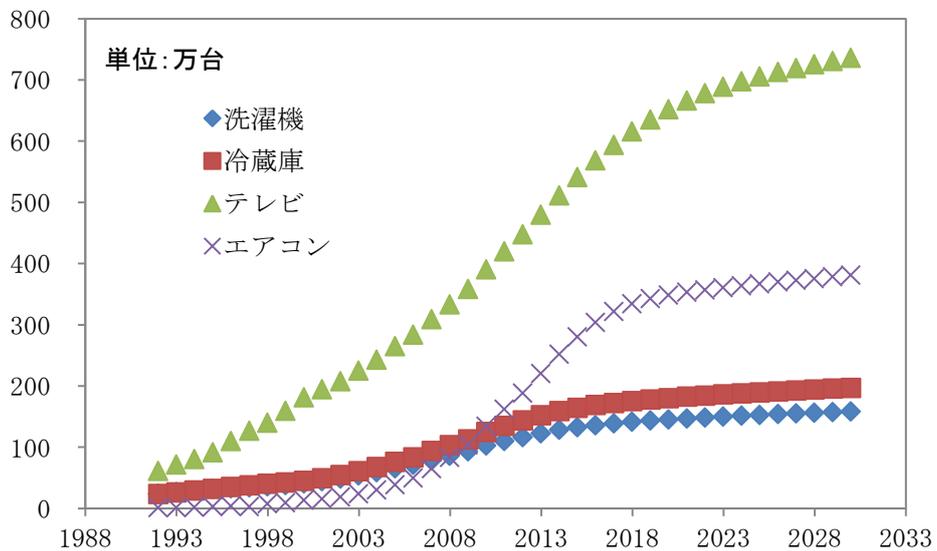


図 6.3.6 山東省における廃家電発生量の予測

全国の省市の中で第 3 位であることを考慮すれば、推計結果はほぼ一致していると考えられる。しかし、推計結果に大きな影響を与える世帯あたり所得については、近年、経済成

表 6.3.4 2011 年山東省における廃家電発生量の推計結果 (万台)

洗濯機	済南	青島	シ博	棗庄	東營	煙台	維坊	濟寧	泰安	威海	日照	萊蕪	臨沂	德州	聊城	濱州	荷澤	合計
都市部	6.06	6.75	3.07	1.91	1.25	5.05	6.29	3.71	3.26	1.87	1.62	0.96	4.79	2.35	2.75	1.94	3.01	56.63
農村部	1.91	3.66	2.84	2.41	1.23	4.70	4.80	5.51	3.78	1.98	2.11	0.90	6.89	3.95	3.75	2.53	5.39	58.32
合計	7.97	10.41	5.91	4.32	2.48	9.75	11.09	9.21	7.03	3.85	3.73	1.85	11.68	6.29	6.50	4.46	8.40	114.96
冷蔵庫	済南	青島	シ博	棗庄	東營	煙台	維坊	濟寧	泰安	威海	日照	萊蕪	臨沂	德州	聊城	濱州	荷澤	合計
都市部	7.55	8.41	3.82	2.38	1.55	6.29	7.82	4.61	4.05	2.33	2.02	1.19	5.96	2.92	3.42	2.41	3.73	70.46
農村部	2.36	4.52	3.50	2.92	1.52	5.80	5.91	6.70	4.61	2.44	2.56	1.10	8.29	4.77	4.49	3.07	6.35	70.91
合計	9.91	12.93	7.32	5.29	3.07	12.09	13.73	11.31	8.66	4.77	4.58	2.29	14.25	7.69	7.90	5.48	10.09	141.37
エアコン	済南	青島	シ博	棗庄	東營	煙台	維坊	濟寧	泰安	威海	日照	萊蕪	臨沂	德州	聊城	濱州	荷澤	合計
都市部	16.10	17.82	6.61	3.57	3.21	12.71	13.52	7.93	7.07	4.54	3.02	2.16	11.15	4.25	5.30	4.18	4.17	127.31
農村部	2.05	5.57	3.38	1.50	1.21	6.52	5.15	3.75	2.78	2.99	1.45	0.79	3.82	2.41	1.91	1.74	2.29	49.32
合計	18.15	23.40	9.98	5.07	4.41	19.23	18.67	11.68	9.85	7.53	4.47	2.95	14.97	6.67	7.21	5.91	6.46	176.63
テレビ	済南	青島	シ博	棗庄	東營	煙台	維坊	濟寧	泰安	威海	日照	萊蕪	臨沂	德州	聊城	濱州	荷澤	合計
都市部	23.21	25.80	11.24	6.86	4.73	19.04	23.00	13.56	11.94	7.00	5.83	3.54	17.76	8.39	9.90	7.09	10.46	209.35
農村部	7.67	15.46	11.51	9.48	4.91	19.50	19.25	21.61	14.82	8.33	8.27	3.54	27.26	15.53	14.95	9.91	22.00	234.00
合計	30.88	41.26	22.75	16.34	9.63	38.53	42.25	35.17	26.76	15.33	14.10	7.07	45.03	23.92	24.85	17.01	32.46	443.35

