

マダガスカル国

マダガスカル国  
ハイブリッド型ロケットクッキング  
ストーブとエコ燃料の製造販売事業  
基礎調査

業務完了報告書

平成 29 年 5 月  
(2017 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

里山エネルギー株式会社

国内
JR
17-065



No.1 ユーカリ製炭風景/ムラマンガ近郊



No.2 薪の販売風景/アロチャ近郊



No.3 農家の3点カマド/アンパシケリ



No.4 普及途上のカマドヨーコ/アンパトラザッカ



No.5 固定式カマド(薪・木炭)/地方ホテル



No.6 精米所製材所の廃棄オガコ/アロチャ近郊



No.7 燃え続ける廃棄オガコ/ムラマンガ近郊



No.8 クンタン器 (左) と成型器拡大 (右)



No.9 廃棄オガコより作成したエコ燃料



No.10 薪とエコ燃料を併用する Hybrid RCS

## 目次

略語表	.....	i
図表リスト	.....	ii
要約	.....	iv
ポンチ絵	.....	vii
はじめに	.....	1
1. 調査名	.....	1
2. 調査の背景	.....	1
3. 調査の目的	.....	1
4. 調査対象国・地域	.....	2
5. 団員リスト	.....	2
6. 現地調査工程	.....	3
<b>第1章 事業概要</b>	.....	4
<b>第2章 事業の背景と目的</b>	.....	6
2-1. 既存事業の概要	.....	6
2-2. 本事業の発案・検討した背景・経緯	.....	6
2-3. 本事業の目的	.....	10
2-4. 本事業における本調査の位置づけと調査の実施概要	.....	11
<b>第3章 事業対象地域・分野が抱える開発課題の現状</b>	.....	12
3-1. 開発課題の概要と我が国の国別援助方針との関係性	.....	12
3-2. 現地機関、海外機関による支援や事業の状況と残された課題	.....	14
<b>第4章 投資環境・事業環境の概要</b>	.....	15
4-1. 外国投資全般に関する各種政策及び法制度	.....	15
4-2. 本事業に関する各種政策及び法制度	.....	15

4-3.	ターゲットとする市場の現状 .....	16
4-4.	販売チャンネル .....	18
4-5.	競合の状況 .....	19
4-6.	サプライヤーの状況 .....	21
4-7.	既存のインフラ（電気、道路、水道等や関連設備の整備状況） .....	24
4-8.	社会・文化的側面 .....	24
<b>第5章</b>	<b>事業戦略</b> .....	<b>25</b>
5-1.	事業の全体像 .....	25
5-2.	提供しようとしている製品・サービス .....	25
5-3.	事業化に向けたシナリオ .....	30
5-4.	事業目標の設定 .....	31
5-5.	事業対象地の概要（候補地の比較分析、適地選定、技術的調査等） .....	31
5-6.	法人形態と現地パートナー企業の概要 .....	32
5-7.	許認可関係 .....	33
5-8.	リスク分析 .....	33
<b>第6章</b>	<b>事業計画</b> .....	<b>34</b>
6-1.	原材料・資機材の調達計画 .....	34
6-2.	生産、流通、販売計画 .....	34
6-3.	要員計画、人材育成計画 .....	34
6-4.	事業費積算（初期投資資金、運転資金、運営維持保守資金等） .....	34
6-5.	財務分析（収支計画、事業キャッシュフロー、収益性分析） .....	35
6-6.	資金調達計画 .....	35
<b>第7章</b>	<b>本事業を通じ期待される効果</b> .....	<b>36</b>
<b>第8章</b>	<b>現地 ODA 事業との連携可能性</b> .....	<b>37</b>
8-1.	連携事業の必要性 .....	37

8-2.	連携事業の内容と期待される効果.....	37
<b>第9章</b>	<b>事業開始までのアクションスケジュール</b> .....	<b>39</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>41</b>

(別添)

**ハイブリッド型ロケットクッキングストーブ (HybridRCS) とエコ燃料の燃焼試験結果**

1.	3点カマドと薪の燃焼特性 .....	1
2.	エコ燃料の製造方法と燃焼特性 .....	3
(1)	エコ燃料の製造方法 .....	3
(2)	カイゼンカマドを用いたエコ燃料の燃焼試験 .....	6
3.	Hybrid RCS の燃焼特性 .....	9

## 略語表

マダガスカル	マダガスカル共和国
Hybrid RCS	ハイブリッドロケットクッキングストーブ Hybrid Rocket Cooking Stove
CRM 型ビジネス	社会支援型ビジネス Cause Related business
LDC	後発開発途上国 Least Developed Country
WWF	世界自然保護基金 <a href="http://www.wwf.or.jp/activities/2011/06/992506.html">http://www.wwf.or.jp/activities/2011/06/992506.html</a>
CIRAD	フランス国際農業開発センター
Mt	百万トン Million ton
PRODAIRE	ムララノクロム総合環境保全・農村開発促進手法開発プロジェクト (JICA 技術協力)
CFAMA	アンチラベ農業機械化訓練センター

## 図表リスト

表 1	業務従事者の氏名及び担当業務 .....	2
表 2	現地調査工程表 .....	3
表 3	マダガスカル主要指標一覧 .....	15
表 4	調理用熱源として、薪と木炭の一般的な特徴 .....	17
表 5	市販のカイゼンカマドの価格比較 .....	19
表 6	調査対象地の薪・木炭の市販価格 .....	20
表 7	市販の鋼材価格 .....	22
表 8	Hybrid RCS と 3 点カマド（3 つ足五徳）を用いた薪の燃焼試験結果 .....	26
表 9	Hybrid RCS を用いた薪と、エコ燃料 2 種・木炭の混焼試験結果 .....	27
表 10	カイゼンカマドを用いた、エコ燃料 2 種、木炭、薪の燃焼試験特性 .....	28
表 11	CRM 型 Hybrid RCS とエコ燃料の事業資金計画 .....	35
表 12	事業開始までのアクションスケジュール .....	40
図 1	調査対象国・地域 .....	2
図 2	CRM 型ビジネスモデルを活用したハイブリッド型ロケットクッキングストーブとエコ燃料の製造販売事業（概要） .....	5
図 3	本邦における里山エネルギーの社会支援型（CRM 型）ビジネスモデル .....	6
図 4	Hybrid RCS の断面図と概観/JICA 調査団作成 .....	10
図 5	提供しようとしている製品・サービス .....	25
図 6	Hybrid RCS と 3 点カマド（3 つ足五徳）を用いた薪の燃焼特性 .....	27
図 7	Hybrid RCS の L 字型ダクトの改善（案） .....	30
図 8	想定する Hybrid-RCS ・クンタン器・成形器の販売、普及体制 .....	32
図 9	想定するエコ燃料の販売・普及体制 .....	33
写真 1	未活用の廃棄オガコとモミガラが発生状況 .....	7
写真 2	薪と各種調理用カマドの実例 .....	9
写真 3	本事業で現地製造・販売を想定している Hybrid RCS、クンタン器、並びに成型器 .....	10
写真 4	ムラマンガ～アロチャ方面での廃棄物発生と製炭状況 .....	13

写真 5	ムラマンガ市内の規模の大きい食堂での木炭・製材端材の使用例 .....	16
写真 6	薪と各種調理用カマドの実例 .....	18
写真 7	各種調理用カマドの市販価格と年間製作個数 .....	20
写真 8	アンバトラザッカ、ムラマンガ近郊の鋼材販売店と門扉業者 .....	22
写真 9	精米所でのモミガラの発生状況（アンパシケリ） .....	24
写真 10	Hybrid RCS と 3 点カマドを用いた燃焼試験 .....	28
写真 11	エコ燃料の使い方 .....	29

(別添)

表 1	3 点カマド（3 つ足五徳）を用いた薪の燃焼区 .....	1
表 2	3 点カマド（3 つ足五徳）を用いた薪の燃焼試験結果 .....	2
表 3	3 点カマド（3 つ足五徳）を用いた薪の燃焼特性 .....	2
表 4	廃棄オガコと廃棄モミガラの必要量 .....	3
表 5	カイゼンカマドを用いたエコ燃料 2 種の燃焼特性 .....	6
表 6	カイゼンカマドを用いたエコ燃料 2 種、木炭、薪の燃焼試験結果 .....	7
表 7	カイゼンカマドを用いたエコ燃料 2 種、木炭、薪の燃焼特性 .....	8
表 8	Hybrid RCS を用いた薪と、エコ燃料 2 種・木炭の混焼試験区 .....	9
表 9	Hybrid RCS を用いた薪と、エコ燃料 2 種・木炭の混焼試験結果 .....	10
表 10	Hybrid RCS を用いた薪と、エコ燃料 2 種・木炭の混焼試験の特性 .....	11
表 11	Hybrid RCS と 3 点カマドを用いた薪の燃焼特性の比較 .....	11

図 1	Hybrid RCS と 3 点カマド（3 つ足五徳）を用いた薪の燃焼特性 .....	12
-----	---	----

写真 1	3 点カマド（3 つ足五徳）を用いた薪の燃焼試験 .....	2
写真 2	モミガラの粉炭作業 .....	3
写真 3	エコ燃料の製造方法 .....	5
写真 4	エコ燃料の使い方 .....	5
写真 5	カイゼンカマドの燃焼試験に用いた木炭、薪、モミガラエコ燃料、オガコエコ燃料 .....	7
写真 6	Hybrid RCS を用いた薪と、エコ燃料・木炭の燃焼試験 .....	10



## 要約

本調査は、薪や木炭等の薪炭材確保のための過度な森林伐採が喫緊の課題となっているマダガスカルにおいて、里山エネルギー株式会社（以下、里山エネルギー）が同国の森林減少を緩和するために①現地ニーズにあわせて新たに開発した薪と木炭の併用が可能で燃焼効率の高いハイブリッド型ロケットクッキングストーブ Hybrid Rocket Cooking Stove（以下、「Hybrid RCS」と略す）の製造・販売と、②燃料源として有効であるが廃棄・集積されている未活用の製材オガコやモミガラを炭化・成型化したエコ燃料（以下、「エコ燃料」と略す）の製造技術を普及させ、並びに③エコ燃料製造のための簡易な器具（クンタン器と成型器）の製造・販売を行う事業の基礎調査である。

### 第1章 事業概要

本事業は、マダガスカルの調理用熱源として、薪や木炭を確保するために行われる過度な伐採による森林減少を緩和するために、薪と木炭が併用可能で燃焼効率の高い Hybrid RCS と、燃料源として有望であるが未活用の農林業系廃棄物（製材オガコやモミガラ等）をエコ燃料に転換し、同国の森林減少を緩和すると同時に、未活用のオガコやモミガラが廃棄集積されている地域の環境改善を図るものである。

里山エネルギーは、本邦で行う寄付金付き商品の売上の一部を本事業の活動資金とする CRM 型（社会支援型）ビジネスモデルを活用し、農林業廃棄物を調理用エコ燃料に転換することにより、薪や木炭の使用量削減を図り、加えて、既存の3点カマドよりも燃焼効果が高い Hybrid RCS を普及させることにより、薪の使用量削減を図るものである。また、エコ燃料の製造技術を農村部に普及させるために、エコ燃料の製造器具（クンタン器と成型器）を安価に販売・製造する拠点作りを進める。Hybrid RCS は既存のカイゼンカマドより高価であるため、事業開始当初は比較的薪や木炭の使用量が多い食堂やホテルを対象に販売する方針である。

### 第2章 事業の背景と目的

発案の背景は、2015年2月、マダガスカルにおいて植林や環境活動を行っている現地 NGO “SAKURA” より、「里山エネルギーが企画・販売しているロケットストーブを、薪や木炭のために森林が危機的な状況にある当地に導入できないか」と打診され、同国の森林や薪・木炭等の利用状況を事前調査したことに端を発する。調査の結果、同国のエネルギーインフラは脆弱であり、調理用熱源として薪や木炭への依存度が極めて高く、薪炭材確保の過度な森林伐採が森林減少の一因であることがわかってきた。他方、地方農村部では燃料源として有望な製材オガコやモミガラ等が未活用まま廃棄され、廃棄された製材オガコが河川へ流出し、原野火災の火元となる等の地域課題が生じていた。

里山エネルギーは、我が国の農村が古くから培ってきた「自然資源を持続的に利活用してきた伝統的な仕組み（知恵や工夫）」と、現代の知見や技術と組み合わせた機器の企画・販売を手がけている。そうした機器の一つであるロケットクッキングストーブを現地ニーズにあわせて改良を加え、さらに現地で未活用となっている廃棄オガコやモミガラを炭化・成型化した木炭の代用品を開発・提供することにより、薪炭材生産に起因する森林伐採を緩和することが期待され、本調査を立案した。

### 第3章 事業対象地域・分野が抱える開発課題の現状

本事業は、マダガスカルの喫緊の開発課題である薪炭材確保による過度な森林減少を緩和するため、地方農村部でエネルギーや農業資材等に有効活用されず、廃棄集積されている農林業の廃棄物をエコ燃料に転換し、エコ燃料を普及させることにより、木炭の使用量を減らし、製材オガコやモミガラ等の廃棄集積地の周辺住民の環境改善を図るものである。さらに、既存の3点カマドよりも燃焼効果が高いHybrid RCSを普及させることにより、薪の使用量削減を図るものである。

### 第4章 投資環境・事業環境の概要

マダガスカルでは2009年3月に政変がおきて暫定政府が成立し、ドナーからの援助が滞った。だが、2014年1月に大統領選挙が行われ、正式な政府が発足し、各種の協力事業、援助が再開されたばかりだ。同国は暫定政権下の経済課題の解決を図るため、国家開発計画NDP（2015年～2019年）を策定し、セクター別に優先項目及び目標値を定め、外国投資の優遇枠を拡大、農業分野で市場価値のある農業ビジネスの展開を図りながら、農村の貧困や環境改善を目指している。

本事業が提供しようとしている製品・サービスにおいて、①Hybrid RCSは薪や木炭を大量に使用する食堂やホテル等をターゲットとし、②エコ燃料の製造技術と製造器具のターゲットとして原料調達が容易な農家、あるいは農家グループを想定している。尚、農家（あるいは農家グループ）が製造したエコ燃料は自家消費するとともに、原料が調達できない町の薪・木炭利用者に販売することも想定される。

### 第5章 事業戦略

本事業は、廃棄オガコやモミガラから製造する調理用エコ燃料と、その製造技術を普及させるために、エコ燃料の製造器具（クンタン器と成型器）を製造・販売し、加えて従来の3点カマドよりも燃焼効率の高いHybrid RCSを製造・販売することである。本調査のデモンストレーションにおいて、マダガスカルの地域住民からはHybrid RCSとエコ燃料を、現在使用されているカマドや薪、木炭に代替する調理燃料として使用してみたいという意見が多かった。だが、実際に使ってみないとわからないという意見も多く、新たに開発するHybrid RCSのプロトタイプ20台程度を、その地域の家庭に試験的に提供し、モニターとして使った感想をもとに改良を実施し、教育的指導も行っていく。その拠点として、①アンタナナリボ（マダガスカル・サービス、NGO SAKURA）②アンパシケリ（ASSOCIATION HUMANAIRE VONJY AVANA 支局）③ソアビナンディア（カイゼンカマドの製作者のMr. Bajile氏）④アンチラベ（農業機械化訓練センター）⑤サカイ（ロバソア小学校）を想定している。

### 第6章 事業計画

本事業では、現地の既存のカマド業者等にHybrid RCSとエコ燃料製造器具（クンタン器、成型器）の製造・販売を委託するため、新たな資機材の調達は想定しない。本事業は5か所の販売・普及拠点を核に、カマド業者等への委託製造・販売拠点を構築する方針である。Hybrid RCSとエコ燃料の製造器具はそれぞれ年間100個と236セットを5か所の販売・普及拠点、

並びにその下部組織の門扉業者等を通じて製造・販売を行う方針である。

本事業は委託業務契約を想定しており、マダガスカルにおける新たな要員や人材の確保は想定していない。但し、5か所の委託販売・普及拠点との調整や Hybrid RCS とエコ燃料製造器具の製造技術やエコ燃料の製造等の普及を行うため、里山エネルギーの社員、日本国内で連携する企業や団体の社員または、青年海外協力隊や ABE イニシアティブを終了した者を新たに雇用し、マダガスカルへ派遣することを検討している。

本事業における5年間の事業費は13,500千円を想定しており、Hybrid RCS、クタン器、ブリケット成形器の製造に関わる資金については、里山エネルギーが販売するナノ発電所を中心とする太陽光発電商品の売上の一部を資金として活用する。現地での活動費、人件費等においては、株式会社 Campfire で実施するマダガスカルでの里山エネルギー普及のクラウドファンディングを通して、資金の調達を確保する。

## 第7章 本事業を通じ期待される効果

本事業を実施することにより、マダガスカルで消費される薪、炭の量を減らすことができ、オガコ、モミガラ等の廃棄物の適切な処理による衛生状態の改善にもつながり、森林保全だけでなく、地域住民の生活改善が期待できる。

さらに、マダガスカル向けに現地生産、販売できる形状の Hybrid RCS を足利工業大学と連携して2018年3月を目処に新たに開発する。同時に途上国に進出してエネルギー問題を解決する Made in Japan の社会貢献ブランドとして「SATOYAMA」を位置づけ、初期の販売は日本をメインにし、マダガスカルでの販売にもチャレンジする。

