Original Paper

Potential Contribution of Solar Drying Systems to Development of Rural Communities: A Case Study in Thailand

Yue MORIIZUMI^{*1†}, Hiroki HONDO^{*1}, and Piyawan SRI-AMPAI^{*2}

(Received March 31, 2020)

農村コミュニティの発展における太陽熱乾燥システムの貢献可能性：タイにおけるケーススタディ

森泉由恵^{*1†}, 本藤祐樹^{*1}, スリアンパイ・ピヤワン^{*2}

The purpose of this study is to examine whether the introduction of solar drying systems contribute to the development of rural community activities in Thailand. In this study, interviews are conducted with six farmer groups who use solar drying systems for their production activities, and the empirical findings from the interviews are used as data for the analysis. The case analysis reveals that the introduction of solar drying systems has the potential to create the following three values. First, its introduction has the potential to motivate community members and bring out their initiative through the improvement of the working environment. The second is the possibility that its introduction may naturally induce learning to improve members' competence, triggered by a change in drying methods. Third, its introduction has the potential to enhance the sustainability of local communities by strengthening ties within local communities and ensuring succession. More importantly, the use of renewable solar thermal energy realizes the three values mentioned above without the consumption of fossil fuels. This study suggests that the installation of solar drying systems may not only contribute to global environmental sustainability in terms of climate change mitigation, but also to the sustainable development of rural communities in developing countries.

Key Words

Renewable energy, Solar thermal energy, Community enterprise, Learning, Sharing, Motivation, Local sustainability

本研究の目的は、太陽熱乾燥システムの導入がタイの農村コミュニティ活動の発展に貢献するかどうかを検討することである。本研究では、太陽熱乾燥システムを生産活動に利用している6つの農民グループに対してインタビュー調査を行い、そこから得た経験的な知見を分析の素材としている。事例分析の結果、太陽熱乾燥システムの導入は以下に示す3つの価値をもたらす可能性が見出されている。第一に、軽労化という労働環境の改善を通して、コミュニティメンバーのモチベーションを高め、主体性を引き出す可能性である。第二に、導入による乾燥方法の変化をきっかけとして、メンバーの能力向上のための学習が自然に誘発される可能性である。第三に、農村コミュニティ内のつながりの強化と後継者の確保をもたらし、地域社会の持続性を向上させる可能性である。さらに重要な点は、再生可能な太陽熱エネルギーを利用することで、化石燃料の消費を伴うことなく、上述の3つの価値を実現することにある。本研究の結果は、太陽熱乾燥システムの導入が、気候変動の緩和という地球環境の持続性に資するだけでなく、途上国における農村コミュニティの持続的な発展に資する可能性を示唆している。

キーワード

再生可能エネルギー、太陽熱エネルギー、コミュニティ・エンタープライズ、学習、共有、モチベーション、地域の持続性

※1 Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University
79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501, Japan

※2 Faculty of Economics, Chulalongkorn University
254 Phayathai Road, Patumwan, Bangkok 10330, Thailand

† Corresponding author: yue-m@ynu.ac.jp

※1 横浜国立大学大学院環境情報研究院
〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7

※2 チュラロンコン大学経済学部
Phayathai Road, Patumwan, Bangkok 10330, Thailand

1. はじめに

近年、再生可能エネルギーと農村地域の発展の関係をめぐる議論が活発に行われている。農村地域の多くは、人口減少や高齢化による地域の衰退、都市部との所得格差など様々な課題を抱えている。再生可能エネルギーの導入は、雇用や所得の創出、農村経済の多角化、生活条件・環境の改善などの面で農村地域の発展に貢献する可能性がある^{1)~3)}。さらに、地域資源に立脚したコミュニティ主導型の発展が指向される世界的潮流のなか、再生可能エネルギーを導入・利用する過程でコミュニティの能力が向上し、主体性が醸成されることが期待されている^{4)~5)}。これまでに、地域での雇用創出や収入の増加、地域経済の多角化、地域社会の結束の強化といった観点から再生可能エネルギーの影響評価が行われてきた^{6)~9)}。しかし、導入効果の検証はまだ十分ではないことが指摘されている^{10)~11)}。

また、既往研究が対象とする再生可能エネルギー技術は、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電が大勢を占めており、太陽熱による乾燥など直接熱利用技術を対象とした分析は少ない。太陽熱乾燥技術は、システムが簡易で比較的安価であるため、途上国の農村部においても導入しやすいという利点がある。特に、食品乾燥は、収穫後の農産物の長期保存を可能にし、付加価値を向上させる重要な技術である。最も伝統的な乾燥技術は天日干しであるが、天候に左右されやすく、ゴミや埃による品質劣化、昆虫や家畜などの動物による食害や衛生被害といった欠点がある。また、天日干しは水分量のコントロールが難しく、品質が安定しない。そこで、途上国の農村部での利用を想定して、太陽熱を用いた乾燥技術の開発が精力的に行われてきた^{12)~14)}。

タイ政府は、現在、太陽熱乾燥システムの普及政策を推進している。エネルギー省代替エネルギー開発・エネルギー保全局（以下、DEDE: Department of Alternative Energy Development and Efficiency）は、2011年から「パラボラドーム」と呼ばれる太陽熱乾燥システムの導入プロジェクトを開始した。パラボラドーム導入の目的は、第一に、乾燥機の利用に伴う化石燃料消費量の削減、第二に、乾燥品の衛生面での付加価値向上である。乾燥食品製造は、タイ経済における重要な産業である。パラボラドームは、果実類、スパイス・ハーブ類、野菜類、魚介類など幅広い農水産物の乾燥に用いられ、北部・東北部から南部までタイ全土で導入されている。2018年までの設置数は421ヶ所（49,757 m²、134,403 GJ/年に相当）にのぼる¹⁵⁾。2015年に発表された代替エネルギー開発計画では、2036年までに750ヶ所にパラボラドームを導入することを目標として掲げている¹⁶⁾。

パラボラドーム導入の対象は、個人農家、農民グループ、中小企業であるが、特に農民グループへの普及が重視されている。タイ政府は農業戦略において、農民の組織化と能力向上を、農業部門の国際競争力強化、持続的農業の推進と並ぶ目標に位置付けている¹⁷⁾。農民の組織化と能力向上は、ラーマ9世（プミポン前国王）が提唱した足を知る経済理念^{脚注1)}で示される農村発展モデルにおける鍵である。組織

化により小規模農家の立場の弱さを解消し、その活動を通して農産物高付加価値化のための知識や技術を身につけ、農家の自立および生活の質の向上を実現することが目指されている。パラボラドームの導入は、こうした農民グループの活動を後押しするものとして期待されている。

