

トンレサップ湖上集落における 太陽光電力を用いた廃プラスチック回収のためのインセンティブ構築に関する研究

岡山大学 学生会員 ○山田 知央
岡山大学 正会員 藤原 健史

1. 目的

トンレサップ湖はカンボジアのほぼ中央に位置する東南アジア最大の湖である。ここには最貧国カンボジアの中でも特に貧しい人々が集まり、水上に集落を形成している。水上生活者の総数は湖全域で延べ100万以上とされているが、これらの人々が日々排出するごみは、適切に処理されることなく湖をはじめとする周辺環境にそのまま投棄されている。特にプラスチック廃棄物は自然環境下で分解されることなくとどまり続ける。これらプラスチック廃棄物は、単に景観を損ねるだけでなく、集落およびその周辺環境の衛生状態を著しく悪化させ、海洋へ流出し、海流に乗って拡散することでマイクロプラスチックなどの世界規模の問題を引き起こす要因となる。したがって本研究では、これらのプラスチック廃棄物回収事業のモデルを作成し回収効果の検証を行う。具体的には、水上生活者が家電等を使用する際の電力をバッテリーの充電に依存していることに着目し、回収協力者にはインセンティブとして、太陽光パネルを用いた電力を提供することで自発的な参加を促すシステムを検討する。

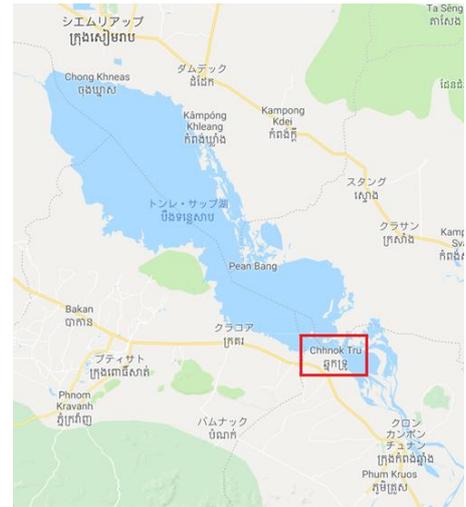


図1 トンレサップ湖と Chhnoc Tru 村

2. 研究方法

2. 1. 研究対象地域の概要

トンレサップ湖南端の湖上集落Chhnoc Tru村を研究対象とした。図1にトンレサップ湖およびChhnoc Tru村の位置を示す。当村では約1200世帯、6000人程度が湖上家屋や岸辺の家に居住している。この地域には自治体のごみの回収サービスがないため、家庭から発生したごみは周辺環境へ投棄されている(写真1)。トンレサップ湖は雨季の面積が乾季と比べ約6倍に膨張するという特徴があり、これらの廃棄物の多くは雨季の増水によって流されるものの、乾季には水が退いて地表面に散乱して沈んでいたプラスチック等が露出するため、集落の生活環境は不衛生でかつ景観も損なわれる。

また、トンレサップ湖上集落はその立地の特殊性から架線による電力の供給が未だ進んでおらず、照明や家電を使用するための電力をバッテリーに依存している。集落内には5軒のバッテリー充電業者があり、各家庭はバッテリーを持ち込んで充電サービスを受けている。なお、充電頻度は2日に1回のペースである。

本研究では、この充電システムに着目してプラスチック廃棄物を回収する分別回収モデルを作成する。そのためにChhnoc Tru村においてヒアリング調査を行い、家庭からのプラスチック排出量やバッテリー充電に関する情報を入手した。



写真1 散乱するプラスチック

キーワード トンレサップ湖, 湖上集落, プラスチック分別回収, インセンティブ構築

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中3丁目1番1号 環境生命科学研究所

TEL 080-2716-3837

2. 2. モデル化

本研究では、電力（エネルギー）、金銭、プラスチックの流れに着目してプラスチック回収システムを構築する。図2に現在の水上集落における家庭・充電業者間の電力・金銭・プラスチック廃棄物の流れを示す。充電業者が石油発電機で電力を生成し、家庭がバッテリー充電サービスを買ひ、プラスチック廃棄物をほぼ全量不法投棄する。