## 第8章 現地 ODA 事業との連携可能性

マダガスカルは、森林の減少、貧困などを中心に、水、廃棄物など開発課題を多く抱えている。より高い開発効果を発揮するためには、総合的なエネルギーの活用の提案が不可欠である。それを実施するうえで、現状を正確に把握し、基盤を整えていくことが必要である。Hybrid-RCS やエコ燃料が住民に与える裨益効果は、家庭レベルでは大きいものの、森林保全や生活改善といった国レベルでの課題解決には力が足りない。里山エネルギーでは、民間連携ボランティア制度、JICA 案件化調査、JICA 草の根支技術協力事業、外務省草の根・人間の安全保障無償資金協力等の事業を活用し、自然エネルギー商品や省エネ技術の活用や継続的な普及・支援活動を実施していく。さらに、本調査で試作機の製作等を依頼した農業機械化訓練センター（CFAMA）から継続した事業連携の依頼を受け、引き続き、製品の開発等において協力体制を継続していく。

## 第9章 事業開始までのアクションスケジュール

2018年8月から日本国内で Hybrid RCS の新製品の開発を開始する。また、2017年9月から11月を目処に現地パートナー業務委託を締結させ、締結後の2017年12月から2018年2月モニタリングを実施する。モニタリングの実施に合わせ、マダガスカル支援のための、クラウドファンディングを実施し、現地への Hybrid RCS、エコ燃料の製造に関わる指導を2018年1月頃に実施する予定である。2019年には本格的な社員の派遣も検討している。

## 基礎調査

# マダガスカル国ハイブリッド型ロケットクッキングストーブとエコ燃料の製造販売事業基礎調査

### 企業・サイト概要

- 提案企業：里山エネルギー株式会社
- 代表企業所在地：栃木県佐野市植上町
- サイト：マダガスカル国アンチラベ、ムラマンガ、アロチャ周辺
- C/P：農業機械化訓練センター(CFAMA)



### マダガスカル共和国の開発課題

- 製炭利用による過度な伐採による森林減少
- 植林後の短い周期で森林伐採
- 製材業によるオガ粉の大量廃棄
- 主食であるコメの生産によるモミガラの大量廃棄 (2005年から2010年の5年間で2,850km<sup>2</sup>森林減少)

### 中小企業の製品・技術

- 廃棄されたオガコやモミガラを炭化させ、固形化するエコ燃料の製造
- 薪及び木炭、エコ燃料が併用できる燃焼効果の高いハイブリッド型ロケットクッキングストーブ

### 日本の中小企業の事業戦略

- ・CRM型(社会支援型)ビジネスモデルを活用して、現地パートナーを支援。
- ・エコ燃料製造及びハイブリッドロケットクッキングストーブ製造・販売に関わる人材の育成及び教育
- ・新たなハイブリッドロケットクッキングストーブの開発

### 中小企業の事業展開を通じて期待される開発効果

- ・“薪や木炭の使用量を減らす代替手段の導入”を通じた森林や自然環境の保全
- ・エコ燃料の普及及び製造・販売による農家や国民の生計向上と社会環境の改善
- ・里山エネルギー株式会社の再生可能エネルギー機器と組み合わせた「地域資源を活かした社会づくり」の展開

## はじめに

### 1. 調査名

和文：ハイブリッド型ロケットクッキングストーブとエコ燃料の製造販売事業基礎調査

英文：Survey on business development of hybrid rocket cooking stove and eco-fuel (SME Partnership Promotion)

### 2. 調査の背景

マダガスカル共和国（以下、「マダガスカル」と略す）は労働人口の約 75 %が農業に従事しており、その多くが貧困層に分類される。また、マダガスカルは面積約 58 万 7 千 km<sup>2</sup>（日本の約 1.6 倍）の島国であり、国土の約 63%は草地、国土の約 22%は森林であり、面積 2005 年から 2010 年の 5 年間で計 2,850 km<sup>2</sup> 減少している（東京都の約 1.3 倍、年間減少率約 0.45 %）。森林の減少・劣化主要因は、長年の住民による過度な焼畑や家庭でエネルギー源となる木材の伐採、それらを要因とする森林火災と考えている。本事業の対象地であるムラマンガ（首都アタナリボから約 120km）では、現在マダガスカルの木炭最大生産地は、ムラマンガ Moramanaga 近辺の小規模農家所有 50～100 年前に造成された極めて古い植林地である。同植林地は、植林した樹木の生育を待たず 4～5 年で伐採し、伐採後も施肥や植替えを行わないため森林面積や蓄積が徐々に減少している状況である。また、放牧のための広範囲な火災が毎年発生しており、近い将来木炭の不足が顕在化すること推測される。また、1970 年代に“世界銀行によるマツの融資植林”が行われ、同地ではマツを利用した 30 社程度の製材工場が操業しており、同製材品は首都近辺の他、トアマシナ港を經由して隣国のモーリシャスやレユニオンへ輸出されている。しかしながら、同地では製材時に発生したオガコが有効活用されず、廃棄物として工場周辺の崖地や川沿い等の空き地に違法廃棄されており、河川や水田の汚染他、原野火災の延焼を助長する等、対象地における森林減少・劣化に拍車をかけている。

### 3. 調査の目的

上記の背景のもと、対象地で廃棄されているオガコや未利用モミガラを原料とする粉炭（エコ燃料）と従来の薪や木炭を併用可能で燃焼効率の高いハイブリッド型ロケットクッキングストーブの事業化に係る基礎調査を実施する。

#### 4. 調査対象国・地域

マダガスカル国ムラマンガ

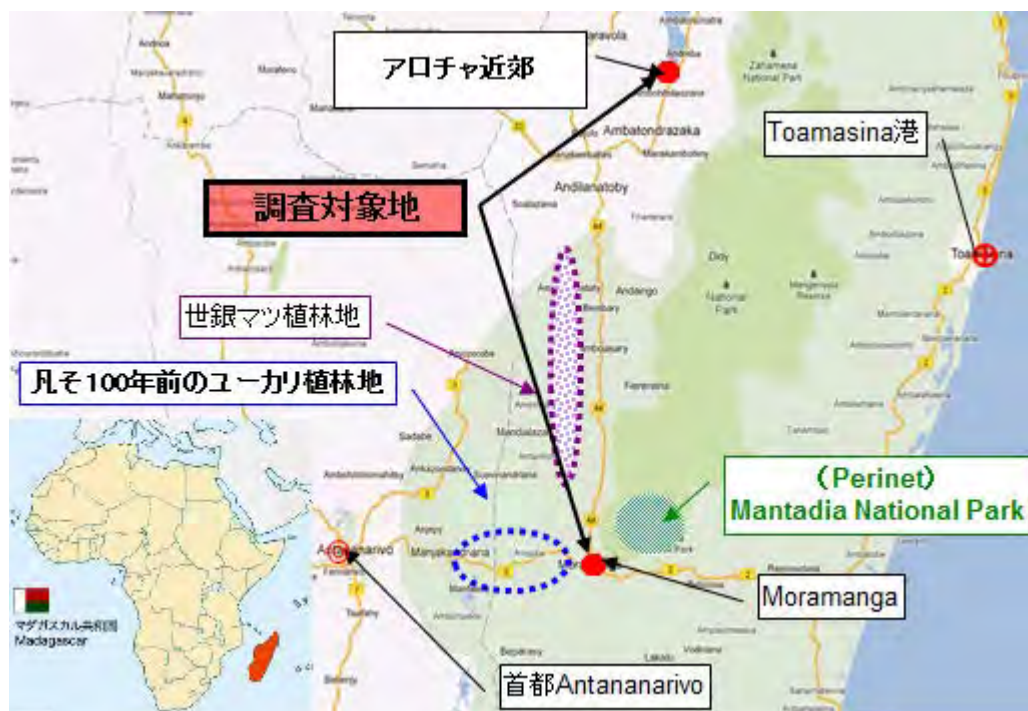


図 1 調査対象国・地域/JICA 調査団作成

#### 5. 団員リスト

本調査の業務従事者の氏名、担当業務、並びに所属先を、下表に示す。

表 1 業務従事者の氏名及び担当業務等

氏名	担当業務	所属
(業務主任者) 上岡 裕	法人形態と現地パートナー企業の概要、資金調達計画	里山エネルギー(株)
大和田 正勝	本事業を通じ期待される効果、 現地 ODA 事業との連携の可能性、 事業開始までのアクションスケジュール	里山エネルギー(株)
(チーフアドバイザー) 原口 直人	事業対象地域・分野の開発課題の現状 投資環境・事業環境の概要 事業戦略、事業計画(資金調達計画を除く)、 Hybrid RCS とエコ燃料の燃焼試験結果分析	日本製紙連合会
浅川 日出男 (マダガスカル在住)	製材オガコ、モミガラ等の廃棄物発生状況、 Hybrid RCS、エコ燃料試作に係る協議・調整 Hybrid RCS とエコ燃料の燃焼試験	Madagascar Services
Herdmane HARISONA (マダガスカル在住)	カイゼンカマド、鋼材等の市販価格調査 エコ燃料の製造マニュアル作成	Madagascar Services

## 6. 現地調査工程

下記の調査内容にて、調査員を派遣した。

表 2 現地調査工程表

実施時期	訪問先	調査内容
2016年8月(16日間) 原口 直人	環境森林省(MEEF)、農業機械化訓練センター(CFAMA)、製材業者、カイゼンカマド業者、アロチャ青年海外協力隊	・調査計画の説明、現地製作の可能性、原料発生状況調査、カイゼンカマドの普及状況等
2016年9月(4日間) 浅川 日出男	農業機械化訓練センター(CFAMA) / カイゼンカマド業者	Hybrid RCS の試作依頼/エコ燃料の試作依頼
2016年11月(4日間) 浅川 日出男	農業機械化訓練センター(CFAMA) / カイゼンカマド業者	Hybrid RCS の試作器受取依頼/エコ燃料の試作品受取
2016年12月(2日間) Herdmane HARISONA	カイゼンカマド業者	エコ燃料の作成マニュアルの協議
2017年2月 大和田 正勝(12日間) 浅川 日出男(6日間) Herdmane Harisona(4日間) 原口 直人(3日間)	農業機械化訓練センター(CFAMA) 及びアロチャ近郊農村部	Hybrid RCS とエコ燃料の燃焼試験結果報告及び試作機の改善点等協議。アロチャ近郊でのデモンストレーションの実施。
2017年3月 上岡 裕(6日間) 浅川 日出男(2日間)	現地ビジネスパートナー候補、青年海外協力隊(サカイ地域)	ODA等の連携可能性、現地活動母体候補との協議

## 第1章 事業概要

本事業は、マダガスカルの調理用熱源として薪や木炭確保のための過度な伐採による森林減少を緩和するために、薪と木炭が併用可能で燃焼効率の高いHybrid RCSと、燃料源として有望であるが未活用の農林業系廃棄物（製材オガコやモミガラ等）をエコ燃料に転換し、同国の森林減少を緩和すると同時に、未活用のオガコやモミガラが廃棄集積されている地域の環境改善を図るものである。

里山エネルギーは、本邦で行う寄付金付き商品の売上の一部を本事業の活動資金とするCRM型（社会支援型）ビジネスを活用し、農林業廃棄物を調理用エコ燃料に転換することにより、薪や木炭の使用量削減を図り、加えて、既存の3点カマドよりも燃焼効果が高いHybrid RCSを普及させることにより、薪の使用量削減を図るものである。また、里山エネルギーはエコ燃料の製造技術を農村部に普及させるために、エコ燃料の製造器具（クンタン器と成型器）を安価に販売・製造する拠点作りを進める。Hybrid RCSは既存のカイゼンカマドより高価であるため、事業開始当初は比較的薪や木炭の使用量が多い食堂やホテルを対象に販売する方針である。

里山エネルギーは、現地の活動母体（個人や組織）と連携して、エコ燃料の製造普及活動を行いながら、地方の鉄工所や門扉業者等の金属加工業者にHybrid RCSとエコ燃料製造器具（クンタン器と成型器）の製造技術を開示・指導して、これらの金属加工業者がエコ燃料の製造を希望する農家（あるいは農家グループ）に販売する。また、現地の活動母体は地方の食堂やホテルを対象にHybrid RCSの燃焼効果を普及し、Hybrid RCSの販売を行う。

尚、里山エネルギーは、里山活動寄付金年間972千円を元に、Hybrid RCSを年間100個、エコ燃料製造器具（クンタン器と成型器）236セットを製造・販売する。Hybrid RCSとエコ燃料製造器具は安価に普及するために半額で販売する計画である。それぞれの販売価格は、Hybrid RCSが@39,000MGA（約1,400円）、エコ燃料製造器具が@43,000MGA（約1,500円）を想定している。

里山エネルギーは、Hybrid RCSとエコ燃料の燃焼効果を明らかにするために、マダガスカルにて各種の燃焼試験を行った結果、a) Hybrid RCSは既存の3点カマド（3つ足五徳）に対し薪の使用量を2割～5割減らすことが可能であり、b) エコ燃料はクンタン器と成型器を用いて製材オガコやモミガラより容易にエコ燃料を製造することが可能であり、c) オガコを原料とするオガコエコ燃料は木炭と同量で、モミガラを原料とするモミガラエコ燃料は木炭の2倍量で、代替することが可能であった。

CRM型ビジネスモデルを活用した本事業のビジネスモデル（概要）を、以下に示す。





図 2 CRM 型ビジネスモデルを活用したハイブリッド型ロケットクッキングストーブとエコ燃料の製造販売事業 (概要)

## 第2章 事業の背景と目的

### 2-1. 既存事業の概要

里山エネルギー（栃木県佐野市）は、自然エネルギーの普及を手がける NPO 法人エコロジーオンラインを母体とする会社で、里山で育まれた知恵や工夫、小さな自然エネルギー等の自然資源を活用した機器の企画・販売を行っている。これら機器の販売を通じて、途上国や被災地を支援する「寄付金付き商品 “くまモンナノ発電所”」の活動も実施している。同商品は、熊本支援活動から生まれた商品であることから、製造を手がける株式会社システムトークスと連携して売上の一部をエコロジーオンラインの活動を通して、途上国や被災地の支援に活用している。



具体的には、寄付金付き商品を外部の活動賛同者に販売し、また同商品のメーカーは売上の一部を里山エネルギー母体である NPO エコロジーオンラインに寄付し、里山エネルギーは売上の一部を受け取り、同資金を当事業の原資として本事業の他、被災地支援や再生可能エネルギー普及活動を支援する。これらのビジネスモデルは、一般に Cause Related Marketing (CRM) 寄付型、あるいは社会支援型ビジネスモデルと呼ばれ、本事業の活動実績が本邦における里山エネルギーの販売売上进行を促進することにつながる。



図 3 本邦における里山エネルギーの社会支援型（CRM 型）ビジネスモデル

### 2-2. 本事業の発案・検討した背景・経緯

#### 2-2-1 発案・検討の背景

発案の背景は、2015年2月、マダガスカルにおいて植林や環境活動を行っている現地 NGO “SAKURA” より、「里山エネルギーが企画・販売しているロケットストーブを、薪や木炭のために森林が危機的な状況である当地に導入できないか」を打診され、里山エネルギーは同年5月マダガスカル在住の日本人（本案件採択後、JICA 調査員として参加）を首都アンタナナリボより約 120km に位置するムラマンガに派遣し事前調査を行った。

ムラマンガ森林支局にヒアリングした結果、当地では製炭のための森林伐採の他に、製材所から廃棄されたオガコの処理を巡って多くの問題が発生している。例えば、オガコを河川に流すことも多く、その場合 JIRAMA（電気水道供給公社）の貯水池で水質悪化が報告されている。また、廃棄する場所を巡っての問題も多く、製材業者は捨てる場所に何がしかの支払いをしているが、周辺の環境への悪影響が指摘されており、また廃棄場所にてオガコの流出や火災の火元になる等の問題が発生しており、市当局と解決策を協議しているが、これまでの所進展はないとのことであった。

さらに、マダガスカルは森林や木炭等に関する文献調査を行った結果、マダガスカルは、同島固有の多様な生物種が数多い生物多様性の国として知られており、近年においても新種が発見されている。WWFによれば、1999年から2010年の間に、615種もの新種の野生生物が発見された。これらの新種には、41種の哺乳類、42種の無脊椎動物、17種の魚類、69種の両生類、61種の爬虫類、385種の植物が含まれている（WWF）<sup>1</sup>。しかしながら、同国は近年生態系の破壊の危機に瀕している生物多様性のホットスポットとしても知られている。同国の国土の約63%は草地、森林面積は国土の約22%であり、2005年から2010年の5年間で2,850km<sup>2</sup>減少している（東京都の約1.3倍、年間減少率約0.45%）（World bank 2010）<sup>2</sup>。森林の減少・劣化の主要因は、長年の住民による過度の焼畑や伐採、森林火災と考えられている。森林伐採に関しては、違法とされている高級木材の伐採の他、食糧確保のための焼畑伐採、薪炭材確保のための伐採が地方では日常的に散見される。

特に、薪炭材確保の伐採は同国のエネルギーインフラの脆弱性が背景にある。比較的エネルギーインフラが整っている都市部においても、調理用エネルギーの凡そ90%が木炭に依存している。また、マダガスカルの2008年エネルギー消費の約85%がバイオマスエネルギーより供給され、2000年から2008年の木炭生産量は0.65Mtから1.03Mtに増加している（CIRAD 2011）<sup>3</sup>。同国の森林面積は依然減少しており、森林の成長量（あるいは蓄積量）を上回る木炭の生産量の増加は結果、森林を疲弊させ生物多様性を低下させる要因となることが容易に推察される。

他方、マダガスカルの主食はコメであり、コメの生産量は2012年約455万トン（粳ベース）で、2013年以降はサイクロンや干ばつ、虫害等の影響により400万トンを下回る（農業統計）<sup>4</sup>。収穫された粳は、少量なら個人で精米し、粳1袋（約50kg）を精米する場合は近隣の精米所で精米する。このため精米所では大量のモミガラが未活用のまま廃棄集積されている。ムラマンガの廃棄オガコの集積地、アンバトラザッカ（アロチャ近郊）の市場での薪や木炭の販売風景、アロチャ近郊の精米所裏手に集積された廃棄モミガラの事例を、以下に示す。