長が減速傾向にある中国においては不確実性が大きい部分であり、経済指標の今後の推移によっては廃家電発生量も変わると思われる。同様に、第 12 次 5 ヶ年計画で都市化を推進していくと明確にされているが、都市・農村間の人口バランスも廃家電発生量の推計に影響を与える。

6.4 家電リサイクルのライフサイクル CO₂ 評価とその日中比較

本研究は中国の山東省における家電リサイクルの LCCO₂ を推計し、全体の発生量を把握する。同時に、得られた結果を日本の家電リサイクルの環境負荷削減量と比較することで、中国の家電リサイクルの環境負荷削減効果の相対的位置付けを試みる。つまり、中国の家電リサイクル技術がどのような水準にあるか、さらに、日本との差がどこから生じるかについて考察する。

6.4.1 評価手法

LCCO₂ を指標として評価するにあたり、改良トンキロ法¹⁹⁾、中国経済普查年鑑、家電製品協会の家電リサイクル実績データ等、日中両国の公表データを用いて算出を行った。評価の対象として、中国は山東省全域から発生する廃家電を山東省内にある中国政府に承認された家電リサイクル基金補助企業においてリサイクルを行うケース、日本は北九州エコタウンを想定し、北部九州+山口県から発生する廃家電を回収・リサイクルするケースを考える。評価にあたり、輸送、リサイクル、資源回収による天然資源削減の 3 つのライフステージに分けて評価を行った。

表 6.4.1 廃家電の輸送工程の CO₂ 排出量

	単位	山東省	北部九州
工場までの距離	km	218	133
洗濯機	kg-CO ₂ /台	1.027	0.561
冷蔵庫	kg-CO ₂ /台	2.049	1.124
エアコン	kg-CO ₂ /台	1.373	0.749
テレビ	kg-CO ₂ /台	1.252	0.561
品目平均	kg-CO ₂ /台	1.425	0.749

表 6.4.2 家電リサイクル工程の CO₂ 排出量

	日本	中国
家電 1 台あたり消費電力 (kWh/台)	5.7	3.1
電力の排出原単位 (kg-CO ₂ /kWh)	0.55	0.98
家電 1 台あたり CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /台)	3.119	3.038

表 6.4.3 中国における家電一台あたり重量 (単位 : kg)

洗濯機	30	エアコン	43
冷蔵庫	60	テレビ	36.74

6.4.2 輸送時における環境負荷

中国山東省における廃家電の輸送は、輸送距離や各リサイクル工場の処理能力を考慮して設定する。輸送距離は、17 市の市庁舎から各リサイクル工場までの距離を地図から読み取った。CO₂ 排出量の算出には、10 トントラック・積載率 50% で輸送する場合で日本の国土交通省による改良トンキロ法¹⁹⁾を用いた。家電 1 台の重量は、中国の電子廃棄物処理技術²⁰⁾に掲載されているデータを用い、3 章で算出した山東省における廃家電発生台数から、1 台あたりの輸送時の CO₂ 排出量を求めた。

一方、日本における輸送時の環境負荷の算出には、中国同様、地図から読み取った距離及び改良トンキロ法を用いた。廃家電の処理量は、家電製品協会により公開されているリサイクル実績データ²¹⁾をもとに、都道府県別の人口で按分して算出した。なお、九州には水俣市にも家電リサイクル工場があるため、収集の範囲を北部九州（福岡県、佐賀県、長崎県、大分県）+山口県と仮定して推計を行った。

推計結果を表 6.4.1 に示す。これによると、山東省全域から発生する廃家電を政府に指定されたリサイクル工場へ収集する場合、一台あたりの CO₂ 排出量は日本のケースと比較して 2 倍近く排出量が多い結果となった。この差は主に収集に要する距離の差によると考えられる。