次にプラスチックの分別収集のために、太陽光発電とプラスチック回収を運営するNPO（以下回収業者）を創設すると仮定し、回収業者及びプラスチックリサイクル業者を加えたシステムの全体図を図3に示す。回収業者はまず、各家庭を回りプラスチックの回収を行う。この際、回収に協力した家庭に対しては、回収したプラスチックの重量に応じて、電力と交換可能なクーポンを提供する。住民はこのクーポンを充電業者へ持ち込むことで、充電料金の一部を節約することが出来る。このクーポンと交換された電力に関しては、回収業者が住民に代わり代金を充電業者へ支払うこととした。また、回収業者は太陽光パネルを用いて発電を行い、これを既存の石油発電の発電コストよりも安価で充電業者へと提供する。充電業者は電力需要のうち、一部をより安価な電力で代替することが可能となるため差額から利益を得ることが出来る。回収されたプラスチック廃棄物は、これを充電業者がリサイクル業者へ持ち込むことで、運営資金の一部を補填するように設計している。

以上が本研究で考案したプラスチック廃棄物回収システムの全容である。本研究では、このシステムを用い、プラスチック回収量が最大となるバランスを求める。

3. 研究方法

クーポンと交換される電気量が多いほど、住民の分別回収参加率は高くなると考えられる。このクーポンと電力の交換率をクーポン交換率と呼ぶ。本研究では、このクーポン交換率を変動させ、回収システム全体のバランスが崩れない範囲において、プラスチック回収量が最大となる状態を探ることとした。この際、住民の参加傾向の違いからシナリオを2つ作成し、住民の参加意識の差が分別回収事業に与える影響を調べる。なお、住民の分別協力意識の推定にはシグモイド関数を用い、どちらのシナリオも1kgのプラスチック廃棄物と引き換えに、水上集落における平均バッテリー容量74Ahの2倍にあたる144Ahがチャージされるときに住民の分別回収の参加率が50%となるように値を調整した。