写真 1 未活用の廃棄オガコとモミガラの発生状況/2015年 JICA 調査団撮影

里山エネルギーが所在する栃木県は、北関東に位置する内陸県で、標高 2,000m の奥羽山脈を源に、那珂川・鬼怒川・渡良瀬川に育まれた平野部が広がり、稲作や畑作、木材や木炭等、農林業の盛んな県である。特に、電気やガス等のエネルギーインフラが整うに従い衰退した製炭業も、近年のグルメブームや本物志向、さらにはレジャーブーム等から燃料としての用途が増加するとともに、土壌改良資材や水質浄化資材、調湿剤等新しい用途の利用増からわずかながら増加傾向である。2015 年の木炭生産量は、全国で 18,255 トン、そのうち同県は 577t で全国第 10 位の木炭生産県である。

一般に、炭作りは生木を炭焼き釜で木炭にする方法の他、製材オガコを加圧成型する方法がある。我が国では、オガコを成型したオガライトは薪の代用品として、オガライトを炭化したものがオガタン（成型炭）として製造・販売されている。他方、炭は調理用や暖房用の熱エネルギーとしての利用の他、多孔質な炭の素材特性を活かし、古くから農業や畜産等で木炭（あるいは粉炭）が土壌改良資材や牛舎の臭い消し、堆肥資材等として使われてきた。特に、オガコやモミガラを粉炭製造方法は、クンタン器を用いることにより、農家の非力な女性でも簡単に炭化することが可能である。

こうした我が国の農村が古くから培ってきた「自然資源を持続的に利活用してきた伝統的な仕組み（知恵や工夫）」と現代の知見や技術と組み合わせた機器を現地に持ち込むことにより、本邦で企画・販売するロケットクッキングストーブを元に現地ニーズにあわせて新たなロケットクッキングストーブの開発が可能であり、さらに現地で未活用の廃棄オガコやモミガラを炭化・成型した木炭代用品を開発・提供することにより、結果、薪炭材に起因する森林伐採を緩和することが期待され、本調査を立案した。

## 2-2-2 発案・検討の経緯

### (1) エコ燃料の発案・検討の背景

エコ燃料は、クンタン器を用いてバイオマスを炭化し、粉炭をデンプン等のバインダーで成型・固形化することにより、容易に製作可能である。原料として着目したのが、製材所で廃棄・集積されているオガコと各地の精米所で未活用なモミガラである。現地で試作したクンタン器と成型器を用いて試作したエコ燃料の使用例を、以下に紹介する。



クンタン器を用いたモミガラの炭化作業



できあがったモミガラ粉炭



写真 2 エコ燃料の製造方法/2016 年 JICA 調査団撮影

## (2) Hybrid RCS の発案・検討の背景

マダガスカルでは日常の調理に際し、薪や木炭を燃料とし 3 点カマドを用いた調理の事例が多いことから、3 点カマドよりも燃焼効率のよい調理用カマド（あるいは調理用ストーブ）の開発・普及が必要と感じ、さらに薪と木炭の 2 種類の燃料が併用できる方が望ましいと考えた。そこで、Hybrid RCS の原型となったのが、里山エネルギーが企画・販売しているロケットストーブ（あるいはロケットクッキングストーブ）である。

ロケットストーブは薪ストーブの一種で米国が発祥とされており、従来の薪ストーブより燃焼効率が良く、廃材や枯れ木も燃料になり、身近な素材で作れることもあって、日本ではキャンプの他、震災を機にロケットストーブに対する関心が高まっている。ロケットストーブの特徴は、ダクト（燃焼筒）の下部で燃料に着火することにより、ダクト内で上昇気流が生まれ、煙突効果によりダクト排気口から炎や熱が勢いよくでることからロケットストーブと呼ばれている。

木炭を燃焼させるための小型のカマドと既知のロケットクッキングストーブを組み合わせた Hybrid RCS を開発した。以下に、Hybrid RCS の概観を示す。

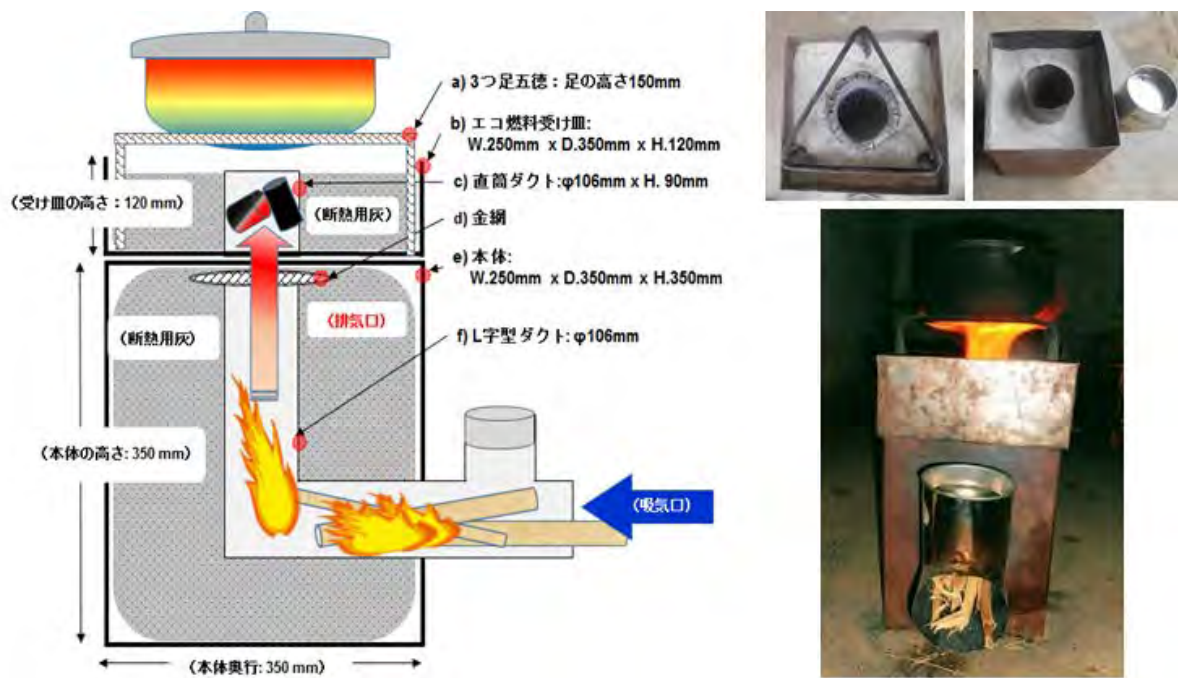


図 4 Hybrid RCS の断面図と概観/JICA 調査団作成

### 2-3. 本事業の目的

本事業は、薪炭材の過度の森林伐採を緩和するために、廃棄集積された製材オガコやモミガラを、①従来の3点カマドよりも燃焼効率の高いHybrid RCSの製造・販売と、②廃棄オガコやモミガラをエコ燃料に転換する技術の普及と、③同技術普及のためのエコ燃料製造器具（クンタン器と成型器）を製造・販売することを目的とする。

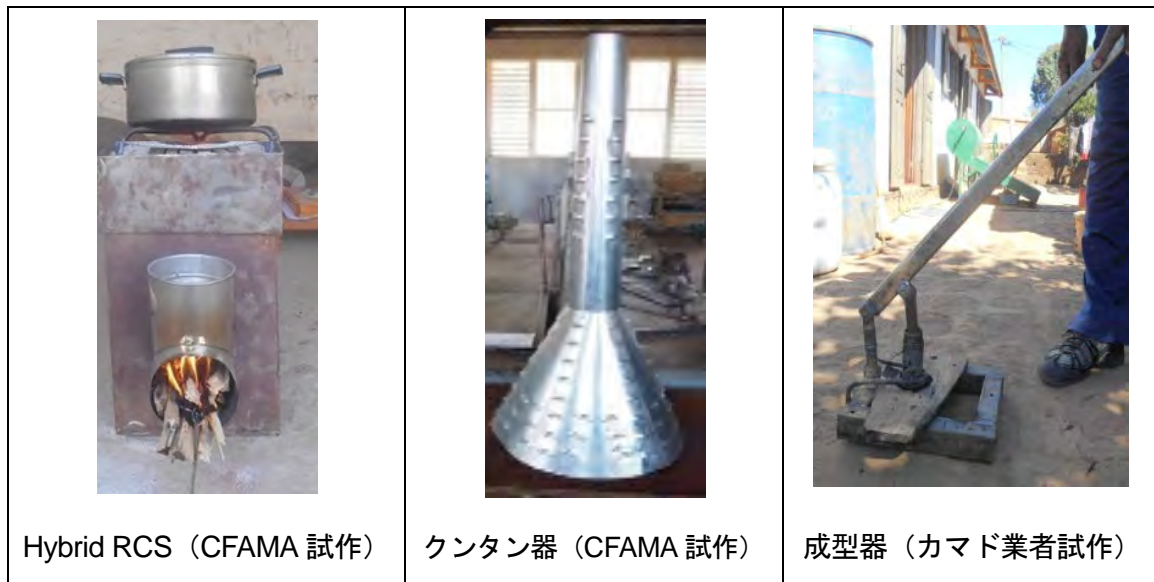


写真 3 本事業で現地製造・販売を想定している Hybrid RCS、クンタン器、並びに成型器

#### 2-4. 本事業における本調査の位置づけと調査の実施概要

本事業にて提供しようとしている製品・サービスは、①Hybrid RCS、②エコ燃料の製造技術の普及、並びに③エコ燃料製造器具（クンタン器と成型器）である。これらの製品・サービスが対象とする既存の製品が、薪と木炭、これらを使用する調理用カマドである。但し、現地の薪・木炭、並びに調理用カマドは極めて安い価格であると想像される。このため、Hybrid RCS とエコ燃料の製造器具（クンタン器と成型器）は価格や性能の面で市場競争力を持たなければならない。本調査は、Hybrid RCS とエコ燃料の製造器具は現地製造を想定し、現地の素材や原料の価格、製作技術、並びにエコ燃料に対する住民のニーズ等を把握し、Hybrid RCS とエコ燃料製造器具の現地製造・販売、エコ燃料の技術普及を行うための基礎調査として位置付ける。

具体的には、現地での Hybrid RCS 試作・組立、エコ燃料の試作を想定し、Hybrid RCS のパーツ（L字ダクト）と、廃棄オガコやモミガラを粉炭にするクンタン器を現地に持参し、Hybrid RCS の本体と受け皿、並びにクンタン器の試作を CFAMA で行った。持参した Hybrid RCS を現地で組み立てて各種燃焼試験を実施した。一方、エコ燃料は CFAMA が試作したクンタン器を用いて廃棄オガコやモミガラを粉炭にし、現地カイゼンカマド業者の協力を得て、オガコ/エコ燃料とモミガラ/エコ燃料を試作した。2種類のエコ燃料は既存のカイゼンカマドや Hybrid RCS を用いて各種燃焼試験を行い、その効果を明らかにした。

Hybrid RCS、エコ燃料の製造に必要な器具（クンタン器、成型器）の試作機を用いて、簡易な切断機や溶接機等を有する町場の金属加工業者（主に、門扉制作業者）を対象に技術調査を行った。さらに、対象とする薪や木炭、各種カマド、各種鋼材等の価格調査を行い、Hybrid RCS やエコ燃料製造器具（クンタン器と成型器）の販売価格を試算した。また、仮に農家自らがエコ燃料の販売を希望した場合のエコ燃料の適正価格を試算した。

これらの結果を要約して、本事業対象地域の一つであるアロチャ近郊の農村にて Hybrid RCS とエコ燃料のデモンストレーションを実施し、両製品に対する住民のニーズをヒアリングを実施した。これらの調査結果を元に、CRM 型ビジネスモデルを活用した事業計画を策定し、あわせて本事業を通じて期待される効果を検討した。尚、販売価格を安価に広く普及させるためには製造・販売拠点を分散させることから、JICA との民間連携ボランティア制度の活用を検討している。

### 第3章 事業対象地域・分野が抱える開発課題の現状

#### 3-1. 開発課題の概要と我が国の国別援助方針との関係性

##### 3-1-1 開発課題の概要

マダガスカルは国土の約 22 %は森林であり、同国の森林面積は 2005 年から 2010 年の 5 年間で計 2,850 km<sup>2</sup> 減少しており、森林の減少・劣化の原因の一つが薪炭材確保のための過度な森林伐採である。マダガスカルはエネルギーインフラが脆弱であり、比較的エネルギーインフラが整っている都市部においても調理用エネルギーの凡そ 90%が木炭に依存している。また、マダガスカルは 2008 年エネルギー消費の約 85%がバイオマスエネルギーより供給され、2000 年から 2008 年の木炭生産量は 0.65Mt から 1.03Mt に増加している (CIRAD 2011)<sup>5</sup>。同国の森林面積は依然減少しており、森林の成長量 (あるいは蓄積量) を上回る木炭の生産量の増加は結果、森林を疲弊させ生物多様性を低下させる要因となることが容易に推察され、薪炭材確保のための過度な森林伐採による森林減少が同国の喫緊の開発課題である。

里山エネルギーは、既存の 3 点カマドよりも燃焼効果が高い Hybrid RCS を普及させて薪の使用量の削減を図り、加えて農村部でエネルギーや農業資材に有効活用されず廃棄集積されている農林業の廃棄物を調理用エコ燃料に転換することにより、木炭の使用量削減を図り、同国の森林減少の緩和を目指している。以下に、農村部における製材オガコの廃棄集積地と、製炭による森林伐採の事例を紹介する。





ムラマンガ小規模製材業者敷地内に集積された廃棄オガコ



谷筋に廃棄されたオガコ



自然発火、もしくは焼却している廃棄オガコ。鎮火は雨期を待たなければならない。



家族経営の炭焼人/アロチャ近郊



5ha程度のユーカリ林を伐採し製炭する炭焼き業者(20人)、



一般的な伏焼きによる製炭作業



伐採されたユーカリ林。伐採残差(枝葉)は、施肥を兼ねて野焼きする。



切株より萌芽した苗。この後の野焼きにより枯死する。



道路沿いの木炭販売  
30kg/袋(250円/袋)

写真 4 ムラマンガ～アロチャ方面での廃棄物発生と製炭状況/2016年 JICA 調査団撮影

### 3-1-2 我が国の国別援助方針との関係性

我が国のマダガスカルに対する国別援助計画では、基本方針として経済開発のバランスのとれた持続的発展支援をあげており、次いで5つの重点分野をあげている(外務省2016)<sup>6</sup>。

- 重点分野1: 農業・農村開発分野(食糧安全保障強化プログラム) 稲作分野に焦点をあて、政策策定、栽培技術開発・普及・調査研究、灌漑整備及び流通等、包括的な支援を実施し、コメの持続的な生産向上を目指すと同時に、コメを中心とした市場指向型の農業開発を行うことで、農業全体及び関連周辺産業(流通、加工等)等の持続性・自立発展性の強化も図る。

本事業は、廃棄・集積地で環境問題を起こしている製材オガコや未活用の廃棄モミガラを削減し、農家が農林業廃棄物を調理用エコ燃料に転換することにより、薪や木炭の使用量削減を図るものである。加えて、既存の3点カマドよりも燃焼効果の高いHybrid RCSを普及させることにより、薪の使用量削減を図るものである。これにより、廃棄・集積地周囲の農家の生活環境が改善され、薪や木炭等の燃料消費に伴う費用等の削減が期待される。さらに、薪や・木

炭の消費が削減されれば、それに伴う薪炭材生産のための森林伐採の緩和が期待されることから、本事業は我が国及び JICA の農業・農村開発分野の活動方針に沿うものである。

### 3-2. 現地機関、海外機関による支援や事業の状況と残された課題

廃棄オガコの問題について、ムラマンガ森林局にヒアリングした結果、ムラマンガ市当局も廃棄オガコの河川への流れ込みや火災の危険性等の問題は認識しているが、具体的な対策が取られていない状況である。また、精米所の廃棄モミガラについても、有効な活用手段がないため、現状は焼却するのみである。

海外機関においては、薪炭材生産による森林伐採は認識しており、植林活動の奨励や収炭率の高い炭焼き釜の導入を進めている（GIZ 2016）<sup>7</sup>。しかしながら、本事業が対象としている農林業系廃棄物を調理用エネルギーに転換する取り組みや薪と木炭を併用でき燃焼効率の高いロケットストーブ及び Hybrid RCS の普及に取り組もうとしている類似の案件はない。

JICA マダガスカル事務所では、青年海外協力隊を中心として、農村部の生活環境改善を目的とした改良カマド（カマドヨーコ）の普及活動を実施している。尚、Hybrid RCS の試算価格は 3,000 円程度であり、販売先は食堂やホテル等を想定している。このため、青年海外協力隊の改良カマド普及対象である農家とは重複しないことから、Hybrid RCS と改良カマドとは競合しないと推察される。他方、本事業が目指すエコ燃料は既存のカイゼンカマドでも使用でき、その原料は身近な草木や小枝、農業系廃棄物（モミガラの他、コーンコブ、野生イモ等）を利用することができるため、改良カマドの普及とエコ燃料の技術普及を連携した活動が想定される。

## 第4章 投資環境・事業環境の概要

### 4-1. 外国投資全般に関する各種政策及び法制度

マダガスカルでは2009年3月に政変がおきて暫定政府が続き、ドナーからの援助が滞っていたが、2014年1月に大統領選挙が行われ正式な政府が発足し、各国の協力事業及び援助が再開されている状況である。

マダガスカルは暫定政権下の経済の立て直しを図るために、国家開発計画NDP（2015年～2019年）を策定し、セクター別に優先項目及び目標値を定め、外国投資の優遇枠の拡大、農業分野で市場価値のある農業ビジネスの展開を図りながら、農村の貧困や環境改善を目指している。

