

琉球大学学術リポジトリ

ZEAL (Zero Energy Agriculture and Livestock) プロジェクト

～沖縄県内の畜産施設におけるゼロエネルギー化に向けた予備試験～

メタデータ	言語: ja 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2023-05-08 キーワード (Ja): DX, 環境測定システム, SDGs プロジェクト, スマート畜舎, 太陽光発電 キーワード (En): 作成者: 波平, 知之, 茅野, 太紀, 屋良, 朝宣, 村田, 正将, 中川, 鉄水, 千住, 智信 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24564/0002019786

[資料]

ZEAL (Zero Energy Agriculture and Livestock) プロジェクト ～沖縄県内の畜産施設におけるゼロエネルギー化に向けた予備試験～

波平 知之^{*1,2}, 茅野 太紀¹, 屋良 朝宣¹, 村田 正将¹, 中川 鉄水³, 千住 智信⁴

¹琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター, ²琉球大学工学部附属地域創生研究センター, ³琉球大学理学部, ⁴琉球大学工学部

Tomoyuki NAMIHIRA^{1,2*}, Taiki KAYANO¹, Tomonori YARA¹, Masayuki MURATA¹, Tessui NAKAGAWA³,
Tomonobu SENJYU⁴

¹Subtropical Field Science Center, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

²Reserch Center for Reginal Development and Creation, Faculty of Engineering, University of the Ryukyus

³Faculty of Science, University of the Ryukyus

⁴Faculty of Engineering, University of the Ryukyus

要約

本研究は、令和 3 年度琉球大学 SDGs 社会解決研究プロジェクトによって行われた。琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター内畜舎においてスマート畜産を実践するための実証試験として、1. 消費電力計測機の設置、2. 畜舎内への簡易 Wi-Fi の整備、3. 移動式太陽光発電システムの自作、4. ミニローダの改造を行い、脱炭素社会に対応し得る実用レベルのスマート畜産の課題を検討した。その結果、消費電力の年間のモニタリング調査から、畜舎で 24 時間稼働している扇風機と家畜用ヒータの消費電力量は必ずしも高くはなく、畜産経営を圧迫するものではなかった。畜舎での 6,000 kWh/年の消費電力量を太陽光発電システムで活用する場合は、現時点での費用対効果は低い。畜舎周辺の DX 化 (Wi-Fi 設置) によって畜舎内外の環境データの収集が可能となり、家畜の行動をスマートフォンを用いて観察できたが、研究面では画像や動画などのデータ量の多さによって処理に時間を要する課題が出てきた。畜舎内の環境データの解析から、7 月上旬から 10 月上旬 (3 ヶ月間) は暑熱対策が、12 月上旬から 3 月上旬 (3 ヶ月間) は寒冷対策が必要であることが明らかになった。

キーワード: DX, 環境測定システム, SDGs プロジェクト, スマート畜舎, 太陽光発電

*Corresponding author (E-mail: namihito@agr.u-ryukyu.ac.jp)

はじめに

我が国の畜産経営は高収益が得られる一方で家畜の健康管理における暑熱や寒冷対策による電力使用は必須である。本学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター (以下、フィールド科学センター) は 2020 年度に約 230 万円 (100 MWh) の電力料金¹⁾を支払っている。SDGs (Sustainable Development Goals) を実践する家畜生産技術を経営レベルで実践するためには、家畜の生産工程を、従来のエネルギー消費型から自家発電の地産消費型へ転換することが畜産経営において極めて重要な課題である。本プロジェクトでは、ZEH (Zero Energy House, [図 2]) の概念²⁾を畜産に導入しながら、DX 型スマート畜産を実践するため方法について本学フィールド科学センターの畜産グループでモデル化し、家畜の飼養頭数に応じた沖縄独自の再エネシステムを構築する基礎知見を得ることを目的とする。

フィールド科学センターは、畜産分野において沖縄県唯一の JGAP 認証農場 (肉用牛) [2021 年 3 月 1 日認証取得] である。大学農場には地域産業の手本となる優良モデルを実践する役割があるため、「地域に根ざし、誰でも気軽に活用できる共創の場^{3, 4)}」を運用方針としてい

る (フィールド科学センター経営方針: 2020 年 11 月 20 日作成)。将来的には、時代と共に変化する社会状況にも柔軟に対応しながら、畜舎に太陽光発電パネルを設置して送風機や家畜用ヒーターなどを運用し、農業用機械の一部を EV (Electric Vehicle) 化し、牧場内における現行のエネルギー使用量 (光熱費・燃料費) の実質ゼロ化を目指す (図 1)。また、配電線の設置が困難な場所 (草地など) に Wi-Fi 環境を整え、圃場を可視化したスマート農業を実践するためのモニタリングシステムを