農民の組織化を推進する政策として、農業・協同組合省農業普及局（以下、DOAE: Department of Agricultural Extension）が推進するコミュニティ・エンタープライズ政策があげられる。コミュニティ・エンタープライズとは、農産品の販売や加工など、何らかのビジネスを協働で行うことを目的に7人以上のメンバーが集まり、正式に登録を行ったグループを指す¹⁹⁾。2018年時点で、70,000以上のグループがコミュニティ・エンタープライズとして認可されている。しかしながら、商品開発や販路開拓など経営面での課題、リーダーシップの欠如やメンバー間のトラブルなど組織運営面での課題を抱えるケースが多く、活動が軌道に乗っているグループは多いとは言えない^{20)~22)}。そのため、コミュニティ・エンタープライズの維持・発展のための方策が模索されている。

こうした背景から、本研究は、再生可能エネルギー技術として太陽熱乾燥システムを取り上げ、農村地域発展の土台となるコミュニティ経済活動の維持・発展に貢献する可能性を検討する。具体的には、パラボラドームを導入したコミュニティ・エンタープライズを対象とし、導入により生じた変化を把握、分析する。

2. 分析の対象

本章では、本研究が対象とする太陽熱乾燥システムとコミュニティ経済活動について述べる。同時に、既往研究の概観を通して本研究の位置づけを明確にする。なお、以下のタイの施策に関する説明は、パラボラドーム普及政策を担当するDEDE、パラボラドームの開発を行っているシリパコーン大学、コミュニティ・エンタープライズ政策を担当するDOAE、ならびに、土地を所有しない農民への土地の利用権付与等を担当する農業・協同組合省農地改革局（以下、ALRO: Agricultural Land Reform Office）に対するヒアリングで得た情報に基づく。

2.1 太陽熱乾燥システム

2.1.1 パラボラドームの概要

パラボラドームは、シリパコーン大学が開発した空気循環式の太陽熱乾燥システムである（Fig. 1）。形状は日本のビニールハウスと類似している。効率的かつ均一な乾燥を行う構造となっており、内部の温度は晴天の場合には60℃程度に上昇する。建築方法は、まず、敷地全面にコンクリート基礎を施す。基礎の表面は、熱を吸収して内部の温度を上昇させるため、黒色顔料を練り混ぜたコンクリートでコーティン

脚注1)「足を知る」経済理念は、「安定的で調和の取れた持続可能な進歩」を実現するための国の指針である。SDGsの17の目標に関しても、この理念を適用することで達成を目指している¹⁸⁾。

Fig. 1 Parabola dome in Thailand

グする。食品衛生上、塗料の表面塗布による着色が許可されないためにこの方法を用いている。次に、パイプで骨組みを作り、外壁を厚さ 6 mm のポリカーボネートシートで被覆する。最後に、温度・湿度調整用のファン、乾燥用の台、雨に備えた補助熱源としての LPG バーナー、ファン動力源としての太陽光発電設備、出入口の扉を設置する。建設には 10 日程度を要する。DEDE では普及政策の一環として、建設業者へのパラボラドーム建設研修を実施している。建設後は、台風による破損や倒壊がなければ、10 年程度使用することができる。定期点検やメンテナンスは必要ないとされているが、ファンの故障や乾燥用の網の劣化が起きた場合は修理・交換が必要になる。また、コンクリート基礎の黒色が薄くなった場合は、再度、コーティングを行う必要がある。

サイズは大・中・小の 3 種あり、床面積はそれぞれ 8.0 m × 20.8 m, 8.0 m × 12.4 m, 6.0 m × 8.2 m, 価格は 88 万 Baht, 58 万 Baht, 28 万 Baht である。導入政策が開始された 2011 年には、DEDE が初期投資の 60% を補助している。2012 年以降、補助金は 1 年ごとに 5% ずつ少なくなり、2017 年は 35% 補助となっている。2018 年以降は、30% 補助で固定される予定である。ただし、対象がコミュニティ・エンタープライズである場合や、小サイズの導入の場合は、DEDE が全額補助することもある。また、パラボラドームは、インドやカンボジア、ベトナムなどタイ以外の国でも設置されているほか、セネガルに対する技術供与も実施されている。

2.1.2 太陽熱乾燥システムに関する既往研究

太陽熱乾燥システムを対象とした既往研究は、技術開発およびその性能評価をテーマとする研究が中心である。乾燥速度や効率、乾燥温度などを指標として開発したシステムの性能を検証する研究、最適な設計の検討を行う研究が数多く実施されている^{23) ~ 27)}。

システムの性能評価以外の研究では、導入の意思決定において重要な要素である経済性の観点、および、乾燥後の製品品質の観点からの評価が行われている。経済性評価では、投資回収期間を算出している研究が多く、例えば、インドにおけるキャビネット型のシステムでは 3.26 年²⁸⁾、タイにおける貯湯タンクと熱交換機を備えたシステムでは 1.37 年²⁹⁾、タイにおける集熱パネル屋根設置システムでは 5 年³⁰⁾、チュ

ニジアにおけるグリーンハウス型システムでは 1.6 年³¹⁾といった結果が得られている。

製品の品質評価では、Hossain and Bala³²⁾ が、バングラデッシュにおけるトンネル式太陽熱乾燥システムの性能評価と、乾燥後の唐辛子の外観と食味に関する品質評価を行っている。本研究が対象とするタイのパラボラドームに関しても、システムの性能評価、経済性評価とともに、外観、香り、食味、食感といった製品品質の評価が行われている^{33) 34)}。

また、数は多くないものの、CO₂ 排出量など環境負荷に着目した研究も実施されている。実測およびシミュレーションモデルにより、化石燃料や電気を太陽熱で代替した場合の CO₂ 削減ポテンシャルの評価が行われている^{35) ~ 38)}。

以上のように、先行研究では太陽熱乾燥システムの導入効果として、経済性や製品品質の改善、環境負荷の軽減が考えられている。しかし、新技術が生産活動に導入された時の影響は、個人や組織の行動変化など、さらに広範な観点から検討する必要がある。

2.2 コミュニティ経済活動

2.2.1 コミュニティ・エンタープライズの概要

タイ政府は、2005 年にコミュニティ・エンタープライズ法を成立させた。農民組織化政策は古くから実施されていたが、この法律により、組織が法人格を持たなくても法律上の正式なステータスが保証され、政府機関の各種資金やサポートにアクセスできる権利が与えられた。政策の中心を担う政府機関は DOAE であるが、ALRO により新たに土地を付与された農家が、New theory^{脚注 2)} などの持続的農業を実践し、そこからコミュニティ経済活動につながるケースも多いため、ALRO も深く政策に関与している。事業の内容は 7 割が農業関連であり、野菜、果物、コメの販売業、畜産業、食品加工業などである。残りの 3 割は OTOP プロジェクト^{脚注 3)} による製品であることが多いため、支援には内務省コミュニティ開発局が関わっている。