以下に、同国の主要指標一覧を、下記に示す（JICA 2017<sup>8</sup>）。

表3 マダガスカル主要指標一覧

指標項目	2017年3月現在				
	2005年	2012年	2013年	2014年	2015年
地表面積（1,000km <sup>2</sup> ）	587	587	587	587	587
人口（百万人）	18.3	22.3	22.9	23.6	24.2
人口増加率（％）	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8
出生時平均余命（歳）	61	64	65	65	n.a.
乳児死亡率（出生1,000人当たり）	53.5	39.3	38.1	37.0	35.9
栄養不足人口（％）	37.4	32.0	32.5	32.8	33.0
初等教育修了率（％）	57.8	69.5	68.5	68.8	n.a.
男性成人識字率（15歳以上％）	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	66.7
女性成人識字率（15歳以上％）	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	62.6
GDP（百万米ドル）	5,039	9,920	10,602	10,674	9,739
1人当たりGNI（米ドル）	290	430	440	440	420
実質GDP成長率（％）	4.6	3.0	2.3	3.3	3.1
産業構造（対GDP比：％）					
農業	28.3	28.2	26.4	26.5	25.6
工業	15.8	16.0	16.0	15.9	16.7
サービス業	55.9	55.8	57.5	57.6	58.7

出典：JICA国別主要指標一覧；

<https://libportal.jica.go.jp/library/public/data/Index/Africa/Madagascar.pdf>

### 4-2. 本事業に関する各種政策及び法制度

国家開発計画NDP（2015年～2019年）におけるエネルギーセクター（3.2.3）と環境と森林セクター（3.2.2）では、一般世帯の主要なエネルギー源が薪や木炭であり、過度な薪や木炭の依存が環境に対し負荷を与えていることから、環境に配慮した森林管理が重要であることを指摘している（World Trade Organization 2015<sup>9</sup>）。本事業は、Hybrid RCSを使用することにより、農業廃棄物の削減を図りながら、木炭代替品により、森林減少の緩和が期待されるため、同国の農業セクターの開発政策に合致している。

#### 4-3. ターゲットとする市場の現状

本事業が提供しようとしている製品・サービスは、①Hybrid RCS、②エコ燃料の製造技術の普及、並びに③エコ燃料製造器具（クンタン器と成型器）である。Hybrid RCS のターゲットは薪や木炭を大量に使用する食堂やホテル等を、エコ燃料の製造技術と製造器具のターゲットは原料調達が容易な農家、あるいは農家グループを想定している。尚、農家（あるいは農家グループ）が製造したエコ燃料は自家消費すると同時に、農家（あるいは農家グループ）はエコ燃料を製造できない町場の薪・木炭利用者に販売することも想定される。

##### 4-3-1 Hybrid RCS の販売先（候補）

ムラマンガ市内で比較的規模の大きいレストラン（席数は約 100 席）の厨房は、固定カマドが室内 10 個、屋外に 3 個設置され、加えて持ち運び可能なカイゼンカマド（ブリキ製）が数個あった。燃料消費量は木炭が多く、1 日の使用量は 30kg 程度。加えて、薪あるいは製材端材を約 40kg 使用する。端材は、推定 2kg で 100MGA（約 4 円）。同地に他の地域と異なり、製材所が 30 軒程度と集積しており、食堂等は製材端材も容易に入手できるため同地は木炭の使用例が多い。エコ燃料についてコメントを求めた所、製造方法や販売価格に興味を示し、同地の木炭や薪・端材と価格や効果等について検討したいとのことであった。



比較的規模の大きい食堂/ムラマンガ



同固定式カマドの火入れ口



同固定式カマドの内部



ブリキ製カイゼンカマド



小型の固定式カマド



製材端材

写真 5 ムラマンガ市内の規模の大きい食堂での木炭・製材端材の使用例

##### 4-3-2 エコ燃料製造器具（クンタン器と成型器）の販売先

都市部と比べて、農家はエコ燃料の原料となるモミガラや他の農業廃棄物が入手しやすいことから、エコ燃料製造器具（クンタン器と成型器）の販売先は農家（あるいは農家グループ）を想定している。尚、薪と木炭は同じ木質バイオマスであるが、調理用燃料として比較した場合、その燃焼特性は異なる。一般に、薪は木炭に比べ、着火しやすく短時間で燃焼するが、木炭に比べ燃焼時間は短い。一方、木炭は薪に比べ着火性は劣るが、着火後は空気を遮断しない

限り、一定の温度で長時間燃焼する。このため、調理の目的に応じて、例えば短時間で調理が可能な食材の場合は薪を、低温で調理を開始しその後長時間の調理（あるいは保温）する場合は木炭を選択するケースが多い。また、薪と木炭を組み合わせるケースも多い。調理用燃料として、薪と木炭の一般的な特徴を、下表に示す。

表 4 調理用熱源として、薪と木炭の一般的な特徴/JICA 調査団作成

	薪	木炭
着火性、炎、煙	燃えやすい、炎と煙がたつ	燃えにくい、炎と煙はたたない
燃焼時間	比較的、短い	薪よりは、長い
火力の安定性	安定しない	安定している
ハンドリング性	比較的、重い。	薪よりは、軽い。
発熱量	4,000kcal/kg以上	7,000kcal/kg以上
保管性	雨や虫等、腐朽しやすい。	腐朽しない。

上記調理の目的以外に、薪と木炭のどちらを選択する要因として、a) 調達コストや必要量を含め燃料調達の容易さや、b) 所有する調理用カマドのタイプによっても、燃料の選択は異なる。JICA 調査団が見聞した薪の使用例を、以下に、紹介する。

地方部における薪や木炭の使用例を調査した。薪や木炭は最も身近に燃料源であり、マダガスカルでも多くの人々が薪や木炭を使用しており、3点カマド（3つ足五徳）や移動式カマド、固定式カマド等調理規模に応じて、様々なカマドで薪や木炭が使用されている。マダガスカルでの薪や木炭の使用例を、以下に紹介する。



① アンパトラザッカにて、薪の販売風景



② 3点カマド(3つ足五徳)と薪の使用例/農家



③ 3点カマド(石タイプ)と製材廃材の使用例/製材所



④ 3点カマド(4つ足五徳)と薪・木炭の使用例/農家A



⑤ カマド・ヨーコ(ドーナツ型)と薪の使用例/農家B



⑥ ブリキ製カイゼンカマド、3つ足や4つ足の五徳/農家C



⑦ ブリキ製カイゼン・カマドや3つ足五徳/道路沿いの簡易食堂



⑧ 焼き菓子用コンロ/道路沿いの簡易食堂



⑨ 高床式カマド(開口部より、薪を挿入)/街中のホテル

写真 6 薪と各種調理用カマドの実例/2016年 JICA 調査団撮影

#### 4-4. 販売チャンネル

廃棄オガコやモミガラを調理用エコ燃料とその製造技術を普及させるためにエコ燃料の製造器具（クタン器と成型器）を製造・販売し、加えて従来の3点カマドよりも燃焼効率の高い Hybrid RCS の製造・販売を行うことを目的とする。尚、これらの販売は業務委託契約を結び、5 か所で販売・普及拠点を構築する。さらに、それぞれの普及拠点の下に、製造・販売を行う門扉業者等の Hybrid RCS とエコ燃料製造器具の製造・販売拠点を設ける計画である。

#### 4-5. 競合の状況

マダガスカルでは、都市部や農村部を含め、薪や木炭を燃料とする各種カマドが使用されている。比較的、裕福な家庭や食堂、あるいは地方のホテルでは固定式のカマドを所有する。他方の多くの農家や道路沿いの食堂では、ブリキ製や粘土製の持ち運び可能な移動式のカイゼンカマドを使用している。2016年8月、アンタナナリボ市内で開催された農業祭にて、それらの移動式のカイゼンカマドが展示されていたため、後日製作者へ市販価格、年間制作個数、並びに販売・普及に係る問題等をヒアリングした。

##### 4-5-1 各種カマドの市販価格

各カマドの市販価格は素材によって異なり、粘土製か金属製に大別される。アンタナナリボ市内で日常的に見かける②ブリキ製カイゼンカマドで2,000MGA（約70円）、一部金属で補強している⑤粘土製カイゼンカマドで（約252円）である。これらの耐久性は②ブリキ製カイゼンカマドは中古の板金を使っているため半年程度で穴があく、⑤粘土製カイゼンカマドも乾燥や成型が不十分であって数ヶ月で崩れる等、耐久性は低いと推察される。こうした安価で耐久性の低いカイゼンカマドでも、現金の獲得機会が少ない農家にとっては高価であり、安価に調達できる石やレンガを用いた3点カマドを使用する農家が多い。

このため、アロチャ近郊では JICA 青年海外協力隊が自力で製作可能な③粘土製カマドヨーコの作り方を農家グループに指導する等の普及活動を実施している。普及・販売の上でカマド製作者が抱える課題について、ヒアリングした結果、全員が輸送費の高さを指摘した。仮に輸送費をかけてアンタナナリボ市内に運んでも、潜在購入者は価格の安さが決めてであるため、価格の高い商品は売れないとのカイゼンカマド業者のコメントもあった。

尚、Hybrid RCS の試算価格は1個3,000円程度であり、既存のカイゼンカマドの潜在購入者や貧困者層への販売は期待できない。このため、Hybrid RCS の販売対象は薪や木炭を大量消費する食堂や地方のホテルが想定される。尚、Hybrid RCS の販売価格を下げるために輸送費を削減することが最もインパクトが大きい。このため、Hybrid RCS の製造拠点を1か所に絞るのではなく、食堂や地方のホテル等のマーケット近い場所に製造拠点を複数設けることが重要と考える。さらに、複数の製造拠点を設けるためには Hybrid RCS の構造や材質、製作技術等も簡素化しなければならない。

表 5 市販のカイゼンカマドの価格比較/JICA 調査団作成

カマドのタイプ	3点カマド(3つ足五徳)	ブリキ製カイゼンカマド	粘土製カマド・ヨーコ
販売価格(MGA)	8,000~9,000MGA (約240~324円)	2,000MGA (約70円)	5,000~20,000MGA (約180~720円)
年間生産個数	注文製作	約1,050個	約200個
カマドのタイプ	粘土製カイゼンカマド (補強なし)	粘土製カイゼンカマド (補強あり)	粘土製バケツ型カイゼン カマド
販売価格(MGA)	3,000~5,000MGA (約108~350円)	7,000MGAと20,000MGA (約252円と720円)	10,000~80,000MGA (約360~2,880円)
年間生産個数	注文製作	約1,500~2,000個	約30,000個



①3点カマド(3つ足五徳)



②ブリキ製カイゼン・カマド



③粘土製カマド・ヨーコ



④粘土製カイゼンカマド(補強なし)



⑤粘土製カイゼンカマド(補強あり)



⑥粘土製バケツ型カイゼンカマド

写真 7 各種調理用カマドの市販価格と年間制作個数/2016 年 JICA 調査団撮影

#### 4-5-2 薪、木炭の市販価格

薪・木炭の販売価格を把握するために調査対象地のムラマンガとアロチャ近郊に加え、アンタナナリボと同南西部でヒアリング調査を行った。アンタナナリボに供給される木炭は、ムラマンガとアロチャに向かう国道 44 号線沿いに集中している。同地域はユーカリ植林地やマツの植林地が点在し、これらが乾季(5月～11月)にかけて、主に製炭業者によって伐採・製炭され、アンタナナリボに供給される。

アンタナナリボの木炭の価格は一袋推定 30kg で凡そ 15,000MGA～16,000MGA(約 540 円～576 円)である。アンタナナリボから 117km～アロチャ方面の道中の木炭の価格は一袋推定 30kg で凡そ 8,000MGA～9,000MGA(約 288 円～324 円)である。ムラマンガとアロチャ道中の価格は生産者価格(道路渡し価格)であり、アンタナナリボの木炭の価格差凡そ 7,000MGA/30kg(約 252 円/30kg)が輸送費や木炭販売業者のマージンになる。

表 6 調査対象地の薪・木炭の市販価格/JICA 調査団作成

	アンバトラザッカ	(道中)	ムラマンガ	アンタナナリボ
ムラマンガからの距離(km)	157	97	0	117
木炭 (MGA/推定30kg)	13,000	8,000	8,000～9,000	15,000～16,000
(MGA/kg)	433	267	283	517
薪 (MGA/推定10kg)	1,000	600		
(MGA/kg)	100	60		

尚、アンタナナリボ市内では木炭の販売が多く、薪の販売は極めて少ない。参考までに、他の燃料として、調理用プロパンガス価格はムラマンガでは 54,500MGA/9kg(6,056MGA/kg)と、75,500MGA/12kg(6,292MGA/kg)、アンバトラザッカ近郊では 53,500MGA/9kg(5,944MGA/kg)、74,500MGA/12kg(6,208MGA/kg)である。プロパンガスと木炭の熱量は異なるので概して比較できないが、1kg 当たりの販売価格差は 10 数倍であり、一般の農家が購入できる単価ではないことが推察される。



他方、アンタナナリボ西部のサカイ Sakay（約 147km）付近～ツイルアヌマンディティ Tsiroanomandidy（約 213km）にかけては燃料になりそうな薪炭林をみかけることがなく、同地の住民はムラマンガ（約 312km）やフィアナランツォア Fianarantiso（約 505km）から輸送された木炭を購入している。同地の木炭の価格は凡そアンタナナリボの 1.4 倍～1.6 倍である（約 750MGA/kg）。このため、同地の住民は草や農業残差と牛糞を固めた燃料を使用する例も多い。尚、同地域でも JICA 青年海外協力隊によるカイゼンカマドの普及活動が行われている（2015 年 9 月時点）。

#### 4-5-3 Hybrid RCS とエコ燃料製造器具の製造・販売拠点の分散化

本事業が提供しようとしている製品 Hybrid RCS やエコ燃料製造器具（クンタン器と成型器は、上記の各種カマドや木炭の市販価格を念頭においた検討が必要である。このため、Hybrid RCS やエコ燃料製造器具の販売先を販売市場に近い場所で製造・販売することで、輸送費を下げることが可能となる。製造・販売拠点を分散化するために、製品構造や部材を簡素化し、地方でも容易に調達可能な製品素材（鋼板）や製造技術でなければならない。

同様に、農家（あるいは農家グループ）がエコ燃料を製造することを希望した場合、農家（あるいは農家グループ）は原料（廃棄オガコやモミガラ）の発生地でエコ燃料を製造し、最も近い対象マーケットに販売することで輸送費が削減可能となる。さらに、エコ燃料の販売価格は熱量等価を原則に、保管性や新規性を考慮して対象とする木炭よりも安価でなければならない。

### 4-6. サプライヤーの状況

#### 4-6-1 Hybrid RCS とクンタン器の技術調査、並びに鋼材価格

本事業では、Hybrid RCS とエコ燃料の製造器具（クンタン器と成型器）の製造拠点を複数設けることを想定している。例えば、簡易な金属加工器具（金属切断機や溶接機等）を所有する門扉や窓枠、フェンス等の門扉製造業者、クワやスコップ等の農具製造業者であり、これらの業者は地方部にも存在している。

ムラマンガとアンバトラザッカ業者に、Hybrid RCS とエコ燃料製造器具の現物をみせて、技術的に製造可能かをヒアリングした所、製造可能との回答を得た。また、両試作機を製作した CFAMA にヒアリングした結果、構造が簡単であり、溶接機があれば町場の業者でも製作できるとのコメントがあった。



001

Hybrid RCSと成型器等の技術調査/  
アンバトラザッカ

002

アンバトラザッカの鋼材店



003

中古の鋼材店/アンチラベ



004

溶接機で農具の修理/ノアピナ



005

門扉製作中/アロチャ近郊



006

車両の架台製作中/アロチャ近郊

写真 8 アンバトラザッカ、ムラマンガ近郊の鋼材販売店と門扉業者

Hybrid RCS とのエコ燃料の製造器具の鋼材の市販価格を調査した結果、アンバトラザッカとアンタナナリボの価格は約 1.1 倍であった。これらの鋼材を販売店は、屋根材や門扉用として需要があるため、地方のコミュニケーションレベルでも取り扱っている。

表 7 市販の鋼材価格/JICA 調査団作成

サイズ	アンバトラザッカ	アンタナナリボ
0.8mm x 200mm x 100mm (MGA)	48,000	44,000
1.0mm x 200mm x 100mm (MGA)	60,000	55,000
1.2mm x 200mm x 100mm (MGA)	72,000	64,000
1.5mm x 200mm x 100mm (MGA)	-	81,000

#### 4-6-2 廃棄オガコとモミガラが発生状況

里山エネルギー及びその製造・販売委託先（Hybrid RCS とエコ燃料の製造器具）は、エコ燃料の製造と販売は行わない方針である。エコ燃料の製造を行うのは、廃棄製材オガコやモミガラ等の原料発生地近くの農家（あるいは農家グループ）を想定している。農家は上記のエコ燃料の製造器具を、里山エネルギーの委託製造・販売先の近くの門扉業者より購入して、個人あるいは共同でエコ燃料を製造する。製造したエコ燃料は自家消費、あるいは木炭消費者に販売することを想定している。このため、ムラマンガ及びアロチャ近郊で、廃棄製材オガコ及びモミガラの発生状況をヒアリングした。コメントは以下のとおり。

##### (1) 廃棄オガコの発生状況

- ムラマンガ/小規模な製材業者：年間 150 日操業している。月 3 回×16m<sup>3</sup> 積みのトラック

で私有地に廃棄している。1 回当たりの廃棄費用は、積込費 60,000MGA + 車両費 60,000MGA = 120,000MGA 程度かかる。付近の製炭業者（家族経営）より申し出があった場合は 1 袋 40kg を 200MGA で販売するが、廃棄する量が多すぎる。廃棄オガコを原料としてエコ燃料は廃棄にかかる費用を低減することにもなるため、興味がある。