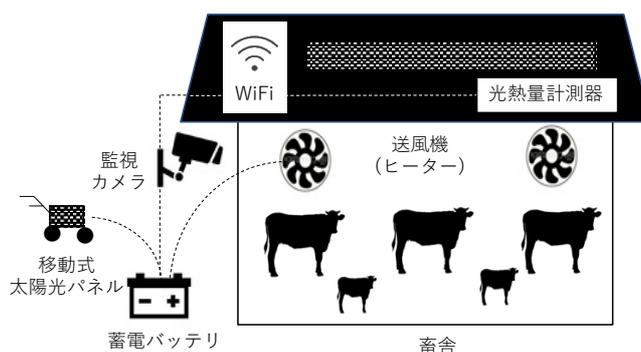


図 1. 太陽光発電と DX に対応したスマート畜舎のイメージ



図 2. 本研究で参考にした本学で運用している太陽光システムとスマートハウス(ZEH)

整備する。さらに、家畜排せつ物の堆肥化についても他分野との共同研究によってメタン発酵や水素エネルギーなどの導入の可能性を検討し、エネルギー自給システムを活用した家畜生産システムの構築を目指す。

本研究プロジェクトでは、その第一歩として、太陽電池を用いた移動式小型蓄電装置を開発し、フィールド科学センターで予備的な実証試験を通して実用化に向けた課題を明らかにする。

理想的な環境調和型の畜産では、アニマルウェルフェア、家畜排せつ物処理、自給粗飼料生産などを展開するための運用コストが高いのが直近の課題である。本プロジェクトでは具体的なコスト削減に向けた太陽光発電技術の導入モデルを畜産分野で構築することによって島嶼社会システムと農業分野の持続可能な産業システムの実現を図る必要がある。まずは太陽光システムの導入費用とメンテナンス費を含め、段階的に光熱費を削減する方法を考案する。システム導入の初期費用を軽減・解消できる規模を明らかにし、実際にシステムを導入した後、家畜の飼養頭数に応じた費用対効果を数値化することで生産現場において顕在化すると考えられる課題(メリット, デメリット)を具体的に抽出する。

プロジェクトの実施計画

1. 消費電力計測機の設置

フィールド科学センターにおける使用電力量は琉球大学施設運営部の HP(各種システム・千原電力検診システム)で確認できる。しかし、施設運営部が公開しているのは農場管理棟(工作棟, 格納庫, 作業等, 学生実習等)と畜産施設(管理棟, 生産物収納調整保蔵庫他を含む)の 2ヶ所に設置した検診機による積算値である。そのため、本学にはフィールド科学センター内の施設ごとの使用電力量を把握するシステムは確立されていない。フィールド科学センターの衛生管理区域にある畜舎は、家畜の暑熱対策(あるいは寒冷対策)として送風機(あるいは家畜用ヒーター)を 24 時間使用していることから電力を最も消費している可能性が高い。本プロジェクトでは、畜舎内に消費電力測定器を設置し、家畜管理に必要な畜舎内の消費電力量について解析する。

2. フィールド科学センター畜舎内への簡易 Wi-Fi の整備

我が国の農業政策において最重要課題である「みどりの食糧システム戦略」⁹⁾が令和 3 年(2021 年)5 月に策定され、スマート農業に関する技術開発が進められている。フィールド科学センター内では学内 LAN

が未整備の農業関連施設が多く、畜舎もその一つである。牛舎に屋外対応(防塵防水)の Wi-Fi 中継器を設置し、畜舎内で計測している消費電力データと畜舎内で飼養している家畜の監視について DX 化に対応し得るシステムの構築を図る。

3. 移動式太陽光発電システムの自作

フィールド科学センター内圃場の管理面積は 6.6 ha と広く、全ての圃場には配電線は存在しない。農畜産物の生産に係る管理業務を省力化できるスマート農業を進めるにあたり、配電線がなく、人の管理が行き届きにくい広大な牧草地でのデータ収集と解析には、どのように電力を供給して圃場内での DX 化を図るのがか実務レベルでの課題である。本プロジェクトでは移動式の小型蓄電装置を自作し、その運用によってソーラーパネルシステムの農業利用の可能性とその課題について検討する。