6.4.3 リサイクル工程における環境負荷

中国のリサイクル工程における環境負荷については、算定対象項目を電力のみとし、家電一台あたり CO₂ 発生量を求めた。中国経済普查年鑑²²⁾による一定規模以上の廃棄金属資源回収処理工場数と年間消費電力のデータを使用し、リサイクル企業 1 社あたりの電力消費を求めた。その後、政府に指定された家電リサイクル工場のなかでデータの得られた 6 社の平均年間処理台数を用い、1 台あたりの使用電力量を算出した。なお、中国における電力消費量あたりの CO₂ 排出原単位は、中国発展改革委員会が公開しているデータ 0.98kg-CO₂/kWh を用いた²³⁾。

一方、日本におけるリサイクル工程の環境負荷については、西日本家電リサイクル（株）がウェブサイトで開催している電力、プロパン、軽油の使用による CO₂ 排出量を用い、1 台あたりの環境負荷排出量を推計した。なお、電力消費量あたりの CO₂ 排出原単位については、環境省のデータ 0.55kg-CO₂/kWh を用いた²⁴⁾。

推計結果を表 6.4.2 に示す。中国における家電リサイクル 1 台あたりの電力消費は、手作業が多いため日本より少ないが、電力の CO₂ 排出原単位が大きいため、家電リサイクルの CO₂ 排出量がほぼ同じとの結果となった。

6.4.4 資源回収による天然資源削減効果

中国山東省における家電製品別の資源回収量の推計には、中国の文献に掲載されている、表 6.4.3 に示す家電製品の重量と、表 6.4.4 に示す家電製品別原料構成比データ²⁵⁾を用いた。再資源化率については、中国国家標準化管理委員会が公開している「廃棄電工電子製品の可再生利用率の検討案」の下限值²⁶⁾を使用し、家電 1 台あたりの資源回収の推計結果を表 6.4.5 に示す。

日本における家電製品別の資源回収量は、日本の家電製品別の原料構成比と素材別資源回収率より算出を行った²⁷⁾。回収量の算出結果を表 6.4.6 に示す。

以上により推計した結果に、資源回収による天然資源削減効果を示す CO₂ 排出原単位²⁸⁾を乗じることで、日本及び山東省における家電製品別一台あたり CO₂ 削減量を求めた。算

表 6.4.4 山東省における家電の素材組成比

単位：%	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	エアコン
鉄	10	50	53	55
銅	3	4	4	17
アルミ	2	3	3	7
プラスチック	23	40	36	11
ガラス	57	0	0	0
その他	5	3	4	10
合計	100	100	100	100

表 6.4.5 山東省における家電素材別回収量の推計

単位：kg/台	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	エアコン
鉄	2.02	21.90	12.40	18.92
銅	0.61	1.75	0.94	5.85
アルミ	0.40	1.31	0.70	2.41
プラスチック	4.65	17.52	8.42	3.78
ガラス	11.52	0.00	0.00	0.00
その他	0.37	0.36	0.24	0.86
合計	19.56	42.85	22.70	31.82

表 6.4.6 日本における家電の素材別回収量の推計

単位：kg/台	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	エアコン
鉄鋼	3.72	27.78	15.03	18.36
銅	0.81	2.04	0.96	6.80
アルミ	0.03	0.96	1.02	4.00
ガラス	18.51	0.06	0.09	0.00
プラスチック	4.32	26.46	10.71	7.16
その他	0.24	1.26	1.32	1.20
合計	27.63	58.56	29.13	37.52

出に使用した素材別 CO₂ 排出原単位を表 6.4.7 に、CO₂ 削減効果を表 6.4.8 と表 6.4.9 にそれぞれ示す。日本と中国の資源回収による CO₂ 排出削減効果を比較すると、再資源化率が高い日本が、家電リサイクルを通じてより多くの CO₂ 削減効果が得られている結果となった。

表 6.4.7 天然資源削減による CO2 削減原単位 ²⁸⁾

	kg-CO2/kg
鉄	1.46
銅	3.01
アルミ	2.59
プラスチック	0.45
ガラス	2.64
その他	2.36

表 6.4.8 中国における天然資源削減による CO2 削減効果

単位：kg-CO2/台	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	エアコン
鉄	2.95	31.97	18.11	27.62
銅	1.82	5.27	2.82	17.60
アルミ	1.05	3.40	1.82	6.24
プラスチック	2.09	7.88	3.79	1.70
ガラス	30.41	0.00	0.00	0.00
その他	0.87	0.85	0.57	2.03
合計	39.19	49.38	27.10	55.19