- ムラマンガ/中規模業者：オガコは 200 日操業で毎日 10m<sup>3</sup> 積みのトラックで廃棄している。
- ムラマンガ/大手製材業者：オガコは週 1 回 50m<sup>3</sup> 積みのトレーラーで廃棄している。
- ムラマンガ森林局：当地には 30 社程度が操業しているが、廃棄オガコの問題は把握しているが、実際にどの程度の量が廃棄されているのか、把握できていない。ムラマンガ市当局も問題は認識しているが、対策も取られていない。

ムラマンガ森林局のコメントの通り、廃棄オガコの正確な発生量は不明である。上記のコメントに対し、仮の値を用いて、廃棄オガコの発生量を試算すると、約 28,000m<sup>3</sup> と試算される。

- 小規模製材業者：16m<sup>3</sup> × 3 回/月 × 150 日/25 日/月 = 288m<sup>3</sup> × 仮値 18 社 = 5,184m<sup>3</sup>/年
- 中規模製材業者：10m<sup>3</sup>/日 × 200 日/年 = 2,000m<sup>3</sup>/年 × 仮値 10 社 = 20,000m<sup>3</sup>/年
- 大規模製材業者：50m<sup>3</sup>/週 × 仮値 30 週/年 = 1,500m<sup>3</sup> × 仮値 2 社 = 3,000 m<sup>3</sup>/年

## (2) 廃棄モミガラの発生状況

アロチャ湖周辺地域は約 10 万 ha の水田が分布するマダガスカル穀倉地帯の 1 つであり、コメを主食とする同国民の年間需要量 360 万 t の 10% 前後を毎年供給している。本事業は、JICA が 2012 年～2017 年に実施した「ムララノクロム総合環境保全・農村開発促進手法開発プロジェクト（以下、PRODAIRE と略す）」のアロチャ湖南西部のムララノクロム、アンドレバケリースッド、アンパシケリの 3 コミュン地域を想定している。同地域を選択した理由は、稲作地域で、大型のライスセンターをはじめ小規模な精米所が集落、あるいはコミュニティ単位で操業している。このため、エコ燃料の原料である廃棄モミガラの収集が容易であると考えた。さらに、同地では青年海外協力隊による改良かまど（あるいはカイゼンカマド）の普及活動が行われており、エコ燃料は改良カマドにも使用可能である。このため、JICA のカイゼンカマドの普及とエコ燃料の普及の連携が可能と考えた。

アンパシケリの精米業者：精米機一式を 7,500,000MGA (MGA1=¥0.035) で購入し、2016 年 7 月より操業を開始し、従業員は 3 名で、稲作兼業で水田 4ha を所有する。精米能力は 1 日 3 トンで、周辺農家より精米料 1kg 当たり 40MGA を徴収している。モミガラは、レンガ業者が引き取りに来た場合、無償で提供する。コメヌカは豚のエサに 1kg あたり 300MGA で販売するが、あまり申し出がない。玄米を販売する場合、精米所渡りで 1kg 当たり 1,050MGA (50kg 単位) で販売する。販売先は、トラックや鉄道を使って、首都やトアマシナ Toamasina 方面に販売されると聞いている。近隣農家が、モミガラを使ってエコ燃料を製造してくれるのであれば、モミガラの廃棄（多くは焼却）に係る費用が削減できる。近隣農家の暮らしが良くなるのであれば、無償で提供したい。また、集落内には製材所もあるので、エコ燃料の原料であるモミガラや製材オガコ、デンプン等も容易に入手できる。自宅で使用する他、外部へも販売したい。レンガ業者の引取り以外にモミガラの用途はなく、一定量に達すると焼却しなければならず、ムラマンガからアロチャ方面の道中の数か所の精米所でモミガラの焼却場面に散見された。



写真 9 精米所でのモミガラの発生状況（アンパシケリ）/JICA 調査団撮影

#### 4-7. 既存のインフラ（電気、道路、水道等や関連設備の整備状況）

本事業では、Hybrid RCS とエコ燃料の製造器具は既存の複数の門扉製作者等に委託製作・販売を行う方針である。このため、同製品の製造に係る電気や水道等の大規模な消費は想定されない。また、製品の輸送に関しても門扉業者が店頭で販売するため長距離の輸送は想定されない。

尚、マダガスカルの電力供給はマラガシー電気水道供給公社(JIRAMA)が担っているが、対人口電化率は約 16%（全国レベル）と低い上に、同国は石油輸入国のため電力分野は海外の石油価格の変動を受け易い。近年は水力発電の比率が減少してきており、火力発電の割合が 1997 年 21%、2004 年 35%と上昇してきている。一方、首都アンタナナリボ系統での乾季においては、電力供給不足によって輪番制による計画停電が何年も継続する異常な事態が生じている<sup>10</sup>。

#### 4-8. 社会・文化的側面

マダガスカルにおいて、本事業が提供しようとしている Hybrid RCS やエコ燃料等は初めての導入事例と思われる。Hybrid RCS は食堂や地方のホテル等を対象にするが、エコ燃料の製造技術やエコ燃料の製造器具（クentan器や成型器）は農家（あるいは農家グループ）が対象になる。マダガスカル人に限らず、地方や農家は外部から入ってくる情報やモノに対し敏感であると同時に慎重に判断する気質を持つことが多い。例えば、情報としてそのモノを理解するが、すぐさま手に取り購入することはない。身近な知り合いが経験した等の話を聞いて、初めて購入するが銅貨を検討する。このため、エコ燃料の製造技術を普及させるために草の根的な普及活動が必要と考える。

## 第5章 事業戦略

### 5-1. 事業の全体像

本事業は、薪炭材確保による過度な森林伐採を緩和するために、燃焼効率の高い Hybrid RCS の製造・販売と、廃棄オガコやモミガラを調理用エコ燃料に転換するエコ燃料の製造技術の普及、並びにエコ燃料の製造器具（クンタン器と成型器）を製造・販売を行うことを目的とする。

尚、Hybrid RCS の製造拠点は一か所ではなく、町場の金属加工業者（門扉制作業者や鉄工所）を対象に複数の製造拠点を設けることを想定している。これらの金属加工業者は Hybrid RCS の販売も行う。また、エコ燃料を製造するのは原料集積地周辺の農家、あるいは農家グループを想定している。農家（あるいは農家グループ）はエコ燃料製造器具を購入し、エコ燃料を製造する。農家はエコ燃料を調理用に自家消費し、あるいはエコ燃料を製造できない町場の食堂やホテルに販売することを想定している。

里山エネルギーが Hybrid RCS やエコ燃料の製造・販売を自身で行わない理由は、①両製品を普及するためには販売価格は安価でなければならない、②販売価格を安価にするために輸送費を削減しなければならない、③輸送費を削減するためには比較的マーケットに近い場所に製造・販売拠点を分散させなければならないためである。

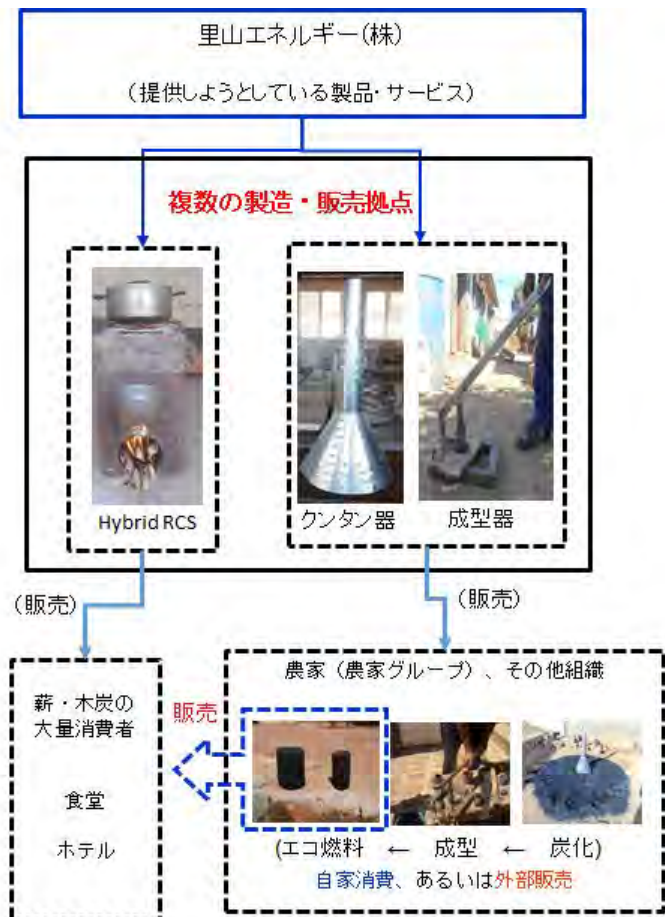


図5 提供しようとしている製品・サービス/JICA 調査団作成

### 5-2. 提供しようとしている製品・サービス

本事業にて提供しようとしている製品は①Hybrid RCS とエコ燃料製造器具（クンタン器と成型器）であり、エコ燃料製造器具を販売・普及させるためには②エコ燃料の製造技術（作り方、使い方、導入のメリット、外部販売の可能性等）を普及しなければならない。

Hybrid RCS とエコ燃料の燃焼特性を把握するために、①薪を燃料として Hybrid RCS と3点カマド（3つ足カマド）の燃焼試験、②カイゼンカマドを用いたエコ燃料2種（オガコエコ燃料とモミガラエコ燃料）と、木炭や薪の燃焼試験、③Hybrid RCS を用いた薪と木炭の混焼試験を実施した。（試験結果の詳細とエコ燃料の製造方法については、別添参照。）

Hybrid RCS とエコ燃料の燃焼特性と、燃焼試験結果より得られた Hybrid RCS の改善点を、

以下に記載する。

### 5-2-1 Hybrid RCS とエコ燃料の燃焼特性

本事業において、提供使用としている Hybrid RCS とエコ燃料に関し、燃焼特性及びエコ燃料の製造技術に以下に要約する。

#### (1) Hybrid RCS の燃焼特性

- 調理可能な温度 80℃以上持続時間 30 分以上と仮定した場合、Hybrid RCS は薪 450g で、3 点カマド（3 つ足五徳）の薪の使用量 600g～900g と同等の燃焼効果を示し、3 点カマド（3 つ足五徳）の薪使用量を最小 150g（2 割）～最大 450g（5 割）を削減する（表 8 参照）。
- Hybrid RCS は、薪 450g とエコ燃料 2 種（オガコエコ燃料 150g、モミガラエコ燃料 300g）あるいは木炭 150g と併用可能であり、80℃以上の持続時間は 60 分～75 分と炊飯や煮炊きに十分な燃焼効果を示した（表 9 参照）。
- Hybrid RCS は、カイゼンカマドと比較して、煙突効果により燃焼速度が速く調理可能な温度 80℃以上に到達する時間は着火 15 分～30 分と、カイゼンカマドの 60 分～105 分よりも、短時間で温度を上昇させる（図 6 参照）。
- 但し、Hybrid RCS はカイゼンカマドと比較して、80℃以上の持続時間が 45 分～75 分と、カイゼンカマドの 60 分～105 分よりも短くなった。燃焼時間を延ばすためには、燃焼速度を調整する空気取入口（吸気口）の改善が必要と推察する。

表 8 Hybrid RCS と 3 点カマド（3 つ足五徳）を用いた薪の燃焼試験結果/JICA 調査団作成

	Hybrid RCS		3点カマド(3つ足五徳)			
	Test 4	Test 8	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6
燃料重量						
オガコ/エコ燃料						
モミガラ/ エコ燃料						
木炭						
薪	450	600	450	600	750	900
着火材(木片)	10	10	10	10	10	10
(小計)	460	610	460	610	760	910
燃焼灰(g)	3	3	10	4	2	15
未燃焼物(g)	16	36	22	24	6	19
最高温度 (°C)	83	84	69	84	82	83
最高温度到達時間(分)	15	30	30	30	45	30
80℃以上持続時間(分)	30	15	-	15	30	30

使用カマド: Hybrid Rocket Cooking Stove、3点カマド(3つ足五徳)

表 9 Hybrid RCS を用いた薪と、エコ燃料 2 種・木炭の混焼試験結果/JICA 調査団作成

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
燃料重量								
オガコ/エコ燃料	150				150			
モミガラ/ エコ燃料		300				300		
木炭			150			0	150	
薪	450	450	450	450	600	600	600	600
着火材(木片)	10	10	10	10	10	10	10	10
(小計)	610	760	610	460	760	910	760	610
燃焼灰(g)	60	126	7	3	21	124	19	3
未燃焼物(g)	19	17	35	16	30	41	46	36
最高温度 (°C)	91	91	90	83	89	93	93	84
最高温度到達時間(分)	30	45	30	15	15	30	15	30
80°C以上持続時間(分)	45	75	45	30	45	30	30	15

使用カマド:Hybrid Rocket Cooking Stove

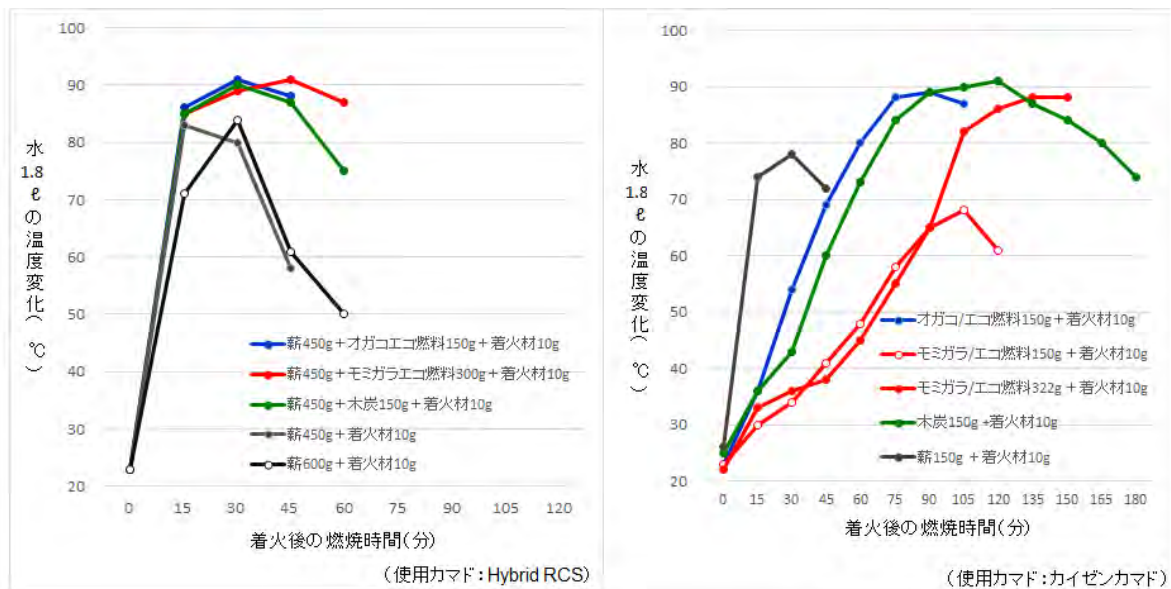


図 6 Hybrid RCS と 3 点カマド (3 つ足五徳) を用いた薪の燃焼特性/JICA 調査団作成



Hybrid RCS: 薪とエコ燃料の混焼試験  
(薪の炎がロケットの様に噴出)

Hybrid RCS: 薪とエコ燃料の混焼試験  
(エコ燃料に着火)

3点カマド(3つ足五徳): 薪の燃焼試験  
/JICA調査員宅にて

写真 10 Hybrid RCS と 3 点カマドを用いた燃焼試験/JICA 調査団撮影

## (2) エコ燃料の製造技術と燃焼特性

- 廃棄製材オガコとモミガラを、現地で試作したエコ燃料 2 種（オガコエコ燃料とモミガラエコ燃料）は、クンタン器で炭化し、デンプンをバインダーにして成型器で成型する簡易な製造方法である。このため、他の農業廃棄物等に応用可能な技術であることが明らかとなった。
- カイゼンカマドを用いた場合、オガコエコ燃料 150g とモミガラエコ燃料 300g は、最高温度 88°C と 89°C、80°C 以上の持続時間 60 分と炊飯や煮炊きに十分な燃焼効果を示し、調理可能な温度 80°C 以上持続時間 30 分以上と仮定した場合、エコ燃料 2 種（オガコエコ燃料 150g とモミガラエコ燃料 300g）はそれぞれ木炭 150g と代替できることが判明した。

表 10 カイゼンカマドを用いた、エコ燃料 2 種、木炭、薪の燃焼試験特性/JICA 調査団作成

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
燃料重量					
オガコ/エコ燃料 (g)	150				
モミガラ/エコ燃料 (g)		150	322		
木炭 (g)				150	
薪 (g)					150
着火材 (g)	10	10	10	10	10
(小計)	160	160	332	160	160
燃焼灰(g)	58	99	166	21	0
未燃焼物(g)	0	0	0	11	11
最高温度 (°C)	89	68	88	91	78
最高温度到達時間(分)	90	105	135	120	30
80°C以上持続時間(分)	60	0	60	105	0

使用カマド: KAIZEN KAMADO





写真 11 エコ燃料の使い方/2017 年 JICA 調査団撮影

### 5-2-2 Hybrid RCS とエコ燃料の改善点等

本事業における Hybrid RCS とエコ燃料の普及を想定した場合、以下の改善点が考えられる。これらの改善点は、本調査終了後の第 7 章事業開始までのアクションスケジュールの中で実施する方針である。