作成したシナリオは以下の2つである。

（シナリオ1）

クーポン交換率が、平均バッテリー容量74Ahの3倍にあたる222Ah/kgとなるときに住民参加率が90%となるシナリオ。

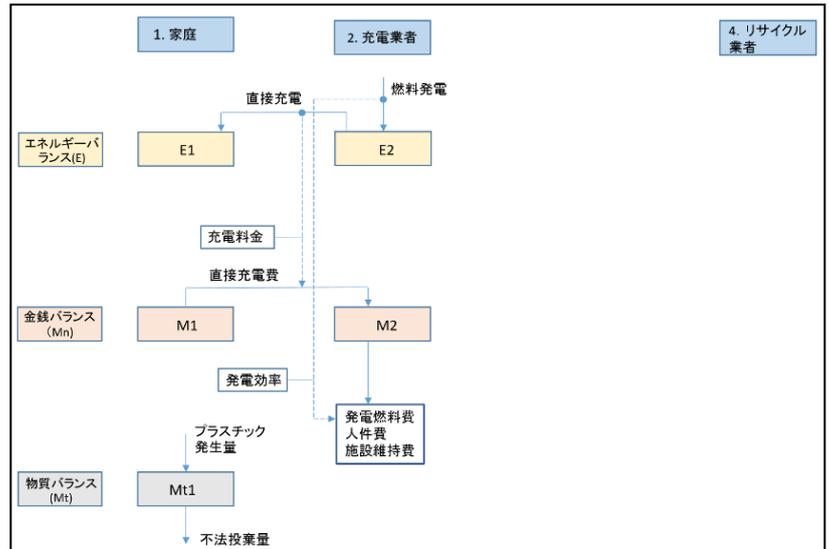


図2 現在の湖上集落概要

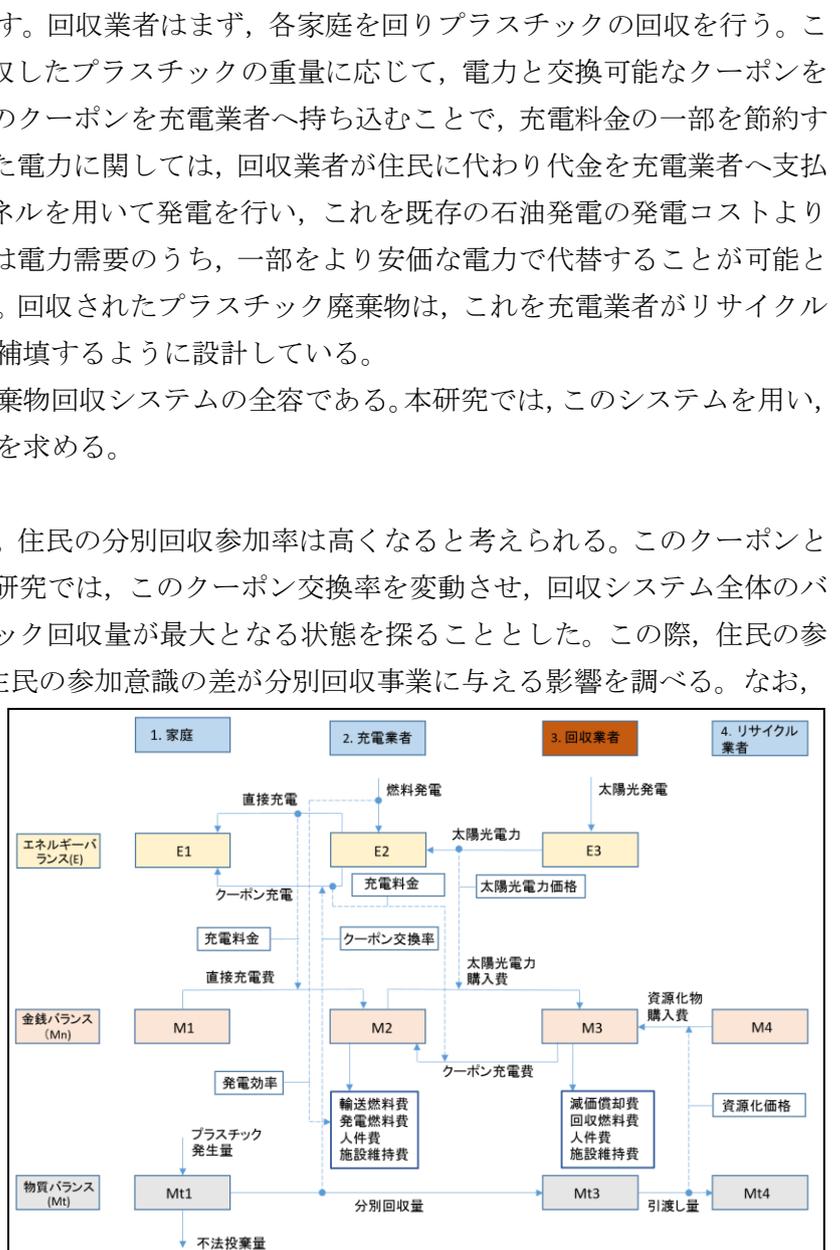


図3 分別回収モデルの概要

(シナリオ2)

クーポン交換率が、平均バッテリー容量74Ahの3倍にあたる222Ah/kgとなる際の住民参加率がシナリオ1の80%にあたる72%となるシナリオ。

クーポン交換率を変動させる際の制約条件は①バッテリー充電業者の person 費を現地の平均日当の1.5倍に増やすこと、②バッテリー充電業者、およびプラスチック回収業者の営業収支バランスを保つこと、の2つである。クーポン交換率を変動させた際にプラスチック廃棄物の回収量が最大となるのは、プラスチック回収業者の経営が赤字となる直前の値で、この際の交換率はプラスチック分別回収事業が持続可能な限界値となる。この際のクーポン交換率を限界クーポン交換率と呼ぶ。ここからプラスチックの回収量が最大となるクーポン交換率を求め、回収システムの効果について考察する。

4. 結果と考察

4. 1 限界クーポン交換率の算出とその際の経済条件

図4はクーポン交換率を変動させた際の回収業者の収支バランスを表している。シナリオ1ではクーポン交換率が184Ah/kgまでは収支バランスが保たれるが、それ以降は支出が収益を上回るため、シナリオ1における限界クーポン交換率は184Ah/kgである。同じくシナリオ2の限界クーポン交換率は204Ah/kgである。