コミュニティ・エンタープライズとして正式に認可されるためには、登録を行う必要がある。登録は、世帯が異なるメンバーが 7 人以上集まること、ビジネスプランが策定されていることという条件を満たせば良い。登録手続きは簡易であり、グループの名称・所在、メンバーの氏名・住所のリスト、サイン付き認可書等を郡の DOAE に提出する。申請書類の提出時に、グループの能力判定のためのチェックシートの記入を行う。申請後、チェックシートに基づいてグループのポテンシャル評価が行われ、開発プランが作成される。登録後は、その開発プランに基づき各種の研修や指導、支援が実施されるとともに、タンボン^{脚注 4)} の DOAE スタッフによる活動状況のチェックが行われる。

脚注 2) New theory とは、複合農業の一形態であり、「足るを知る」経済理念に基づく。

脚注 3) OTOP (One Tambon One Product) プロジェクトとは、日本の一村一品運動をモデルとした住民自身の力による地域づくりを目的としたプロジェクトを指す。

脚注 4) タンボン (Tambon) は、いくつかの村をまとめた行政単位であり、郡 (Amphoe) の下位、村 (Muban) の上位にあたる。

コミュニティ・エンタープライズの活動は、当事者意識を持った主体的な取り組みであること、地域資源と地域の伝統知を活用すること、可能な限りコストを抑えること、適正な規模であることが望ましいとされる。また、「発展すなわち学習」との理念の下、自分達自身の強みや弱みを知り、知識を共有し、外部からも積極的に学ぶことが推奨される。さらに、事業で得た利益の公平な分配と利用および貯蓄を促すため、「Welfare fund」と呼ばれる共通基金を創設することが推奨されている。

2.2.2 コミュニティ・エンタープライズに関する既往研究

コミュニティ・エンタープライズに関する既往研究の重点は、活動のパフォーマンスに影響を与えるキーファクターを明らかにすることに置かれている。分析手法は、「成功しているグループ」と「成功していないグループ」との比較を行い、その相違点から成功要因を推察するものである。

例えば、Ruengde and Wongsurawat³⁹⁾はモチベーションと経営能力に着目し、ベチャブリ県コミュニティ・エンタープライズを対象に質問紙調査とインタビュー調査を行っている。その結果から、コミュニティ活動の成功には、メンバーの内発的モチベーションが高く活動に対する主体性があること、コミュニケーションが活発で系統立った分業体制が構築されていること、活動の収支を把握・記録していること、マーケティング戦略を策定していることが必要であると結論づけている。Sutthsakorn⁴⁰⁾は、ナレッジマネジメントと学習プロセスに着目し、ウボンラチャタニ県コミュニティ・エンタープライズを対象にインタビュー調査を行った。その結果から、組織の立ち上げ期においては、グループリーダーの経験学習と暗黙知が重要であること、活動の拡大期においては、研修や視察・消費者への調査などから得た知識を生産に活用する実践による学習が重要であると結論づけている。同様に、リーダーシップ、メンバー間の信頼関係、政府機関との関係性の強さが成功要因であるとする研究⁴¹⁾、メンバー間での目標の共有、ベネフィットの公平な分配、リーダーシップ、組織内コミュニケーションが成功要因であるとする研究⁴²⁾、人的資本が成功を決める要素であるとする研究⁴³⁾があげられる。

このように、先行研究では、コミュニティ活動の成功の主要因として、人的資本と組織資本に関する要素が多くあげられているが、統一した結論は得られていない。また、先行研究ではもっぱら人的・組織資本など経営資源の内容に焦点が当てられており、これらの経営資源がどのように活動の成功に結び付くかというプロセスには関心が寄せられていない。これまでに、パラボラドーム導入を含めコミュニティ活動の支援策の効果・影響に着目した分析は行われていないが、支援策がもたらす変化は多様であることが予想される。そのため、分析では、経営資源のみならず、事業全体を包括的に捉える必要がある。

3. 分析方法と調査対象

3.1 分析のフレームワークと調査項目

パラボラドームの導入による影響を把握するため、コミュニティ・エンタープライズのメンバーに対するインタビュー調査を実施した。インタビュー調査は、企業の業績評価や経営管理のためのフレームワークであるBrown⁴⁴⁾のモデルに基づいて行った。Brownのモデルはロジックモデルをベースとするものであり、企業が所有する様々な経営資源からスタートし（インプット）、それらを変換する過程を経て（ビジネスプロセス）、財・サービスが生産され（アウトプット）、財・サービスを提供することで価値を生み出すとともに（アウトカム）、活動を通して組織の目標を達成する（ゴール）という一連の流れで企業の活動を表現している。このモデルにより、経営資源が最終的な目標に結びつくプロセスを明示することができる。インタビュー調査では、パラボラドームの導入目的に関する変化、ならび、上記の5つの段階における変化について質問した。8つの質問項目を以下に示す。

- (1) 化石燃料使用量の変化（導入目的）
- (2) 衛生面における品質の変化（導入目的）
- (3) メンバーに関する変化（インプット）

組織を構成するメンバーの意識や態度、スキルなど、人的資本に関する変化を問うものである。

- (4) 組織に関する変化（インプット）

メンバー間の信頼関係や協力関係の高まりなど、組織資本に関する変化を問うものである。

- (5) 経営資源の変換過程に関する変化（ビジネスプロセス）

生産の効率化やコスト削減など、事業の方法に関する変化を問うものである。

- (6) 生産物に関する変化（アウトプット）

衛生面以外の製品品質向上や新製品の開発など、生産物に関する変化を問うものである。

- (7) 事業の成果に関する変化（アウトカム）

新規市場の開拓や顧客満足度の向上など、事業の成果に関する変化を問うものである。

- (8) 活動の最終的な目標に関する変化（ゴール）

自立や生活の質向上など、組織の最終的な目標に関する変化を問うものである。

これら8つの項目に対し、パラボラドームの導入後における変化の有無について、また変化があった場合にはその内容について質問を行った。

3.2 調査対象

パラボラドームを生産活動に利用している6つの農民グループに対して、インタビュー調査を行った。6つのグループは、全てコミュニティ・エンタープライズとして登録している。調査は、2018年6月と2019年12月の2回にわけて実施した。以下では、インタビューで得られた情報を元に、グループの活動内容や特徴、パラボラドーム導入の経緯等について述べる。Table 1に各事例の概要を、Fig. 2に各事例の所在地を示す。