#### (1) Hybrid RCS

CFAMA で試作した図 2 記載の Hybrid RCS の本体と受け皿は鋼板（厚 3.0mm）である。肉厚 3.0mm の場合、曲げ加工にはプレス機が必要なため町場の金属加工業者では加工は難しい。このため、人力での曲げ加工が容易な肉厚 1.0mm の鋼板に変更する必要がある。また、L 字ダクト（ステンレス製）及び直筒ダクトは本邦より持参したものであり、CFAMA の話ではステンレス鋼板は現地では入手が困難であり、仮に入手ができてはかなり高価であるとのことである。さらに、ステンレス鋼板の曲げ加工や溶接には特殊な機械が必要であることから、ステンレス鋼板による同パーツの現地製作は困難と考える。

このため、L 字型ダクトと直筒ダクトを肉厚 1.0mm の鋼板に変更する必要がある。また、燃烧速度を調整するために、吸気流量を調整可能な空気取入口（吸気口）を設置しなければならない。本 Hybrid RCS は最初の試作機であり、今後ユーザー側の意向を反映させて、例えば持ち運びしやすい様に本体と受け皿に取手をつける等の改善が必要である。

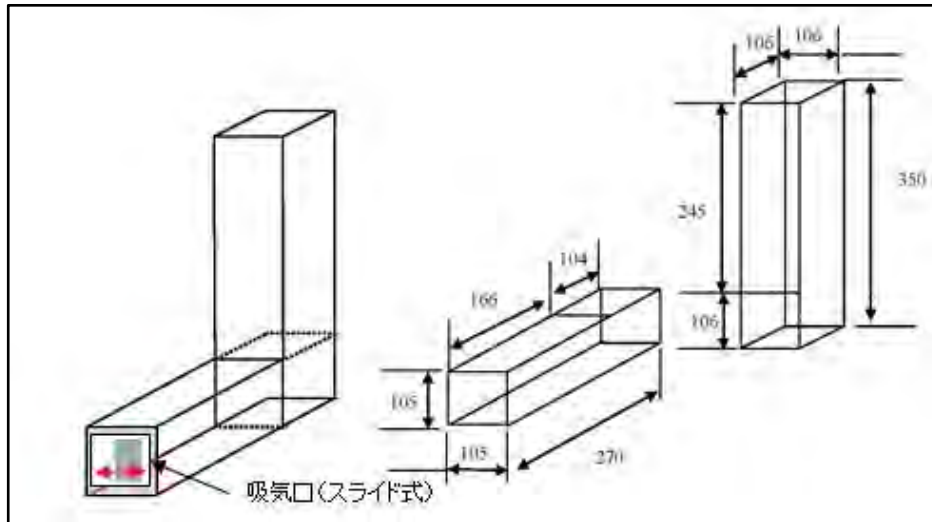


図 7 Hybrid RCS の L 字型ダクトの改善 (案) /JICA 調査団作成

## (2) エコ燃料

- 本調査では、エコ燃料の原料として製材オガコとモミガラを用いたが、地域によっては他の原料が入手しやすい場合も考えられる。例えば、草木、トウモロコシのシン（コーンコブ）、タケ、イモ等。こうした原料素材の粉炭化やデンブンの混合割合、あるいはデンブンの代用品等の知見を集積し、製造・販売拠点に開示することにより、その地域で入手可能な原料素材を用いたエコ燃料の普及の一助になるものと思われる。
- 廃棄物の炭化と農業他分野への活用

バイオマスは炭化させることにより、炭の多孔質な特性を活かして用途の開発が期待される。例えば、粉炭を畑に施用することにより作物の根張りが改善される、粉炭を牛舎に敷くことにより臭い消しと同時に乾燥させて農業用肥料にする、あるいはテラピア等の養殖池に粉炭をまくことにより、沈殿物の分解が促進され水質が改善される等の効果は確認されている。

### 5-3. 事業化に向けたシナリオ

事業化に向けて下記の事項を行う方針である。

- 足利工業大学と連携して、「5-2. 提供しようとしている製品・サービス」に記載した Hybrid RCS の改善点の解消を図り、2018 年 3 月を目途に同 2nd 試作機を開発する。
- 本事業の調査におけるデモンストレーションにおいて、マダガスカル地域住民からは、Hybrid RCS とエコ燃料が、現在使用されているカマドや薪、木炭に代替する調理器具として使用してみたいという意見が大半であった。しかしながら、実際に使ってみないとわからないという意見もみられた。そこで、新たに開発する Hybrid RCS のプロトタイプ 20 台程度を、現地活動母体を通じて、アンタナナリボ、アンチラベ、アンパシケリ、ソアビナンディア、サカイの 5 箇所において、その地域の家庭に提供する。現地での使用が第一であることから、モニターとして使った感想をもらい、その都度、改良を実施していく。
- モニターを実施するうえで、5 箇所の現地パートナーおよび地域住民に対する Hybrid RCS

およびエコ燃料の製造に対する教育が必要である。そこで、5 箇所の現地パートナーおよび地域住民、さらに、エコ燃料の製造に関する機材製造を行う金属加工に対して、Hybrid RCS 及びエコ燃料の製造等において、社員を派遣し、指導及びを行う。継続的な地域住民に対しては、5 箇所の現地パートナーが製造、販売とあわせ、教育を行う。

- この取り組みの結果を受けて最終商品を日本で製造し、現地生産の可能性を探る。
- さらに、日本国内においては、里山エネルギー株式会社が販売するナノ発電所と併せて、「防災・減災」をメインに、マダガスカルへの支援で地球温暖化を防止する商品として「意識の高い」層への販売をし、その売上の一部を現地でのクンタン器、ブリケット成形器、Hybrid RCS の生産及び購入に関する補助として実施する CRM 型のビジネスモデルを継続して実施していく。
- 加え、本調査において、現地の金属加工業者の製造能力等を計ることができたことから、将来的には現地で製造をし、日本での販売等も視野に入れていく。

#### 5-4. 事業目標の設定

2018 年に体制を整え、Hybrid RCS を年間 100 個、エコ燃料製造器具（クンタン器と成型器）を年間 236 セット販売する計画である。CRM 型ビジネスで集めた資金を基に、販売価格の半額を補助することにより、これらの製品の購入者は Hybrid RCS は@1,365 円で、エコ燃料成型器は@1,541 円で購入可能となる。同販売単価は、既存の 3 点カマドやカイゼンカマドが 70 円～720 円であることから、高価な製品と位置付けられる。このため、Hybrid RCS の対象者は薪や木炭を大量に消費する食堂や地方のホテルを想定している。他方、マダガスカルへのエコ燃料の導入が最初の導入事例であることから、最初は農家グループを対象にした共同購入を想定している。

#### 5-5. 事業対象地の概要（候補地の比較分析、適地選定、技術的調査等）

現地調査を行った結果、薪や木炭等のニーズが広いことから、アンタナナリボ、アンチラベ、アンパシケリ、ソアビナンディア、サカイの 5 箇所の組織や個人と業務委託契約を結び、5 箇所の販売・普及拠点を構築する。さらに、それぞれの普及拠点の下に、製造・販売を行う門扉業者等の Hybrid RCS とエコ燃料製造器具の製造・販売拠点を設ける計画である。

選定の地域として 5-6 の現地パートナーにも記載をするが、現地の金物業者、金属加工業者、現地住民との連携役として位置づけ、製造・販売・普及の管理を担う役割として、①マダガスカル・サービス、NGO SAKURA（アンタナナリボ）②ASSOCIATION HUMANAIRE VONJY AVANA 支局（アンパシケリ）③カイゼンカマドの製作者の Mr. Bajile 氏（ソアビナンディア）④農業機械化訓練センター（アンチラベ）⑤ロバソア小学校（サカイ）を選定した。

各地域には金属加工業者がおり、製造および加工において調査を行った結果、問題なく製造ができるという結果が出ている。

## 5-6. 法人形態と現地パートナー企業の概要

本事業においては、当初、現地に合弁企業を設立する方針であったが、現地調査において、複数の拠点における現地パートナーと事業展開における協力を得ることができ、そのパートナー企業と委託契約等を締結し、Hybrid-RCS やエコ燃料製造に関わるクンタン器、ブリケット成形器の製造、販売体制及びエコ燃料の普及活動の実施体制を構築する。

パートナー企業候補としては、①アンタナナリボを中心とし、各パートナーとの連携を担うマダガスカル・サービス②アロチャ湖周辺のアンパシケリ市の、ASSOCIATION HUMANITAIRE VONJY AVANA 支局③ソアビナンディアにおいてはカイゼンカマドの製作者の Mr.Bajile 氏、④アンチラベの農業機械化訓練センターである。各パートナー法人、個人事業主は、現地の金物業者、金属加工業者、現地住民との連携役として位置づけ、製造・販売・普及の管理を担う。

また、普及活動においては、NGO “SAKURA”やサカイ市にある私立ロバソア小学校を拠点とすることを想定している。

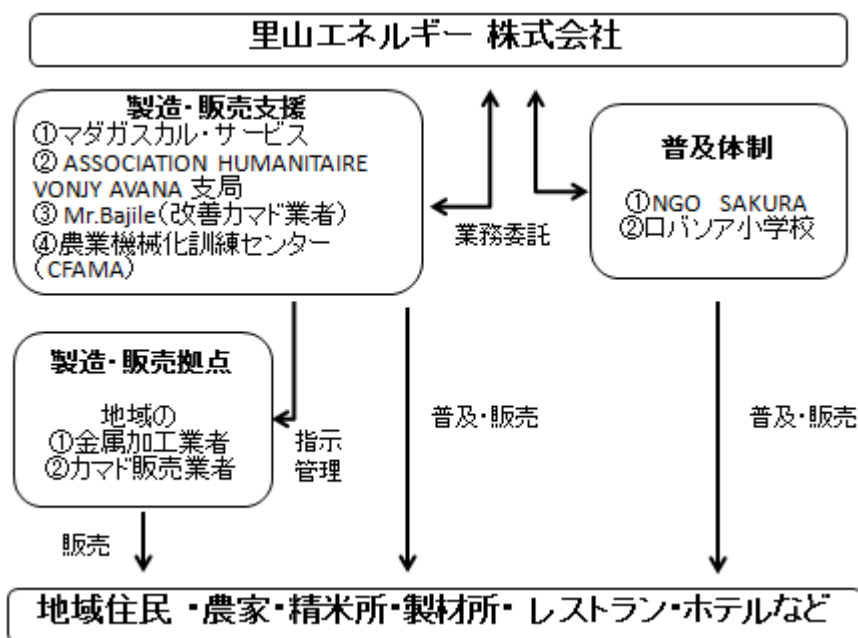


図 8 想定する Hybrid RCS・クンタン器・成形器の販売、普及体制/JICA 調査団作成

なお、製作されたエコ燃料の販売・普及体制を下記に示す。

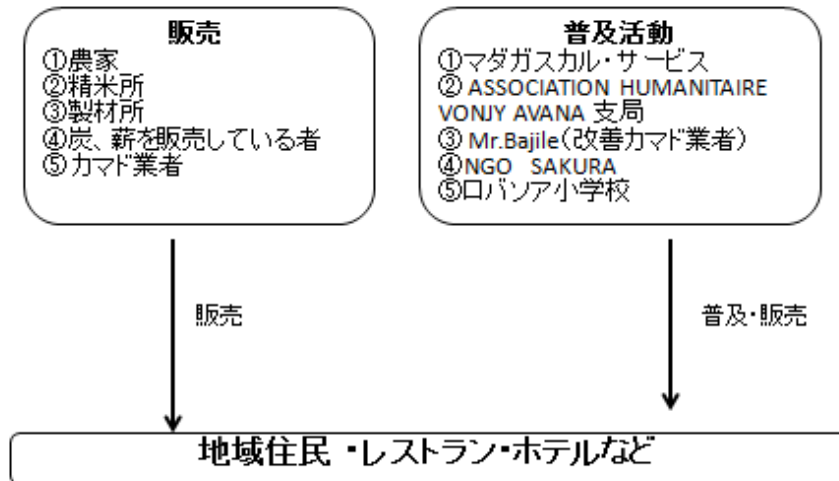


図 9 想定するエコ燃料の販売・普及体制/JICA 調査団作成

#### 5-7. 許認可関係

製品製造のために土地や建物等の不動産を所有せず、現地委託業務方式で製造・販売・普及を行う計画であることから、本事業に該当する許認可は想定されない。

#### 5-8. リスク分析

年間の事業資金 972 千円の小規模なビジネスであり、土地や建物等の不動産を所有しないため政変等による政治リスクは想定されない。また、現地製造・販売・普及を行う現地組織や個人とは委託業務契約に基づく事業であり、ビジネスリスクも最少化されている。

## 第6章 事業計画

### 6-1. 原材料・資機材の調達計画

現地の既存の金属加工業者等（門扉製作他）に Hybrid RCS、エコ燃料製造器具（クンタン器、成形器）の製造・販売を委託するため、新たな資機材の調達は想定されない。また、委託製造・販売先が市販の鋼材等を調達する方針である。

### 6-2. 生産、流通、販売計画

5箇所の販売・普及拠点を通じて、門扉業者等の委託製造・販売拠点を構築する方針である。Hybrid RCS とエコ燃料の製造器具はそれぞれ年間100個と236セットを5か所の販売・普及拠点、並びにその下部組織の門扉業者等を通して製造・販売を行う方針である。

尚、販売価格は原価の半額とし、Hybrid RCS は@39,000MGA（約1,400円）、エコ燃料製造器具は@43,000MGA（約1,500円）を想定している。

### 6-3. 要員計画、人材育成計画

委託業務契約を想定しており、マダガスカルにおける新たな要員や人材の確保は想定していない。但し、5箇所の委託販売・普及拠点との調整や Hybrid RCS とエコ燃料製造器具の製造やエコ燃料の製造等の普及を行うために、里山エネルギーの社員、日本国内で連携する企業や団体の社員または、青年海外協力隊や ABE イニシアティブを終了した者を新たに雇用し、派遣する方針である。

### 6-4. 事業費積算（初期投資資金、運転資金、運営維持保守資金等）

事業費積算は、下表の通りである。

- 初期投資費用：200千円
- 活動普及員の人件費等：4,400千円/年（人件費2,000千円、旅費・活動費等2,400千円）
- 半額補助費：400千円/年（Hybrid RCS 半額補助136千円、エコ燃料製造器具364千円）
- Tax等：100千円/年
- 5年間の事業費13,500千円

6-5. 財務分析（収支計画、事業キャッシュフロー、収益性分析）

本事業の収支計画を、下表に示す。

表 11 CRM 型 Hybrid RCS とエコ燃料の事業資金計画/JICA 調査団作成

		(年)	0	1	2	3	4	5	合計
収入	里山活動寄付金	(千円)		972	972	972	972	972	4,860
	その他	(千円)	200	4,400	4,400				9,000
	(小計)	(千円)	200	5,372	5,372	972	972	972	13,860
支出	活動普及員	(千円)							
	人件費	(千円)		2,000	2,000	0	0	0	4,000
	旅費・滞在費	(千円)		2,400	2,400	0	0	0	4,800
	活動(委託費)	(千円)		300	300	300	300	300	1,500
	半額補助費	(千円)							
	エコ燃料一式	(千円)		364	364	364	364	364	1,820
	Hybrid RCS	(千円)		136	136	136	136	136	680
	TAX等	(千円)		100	100	100	100	100	500
	事業許認可費用	(千円)	200						200
	(小計)	(千円)	200	5,300	5,300	900	900	900	13,500
収支	(千円)	0	72	72	72	72	72		
(累計)	(千円)	0	72	144	216	288	360		

6-6. 資金調達計画

Hybrid RCS、クンタン器、ブリケット成形器の製造に関わる資金については、里山エネルギーが販売するナノ発電所を中心とする太陽光発電商品の売上の一部を資金として活用する。現地での活動費、人件費等においては、株式会社 Campfire で実施するマダガスカルでの里山エネルギー普及のクラウドファンディングを通して、資金の調達を確保する。

## 第7章 本事業を通じ期待される効果

本事業を実施することにより、マダガスカルで消費される薪、炭の量を減らすことができ、オガコ、モミガラ of 廃棄物の適切な処理による衛生状態の改善にもつながり、森林保全のみではなく、地域住民の生活改善が期待できる。

本事業で開発された Hybrid RCS、クンタン器、ブリケット成形器は 57,000~85,000MGA (2,000~3,000 円) 程度の価格帯であるが、マダガスカル of 地域住民においては、かなりの高価格となり購入が難しい。しかしながら、薪の燃料が減り、木炭からエコ燃料に代替することにより、家庭での燃料費の削減につながり、その理解が進めば購入する可能性が増す。

米の収穫時期、精米の時期など、廃棄物が多く出る時期と米の販売の時期が重なるため、農家や精米所等の資金が潤沢になりやすい。そのため、時期を絞った販売、商業地域などの資金的な余裕がある場所での事業展開を目指す。

さらに、マダガスカル向けに現地生産、販売できる形状の Hybrid RCS を足利工業大学と連携して 2018 年 3 月を目処に新たに開発する。同時に途上国に進出してエネルギー問題を解決する Made in Japan の社会貢献ブランドとして「SATOYAMA」を位置づけ、初期の販売は日本をメインにし、マダガスカルでの販売にもチャレンジする。

また、開発した製品のニーズを明確にするため 20 台程度のプロトタイプを、業務委託契約を締結する拠点 5 箇所（アンタナナリボ、アンチラベ、アンパシケリ、ソアビナンディア、サカイ）において、その地域の家庭に提供し、モニターとして使った感想をもらい改良を実施していく。この取り組みの結果を受けて最終商品を製造し、現地生産の可能性を探る。さらに、日本国内販売においては、里山エネルギー株式会社が販売するナノ発電所と併せて、「防災・減災」をメインに、マダガスカルへの支援で地球温暖化を防止する商品として「意識の高い」層への販売をし、その売上の一部を現地での生産、購入に関する補助として実施する CRM 型のビジネスモデルを継続して実施していく。



