

## 産業廃棄物であるおが屑の有効利用による ボルゴダ湖周辺の自然環境保全(II)

押谷 一<sup>1)</sup>・石川直人<sup>2)</sup>・伊藤俊介<sup>3)</sup>

Natural environments conservation around the Lake Borugoda in Sri Lanka  
by the utilization of saw dust on industrial waste (II)

Hajime OSHITANI<sup>1)</sup>, Naohito ISHIKAWA<sup>2)</sup> and Shunsuke ITO<sup>3)</sup>  
(Accepted 2 August 2011)

### 1. スリランカの自然環境

スリランカは熱帯海洋性気候区に属し、年間平均降雨量は1,875~1,250 mmで決して少なくはないが、赤道直下のため蒸発量が多いこと、降雨がモンスーン期に集中していることなどから慢性的な水不足である。そのため、平坦な農業適地では主食の稲作を行うために、古くから灌漑施設が整備されてきた。とりわけ紀元前3世紀から歴代の仏教王朝は、アンヌーラダプラを都として東南アジアを中心に、ローマ、中国などとも交易するなど繁栄を極めていた。このような繁栄の背景には、スリランカ北部の乾燥地帯を優れた灌漑設備によって稲作がおこなわれていたことにあった。ところがこれらの王朝は13世紀には急速に衰退し、人びとは南部の湿潤地帯へと移住した。それに伴って、かつての最新技術によってつくられた灌漑設備はジャングルに帰ってしまった。16世紀になると、ポルトガル人がシナモン(肉桂)をヨーロッパの市場において独占するため、西南部から植民地化を進めていった。続いてオランダ、イギリスの植民地支配がすすむなかで、中南部の高地地帯においてはプランテーション開発がすすみ、平地部では稲作が行われ、斜面では紅茶が栽培されることとなった。

### 2. 地すべり被害と被災住民の生活支援

島の中央部から南西部にかけては標高2000 mを越える山岳地帯である。この地域は、温暖な気候と

豊富な水資源によって、植民地時代には紅茶のプランテーションとして開発されてきた。とりわけ首都から車でおよそ6時間の距離にある Nuwara Eliya 地域は高原地帯にあり冷涼な気候で、植民地時代には避暑地としても栄えていた。ところがこの地域では近年、過剰な森林伐採による大規模な地すべり被害が発生しており、被災住民の大規模な移住が進められている。わずかな移転の補償金を提供されて強制的に移住させられることになるが、道路修復の日雇い労働程度しか現金収入の途はなく、男性の多くは首都圏などへの出稼ぎをして生計をたてている。こうした被災者に対しては国連難民高等弁務官事務所 (UNHCR) がテントを仮設住宅用に提供していることもあるが、政府は土地の提供とわずかな建設資材だけを配布するだけであり、被災者が自ら土地を造成し、住居建設を行わなければならない。多くの場合、移転先には斜面が割り当てられているため、簡単な鋤鍬など農機具程度の道具によって平らな面をつくり、そこに泥壁作りの小屋を建てることになる。各国政府や NGO, NPO による援助で移住地へのアクセス道路の建設や、個別住宅向けの太陽電池パネルによる照明器具の配布などが行われているが、上水道、トイレ、電気などの生活のための基本的な社会資本の整備は遅れている。また、一戸あたり 20 patch (1 patch=160 立法フィート) の土地が自給自足+現金収入の一助となるように提供されているが、移住先として国営の紅茶プランテーションとして利用されていた土地を除いて割り当てられ

<sup>1)</sup> 酪農学園大学環境システム学部地域環境学科資源再利用学研究室

Department of Regional Environment Studies, Resource Utilization and Recycling, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

<sup>2)</sup> NPO 法人アパス代表理事/酪農学園大学客員研究員

(NPO) APCAS : Action for peace Capability and Sustainability

<sup>3)</sup> NPO 法人アパス事務局長/酪農学園大学客員研究員

(NPO) APCAS : Action for peace Capability and Sustainability

ている。これらの土地は地力は低いため、乾期には水の供給が十分ではなく、農作物を植えても自家消費分を取獲するのがやっとという状況にある。執行一利<sup>1)</sup>は、スリランカで1990年代に進められた大規模農村開発プロジェクトによって強制的に移住させられた農民たちが生活環境の変化によって重大な影響を受けたことを指摘している。それと同様に地すべり被災者も、移住後の新しい生活環境に対する不適合などの問題が発生している。とりわけ政府主導による政策的な農村開発とは異なり、災害による緊急的な強制移住であるために、学校、病院などの整備は十分とはいえない。食糧の確保も重要な課題となっている。