Table 1 Overview of six farmer groups

	Case A	Case B	Case C	Case D	Case E	Case F
Location (Province)	Khon Kaen	Khon Kaen	Sukhothai	Phitsanulok	Nakhon Pathom	Samut Songkhram
Founded	2013	2011	1996	2000	2002	2003
No. of members	30	32	11	30	165	30
Main Product	Reed basket	Mushroom Cracker	Dried banana	Dried banana	Dried tomatoes	Face powder
Annual sales (thou. Baht)	150	90	370	3,000	4,000-8,000	1,300

Fig. 2 Location of the study areas in Thailand

3.2.1 事例 A

事例 A は、葦の栽培、および、葦によるバスケット等の生産・販売を行うグループである。葦の栽培期間は5ヶ月で一年中収穫できるため、活動も通年行っている。古くからコミュニティで手編みの葦マットを作成していたが、Khon Kaen 大学からマットよりも加工度の高い製品の生産を勧められたことをきっかけに、バスケット等の生産を始めた。コミュニティ・エンタープライズの登録は2013年、メンバーは30人である。

製品の販売は、政府から OTOP 展示会への出品を勧められて以降、本格化させた。販売店舗はなく、オンラインで注文を受けて製品を郵送する。既に知名度が高いため多くの注文があり、現在のところ販売に関する問題はない。年間売上高は15万 Baht である。葦製品を生産するグループは多数あるが、バスケット等の中にパーカオマーと呼ばれるタイ

の伝統的なチェック柄の布を敷くこと、葦の染色にクミンやジャックフルーツの種子など植物素材を用いることで差別化を図っている。

製品の製造方法は、まず、1本の葦を細く割り、乾燥させる。十分に乾燥させた後、染色を行い、再度、乾燥させる。それを用いてマットを編み、そこからバスケット等に加工する。乾燥は天日干しで行っていたが、2017年に DEDE の勧めによりパラボラドームを導入した。費用は全額 DEDE が負担している。

3.2.2 事例 B

事例 B は、キノコの共同栽培、および、キノコペーストを原料とするキノコクラッカーの生産・販売を行うグループである。DOAE 職員の勧めにより、2011年にコミュニティ・エンタープライズとして登録した。登録前は栽培したキノコをそのまま販売していたが、生産規模の拡大と一年を通して安定した販売を行うことを目的として、キノコ加工品の生産に着手した。メンバーは32人である。タンボンや郡の小売店や病院に販売するほか、直接注文を受けている。年間売上高は9万 Baht である。

製品の製造方法は、まず、キノコペーストを作り、タピオカ粉と混ぜて生地とする。次に生地を棒状に成形し、蒸し、冷却する。硬化した生地をクラッカー状に切断し、乾燥させる。乾燥後、油で揚げて完成する。パラボラドームは、2015年に DEDE の勧めにより導入した。導入前は、天日干しを行っていた。最大サイズのパラボラドームを導入したため、DEDE による補助は初期投資額の1/2である。残りの1/2はグループリーダーである村長が全額負担したが、クラッカーの販売利益から返済し、2年間で完済している。

3.2.3 事例 C

事例 C は、バナナ栽培、および、ドライバナナの生産・販売を行うグループである。グループ結成は1996年で、現在のメンバー数は11人である。活動開始当初はバナナチップを生産していたが、生産者数が多く競争が激しいためドライバナナの生産に変更した。以前は生産が追い付かないほど需要が高く、バンコクの店舗にも出荷するほど人気があったが、1~2年前から需要が激減した。大雨や洪水の影響でバナナが不作だったこともあり、年間生産量を以前の24 t から2.4 t 程度に縮小している。Facebook で宣伝を行うなど新たな試みも行っているが、近隣住民が購入する程度でそれ以上の広がりはなく、マーケティングに苦慮している。現在

Fig. 3 Cabinet type solar dryer

の年間売上高は 37 万 Baht である。

パラボラドーム導入前はキャビネット型太陽熱乾燥機を用いていた (Fig. 3)。キャビネット型太陽熱乾燥機は、本体はスチール製で上部はガラスでカバーされている。側面には、乾燥用トレーを出し入れする口が備えられている。以前の乾燥機は雨などによる劣化が激しかったため、シリパコーン大学に勧められたのをきっかけに、2012 年にパラボラドームを導入した。初期投資のうち、基礎工事費は自己負担であり、材料費・建設費は DEDE が負担している。

3.2.4 事例 D

事例 D は、事例 C と同じくドライバナナの生産・販売を行うグループである。活動開始は 2000 年でメンバー数は 30 人である。グループ結成以前はメンバーが個々にドライバナナを生産していたが、バーゲニングパワーを得るために共同生産を開始した。現在は、バナナの栽培・購入、加工、乾燥をメンバーが単独で行い、完成したドライバナナをリーダーが買い取ってパッケージングした上で販売している。販売先は、8 割が郡の土産店、2 割がバンコクの仲買人である。王室に贈呈する地域の名産品に選ばれるなど高い評価を受けている。年間生産量は 36 t、年間売上高は 300 万 Baht である。

パラボラドーム導入前はキャビネット型太陽熱乾燥機を用いていたが、効率や使い勝手が悪かったため、リーダーが DOAE に改善の要望を提出した。数年後に DEDE とシリパコーン大学から連絡があり、パラボラドーム導入に至った。2012 年に 1 基目を導入し、現在では 30 人のメンバーのうち 15 人がパラボラドームを所有している。初期投資は、1 基目は DEDE による全額補助、2 基目以降は、DEDE が 6 割、グループが 4 割を負担している。

3.2.5 事例 E

事例 E は、チェリートマト栽培、および、ドライトマトの生産・販売を行うグループである。活動開始は 2002 年である。グループ結成時のメンバー数は 7 人だったが、現在では 165 人に増えている。ドライトマトの製造・販売を行うのは 1 月から 4 月のみである。以前は一年を通して生のチェリートマトを販売していたが、出荷最盛期である 1 月から 4 月は価格が大幅に下落するため、年間 100 ～ 200 t のトマトを廃棄していた。そこで、トマトの加工を開始した。販売はオンラインで行っ

ている。年間売上高は 400 万 ～ 800 万 Baht である。ドライトマトの生産は、選別・洗浄・搾汁・シロップ漬け・乾燥・パッケージングと多くの人手を必要とするため、メンバー以外の日雇い労働者を雇用している。