## 第8章 現地 ODA 事業との連携可能性

### 8-1. 連携事業の必要性

マダガスカルは、森林の減少、貧困などを中心とし、水、廃棄物など開発課題を多く抱えている。より高い開発効果を発揮するためには、総合的なエネルギーの活用が不可欠である。それを実施するうえで、現状を正確に把握し、基盤を整えていくことが必要だ。Hybrid RCS やエコ燃料が住民に与える裨益効果は、家庭レベルでは大きいものの、森林保全や生活改善といった国レベルでの課題解決には力が足りない。里山エネルギー株式会社では、本調査を通し、マダガスカルにおいて、Hybrid RCS、エコ燃料の普及以外に販売、取り扱いが可能な自然エネルギー商品や省エネ技術を活かせるものも多くあることが判明した。その上で、8-2.で述べる ODA 等のスキームを検討し、継続的な普及・支援活動を実施していく。

また、現地の青年海外協力隊は、農業・農村開発や生活改善、コミュニティ開発事業の中で、改善カマドの普及や草木燃料の検討、普及活動を実施しており、そうした方々は住民との距離も近く、現地の情報を得られやすいことから、情報共有や普及活動での協力を模索していく。さらに、調査内で試作機の製作等依頼した、アンチラベにある農業機械化訓練センター(CFAMA)においては、現地調査の際、センター長より継続した事業連携の依頼を受けており引き続き、製品の開発等における協力体制を継続していく。

### 8-2. 連携事業の内容と期待される効果

#### 8-2-1 JICA 民間連携ボランティア制度および PARTNER 制度の活用

民間連携ボランティア制度は、開発途上国からの要請に基づき、それに見合った技術・知識・経験を持ち、「開発途上国の為に活かしたい」と望む人々を募集し、選考訓練を経て、現地の人々とともに生活し、彼らの自助努力を促進する事業である。本事業を展開する上で、現地における Hybrid-RCS、エコ燃料の製造、普及、使い方に関する適切な指導が重要となる。そのため、里山エネルギー株式会社や連携する企業の社員を現地に派遣するため、民間連携ボランティア制度、青年海外協力隊を終了した人材の募集が可能な PARTNER 制度を活用し、マダガスカルにおける現地調査・普及等を目的として人材の派遣等を検討する。

#### 8-2-2 JICA 案件化調査を活用したニーズ調査

本事業は、開発途上国の開発ニーズと我が国の中小企業の有する優れた製品・技術等とのマッチングを行うことによって、途上国の開発課題の解決と我が国の中小企業の海外事業展開との両立を図り、もって ODA を通じた二国間関係の強化や経済外交の一層の推進に資することを目的とする。案件化調査の活用においては、マダガスカル向けに現地生産、販売できる形状の RCS を足利工業大学と連携して 2018 年 3 月を目処に日本国で開発、販売する製品の市場調査、モニター調査を実施、製品・技術をマダガスカル及びほかの開発途上国への展開を目指し、開発課題への貢献および ODA を通じたビジネス展開の可能性等の調査の実施を検討する。

### 8-2-3 JICA 草の根支技術協力事業を活用した教育活動

草の根技術協力事業は、日本の NGO、大学、地方自治体及び公益法人等による、開発途上国の地域住民を対象とした協力活動を、JICA が政府開発援助（ODA）の一環として、促進し助長することを目的に実施される。本スキームの活用においては、里山エネルギー株式会社の関連団体である、NPO 法人エコロジーオンラインの事業として、NGO SAKURA と連携して実施し、業務委託を想定している私立ロバソア小学校などのマダガスカル教育機関や BOP 層が集まるコミュニティを対象としてロケットクッキングストーブの理解の促進、エコ燃料開発ワークショップ、改善かまどの普及啓発、薪、炭に頼らない自然なエネルギーの普及啓発、森を守ることの大切さを伝える環境教育などを実施する。そのために里山エネルギーセンターや里山エネルギースクールを指定し、各地域で自ら調理器具や燃料の選定などを身につけ、課題に取り組んでいけるような仕組みづくりとしたい。

また、この事業を通して、マダガスカルにおいては日本への理解向上、日本においてはマダガスカルでの課題の広報活動につなげる場とすることを検討し、将来的には他地域、他国での展開を目指す。

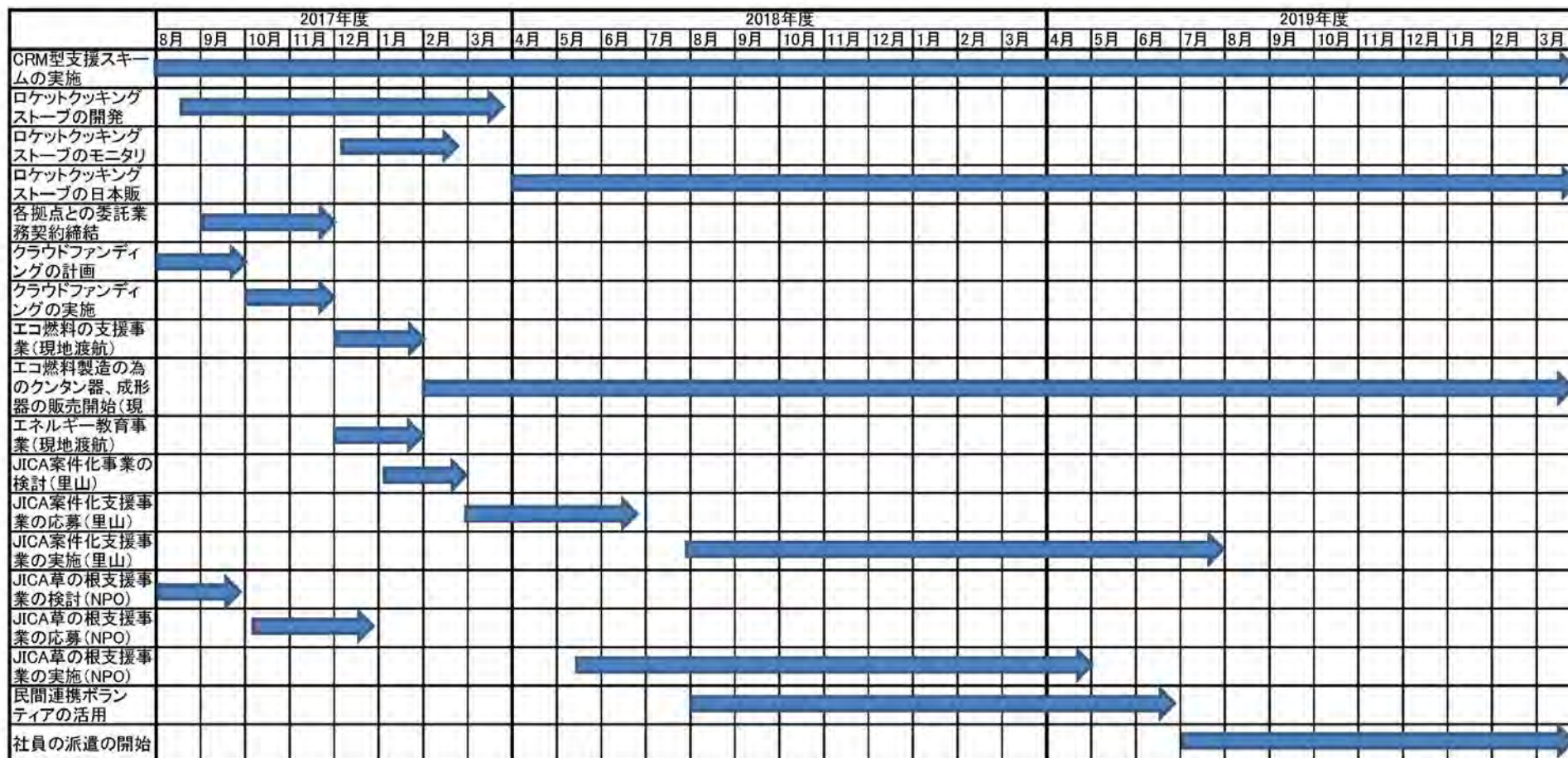
### 8-2-4 外務省草の根・人間の安全保障無償資金協力

草の根・人間の安全保障無償資金協力は、現地で活動している NGO が中心となって在外公館に直接応募する形をとる。基礎生活（Basic Human Needs）分野及び人間の安全保障の観点から重要な分野（教育、保健、民生環境等）を優先的に支援しており、外交上のニーズを踏まえながら、草の根レベルに対する裨益効果が高い案件、小規模な支援によって特に高い援助効果を発揮する案件、人道上、機動的な支援が必要な案件等を中心に支援するスキームである。本スキームにおいても、JICA 草の根支援事業同様、NPO 法人エコロジーオンライン、現地 NGO SAKURA と連携し、バイオガスを活用した仕組みづくりの調査、機器の導入を通して、廃棄される牛糞のエネルギー化と衛生改善の課題を解決し、地域のエネルギーの拠点となることを目指す。

## 第9章 事業開始までのアクションスケジュール

2018年8月から日本国内で Hybrid RCS の新製品の開発を開始する。また、2017年9月から11月を目処に現地パートナー業務委託を締結させ、締結後の2017年12月から2018年2月モニターを実施する。モニター実施に合わせ、マダガスカル支援のための、クラウドファンディングを実施し、現地への Hybrid RCS、エコ燃料の製造に関わる指導を2018年1月頃に実施を検討している。加え、2019年には本格的な社員のマダガスカルへの派遣を検討している。第8章で述べた、連携事業の内容も含んだ実施スケジュールを下記の表に示す。

表 12 事業開始までのアクションスケジュール/JICA 調査団作成



## 参考文献

---

- 1 WWF : 世界自然保護基金 <http://www.wwf.or.jp/activities/2011/06/992506.html>
- 2 World Bank (2010) : Madagascar: Vers un Agenda de Relance Economique
- 3 CIRAD (2011) : Life Cycle Assessment (LCA) of traditional charcoal production in Madagascar [http://agritrop.cirad.fr/562815/2/document\\_562815.pdf](http://agritrop.cirad.fr/562815/2/document_562815.pdf)
- 4 農業統計 (2015) : 2017 年 3 月、農業・牧畜省農業統計局データ
- 5 CIRAD (2011) : Life Cycle Assessment (LCA) of traditional charcoal production in Madagascar [http://agritrop.cirad.fr/562815/2/document\\_562815.pdf](http://agritrop.cirad.fr/562815/2/document_562815.pdf)
- 6 外務省 (2016) : 国別援助方針、対マダガスカル共和国 事業展開計画
- 7 GIZ (2015) : Madagascar makes up ground、<https://www.giz.de/en/mediacenter/28641.html>
- 8 JICA 2017 : マダガスカル国別主要指標一覧 (抜粋)  
<https://libportal.jica.go.jp/library/public/data/Index/Africa/Madagascar.pdf>
- 9 World Trade Organization (2015) : Trade policy review MADAGASCAR
- 10 JICA (2012) : 貧困プロフィール マダガスカル 2012 年版

(別添)

## ハイブリッド型ロケットクッキングストーブ(HybridRCS)とエコ燃料の燃焼試験結果

### 1. 3点カマドと薪の燃焼特性

Hybrid RCS とエコ燃料の燃焼効果を明らかにするために、現地で調理用カマドとして、一般に用いられている3点カマドを用いて、水温 80°Cで30分以上を持続させるために必要な薪の量を検証した。

#### ① 試験方法

- 市販の鉄筋製の3点カマド(3つ足五徳)を参考に、足の長さ250mmの3点カマドを用いた。燃料は、着火用の木片と薪を用いた。試験は、2017年3月、JICA調査団居宅のガレージ内で実施した(標高1,200m)。
- 燃焼試験は、着火材(木片)を用いて薪に着火し、着火後、水1.8ℓの水温変化を温度計で測定した。尚、水1.8ℓを鍋に入れ、水温80°Cまでは蓋をした状態で、水温80°Cに到達後は鍋のふたをあげた状態で燃焼を続け、15分毎に水温を測定した。さらに、燃焼終了後、燃焼灰や未燃焼物を取り出し、重量を測定した。試験区分を、下表に示す。

表1 3点カマド(3つ足五徳)を用いた薪の燃焼試験区

	燃料重量(g)					
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6
薪	150	300	450	600	750	900
着火材(木片)	10	10	10	10	10	10
合計	160	310	460	610	760	910

使用カマド:3点カマド(3つ足五徳、鉄筋製)、足の高さ:250mm

#### ② 試験結果及び考察

- 着火材を用いて薪に着火後、水温は徐々に上昇したが、調理可能な水温80°C以上に達した試験区は薪600g(Test 4)以上であった。さらに、水温80°C以上が30分以上持続した試験区は薪750g(Test 5)と900g(Test 6)であった。各試験区の温度変化を、下表に示す。

表 2 3点カマド (3つ足五徳) を用いた薪の試験結果

着火後の時間 (分)	水1.8ℓの温度変化 (°C)					
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6
0	24	24	24	24	24	24
15	42	50	65	76	63	77
30	41	48	69	84	82	81
45	39	45	67	76	81	83
60			64	69	69	77
75				65	62	68
90					54	63
105						53
120						50
燃焼灰 (g)	0	0	10	4	2	15
未燃焼物 (g)	11	19	22	24	6	19

使用カマド:3点カマド(3つ足五徳、鉄筋製)、足の高さ:250mm

薪 750g (Test 5) の 80°C以上の持続時間は 30 分、薪 900g (Test 6) の 80°C以上の持続時間は 30 分と、薪の量が増えても持続時間は長くならなかった。3 点カマドの場合、着火点と鍋底の空間が解放系であり、炎や熱が容易に逃げてしまうためと推察する。

表 3 3点カマド (3つ足五徳) を用いた薪の燃焼試験特性

	Test 3 薪450g+着火材10g	Test 4 薪600g+着火材10g	Test 5 薪750g+着火材10g	Test 6 薪900g+着火材10g
着火温度(°C)	69	84	82	83
最高温度到達時間(分)	30	30	45	30
80°C以上の燃焼持続時間(分)	—	15	30	30

使用カマド:3点カマド(3つ足五徳、鉄筋製)、足の高さ:250mm



① 3点カマド(3つ足五徳)を用いた薪の燃焼試験/JICA調査員宅にて



② 燃焼試験に用いた着火材(木片)10gと薪750g



③ 燃焼終了後の重量測定(未燃焼物6gと灰2g)

写真 1 3点カマド (3つ足五徳) と薪の燃焼試験/2016年 JICA 調査団撮影

## 2. エコ燃料の製造方法と燃焼特性

### (1) エコ燃料の製造方法

現地で入手した廃棄製材オガコとモミガラを原料に、エコ燃料の試作を行った。粉炭は、日本で市販のクンタン器を持参し、前述のCFAMAで試作した。さらに、粉炭とデンプン（バインダー）の混合割合の検討と成型器の試作は JICA 調査団の現地傭人であるカイゼンカマド（粘土製）製作者が行った。以下に、エコ燃料の製造方法を示す。

#### ① 準備するもの

- 製材所の廃棄オガコや精米所の廃棄モミガラを収集する。
- 腐朽していない乾燥した材料が適する。

表 4 廃棄オガコと廃棄モミガラの必要量

	炭化前重量		炭化率	炭化後の重量
	kg	m <sup>3</sup>		
廃棄オガコ	467 kg	5 m <sup>3</sup>	30%	140 kg
廃棄モミガラ	933 kg	9 m <sup>3</sup>	30%	280 kg

オガコエコ燃料は木炭と同等の熱量を示すが、モミガラエコ燃料の熱量は木炭の約 1/2 である。  
例) オガコエコ燃料 150g = 木炭 150g、モミガラエコ燃料 300g = 木炭 150g。

- クンタン器

#### ② 炭化作業

 <p>No.1 製材所や精米所から、粉炭原料を収集する。</p>	 <p>No.2 内部に着火して、モミガラをクンタン器の周囲に積み上げ、表面が黒くなった個所には新たにモミガラを積み上げる。</p>
 <p>No.3 全体に内部まで黒になったらクンタン器を外して、消火する。</p>	 <p>No.4 モミガラクンタンのできあがり。</p>

写真 2 モミガラの粉炭作業/2017 年 JICA 調査団撮影



## ② エコ燃料の作り方

### a) 材料と器具

- 廃棄オガコ、あるいは廃棄モミガラのクンタン（粉炭）
- 野生イモ“TAVLO”やキャッサバから抽出したデンプン、あるいは市販のデンプン。また、炊いたコメを水に溶いた“水のり”でも代用可能。
- 粉炭成型器、成型筒、エコ燃料押出棒

### b) エコ燃料の作り方

- 粉炭、お湯に溶いたデンプンを、下記の割合で混合する：  
オガコ/エコ燃料：粉炭 3.0 kg：デンプン 100 g：お湯 3.0 ㍓、  
モミガラ/エコ燃料：粉炭 3.0 kg：デンプン 130 g：お湯 3.0 ㍓

 <p>No.1 成型器、成型筒、押出棒</p>	 <p>No.2 クンタンを、粉炭にする</p>
 <p>No.3 粉炭、デンプン、お湯</p>	 <p>No.4 デンプンをお湯に溶かす</p>
 <p>No.5 粉炭とお湯に溶いたデンプンを混ぜる</p>	 <p>No.6 混合物を成型筒に詰めて、成型器にセットする。</p>

 <p>No.7 成型器で圧縮・固化する。</p>	 <p>No.8 圧縮部分の拡大</p>
 <p>No.9 押出棒で、成型筒より、エコ燃料を取り出す。</p>	 <p>No.10 2種類のサイズ： 左：直径 54mm × 高さ 55mm 右：直径 35mm × 高さ 55mm</p>