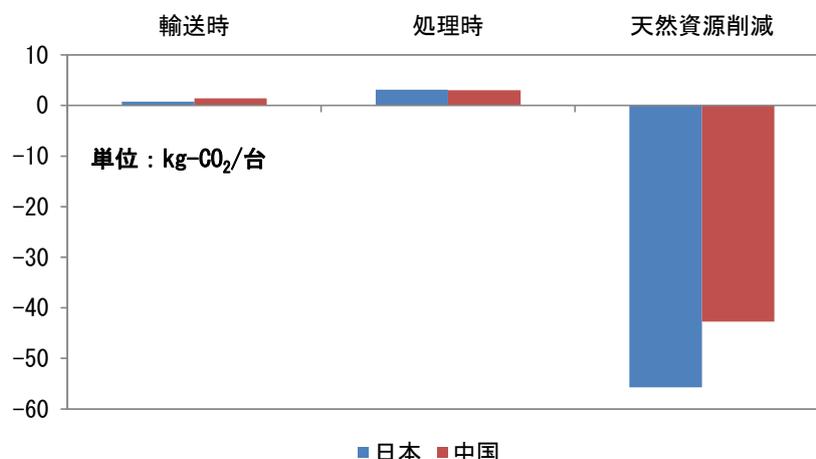
表 6.4.9 日本における天然資源削減による CO2 削減効果

単位：kg-CO2/台	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	エアコン
鉄	5.43	40.56	21.94	26.81
銅	2.44	6.14	2.89	20.47
アルミ	0.08	2.49	2.64	10.36
ガラス	48.87	0.16	0.24	0.00
プラスチック	1.94	11.91	4.82	3.22
その他	0.57	2.97	3.12	2.83
合計	59.32	64.22	35.65	63.69

6.4.5 LCCO₂の日中比較

ここまで算出した結果を集計して、日中両国における廃家電リサイクルに係る環境負荷

図 6.5.1 家電リサイクルによる LCCO₂ の日中比較



及び環境負荷削減効果の比較を行った。結果を図 6.5.1 に示す。これによると、中国における廃家電リサイクルによる環境負荷削減効果は 38.25kg-CO₂/台であり、一方、日本における効果は 51.82kg-CO₂/台という結果が得られた。先述したように、日中両国の差に関しては、輸送時は主に輸送距離から差が生じた。資源再利用による環境負荷の削減に関して、主に再資源化率の差によって差が生じている。

6.5 まとめと今後の課題

本研究では、中国山東省を対象に、家電の保有量及び廃棄量の推計と、それをリサイクルする場合の LCCO₂ の算出を行った。また、この値を日本の家電リサイクルの評価結果と比較することで、中国の家電リサイクル現状を明確にすることを試みた。得られた結果としては、まず、今後山東省の廃家電発生量は急激に増加することが予測された。また、山東省全域から現在の 4 社の指定リサイクル工場に収集する場合は、日本の家電リサイクルの典型的なケースの約 1.5 倍の平均輸送距離となり、それに応じて CO₂ 排出量も約 2 倍となることもわかった。図 6.5.1 のように輸送時の CO₂ 排出量が全体に占める割合は大きくないが、一般的にコスト面では大きな割合となるため、リサイクル事業の成否に関わるといえる²⁹⁾。そのため、今後リサイクル基金補助企業を認定する際には、輸送距離を配慮し山東省の中部あたりに認定企業を増やす必要があると考えられる。また、リサイクル工程においては、中国では安価な労働力により手作業が多いために電力消費が日本より少ない

が、発電のCO₂排出係数が高い（約2倍）ため、結果的にリサイクル工程におけるCO₂排出量は日本とほぼ同じ結果となった。今後、中国の人件費の上昇や国外からの先進的なリサイクル技術の導入によってリサイクル工程の電力消費が増加していく可能性があり、その結果CO₂排出量も増加すると考えられる。最後に、中国版家電リサイクル法には再資源化率の規定がないことなどから、リサイクル技術に日中の差があり、結果的に資源回収による天然資源削減効果が日本より小さいとの結果も得られた。