### 3. 被災住民の移住先における農業の可能性

酪農学園大学の松中照夫教授（土壤植物栄養学）は、このような被災住民の移住地域の土壤について現地調査を行ったところ、有機分が極めて不足していることを指摘している。スリランカの土壤は、ラテライト（Laterite；赤土）と呼ばれるアフリカ、南米、東南アジアによくみられる土壤が主である。ラテライトは強烈な太陽光と降雨によって土壤中の塩基が溶脱し、脱珪酸によって、鉄、アルミニウム酸化物が濃縮しており、極めて痩せており酸性を示している。さらに森林伐採を行い宅地や農地に転用すると、もともと薄い表面の腐植層は熱帯の強い降雨によって容易に流出することになる。このような土地を農地として利用する場合、微量元素の欠乏やアルミニウム毒性による生育障害が懸念され、有機系廃棄物を施用し、土壤の団粒化による保水性、浸透性、通気性を向上させることが求められる。こうした土壤においては、有機系廃棄物を肥料とすることによってリン酸、窒素などが供給され、農耕に適した土壤を形成することができる。ラテライトは土壤中に有機物の含有が極めて少なく、鉄、アルミの含有率が高いため土壤中のリン酸を固定しやすい性質をもっている。農地として利用するためには、それらの成分を補うために十分な施肥が必要である。しかしながら高額な化学肥料を利用することは家計収入を圧迫し、さらには過剰な化学肥料の施肥は長期的には地力を低下させることもあるので慎重な対応が必要である<sup>2)</sup>。

一部の世帯では牛やヤギなどの家畜を購入し、乳を搾って販売しているため、これらの家畜のふん尿を堆肥として利用することは可能である、しかし、前述したようにスリランカは日差しが強く、乾燥期にはふん尿や植物、残飯などを堆肥として利用しよ

うと堆積すると、急速に乾燥が進んでしまうために良好な堆肥とすることが難しい。また、水分調整の方法についても検討することが必要である。養鶏やキノコの栽培を行っている住民もいることから、鶏糞やキノコの培地などの有機系廃棄物を肥料として利用することも可能である。しかしながら未確認ではあるが、かつて汚染された水を浄化するのに家畜の骨を炭化させたものを事前に住民に説明せずに利用したために、動物の死体を肥料として農地に散布したと大問題となったことがあるという情報もある。このように動物系の排せつ物を肥料などに利用する際には、宗教上の禁忌品に抵触するおそれもあるので事前に関係者から情報を集めておく必要がある。

農業においてNPKバランス、とりわけP（リン酸）の確保が重要でありヒトの尿を利用することも考えられるが、人糞尿の利用にはとくに慎重な対応が必要である。スリランカの人びとは人糞尿を肥料とする習慣はないことに加えて農村部ではトイレが普及しておらず、衛生上の課題もある。海外からの援助などにより土壌浸透法のトイレが設置されている例も一部にあるが、地下水など周辺環境を汚染する可能性を排除できない。その対策の一つとしては、固形分（糞）と液体（尿）を分離し、固形分を堆肥とし、Pを含む液は農地に速やかに散布すれば有効な肥料として利用することができるのでその可能性は大きい。地元の人びとの生活習慣、宗教などに配慮しなければならない。

前述のようにスリランカでは最近、地すべりが多発しており、その被災住民の生活基盤を形成するために農作物の自給、さらには換金作物による現金収入を図っていくことが求められているなかで有機分の少ない土壤を改良するために、有機系廃棄物の利用を拡大することが重要である。スリランカ版の循環農法図を描き、住民に対する説明のためのモデル事業や環境・農業教育を行っていくことが必要である。

### 4. おが屑リサイクル

資源再利用学研究室では既報告の通り、2009年度から2年間にわたって三井物産環境基金の助成金を受けてスリランカにおいて、おが屑を固形燃料として利用する活動を行っている。主な目的は廃棄物として排出されるおが屑を固形燃料として有効に活用することを通じて、薪の代替燃料とすること、廃棄物の分別によるリサイクルによって野焼きや水系への投棄などの不適切な処理による環境への影響を少