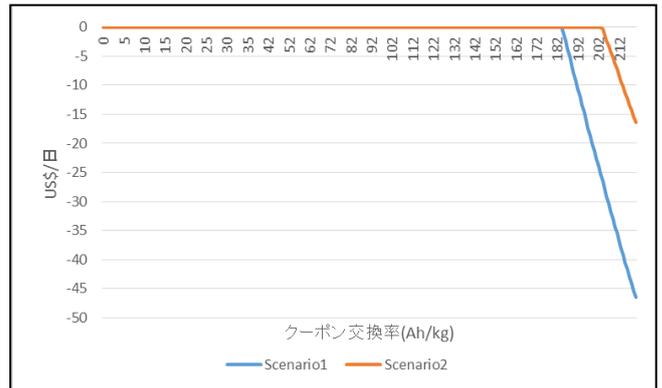


図4 分別業者の収支バランス

図5は、クーポン交換率を変動させた際のプラスチック分別回収への住民参加率の変化を表している。限界クーポン交換率の際のプラスチック分別回収事業に対する住民参加率は、シナリオ1では74.4%、シナリオ2では67.1%となった。これに伴い、Chn noc Tru村のデータを参考としたモデル集落全体のプラスチック廃棄物発生量70.6kgのうち、シナリオ1では52.5kg、シナリオ2では47.4kgが回収された。

プラスチック回収事業により家庭に発生する利益は、事業開始前後のバッテリー充電費用の差額から求める。クーポン交換率が上がる程、クーポンと置換される電気料金は増えるため、家庭に発生する利益はクーポン交換率が上昇すると単調増加する。限界クーポン交換率の際の家庭に発生する利益は、シナリオ1、シナリオ2ともに108.3US\$/日となった。また旧来の発電方法と太陽光電力の差額から利益を得る充電業者に関しては、利益の大きさがシナリオ1で99.9US\$/日、シナリオ2で100.7US\$/日となった。

4. 2 プラスチック廃棄物分別の住民意識の差による分別回収事業の効果

図6、図7に限界クーポン交換率の際のシナリオ1、シナリオ2におけるモデルの全容を示す。限界クーポン交換率はシナリオ2に比べ、シナリオ1の方が小さくなった。これは、クーポン交換率が等しい場合、シナリオ1の方が多くのプラスチック廃棄物が回収されるため、収支バランスを満たすためにより多くの太陽光発電が行われ、結果としてシナリオ2に比べ、太陽光発電量が村全体の電力需要量により早く達してしまうことに起因する。

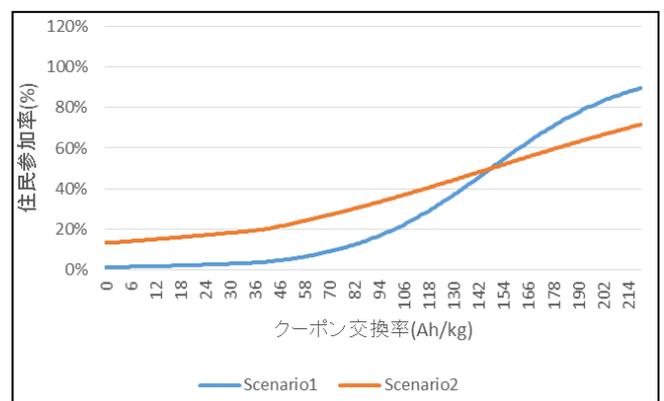


図5 住民参加率の変化

また、シナリオ1における住民は、シナリオ2の住民と比べて分別回収事業に協力的であると言い換えることができ、したがって限界クーポン交換率に到達した際の分別回収量もシナリオ2に比べて多くなった。集落全体のプラスチック廃棄物の総排出量に対する回収されたプラスチック廃棄物の比率は、シナリオ1が74.4%、シナリオ2が67.1%であった。対して、家庭がプラスチック廃棄物の分別回収から得る利益はシナリオ1とシナリオ2でほとんど変化がない。これはシナリオ1ではより多くのプラスチック廃棄物が回収されるのに対し、シナリオ2では回収される量は減るものの、プラスチック廃棄物の単位量当たりの交換電力が増えるためにおこる。バッテリー充電は、シナリオ1、シナリオ2ともにクーポンによって交換される電力量が一日の使用電力のうち39.1%程度となった。クーポンと交換された電力量、家庭当たりの節約額、および充電業者の得る利益には、ほぼ差が存在しない。以上からプラスチック廃棄物の回収量には、住民の参加意思が一定の影響を与えていることが示された。しかし、住民の参加率の差によるバッテリーの発電方法や家庭に発生する利益、バッテリー充電業者が