今回の結果から、さらに次のような分析が課題として挙げられる。まず、輸送段階については、現地調査により輸送車両車種、燃費等に関してより正確に把握するとともに、より実態に合うCO₂排出原単位を用いる必要がある。また、今後のリサイクル技術の向上による環境負荷の動向や、再資源化率に対する法律の整備による資源回収の動向についても把握する必要がある。さらに、輸送ネットワークの整備やリサイクル拠点の最適配置に関する分析の実施も残された課題である。

参考文献

- 1) C. Hicksa, R. Dietmara, M. Eugsterb : The recycling and disposal of electrical and electronic waste in China, *Environmental Impact Assessment Review* 25 (2005) 459–471.
- 2) 王 亜鋒：電子廃棄物：“鉱山”待采，*大衆商務*，(4)，pp.28-29，2005。（中国語）
- 3) 中国財政部：廃棄電器電子製品処理基金補助企業リストに関する通知，2013.
- 4) 邵 詣臻，黄 菊文，李 光明：我が国電子廃棄物管理現状及び対策研究，*環境科技*，Vol.24，pp.87-90，2011。（中国語）
- 5) 朱 培武：我が国廃棄家電及び電子製品回収処理現状と対策，*再生資源と循環経済*，Vol.3，No.1，pp.32-34，2010。（中国語）
- 6) 唐 紅侠：先進国の廃棄電子製品の回収体系及び中国への啓示，*資源再生*，pp.44-45，2012。（中国語）
- 7) 劉 憲兵，胥 樹凡：中日廃旧家電管理比較及び建議，*有色金属再生与利用*，pp.15-17，2006。（中国語）
- 8) 吳 培錦，田 義文：我が国電子廃棄物の回収処理現状及び法律対策，*特区経済*，pp.233-234，2010。（中国語）
- 9) 山東省統計局：山東統計年鑑 2012，中国統計出版社，2012.
- 10) 日本メタル経済研究所：日本及び中国の含銅廃棄物に関するリサイクルのための最適化の調査・研究，2004.
- 11) 中国環境保護部：廃棄電器・電子製品処理汚染制御技術規範，2010.
- 12) 山東省人民政府：「十二五」省エネ・排出削減総合性業務実施案に関する通知，2011。（中国語）
- 13) UNFPA ホームページ： Total Population, 1950-2050 World Urbanization Prospects, the 2011 Revision.
<http://esa.un.org/unpd/wup/CD-ROM/Urban-Rural-Population.htm>（閲覧日 2013.6.19）
- 14) 馬 堅，劉 振宇：青島市家電及び電子製品回収処理状況調査，*環境工程*，Vol.27，pp.397-402，2009。（中国語）
- 15) 盧 向虎：Logistic curve model による経済予測—重慶市都市部住民収入予測のケーススタディ，*重慶商学院学報*，2003.
- 16) Nan Zhou, David Fridley, Michael McNeil, Nina Zheng, Jing Ke, Mark Levine : China’s Energy and Carbon Emissions Outlook to 2050, Report, April 2011.

- 17) 寺園 淳, 村上 進亮, 吉田 綾, 村上(鈴木) 理映: アジア地域における廃電気電子機器と廃プラスチックの資源循環システム解析, 平成 18 年度廃棄物処理等科学研究報告書, 1997.
- 18) 劉 小麗, 楊 建新: 中国主要電子廃棄物発生量推計, 中国人口・資源と環境, Vol.15 No.5 2005.
- 19) 国道交通省: ロジスティックス分野における CO2 排出量の算定方法, 2007.
- 20) 李 金慧: 電子廃棄物処理技術, 中国環境科学出版社, 2006. (中国語)
- 21) 家電製品協会: 家電リサイクル年次報告書平成 23 年度版, 2012.
- 22) 中国国家统计局: 中国経済普查年鑑 2008, 中国統計出版社, 2010.
- 23) 中国国家發展改革委員会: 2011 年中国における地域電力網基準排出因子, 2011. (中国語)
- 24) 環境省: 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度.
<http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/>
- 25) 李 金慧: 電子廃棄物理論と実践, 中国環境科学出版社, 2010. (中国語)
- 26) 中国国家標準化管理委員会: 廃棄電器・電子製品の再生利用率 (検討案), 2009.
- 27) (財) 家電製品協会: 内部資料, 2003.
- 28) 東芝研究開発センター環境技術ラボラトリー, 家電製品 LCA の廃棄・リサイクル工程ソフトウェア, 2004.
- 29) 使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会: リサイクルシステムの経済性評価, 経済産業省 2011.