パラボラドームは、シリパコーン大学の勧めにより 2012 年に導入した。現在は、DEDE が海外の政府や企業にパラボラドームを紹介する際の視察先となっている。導入前は、LPG 乾燥機を使用していたが、徐々にメンバー数が増えて生産規模が拡大したため、LPG 乾燥機では対応できなくなった。導入費用は DEDE による全額補助である。ドライトマトの製造はリーダー宅にある 1ヶ所の加工場で行っており、乾燥もパラボラドーム 1 基で行っている。収穫後のトマトを加工場まで輸送できないメンバーに対しては、リーダーが 1 Baht/kg で輸送を代行する。

3.2.6 事例 F

事例 F は、海塩を原料とするフェイスパウダーの生産・販売を行うグループである。1997 年に事業を始めた当初はリーダーが 1 人で地域の伝統品であるルースパウダーを製造していたが、注文の増加を契機として 2003 年にコミュニティ・エンタープライズを設立した。ただし、利益の分配を巡るトラブルを避けるため、経営は全てリーダーが行い、メンバーには仕事に応じた賃金を払う形式を取っている。現在は、この地域がバンコクに近い観光地であることを利用し、主力製品であるフェイスパウダーを用いたフェイスパックとフェイスパウダーづくりの体験教室をセットにした日帰り旅行プランを提供している。フェイスパウダーの年間売上高は 130 万 Baht である。輸出も視野に入れているが、製造をすべて手作業で行っているため衛生面での課題が多く、保健省食品医薬品局の認証、および、GMP^{脚注 5)}の適合証明書の取得には至っていない。

フェイスパウダーの製造方法は、まず、原料の海塩を洗浄し、粒の大きさにより 3 種に分別する。次に、分別した原料を煎って水分を飛ばす。粉状になった原料を水に溶かし、濾過する。それを底面の直径が 1 cm 程度の円錐状に成形し、乾燥させる。完全に乾燥した固形状のパウダーを作った後、それをすり潰して粉状にしている。パラボラドーム導入以前は天日干しを行っていたが、天候や衛生面での問題が大きかったためリーダーが DEDE に相談した。それがきっかけとなり、2013 年にパラボラドームを導入した。費用は DEDE による全額補助である。

3.2.7 事例の特徴と共通点

事例 A・B は、「足るを知る」経済理念にしたがいモノカルチャーから複合農業に転換した農家による組織であり、グループでの協働や結束を重視していることが特徴である。事例 E・F は、リーダーの経営者能力が高く、ビジネスの成功を重視している点の特徴である。事例 C・D は、これらの中間的性格のグループである。

一方、コミュニティが掲げる活動の目標は、6つの事例で

脚注 5) Good Manufacturing Practice の略であり、製造管理および品質管理の基準を指す。

共通している。第一に経済的・精神的な自立、第二に健康、安定した生活、メンバーの幸せ、第三に出稼ぎの必要をなくすために地域に仕事をつくり、若者が戻ってくる状態にすることである。6つの事例は、強弱はあるものの、「足るを知る」経済理念の実践を目指す活動であると言える。例えば、事例 E は優れたリーダーの強力な統率力によるグループであるが、リーダー自らがラーニングセンターとなり、地域住民に技術や知識、考え方を伝授し地域の能力を底上げすることに尽力している。また、事例 F はリーダーの私企業的な傾向が強いが、地元の小学校への寄付など、得られた利益を地域に還元している。

4. インタビュー調査結果：パラボラドーム導入にともなう変化

本章では、3.1 節の (1) から (8) の質問項目について、インタビュー調査から得られた結果を述べる。まず、4.1 節、4.2 節で2つのパラボラドーム導入目的に関する変化を述べる。次に、4.3 節以降でインプット、ビジネスプロセス、アウトプット、アウトカム、ゴールに関する変化を述べるとともに、Fig. 4 に変化があった事例と変化の内容をまとめた結果を示す。

4.1 化石燃料使用量の変化

パラボラドーム導入前に LPG 乾燥機を使用していた事例 E では、化石燃料使用量が減少した。以前の乾燥機では 60℃ で 1 日 8 時間 × 3 日間の乾燥を行っており、ドライマト 1 kg あたり 3 Baht のガス代・電気代がかかっていた。パラボラドームでは LPG も電力も用いていないため、年間で 1.5 万 ~ 3 万 Baht のコストが削減された。

事例 C・D は、導入前のキャビネット型太陽熱乾燥機では化石燃料を使用していない。必要以上に乾燥時間が長くなるとドライバナナの品質が低下するため、雨天が長期間続く場合は例外的にパラボラドーム内の LPG パーナーを用いることもあるが、LPG の使用によるコスト増加を避けるため、ほぼ太陽熱のみで乾燥を行っている。導入前に天日干しを行っていた事例 A・B・F は、現在でも乾燥に LPG を用いることはない。よって、化石燃料の使用量に変化はなかった。

4.2 衛生面における品質の変化

LPG 乾燥機を使用していた事例 E を除く全てのグループにおいて、衛生面での品質が向上した。特に、食品を生産する事例 B・C・D、化粧品を生産する事例 F では、昆虫による被害や埃の混入がなくなったことで製品の清潔度が高まり、付加価値が格段に向上する効果が得られている。

4.3 メンバーに関する変化

パラボラドーム導入が個人の意識や能力にもたらした変化として、5つのグループから労働意欲（モチベーション）の向上があげられた。

事例 A では、導入前は天日干しであったため、雨が降る度に乾燥中の葦を全て片づけなければならなかった。しかし、パラボラドームにより、その労力が必要なくなり、また、常に雨を気にしなければならない心理的負担がなくなったため、より一層やる気が出たと回答した。事例 B でも同様に、パラボラドーム導入によって雨や風を気にする必要がなくなり、肉体的・精神的苦労が低減され楽になったため、より一層やる気が出たと回答した。事例 C・D ではキャビネット型太陽熱乾燥機を用いていたが、天日干しと同様に雨の場合は全て片づけなければならない。雨により乾燥中の製品が全滅してしまうこともあるため、乾燥期間中はどこにも出かけられず、常に雨の心配をしてなければならなかった。その苦労がなくなったため、パラボラドーム導入はメンバーのやる気に非常に強い影響を与えている。天日干しを行っていた事例 F も同様に、パラボラドームによって雨天の日も夜間も化粧품을片づける必要がなくなった。それにより労働負荷が軽くなり心に余裕ができたため、メンバーのやる気が向上したとの回答が得られた。なお、事例 E では乾燥プロセスに日雇いの労働力を用いているため、メンバーの意識や能力の変化に対する言及はなかった。