なくするためである。スリランカの主要産業のひとつである紅茶工場では大量の熱源を必要としており、多くはゴムの木を燃料として使っている。豊富な森林資源に恵まれていることから、家庭においても炊事には薪が使われてきたが、地球温暖化対策のため二酸化炭素吸収源として森林資源の保全が求められるため代替燃料の開発が求められている。

首都圏にあるモラトゥワ市は市内には大きな湖があり、古くから市民のレクリエーションの場として利用されてきたが、小規模な木工場や家具工場も数多く立地している。そこから排出される大量のおが屑を工場敷地内や空き地に野積みしているが、おが屑をそのまま燃やすことが大気汚染の原因となり、周辺住民の健康被害が懸念されている。また、湖岸に投棄されたおが屑によって、湖が富栄養化状態になっていることも懸念される。岸辺がホテイアオイ(water lily)に覆われており、生態系への影響もある。おが屑や日常生活から排出される生活系廃棄物は、市によって収集運搬、埋立てによる最終処分が行われることとなっているが、首都圏では急速な人口の増加、慢性的な交通渋滞や財政問題から、廃棄物の適正な処理は行われていない。そもそも、ごみは分別収集されておらず、処分場の不足や、周辺の水系への二次汚染の発生が懸念されている。

一方、スリランカにおいても、地球温暖化をはじめ廃棄物の適正処理やリサイクルに関心が高まっていることから、資源再利用学研究室では、こうしたおが屑を原料として固形燃料とすることに着目した。日本でもおが屑や穀殻を加熱成型した燃料が使われてきたが、安価で安全な燃料が普及したことにより現在では、キャンプ用としてわずかに販売されているだけであるが、スリランカにおいては廃棄物の適正処理、森林資源の保全の効果を普及することが期待される。また、ごみの分別、適正処理を通じた環境教育を行うこともできる。

しかしながらスリランカにおいておが屑から固形燃料を製造するにあたって、製造機械をどこから購入するかが最大の課題となった。中国製は安価であるが、機械の安全性、信頼性に不安があることから台湾製なども検討したが、輸入手続きに課題もあることから、スリランカの経済団体や企業経営者と情報交換を進めるなかで、スリランカ国内で固形燃料化装置を製造・販売している企業があるとの情報を得て、交渉した。その結果、現地法人である DEMECO 社がメンテナンスなども含めて、安価に機械装置を提供してくれることになり、非常に安価で購入、設置することができた。機械装置は、日本

円に換算すると 320 万円であった。これには設置費用等も含まれているが、現地のパートナーや大学関係者の働きかけによってかなり値下げしていただいている。また、装置の設置場所については、原料となるおが屑を排出する工場などが多く立地しているボルゴダ湖の土地ならびに工場建屋を借りることとした。土地のオーナーはおが屑の固形燃料化に高い関心を示し、工場建屋も機械装置を設置するために新たに建設してくれるなど大きな協力を得ることができた。

現地の状況とオガライトの製造の概要は次のとおりである。現地の製材工場(写真-1)から排出されるおが屑は湖岸に投棄されている。そのため湖水の水質は富栄養化し、水面が見えなくなるくらい「ホテイアオイ」が繁茂している(写真-2)。積み上げられたおが屑が燃やされ、その煙による周辺住民の気管支系の疾病の発生なども懸念される(写真-3)。

こうした現状を踏まえて、モラトゥワ市長(写真-4)や周辺住民(写真-5)との話し合いにより、共通認識を形成することに努めてきた。また、University of Srijawardenepura の Sepala Samarasekara 上