第7章 結論

本研究では、中国におけるE-Wasteに関する法律や政策をマクロかつミクロな両面から評価を行った。マクロな面では、制度・参画者分析を用い、制度・経済・情報等の要因で構成した社会の枠組みとこの枠組み条件のなかで活動している各アクターとの相互関係を明らかにする定性的な分析を行った。家電リサイクルの分析では、法体系で定められた基本方針や具体的な規定を各アクター別にまとめたうえで、法律や政策の実施による各アクターの行動の変化を分析したことから、法律や政策の家電リサイクル効果を明らかにした。携帯電話リサイクルの分析では、アンケート調査によるデータに基づき、2020年まで使用済携帯電話の量を明らかにした。その上で、使用済携帯電話の回収・リサイクル体制整備の必要性を明らかにした。さらに、アンケートデータをもとに、携帯電話リサイクルに対する解決策や今後の見通しを考察した。ミクロな面では、以旧換新政策の実施より、省エネ家電の普及を促進したため、2020年まで、買替促進ケースは趨勢ケースに比べ、エアコン使用時のCO₂排出量が約1億トン削減されると推計され、政策の低炭素社会の形成に果たした役割を明らかにした。さらに、リサイクル基金の補助によるフォーマルなリサイクルにおけるLCCO₂を推計した。その結果を日本の家電リサイクルの環境負荷と比較し、両国のリサイクル処理の環境負荷の差の要因を明らかにした。

第1章では、本研究の背景として、現在、中国における電子廃棄物リサイクルの現状について、国内大量発生と国外から不法輸入とインフォーマルな処理による資源の浪費や環境汚染や健康被害の原因で社会の注目を集めていることを中国の電子廃棄物リサイクルの推進のひとつの要因と述べた。また、先進国の法律の制定も中国国内に影響を与えることも促進要因であるとした。そのうえ、現在の法体系が形成しつつあるなか、国から様々な政策やプロジェクトを通して、フォーマルなセクターが補助を受け、徐々に、大量の電子廃棄物を回収できるようになってきたことを述べた。それから、電子廃棄物における新しい法律の効果や問題を評価する課題を残していることを本研究のきっかけで、研究対象の選定理由を話した。最後に本研究の構成や流れを紹介した。

第2章では、テーマごとに、中国における家電リサイクルに関する既往研究の中で、家電リサイクルに関する現状、問題及び対策に関する研究と家電リサイクルの回収や静脈物流に関する研究と家電リサイクル処理に関する研究と家電リサイクル補助に関する研究を

レビューした。それに中国における携帯電話に関する既往研究と環境分野の制度・参画者分析に関する既往研究も紹介したことで、本研究フィールドでの研究現状を明らかにした。その後、本研究に用いた分析方法を紹介し、既往研究と違う本研究の新たな視点をマクロやミクロ両面からの定性的かつ定量的な分析にあることを述べた。

第3章では、文献調査によって、中国の家電リサイクルフローを明らかにした。そのうえ各回収ルートに入る廃棄家電の割合も推計したことで、家電リサイクルの鍵となるルートを明らかにした。その後、現在、整備してきた法体系で定められた基本方針や具体的な電子廃棄物に関する規定を各アクター別にまとめたうえで、法律や政策の実施による各アクターの行動の変化を分析したことで、家電リサイクルに関する法律や政策の効果や問題を明らかにした。

第4章では、中国における使用済携帯電話の発生量と貴金属などの資源の可能な回収量を求めることで、使用済携帯電話の回収・リサイクル体制整備の必要性を明らかにした。また、現地におけるアンケート調査や文献調査によって、使用済携帯電話のフローを作成し、このフローに関わる制度と参画者の関係を明らかにすることに重点を置き、制度・参画者分析を行った。これにより、現在の中国における使用済携帯電話の回収・リサイクルに存在する問題を整理したうえで、解決策や今後の見通しを考察した。