4.4 組織に関する変化

事例 D において、パラボラドーム導入によりメンバー同士の関係性にプラスの変化があった。事例 D では、30 人のメ

Fig. 4 Summary of changes after installation of solar drying systems

ンバー中15人がパラボラドームを所有している。パラボラドームを所有していないメンバーが乾燥を行う際は、他のメンバーが所有するパラボラドームを使用している。導入前は、メンバーは全ての製造プロセスを各々の家で行っていたため、メンバー同士が接触する機会があまりなかった。パラボラドームを共同で使用するにより、接触機会が増加し、コミュニケーションを取る頻度が高まった。また、スケジュール管理のための調整や合意形成が必要になり、協力して仕事を行う機会が増えた。それによりメンバー同士の関係性が深まり、一層の一体感が生まれた。なお、他の5つのグループでは、組織に関する変化についての言及はなかった。

4.5 経営資源の変換過程に関する変化

ビジネスプロセスでは、以下の2つの変化が見られた。1つはパラボラドームの特性がもたらす変化、もう1つは導入をきっかけに起きた自発的学習がもたらす変化である。

前者では、全グループに共通して乾燥日数の短縮があげられた。例えば、事例Aでは、以前は染色前の乾燥に1～2週間かかっていたが、導入後は4日間に短縮された。同様に、事例Eではトマトの乾燥日数が7日から4日に、事例Fでは化粧品の乾燥日数が4日から2日に短縮された。また、事例Eからは作業効率の改善が変化としてあげられた。LPG乾燥機では1回に乾燥できる量は300 kgだったが、パラボラドームでは1回に1,000 kgのトマトを乾燥できるようになった。また、LPG乾燥機では内部のトレーの上下を入れ替える作業が必要だったが、導入後はその作業がなくなった。

後者の変化は、事例B、D、E、Fで見られた。事例Bでは、パラボラドーム導入を契機に、以前は油で揚げる前にのみ行っていた乾燥を、油で揚げた後にも行うように生産方法を変更した。事例Dでは、導入により乾燥温度等が変わったため、新たな乾燥方法を開発した。事例E、Fでは、導入に伴い、より高付加価値な製品の生産が可能になったことをきっかけに新製品の開発に取り組んだ。

4.6 生産物に関する変化

生産物に関する変化も、前節と同様に、パラボラドームの特性がもたらす変化と、自発的学習の結果としての変化の2つに分類される。前者では、事例C・Dにおいて、パラボラドームの方が以前よりも外観や食味の面で品質が安定するという効果が得られている。また、事例Eにおいて、ドライトマトの水分含有率がLPG乾燥機使用時の50%から14%にまで低下するという効果が得られた。

後者では、事例Bにおいて、生産方法を改良した結果、以前よりも食味や消費期限の面で製品品質が向上した。事例Dでも同様に、食味、外観、食感の面で製品品質が向上した。事例Eでは、チリ味、梅味、ライム蜂蜜味などの新商品が開発された。事例Fでは、伝統的なルースパウダーよりも高付加価値なフェイスパウダーの開発に成功している。なお、事例Aは、乾燥方法が変わったことで葎製品に変化

があるかどうかは不明との回答であった。

4.7 事業の成果に関する変化

各グループとも、導入により製品品質が向上しても販売単価を上げることは行っていない。しかし、事例B・D・Fでは、消費者の評価が高まり販路が拡大した。

4.8 活動の最終的な目標に関する変化

コミュニティ活動の最終的な目標に関する変化としては、以下の2点があげられた。1点目は、次世代の後継者の確保である。タイにおいても、後継者問題は深刻である。昔と同じ重労働では若者は農業を継がない。そのため、身体的・精神的な負荷を低減させ、農業に対する心理的なハードルを下げる必要がある。軽労化を可能にするパラボラドームの導入は「未来につながる」との意見が各グループのリーダーに共通して聞かれた。

2点目は、グループメンバー以外の地域住民との関係性の強化である。事例Bでは、パラボラドームを使用していない時に、同じタンボンに住むグループメンバー以外の住民にもパラボラドームを開放している。タンボンの住民は、唐辛子やナッツなど、自らが栽培する様々な作物の乾燥にパラボラドームを利用している。つまり、事例Dでは、グループメンバー間での共有がなされていたが(4.4節参照)、事例Bではメンバー以外の地域住民との共有がなされている。パラボラドームの共同利用を通して、住民同士のコミュニケーション頻度が高まり、また、利用の順番を決める調整や合意形成が行われるようになった。これにより、住民同士の関係性が良くなり、地域内でのつながりが深まった。

5. 分析と考察：直接効果と間接的效果

事例分析より、パラボラドームの導入目的に対する効果の有無が確認されるとともに、3点のそれ以外の影響が見出された。前者が導入に伴う直接効果であるのに対し、後者は間接的效果と言える。

5.1 直接効果

1点目の導入目的である化石燃料の削減は、導入前にLPG乾燥機を利用していた場合にその効果を得ることができるとが示された。ただし、多くのコミュニティ・エンタープライズは高額な設備投資を行っておらず、また、機器整備の支援を受けられるグループも多くないことから、LPG乾燥機を所有しているのは、本分析での事例Eのような一部の先進的なグループに限られる。よって、コミュニティ・エンタープライズへの導入では、大きな化石燃料削減効果は期待できない可能性が高い。しかし、今後の機械化の進展を見据えれば、パラボラドームにより化石燃料消費を増加させることなく生産設備の高度化が図れることには価値がある。なお、化石燃料が削減されるのはパラボラドーム使用時であり、パイプや被覆資材の製造、輸送、建設にともなう化石燃料は考慮していない点に留意する必要がある。

2点目の目的である衛生面での品質向上は、導入前に天日干し、あるいは簡易的な太陽熱乾燥機を用いていた場合に効果が得られることが示された。本分析では事例B・C・D・Fがこれにあたる。近年、コミュニティ経済活動に対しても、食品等を扱う場合の衛生基準が厳格化されている。よって、生産環境の衛生状態が改善され、衛生度の高い製品の生産を可能にする技術はコミュニティ活動の維持・発展において大きな意味を持つ。

5.2 間接的効果

5.2.1 コミュニティの主体性向上への貢献

第一の価値は、モチベーションの向上である。パラボラドームの導入により、天候に左右される身体的・精神的苦勞から解放された。その軽勞化の効果は極めて大きく、そこからモチベーションの向上が引き起こされることが明らかになった。この効果は、生産にメンバー以外の労働者を雇用している事例Eを除く5つの事例全てで確認された。モチベーションの向上は、活動での主体的な取組みにつながる非常に重要な要素である。メンバーの主体性が低いグループは、メンバーの活動への参加率が低く、リーダーへの依存度が高くなり、その結果、活動が上手く行かなくなるケースが多い。また、主体的に考え行動しなければ、活動の目標である精神的自立を達成することも不可能である。そのため、タイ政府はメンバーによる主体的取組みの重要性を強調している。