写真-1



写真-2



写真-3



写真-4



写真-5



写真-6

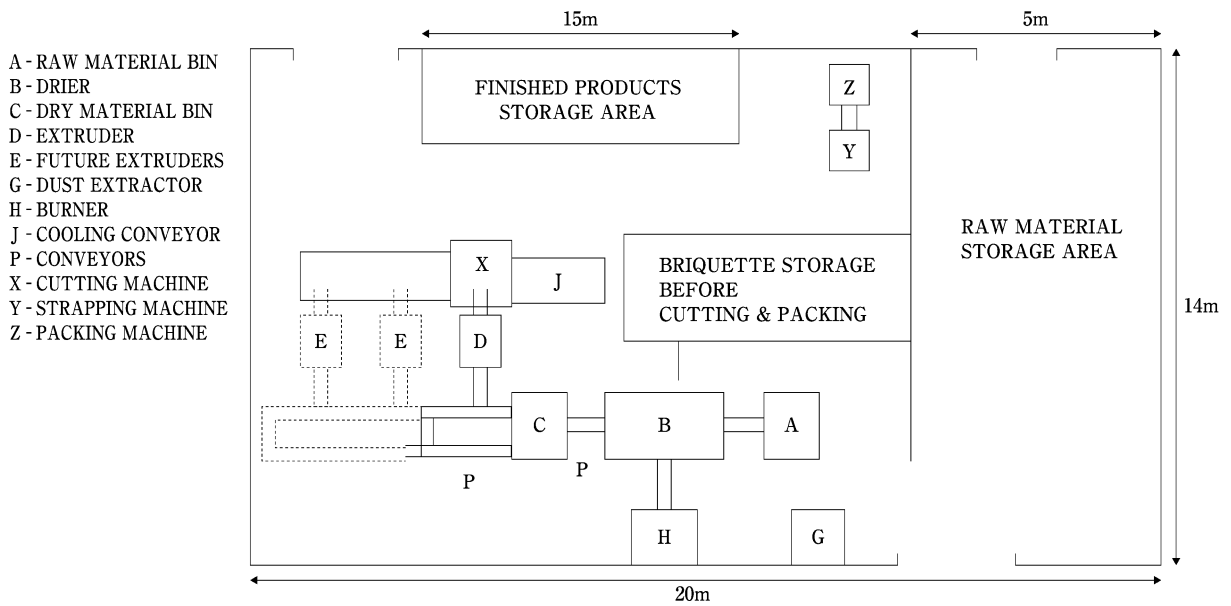


図-1 BRIQUETTING FACTORY LAYOUT



写真-7



写真-8



写真-9

級講師などと、湖の水質など周辺の自然環境、住民の環境に対する意識などの社会環境について意見交換を行った(写真-6)。現地のさまざまな人々と話しをして、情報収集と問題に対する共通認識をもつことに努めた。

その一方で、固形燃料製造機械の選定、設置を進めた。レイアウトは図-1のとおりである。

機械装置は写真-7のとおりである。写真-8は固形燃料の製造部で、一軸のスクリーンで押し出し、電気ヒータで加熱することによっておが屑のなかに含まれるリグニンによって固めることができる。直径およそ10cm、長さ50cm程度の燃料となる(写真-9)。低位発熱量は、およそ4,000kcal/kgで紙などと同程度である。炭とは違い、周辺を加熱して固めているだけなので脆く成形するのが難しい。

固形燃料の製造装置の設置であるため、地元モラトゥワ市の操業許可、環境影響に関する許可書など必要とされたが、スリランカ国内の全国統一選挙(地方議員、市長など)が実施されるなど市役所の対応が定まらず、許可書の必要性などが二転三転した。市長とは可能な限り面会し、進捗状況報告や操業許

可をお願いした。市長はじめ市の担当者は理解を示してくれた。中央政府の対応が遅かったことにより計画通りに運転を開始することができなかった。

試運転段階ではいくつかの課題もあったが、概ね順調に生産することができるようになった。しかし、事業化のためには製造した固形燃料を紅茶工場などに自然のゴムの木の薪よりも安い値段で販売する必要がある。市場性について情報を収集したところ紅茶のプランテーション・工場が多く立地しているNuwara Eliya地域では、ゴムの木が1,000Rp/m<sup>3</sup>程度である。固形燃料製造機械を設置しているモラトゥワからNuwara Eliya地域まで車でおよそ6時間位かかることから運送コストが大きい。工場から搬出される紅茶の納品の帰り車を利用することも検討している。こうした状況において、次のような製造販売のシュミレーションを行った。

現在の製造ラインでは、1日8時間稼動でおよそ1.2トンのオガライトを製造することができる。しかし、雨や気温などの気象条件によって原料の水分が多いと製造が減少することがある。

なお、製造の前に成形機を280℃に予熱する必要があるので実際には操業時間は8.5時間となる。原料のおが屑は、18～20kg/袋で、およそ42～46Rpで周辺の工場から購入している。おが屑を乾燥させておかねばならないが、その工程では原料とは別に木工場や家具工場の端材を燃やしている。端材は、1m<sup>3</sup>当たり1,500Rpで購入している。これを5日間で燃やしている。このほか、電気が1日当たり86kWh使用しており、電気代はおよそ3,000Rpである。