第5章では、中国における家電以旧換新政策による環境影響を分析するために趨勢ケースと買替促進ケースに分け、家電4品目の廃棄量の予測を行った。その結果、家電以旧換新政策の影響で家電製品の平均使用年数が短縮され、買替促進ケースの廃棄量が多くなることが明らかとなった。次に、エアコンを対象に、趨勢ケースと買替促進ケースについて出荷年別の保有量を推計し、年別のCO₂排出量を求めることで、省エネ型家電への買替によるCO₂排出量の削減効果を推計した。その結果、2020年まで、買替促進ケースは趨勢ケースに比べ、エアコン使用時のCO₂排出量が約1億トン削減されると推計されたことで家電以旧換新政策の目的の1つであるCO₂排出量削減が実現できることを明らかにできた。

第6章では、中国山東省を対象に、家電の保有量及び廃棄量の推計と、それをリサイクルする場合のLCCO₂の算出を行った。また、この値を日本の家電リサイクルの評価結果と比較することで、中国の家電リサイクル現状を明確にすることを試みた。得られた結果とし

では、まず、今後山東省の廃家電発生量は急激に増加することが予測された。また、山東省全域から現在の4社の指定リサイクル工場に収集する場合は、日本の家電リサイクルの典型的なケースの約1.5倍の平均輸送距離となり、それに応じてCO₂排出量も約2倍となることもわかった。そのため、今後リサイクル基金補助企業を認定する際には、輸送距離を配慮し山東省の中部あたりに認定企業を増やす必要があると考えられる。また、リサイクル工程においては、中国では安価な労働力により手作業が多いために電力消費が日本より少ないが、発電のCO₂排出係数が高い(約2倍)ため、結果的にリサイクル工程におけるCO₂排出量は日本とほぼ同じ結果となった。今後、中国の人件費の上昇や国外からの先進的なリサイクル技術の導入によってリサイクル工程の電力消費が増加していく可能性があり、その結果CO₂排出量も増加すると考えられる。最後に、中国版家電リサイクル法にはリサイクル率の規定がないことなどから、リサイクル技術に日中の差があり、結果的に資源回収による天然資源削減効果が日本より小さいとの結果も得られた。

要するに、現在の法体系や促進政策で中国における電子廃棄物回収リサイクルを確実に進んでおり、低炭素循環型社会を目指す中国にとって、これらの法律や政策が重要な役割を果たしていることを明らかにしたものである。

残された課題としては、マクロな分析では、まず、新たな法律の施行による各アクターのさらなる動きの変化を注目する必要がある、その新たな動きによって新たな問題が生じる可能性がある。次に、消費者環境意識の向上による回収ルートの変化を起こした場合、政策の重点を変える必要がある。また、リサイクル基金による補助でフォーマルルートの回収量の変化を評価し、基金の効果を定量化分析することが必要となってくる。一方、ミクロな分析では、現地のアンケート調査や計測等を実施し、より実態に即したデータを求め、推計の精度を高めることとLCAの観点から全ライフサイクルにおいてCO₂排出量を推計することとCO₂排出量を求めるときの基本となる原単位を推計することが課題としている。

謝 辞

博士前・後期課程の5年間、多くの方々からご支援・ご指導を頂き、本博士論文を無事作成することが出来ました。ここに感謝の意を表します。

本論文をまとめるにあたり、終始暖かい激励とご指導、ご鞭撻を頂いた北九州市立大学教授 松本亨先生に心より感謝申し上げます。松本先生には、研究に関するご意見・ご指導をただただでなく、生活面までご支援も頂き、研究を進めるための環境を整備していただきました。再び、研究の道に導いていただいたことに心より感謝申し上げます。

学位論文審査において、貴重なご指導とご助言を頂いた北九州市立大学大学院国際環境工学研究科の乙間末廣教授、同 二渡了教授、同 吉山定見教授に心より感謝申し上げます。多数の有用なコメントを頂き、ありがとうございました。

本論文の調査の実施にあたり、中国の南開大学の徐鶴教授や徐先生研究室に在籍している皆様には、調査票の作成、調査のあり方等において指導を頂きました。心より感謝いたします。

松本研究室の在籍している皆様と卒業した先輩諸氏には、研究面でも生活面でも大変お世話になりました。同じ博士後期課程の藤山淳史君には、学会に提出する論文の作成にあたり、多くのご支援を頂き、また、研究を進めていくには、多くの刺激や示唆を得ることが出来ました。ここに記して、心より感謝申し上げます。

最後になりますが、30才を過ぎてからの博士課程入学を快く承諾し、どのような状況においても応援してくれた、私を精神的、経済的に支えてくれた家族に感謝します。

2013年9月20日