しかし、政府が現在コミュニティ活動に対して行っている支援策は、技術研修やマーケティング・会計研修、成功グループの活動の視察などテクニカルな面での支援策のみであり、主体性を高めることを目的とした施策は行われていない。言い換えれば、主体性獲得に向けてメンバーの意識改革を醸成する優れたリーダーの存在といった偶発性に依存しているのである。それゆえに、パラボラドームの導入によるモチベーションの向上は、これまで注目されていなかった新たな視点からのコミュニティ活動支援策となる可能性がある。

5.2.2 コミュニティの学習誘発と能力向上への貢献

第二の価値は、学習の誘発である。調査対象とした6つの事例のうち、4つの事例でパラボラドーム導入により乾燥方法が変わったことをきっかけに学習が行われた。事例Bでは、他のキノコクラッカー製品を研究し、食味を改善する新たな生産方法を見出した。事例Dでも他の製品を参考に、ドライバナナの食味等がより向上する乾燥方法を追求した。事例Eでは、ドライトマト市場の動向把握のための情報収集や知識習得に注力し、多様な製品の試作を行った。事例Fでは、消費者ニーズの把握に努め、より現代的な化粧品を作るために工夫を重ねた。その結果、製品の品質向上や多様化、新製品の開発が実現された。

農産品およびその加工品は、類似した製品が数多く存在するため競争が激しく、事業継続のためには学習を続けて差別化を図ることが求められる。本分析の事例でも、パラボラドームを導入しても学習が行われず品質向上につながらなかった事例Cでは、商品の差別化が図れずに経営に苦慮

している。政府は「発展プロセスは学習プロセスである」とし、能力向上のための様々な研修の実施に力を注いでいる。しかし、自発的な学習を促すという観点からの支援は行われていない。

グループでの経済活動を通して農民の能力を全体的に底上げすることが、コミュニティ・エンタープライズ政策の主目的である。しかし、支援策の恩恵は、とすれば能力の高い一部のグループに偏りがちである。また、全てのグループを手助けできる程に農業普及員の数多くない。そのため、どのようなグループであっても自発的な学習が行われる仕組みを構築することが望まれる。パラボラドームによる乾燥方法の変化という機会は、自然に学習を誘発する有効な手段となる可能性を持つ。さらに、本分析の結果より、導入と同時に市場や消費者に関する情報の提供や先進事例の視察などの支援を行うことが、より学習を後押しすることが示唆された。

5.2.3 地域社会の持続性向上への貢献

第三の効果は、地域社会の基盤を強化し、地域の持続性を高めることである。第三の効果は、次の2つの価値から成る。1つ目はコミュニティならびに地域の人間関係の強化という価値、2つ目は後継者の確保という長期的視点からの価値である。

1つ目の価値は、パラボラドームの共有化によりもたらされる。事例Dより、パラボラドームの共同利用により、グループ内の人間関係が改善される可能性が見出された。グループ運営に関する支援策としては、透明性の確保の指導などが行われているが、メンバーの関係性を改善するための施策の必要性には関心が払われておらず、グループが元々持つ関係性に運営の成否が委ねられている。しかし、人間関係に問題を抱えるケースは多く、メンバー間の信頼関係をより強化するための施策は必要である。事例Dは、事例A・Bのようにもともとメンバーの結束が強いグループではなかった。こうしたグループにとって、協働の場が作られることは関係性強化に有効であると考えられる。

さらに、事例Bより、グループと地域住民とでパラボラドームを共有することにより地域の関係性が強まり、つながりが深まる可能性が見出された。従来、タイの農村ではコミュニティによる伝統的な共同作業が行われ、互助システムが機能し、地域の基盤が形成されていた。しかし、効率的な農業生産の追求が日雇い労働による農作業を進展させ、また、農業所得の相対的な低下により多くの農家が出稼ぎ労働者としてバンコクへ流出したことからコミュニティの弱体化が進んだ。パラボラドームの共有は、現代版の共同作業としてコミュニティの基盤強化に貢献し、組織運営の持続性のみならず、地域の持続性にもつながる可能性を持つ。

2つ目の価値は、パラボラドームによる軽勞化という効果によりもたらされる。タイにおいても若年層にとっての農業は、「大変、疲れる、やりたくない」というイメージであると複数のDOAEスタッフやグループリーダーが発言している。後継者不足、世代交代の停滞は、タイ農業全体の課題である¹⁷⁾。

そのため、技術導入による作業の軽労化が強く求められている。若者が地域に戻ることは、コミュニティ経済活動の最終的な目標の一つである。地域の持続性への貢献可能性は、極めて重要な価値であると言える。

6. おわりに

本研究では、太陽熱乾燥システムの導入がタイのコミュニティ経済活動の維持・発展に貢献するかという問いに対し、人的資本・組織資本、生産プロセス、活動の目標への影響に着目して分析を行った。事例分析より、パラボラドーム導入がもたらす間接的効果、すなわち、新たな価値として以下の3点が見出された。1つ目は、軽労化という労働環境の改善がメンバーの主体性を引き出す可能性である。2つ目は、導入によって乾燥方法が変革されることをトリガーとして、能力向上のための学習を誘発する可能性である。3つ目は、コミュニティや地域のつながりを深めること、そして後継者を確保することである。これらの価値に加えて、導入目的として期待されている衛生面での付加価値向上という主効果も確実に生み出されることが明らかになった。

重要な点は、これら4つの価値が製品製造時の化石燃料の消費を増加させることなく得られる点である。これらの価値は、他の技術でももたらし得るものである。しかし、化石燃料の使用を伴わずにその価値を実現するところに、再生可能エネルギー利用技術としてのパラボラドームの意義がある。本分析の結果は、パラボラドームが、気候変動の緩和という地球環境の持続性に寄与するだけでなく、途上国における農村コミュニティの持続的な発展に寄与する可能性を示唆している。

なお、本研究で用いた手法は、他の生産用途の再生可能エネルギー技術に対しても適用可能であると考えられるが、本稿の分析は定性的な評価にとどまっている。今後は、導入前後での化石燃料消費量の変化などを、可能な限り定量的に評価する必要がある。ただし、能力向上や関係性強化といった導入効果を定量化することは難しい。さらに、アウトプットとして把握された販路拡大等の成果から、パラボラドーム導入効果以外の要因の影響を定量的に除外することは容易ではない。こうした分析方法の課題については、今後とも検討を重ねる必要がある。