オガライトの販売価格は、トン当たり18,000Rpである。経験的に固形燃料1トンは紅茶工場で使用している木材(ゴムの木)18m<sup>3</sup>(容積単位で売買している)に相当する。工場は燃料用の木材を

Ratanapura から購入している。

これらをもとに1日あたりの収支を試算すると次のようになる。

収入 18,000 Rp (A)

製造コスト

原料代 3,150 Rp (2.25 Rp/kg, 1,400kg 使用\*)

端材 300 Rp

電気代 3,000 Rp

作業員 700 Rp

〃 300 Rp

小計 7,450 Rp (B)

輸送代 4,000 Rp (C)

メンテナンス\*\*

1,000 Rp (D)

Gross Profit (A) - {(B)+(C)+(D)}

5,550 Rp/1,000kg

\*製品1トン製造するには、異物や大きなものは、振動篩によって除去し、水分を多く含んだものは取り除くことが必要であるため、歩留まりが悪い。

\*\*スクリー部の溶接肉盛などの消耗品代

このほかに土地、建屋の借料がおよそ2,000 Rp かかるので、一日の収支では、およそ3,550 Rp の赤字で、25日/月操業とすると、一カ月で88,750 Rp (1 Rp = 1円)の収入となる。今後、安定して製造運転ができるようになった段階で詳しい分析が必要であるが、これまでのところ赤字経営が可能であると思われる。さらに運転ラインの増設についてもこの試算結果をもとに、関係者と検討しているところである。

## 5. まとめ

スリランカは熱帯雨林に恵まれた国であるが、近年、過剰な伐採により地すべりなどの災害が発生している。そのため、住民が強制的に移住させられるケースも増えているが、多くの移住先では現金収入など生活基盤がなく、自給のための農業も地力が低く難しい。

地球温暖化など環境問題に対する関心が高まっていることから、製材工場から排出されるおが屑を固形燃料として利用することにより、環境に対する関

心を高めていくとともに、その販売を通じて森林資源の保全と、現金収入や、地域の雇用の創出など、地域経済に貢献するために、現地の人々とともに事業を実施している。海外における事業の実施であるために、スリランカの中央政府や地元市役所との調整はじめ、機械設備の購入、設置にあたっては困難な面もあったが、スリランカの関係者の格別の協力により、機械設備を設置し、固形燃料を安定的に生産できることを確認することができた。今後、これを収益事業としてさらに展開するために検討をすすめていきたい。

本事業の実施にあたっては、三井物産環境基金の活動助成をいただいた。ここに記して謝意を表したい。

## 参考文献

- 1) 杉本良男編「アジア読本 スリランカ」河出書房新社(1998).
- 2) 高橋久光他編著「熱帯農業と国際協力」筑波書房(2006).

## 要 旨

スリランカは熱帯性気候区に属している。年間の平均降雨量は少なくない。しかし、乾季には水不足となる。そのため灌漑設備が整備されてきた。その後、灌漑によって豊かな稲作を行ってきた王朝は衰退した。その後、ヨーロッパ諸国の植民地となり、山間部でお茶の栽培が行われてきた。近年、森林資源の過剰な伐採で地すべりによる被害が各地で発生している。地球温暖化に対する関心も高まっている。一方、廃棄物の適正処理は不十分である。そこで、酪農学園大学資源再利用学研究室では、製材所などから排出されるおが屑のリサイクルをおこなっている。廃棄物の適正処理をはじめ森林資源の保全にも効果が期待される。この論文ではスリランカの自然環境の保全を踏まえた、おが屑の固形燃料化の概要を示した。

## Summary

Sri Lanka belongs to the tropical climate district. The amount of the average rainfall during year is not a little. However, it becomes a shortage of water at the dry season. Therefore, the irrigation facilities has been maintained since in 300 B.C.. Afterwards, becomes a colony in European nations, and tea has been grown in the mountainous district.

Recently, damage by the landslide occurs in various places by excessive deforestation of timber resources. Sri Lankan people become concern for global warming has risen. On the other hand, the appropriate management of Municipal Solid Wastes (MSW) and Industrial Wastes are

required.

We focus to the sawdust from the sawmill and/or other industry, and its recycling. The effects are expected to secure the timber resources and appropriate management of waste.