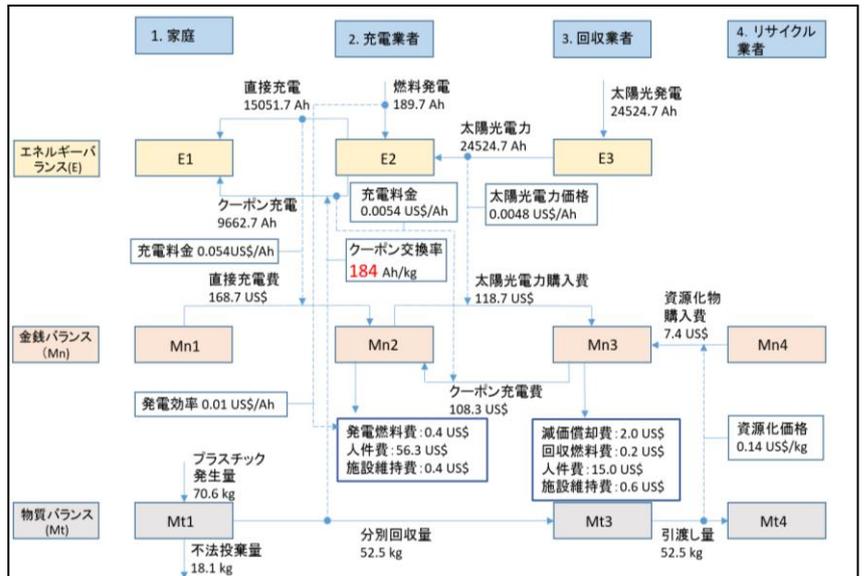


図6 シナリオ1の限界クーポン交換率の際のモデル全容

得る利益の違いはほとんど発生しなかった。このように、プラスチック廃棄物の分別回収事業を通じて集落全体が利益を享受できた理由には、地域の所得レベルが低く雇用費が安いこと、ガソリンの発電コストが太陽光発電の費用に比べて高いこと、並びに現在は全て投棄されているプラスチック廃棄物を有価資源として有効利用したことが考えられる。

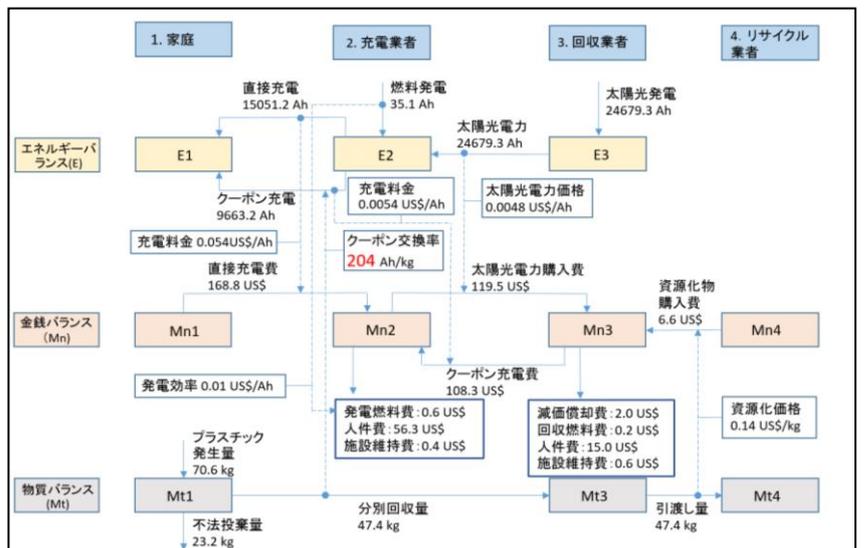


図7 シナリオ2の限界クーポン交換率の際のモデル全容

5. おわりに

本研究では、水上生活者に対して太陽光パネルを用いた電力を提供することをインセンティブとしたプラスチック廃棄物の分別回収システムを検討した。電力、金銭、プラスチックの流れを表す分別回収モデルを構築した。その上でクーポン交換率を222Ah/プラごみkgとし、住民の分別参加率を90%と72%とするシナリオを設定し、それぞれ74.4%、67.1%のプラスチック回収率を得た。今後はアンケート調査やごみ組成調査を通して、世帯当たりのプラスチック排出量や分別意識、事業に関する必要条件について、詳しく情報収集する必要がある。

謝辞：湖上村落でのヒアリング調査にご協力を頂いた王立プノンペン工科大学講師のYim Mongtoeun氏とVin Spoann氏に感謝の意を表わす。

参考文献： 独立行政法人国際協力機構(JICA), 株式会社エクス都市研究所, 「アジアにおける資源循環型社会の構築に向けた技術協力のあり方(プロジェクト研究)最終報告書」, 2006