写真 3 エコ燃料の製造方法/2017 年 JICA 調査団撮影

### ③ エコ燃料の保管方法

エコ燃料はデンプンをバインダーとして成型しているため、雨や水に濡れると容易に崩壊する。このため、エコ燃料の保管は屋内や乾いた場所に保管しなければならない。

### ④ エコ燃料の使い方

オガコ/エコ燃料は、調理用燃料として、木炭と同量で使うことができる。一方、モミガラ/エコ燃料の熱量は木炭の約 1/2 であるため、木炭の約 2 倍量が必要である。

 <p>水 1.8ℓ、オガコ/エコ燃料 150g、着火材 10g</p>	 <p>オガコ/エコ燃料は、木炭と同様に、燃焼する。</p>	 <p>着火約 60 分で沸騰する。沸騰持続時間は、約 45 分。</p>
---	---	--

写真 4 エコ燃料の使い方/2017 年 JICA 調査団撮影

## (2) カイゼンカマドを用いたエコ燃料の燃焼試験

上記で試作したオガコ/エコ燃料とモミガラ/エコ燃料の 2 種の燃焼特性を明らかにするために、調理用カマドとして一般に使用されているカイゼンカマド（粘土製）を用いて、エコ燃料 2 種の燃焼試験を行った。

### ① 試験方法

各試験とも開始前に着火材（木片）と燃料の重量を測定し、燃料に着火後、鍋に入れた水 1.8ℓの温度を 15 分毎に測定した。燃焼終了後、燃焼灰及び未燃焼物の重量を測定した。試験区分を、下表に示す。

表 5 カイゼンカマドを用いたエコ燃料 2 種の燃焼試験区

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
オガコ/エコ燃料 (g)	150				
モミガラ/エコ燃料 (g)		150	322		
木炭 (g)				150	
薪 (g)					150
着火材 (g)	10	10	10	10	10
合計	160	160	332	160	160

使用カマド:KAIZEN KAMADO

### ② 試験結果及び考察

オガコ/エコ燃料 150g (Test 1) は着火 60 分後には 80℃に達し、最高温度 90℃付近で沸騰した。80℃以上の持続時間は 60 分で、炊飯や煮炊き等に十分な熱量と燃焼時間であった。モミガラ/エコ燃料は、モミガラ/エコ燃料 150g (Test 2) の場合は最高温度 68℃で煮炊き可能な 80℃には達しなかった。同燃料 300g (Test 3) の場合は、最高温度 88℃で 80℃以上の持続時間は 60 分と、オガコ/エコ燃料 150g (Test 1) と同様な結果を示した。また、木炭 150g (Test 4) は緩やかに温度上昇し、最高温度 91℃の到達時間は着火 120 分後、80℃以上持続時間は 120 分であった。

本来、試験に用いた形状のカイゼンカマドでは薪を燃焼しないが、エコ燃料及び木炭の比較のために薪 150g (Test 5) を実施した。薪 150g は着火 15 分後に 74℃、着火 30 分後に 78℃と急速に温度上昇したが、調理可能な温度 80℃には達しなかった。表 4 記載の通り、木炭と薪の燃焼特性の違いが改めて確認された。

表 6 カイゼンカマドを用いたエコ燃料 2 種、木炭、薪の燃焼試験結果

着火後の燃焼時間 (分)	水1.8ℓの温度変化(°C)				
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
0	23	23	22	25	26
15	36	30	33	36	74
30	54	34	36	43	78
45	69	41	38	60	72
60	80	48	45	73	
75	88	58	55	84	
90	89	65	65	89	
105	87	68	82	90	
120		61	86	91	
135			88	87	
150			88	84	
165				80	
180				74	
燃焼灰 (g)	35	86	166	18	11
未燃焼物 (g)	0	0	0	0	6

使用カマド: KAIZEN KAMADO



燃焼前重量150gと着火材(木片)10gは、共通  
①木炭、②薪、③モミガラ/エコ燃料、④オガコ/エコ燃料

燃焼灰と未燃焼物の重量  
①木炭、②薪、③モミガラ/エコ燃料、④オガコ/エコ燃料

写真 5 カイゼンカマドの燃焼試験に用いた木炭、薪、モミガラエコ燃料、オガコエコ燃料

燃焼灰の重量を比較すると、モミガラエコ燃料は 150g (Test 2) と 300g (Test 3) で、それぞれ 86g と 166g と、他の燃料より燃焼灰が多い。一般に、モミガラはケイ素 (難燃性のシリカ) を含むため、モミガラエコ燃料の燃焼灰の重量は着火前の燃料重量の凡そ 5 割~6 割を占める。尚、モミガラ灰は他の草木灰と同様に田畑に施用することは問題ない。

木炭 150g (Test 5) の場合、最高温度は 91°C に到達する時間は 120 分と長く、80°C 以上の持続時間は 105 分と 4 種燃料の中で最も長い燃焼時間を示した。ついで、薪 150g (Test 5) の場合、着火 30 分後に最高温度 78°C に達し、着火 45 分後には燃焼が終了した。通常、木炭は緩やかに燃焼し高温を維持する反面、薪は短時間で燃焼することから、両者の燃焼特性の違いを現している。

カイゼンカマドを用いた炊飯や簡単な煮炊きの調理時間が30分～60分と仮定すれば、オガコ/エコ燃料150gとモミガラ/エコ燃料322gは、木炭150gを代替することが可能と推察する。但し、オガコ/エコ燃料150g (Test 1) の80℃以上持続時間は60分で、木炭150g (Test 4) の燃焼時間は105分と木炭の熱量の高さが観察された。この差は、オガコ/エコ燃料の燃焼灰の差に由来するものと思われる。

表 7 カイゼンカマドを用いた、エコ燃料2種、木炭、薪の燃焼試験特性

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
燃料重量					
オガコ/エコ燃料 (g)	150				
モミガラ/エコ燃料 (g)		150	322		
木炭 (g)				150	
薪 (g)					150
着火材 (g)	10	10	10	10	10
(小計)	160	160	332	160	160
燃焼灰(g)	58	99	166	21	0
未燃焼物(g)	0	0	0	11	11
最高温度 (°C)	89	68	88	91	78
最高温度到達時間(分)	90	105	135	120	30
80℃以上持続時間(分)	60	0	60	105	0

使用カマド: KAIZEN KAMADO

### 3. Hybrid RCS の燃焼特性

前述の3点カマド（3つ足五徳）と薪の燃焼試験結果によれば、水 1.8ℓを調理可能な水温 80℃以上に温度上昇させるのに必要な薪の量 600g 以上で、薪 750g（Test 5）で最高温度 82℃、水温 80℃以上の持続時間 30 分であった。このため、Hybrid RCS を用いた薪 450g と 600g、並びにエコ燃料の混焼試験を以下の内容にて行った。

#### ① 試験方法

- 図 7 記載の Hybrid RCS を用いて、燃料は着火用の木片と薪を用いた。試験は、2017 年 4 月、JICA 調査団居宅のガレージ内で実施した（標高 1,200m）。
- 燃焼試験は、着火材を用いて薪に着火し、着火後、水 1.8ℓの水温変化を温度計で測定した。尚、水 1.8ℓを鍋に入れ、水温 80℃までは蓋をした状態で、水温 80℃に到達後は鍋のふたをあげた状態で燃焼を続け、15 分毎に水温を測定した。さらに、燃焼終了後、燃焼灰や未燃焼物を取り出し、重量を測定した。試験区分を、下表に示す。

表 8 Hybrid RCS を用いた薪と、エコ燃料 2 種・木炭の混焼試験区

	燃料重量 (g)				燃料重量 (g)			
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
薪	150				150			
木炭		300				300		
オガコ/エコ燃料			150				150	
モミガラ/ エコ燃料	450	450	450	450	600	600	600	600
着火材(木片)	10	10	10	10	10	10	10	10
合計	610	760	610	460	760	910	760	610

使用カマド: Hybrid Rocket Cooking Stove

#### ② 試験結果

Hybrid RCS を用いた場合、薪に着火開始直後より、ダクト内の空気が暖められ、炎と熱が直筒ダクトより噴出した。薪 450g 及び 600g の単体による燃焼では、最高温度はそれぞれ 83℃（Test 4）と 84℃（Test 8）であった。また、80℃以上の燃焼時間はそれぞれ 30 分（Test 4）と 15 分（Test 8）であった。

薪 450g に、オガコエコ燃料 150g（Test 1）、モミガラエコ燃料 300g（Test 2）、並びに木炭 150g（Test 3）を混焼した場合、着火 15 分後には 85℃以上に上昇し、着火 30 分後にはオガコエ 150g は最高温度 91℃に、木炭 150g は 90℃に達した。ついで着火 30 分後にモミガラエコ燃料 300g も最高温度 91℃（Test 2）に達した。Test 1、Test 2、並びに Test 3 の 80℃以上の持続時間は、それぞれ 45 分、75 分、45 分であった。

薪 600g（Test 5）に、オガコエコ燃料 150g（Test 5）、モミガラエコ燃料 300g（Test 6）、並びに木炭 150g（Test 7）を混焼した場合、最高温度はそれぞれ、Test 5 は 89℃、Test 6 は 93℃、並びに Test 7 は 93℃であった。また、80℃以上の持続時間は、Test 5 は 45 分、Test 6 は 30 分、並びに Test 7 は 30 分であった。

表9 Hybrid RCS を用いた薪と、エコ燃料2種・木炭の混焼試験結果

着火後の時間 (min)	水1.8ℓの温度変化 (°C)				水1.8ℓの温度変化 (°C)			
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
0	23	23	23	23	23	23	23	23
15	86	85	85	83	82	82	93	71
30	91	89	90	80	89	93	80	84
45	88	91	87	58	85	75	78	61
60	78	87	75	0	72	67	74	50
75	70	80	63	0	66	58	64	
90	0	73	55	0	53	54	54	
105	0	68	0	0	48	48		
120	0	62	0	0	0	0		
燃焼灰 (g)	60	126	7	3	21	124	19	3
未燃焼物 (g)	19	17	35	16	30	41	46	36

使用カマド: Hybrid Rocket Cooking Stove



① 着火15分後、直筒ダクトより炎が噴出し、エコ燃料の投入



② 着火30分後、エコ燃料が燃焼開始

写真6 Hybrid RCS を用いた薪と、エコ燃料・木炭の燃焼試験/2017年 JICA 調査団撮影

### ③ 考察

Hybrid RCS を用いた炊飯や簡単な煮炊きの調理時間を80°C以上30分~60分と仮定すれば、Hybrid RCS で薪450gあるいは600gに、エコ燃料2種（オガコエコ燃料150g、モミガラエコ燃料300g）あるいは木炭150gを混焼することにより、最高温度89°C~93°C、80°C以上持続時間30分~75分を示した。特に、薪450gとエコ燃料150g（Test 1）は木炭150g（Test 3）と同等の燃焼効果を示し、さらにモミガラエコ燃料は木炭に対し最高温度到達時間は45分と長くかかったが、80°C以上の持続時間は75分と木炭よりも長かった。これらの結果から、Hybrid RCS は薪とエコ燃料、あるいは木炭を併用することが可能であり、特に薪450gでオガコエコ燃料150g、あるいはモミガラエコ燃料300gで、木炭150gと同等の燃焼効果を示すことが明らかとなった。

Hybrid RCS を用いた場合、薪450g（Test 4）と600g（Test 8）の最高温度は83°C~84°Cで80°C以上の持続時間はTest 4で30分、Test 8で15分と持続時間は短くなった。一般に、カマドや薪ストーブの場合、燃焼量を調整するための空気調整口を設けて吸気量を調整することにより、燃焼速度を調整する。本試作器は吸気口が解放しており、燃料重量（=煙突効果）が増えるにつれ吸気量が増え、燃焼速度が速めたものと推察する。

表 10 Hybrid RCS を用いた薪と、エコ燃料 2 種・木炭の混焼試験結果

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
燃料重量								
オガコ/エコ燃料	150				150			
モミガラ/ エコ燃料		300				300		
木炭			150			0	150	
薪	450	450	450	450	600	600	600	600
着火材(木片)	10	10	10	10	10	10	10	10
(小計)	610	760	610	460	760	910	760	610
燃焼灰(g)	60	126	7	3	21	124	19	3
未燃焼物(g)	19	17	35	16	30	41	46	36
最高温度 (°C)	91	91	90	83	89	93	93	84
最高温度到達時間(分)	30	45	30	15	15	30	15	30
80°C以上持続時間(分)	45	75	45	30	45	30	30	15

使用カマド: Hybrid Rocket Cooking Stove

現地では、一般に3点カマドやカマドヨーコ(写真2-⑤)では薪、あるいは薪と木炭を併用し、七輪型のカイゼンカマド(ブリキ製及び粘土製)の場合は木炭を使用する。また、食堂やホテル等の固定式カマドの場合、薪を使用する。通常、同じ燃料種を用いても、使用するカマドの構造や素材が異なれば吸気量や排気量、熱の伝導性や放熱性が異なることから燃焼特性も異なる。本 Hybrid RCS は薪とエコ燃料、あるいは木炭を併用することを想定し、具体的には薪の燃焼特徴である炎と熱で急速に温度をあげ、その後木炭の燃焼特徴である安定した熱量で 80°C以上を持続させることを想定した。このため、Hybrid RCS、3点カマド(3つ足五徳)、並びにカイゼンカマドについて、以下に比較した。

(Hybrid RCS と 3 点カマドの比較)

3点カマド(3つ足五徳)を用いて薪を燃焼した場合、最高温度 80°C以上を示した薪 600g (Test 4)、750g (Test 5)、並びに 900g (Test 6)であった。この結果、Hybrid RCS は3点カマド(3つ足五徳)に対し、薪の使用量を最小 150g (2割) ~最大 450g (5割)を削減することが可能と推察される。

表 11 Hybrid RCS と 3 点カマドを用いた薪の燃焼特性の比較

	Hybrid RCS		3点カマド(3つ足五徳)			
	Test 4	Test 8	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6
燃料重量						
オガコ/エコ燃料						
モミガラ/ エコ燃料						
木炭						
薪	450	600	450	600	750	900
着火材(木片)	10	10	10	10	10	10
(小計)	460	610	460	610	760	910
燃焼灰(g)	3	3	10	4	2	15
未燃焼物(g)	16	36	22	24	6	19
最高温度 (°C)	83	84	69	84	82	83
最高温度到達時間(分)	15	30	30	30	45	30
80°C以上持続時間(分)	30	15	-	15	30	30

使用カマド: Hybrid Rocket Cooking Stove、3点カマド(3つ足五徳)



(Hybrid RCS とカイゼンカマド)

下記に、Hybrid RCS とカイゼンカマドを用いたエコ燃料 2 種、木炭、薪の燃焼特性を示す。80°C ~90°Cに到達する温度は、Hybrid RCS の場合着火 15 分~30 分、カイゼンカマドの場合エコ燃料 2 種と木炭は着火 75 分~105 分と Hybrid RCS の特徴である温度上昇速度の速さ（煙突効果）を示す結果となった。一方で、80°C以上持続時間が Hybrid RCS の場合 45 分~75 分と、カイゼンカマドの場合 60 分~105 分よりも短く、カイゼンカマドの特徴である 80°C以上持続時間を再現できなかった。即ち、燃焼速度が速まった部分、燃焼時間が短くなる結果であった。このため、Hybrid RCS の燃焼速度を調節可能な吸気調整弁が必要であると考えられる。

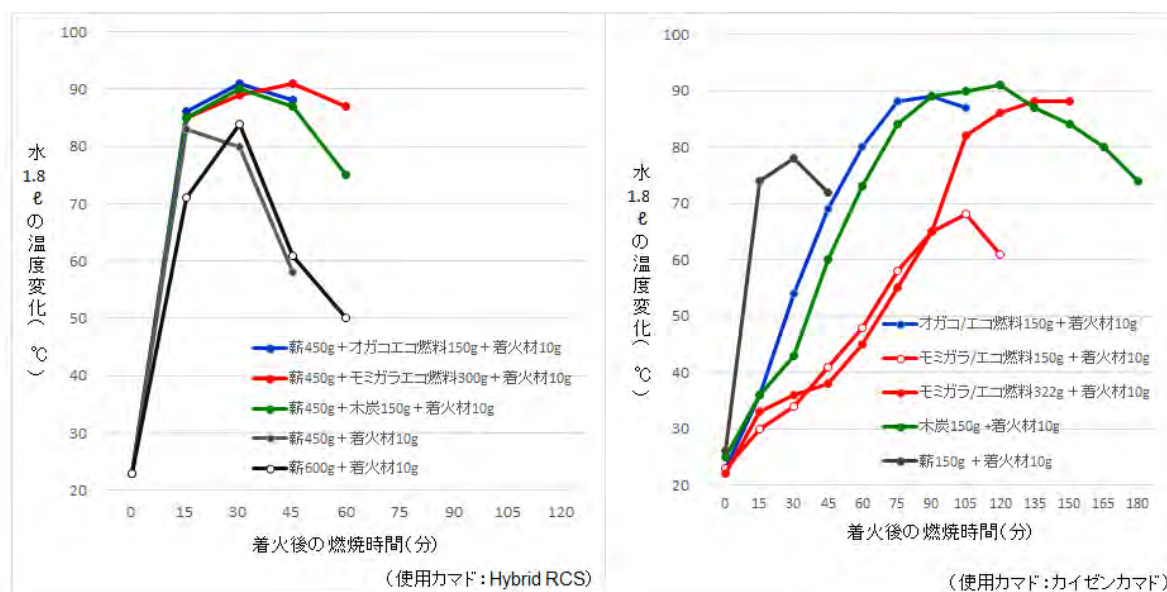


図 1 Hybrid RCS と 3 点カマド（3つ足五徳）を用いた薪の燃焼特性

以上