4. ミニローダの改造

フィールド科学センター畜産グループには、老朽化による給電トラブルで約 3 年間以上、運用を停止している家畜排せつ物の運搬に使用していたミニローダ(SK07)がある。ソーラーパネルを用いた太陽光発電システムを活用して農用機械の改造を行い、運用試験を実施する。

プロジェクトの成果

1. 畜舎内の消費電力調査

令和 3 年度(2021 年度)における牛舎の消費電力量を表 1 に示した。フィールド科学センター牛舎の消費電力量は 6,000 kWh/年となり、フィールド科学センター全体(101,283 kWh/年)のわずか 6%で、1 年間の電気料金は 16 万円程度であった。GAP(Good Agricultural Practices)で必須の家畜福祉性を考慮し、暑熱対策や寒冷対策で送風機や家畜用ヒーターを 24 時間使用していたものの、フィールド科学センターの運営費を圧迫していたものではなかった。すなわち、フィールド科学センターでの節電には、畜舎以外の消費電力の削減を講じる必要があることが新たにわかった。言い換えれば、肉用牛繁殖経営における経営コスト削減の場合には、消費電力よりも他の部分(飼料費, 草地管理費など)での削減対策が重要であることが明らかとなった。

表 1. 令和3年度の牛舎における消費電力量

	一日あたりの消費電力(kWh)	一月あたりの消費電力(kWh)	一月あたりの消費電力(kWh)	一日あたりの電気料金(円/日)	一月あたりの電気料金(円/月)	年間の電気料金
暑熱時(扇風機利用時)	19.8	593.7	3562.2	¥495	¥14,843	¥89,056
寒冷時(ヒーター利用時)	15.4	463.3	2779.8	¥386	¥11,583	¥69,496
合計	35.2	1057.0	6342.0	¥881	¥26,425	¥158,551

注1) 消費電力量は使用する機種と稼働台数で変動(子牛の飼養頭数で変動)

注2) 工業用扇風機の消費電力:3.5 kWh/日, ロングヒーターの消費電力:14.2 kWh/日, スモールヒーター:4.0 kWh/日

注3) 電気料金は, 25円/kWhで算出(2022年3月現在)



図 3. 牛舎の屋外に設置した Wi-Fi 中継器(左), スマートフォンでの動画観察(中央), 消費電力測定器(中央), 環境測定装置(右)



図 4. 放牧地に設置した監視カメラを用いての放牧豚の行動観察(研究での活用)

2. 畜舎内の DX 化(図 3)

配電線が存在し, 学内 LAN(光回線)が整備されている畜産管理棟から直線距離にして 70 m の牛舎に市販の屋外用(防塵防水) Wi-Fi 中継機を設置し, 畜舎内の家畜を監視録画できるモニタリングシステムを構築した. 畜舎内外で録画された画像データは畜産管理棟内の PC 内に保存され, スマートフォンのアプリでリアルタイムでの家畜観察(図 3)が可能となった. 昨年までとは異なり, 台風時に出勤せずとも自宅から畜舎内の家畜を確認することができるようになった.

研究面の活用では, 牛および豚を用いた家畜の行動調査を実施し, 録画された行動型の再確認や秒単位での行動時間を計測することが可能となった(図 4). ただし, データ量の多さからダウンロードなどのデータ処理に時間がかかり, また, 家畜の種類によっては個体確認ができないなどの課題があった. しかし, 近年の AI による解析技術によってこれらの課題は十分に解消できるため, さらなる活用方法が期待

できる. 今後は, 5G などを活用するなど, 圃場レベルで通信機能を向上させる必要がある. 本学工学部の千住智信教授ならびに研究室学生の協力によって, 牛舎にラズベリーパイを試験的に設置(2021 年 4 月)し, 畜舎内の環境温度と湿度の測定を実施したところ, 設置してから半年以内で機器が故障した. 畜舎と圃場での通信機器を維持させるには, 防塵防水機能は必須であると考えられた.