謝 辞

本研究は、住友財団環境研究助成（助成番号：164042）の支援を受けて実施されました。

文 献：References

- 1) Mondal, M. A. H.; Kamp, L. M.; Pachova, N. I., *Energy Policy*, **38**, 4626-4634 (2010)
- 2) Terrapon-Pfaffin J.; Dienst C.; König J.; Ortiz W., *Renew Sust Energy Rev*, **40**, 1-10 (2014)
- 3) Reddy V. R.; Uitto J. I.; Frans D. R.; Matin N., *Energy Policy*, **34**, 4069-4080 (2006)
- 4) Organisation for Economic Co-operation and Development, Linking renewable energy to rural development, OECD, Paris, France, (2012)
- 5) Brummer, V., *Renew Sustain Energy Rev*, **94**, 187-196 (2018)
- 6) Sastresa, E. L.; Usón, A. A.; Bribián, I. Z.; Scarpellini, S., *Renew Sustain Energy Rev*, **14**, 679-690 (2010)
- 7) Slattery, M. C.; Lantz, E.; Johnson, B. L., *Energy Policy*, **39**, 7930-7940 (2011)
- 8) Waldenström, C.; Ferguson, R.; Sundberg, C.; Tidåker, P.; Westholm, E.; Åkersko, A., *Soc Nat Resour*, **29**, 1467-1482 (2016)
- 9) del Rio, P.; Burguillo, M., *Renew Sustain Energy Rev*, **13**, 1314-1325 (2009)
- 10) Terrapon-Pfaff, J.; Gröne, M. C.; Dienst, C.; Ortiz, W., *Renew Sustain Energy Rev*, **96**, 198-209 (2018)
- 11) Berka, A. L.; Creamer, E., *Renew Sustain Energy Rev*, **82**, 3400-3419 (2018)
- 12) Sharma, A.; Chen, C. R.; Lan, N. V., *Renew Sustain Energy Rev*, **13**, 1185-1210 (2009)
- 13) Fudholi, A.; Sopian, K.; Ruslan, M. H.; Alghoul, M. A.; Sulaiman, M. Y., *Renew Sustain Energy Rev*, **14**, 1-30 (2010)
- 14) VijayaVenkataRaman, S.; Iniyan, S.; Goic, R., *Renew Sustain Energy Rev*, **16**, 2652-2670 (2012)
- 15) Department of Alternative Energy Development and Efficiency, http://e-lib.dede.go.th/mm-data/BibA9434_2018.pdf (Last access: July 5, 2020)
- 16) Department of Alternative Energy Development and Efficiency, <http://www.eppo.go.th/images/POLICY/ENG/AEDP2015ENG.pdf> (Last access: July 5, 2020)
- 17) Ministry of Agriculture and Cooperatives, <https://qsds.go.th/newopdc/wp-content/uploads/sites/7/2020/01/Cooperatives3.pdf> (Last access: July 5, 2020)
- 18) Ministry of Foreign Affairs, <http://www.mfa.go.th/dvifa/contents/files/articles-20170626-142701-203959.pdf> (Last access: July 5, 2020)
- 19) Charnnarongkul, J., APEC-Agricultural Technical Cooperation Working Group Workshop, Oct. 28-30, 2009, Bali, Indonesia
- 20) Sakolnakorn, T. P. N.; Naipinit, A., *Asian Social Science*, **9**, 166-173 (2013)
- 21) Purateera, T.; Khmanarong, S.; Phanarata, A.; Khamanarong, K., *International Business & Economic Research Journal*, **8**, 41-46 (2009)
- 22) Somsasdi, C.; Thongsukhowong, A.; Nakapaksin, S., *Asian Social Science*, **11**, 91-96 (2015)
- 23) Forson, F. K.; Nazha, M. A. A.; Rajakaruna, A. F. O., *Renew. Energy*, **32**, 2306-2319 (2007)
- 24) Kaewkiew, J.; Nabnean, S.; Janjai, S., *Proc Eng*, **32**, 433-439 (2012)

- 25) Fudholi, A.; Sopian, K.; Alghoul, M. A.; Ruslan, M. H.; Othman, M. Y., *Renew. Energy*, **78**, 561-565 (2015)
 - 26) Sekyere, C. K. K.; Forson, F. K.; Adam, F. W., *Renew. Energy*, **92**, 532-542 (2016)
 - 27) Essalhi, H.; Benchrif, M.; Tadili, R.; Bargach, M. N., *Innov Food Sci Emerg Technol*, **49**, 58-64 (2018)
 - 28) Sreekumar, A.; Manikantan, P. E.; Vijayakumar, K. P., *Energy Convers Manage*, **49**, 1388-1395 (2008)
 - 29) Nabnean, S.; Janjai, S.; Thepa, S.; Sudaprasert, K.; Songprakor, R.; Bala, B. K., *Renew. Energy*, **94**, 147-156 (2016)
 - 30) Janjai, S.; Srisitipokakun, N.; Bala, B. K., *Energy*, **33**, 91-103 (2008)
 - 31) Elkhadraoui, A.; Kooli, S.; Hamdi, I.; Farhat, A., *Renew. Energy*, **77**, 1-8 (2015)
 - 32) Hossain, M. A.; Bala, B. K., *Solar Energy*, **81**, 85-92 (2007)
 - 33) Janjai, S.; Lamlert, N.; Intawee, P.; Mahayothee, B.; Bala, B. K.; Nagle, M.; Muller, J. E., *Sol. Energy*, **83**, 1550-1565 (2009)
 - 34) Janjai S. A., *Int J Energy Environ*, **3**, 383-398 (2012)
 - 35) Kumar, A.; Kandpal, T. C., *Solar Energy*, **78**, 321-329 (2005)
 - 36) Singh, S.; Kumar, S., *Energy*, **51**, 27-36 (2013)
 - 37) Tripathy, P. P., *J Food Sci Technol*, **52**, 1383-93 (2015)
 - 38) Ayyapan, S., *Energy Environ*, **29**, 1482-1494 (2018)
 - 39) Ruengdet, K.; Wongsurawat, W., *Journal of Agricultural Education and Extension*, **16**, 385-397 (2010)
 - 40) Sutthisakorn, U., *International Journal of Business and Management Studies*, **2**, 41-47 (2013)
 - 41) Laiprakobsup, T., *Asian Geographer*, **35**, 53-84 (2018)
 - 42) Nuansoi, W.; Suntiniyompukdee, A.; Bunnoon, P., Proceedings of ISER 107th International Conf., 10 -11 Feb. 2018, Pattaya, Thailand
 - 43) Yenpam K., *Journal of Human Capital Development*, **6**, 27-57 (2013)
 - 44) Brown, M. G., Keeping Score: Using the Right Metrics to Drive World Class Performance, Quality Resources, New York, NY, (1996)
-