3. DX を活用した畜舎内の飼養環境調査

畜舎内の DX 化に伴い, 新たに設置した環境測定システムを活用して 1 年間の畜舎内温度湿度のモニタリングを行った. 収集したデータから家畜のストレス指数となる温湿度指数(THI)⁹⁾を以下の式を用いて算出し, 図 5 に示した.

$$THI = 0.8 * 温度 + (相対湿度 * 0.01) * (温度 - 14.4) + 46.4$$

フィールド科学センターの牛舎は、5月下旬から10月中旬までは家畜の生産性の低下をもたらす暑熱環境下であり、逆に、12月上旬から3月上旬にかけては寒冷影響下であることがわかった。家畜生産における気温差のある沖縄地域の季節の変わり目は、3月中旬から5月上旬と10月中旬から12月上旬にあることがわかった。言い換えれば、この時期は子牛の疾病(主に下痢)には特に警戒する必要があることがわかった。

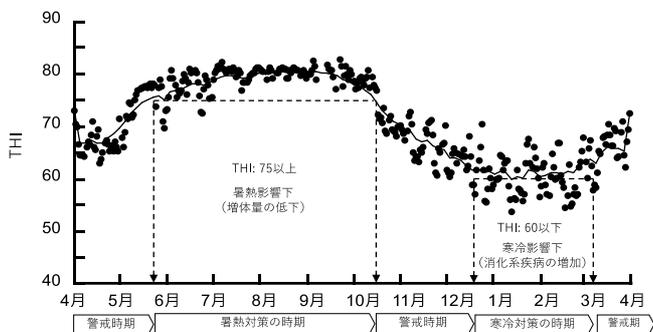


図5. フィールド科学センター牛舎におけるTHIの年間変動

4. 移動式の小型太陽光発電システムの自作

圃場での利用を想定し、一輪車を活用した手押し式で移動させる小型太陽光発電器の自作した(図6)。製作コストを考慮し、中古のソーラーパネル、ディープサイクルバッテリー3個、インバータおよびチャージャーコントローラを組み合わせ試作し、その製作費は約10万円であった(表2)。この装置は配電線が存在しない圃場での利用が可能であり、研究面では家畜の行動観察を実施することができた。2022年2月に寒冷対策に自作の移動式ソーラシステムを活用した結果、利用可能な時間はわずか7時間のみであった。今回使用したディープサイクルバッテリー3個の推定蓄電量は2,304Whであり、運用期間で蓄電できた最大電力量は1500Wh(推定値)となった。冬季においては天候不順によって約2ヶ月経過しても充電を完了できない課題もあり(図7)、本プロジェクトでは非効率的な運用となった。ただし、これは直前にバッテリーを全て使い切ってしまう(本来は容量60-70%までの利用が適切⁷⁾)、バッテリーの性能が落ちていた可能性があるため、利用方法に

表2. 自作した移動式ソーラーパネルの製作費

材料	材料費	作業時間
ソーラーパネル(中古)	¥10,000	5時間
フレーム類	¥11,800	
インバータ・チャージャーコントローラ類	¥45,200	
ディープサイクルバッテリー(3個)	¥40,000	
合計	¥107,000	



図6. 自作の移動式ソーラーパネル

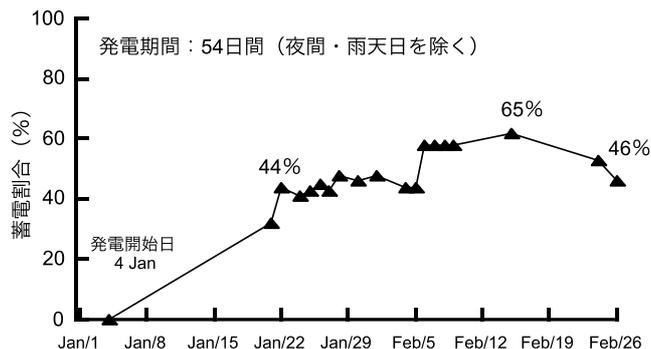


図7. 冬季における移動式ソーラーパネルの太陽光の蓄電割合

については今後の検討課題となった。

昨今の太陽光システムの技術開発は進んでおり、試作品の大幅な改良の余地はあるが、フィールド科学センター畜舎の年間の使用電気料金は16万円であったことを考慮すると、売電を考慮しない場合の家畜生産の現場では、現時点ではコスト面と悪天候時の発電量について課題が残った。

5. ミニローダ SK07 の改造と運用

畜産グループで所有しているミニローダは、メーカー修理が不可能な電気系統の故障で3年間稼働していなかった。自作の移動式ソーラを参考にし、屋根にソーラーパネルを設置して改造(図7)した結果、始動時の電力供給によって再稼働できるようになった。送風機や家畜用ヒーターと異なり、エンジン始動時だけわずかな電力を必要とするのみだったため、蓄電に対する不具合もなく、2023年1月現在においても運用している。畜産業にとってのミニローダは使用頻度が高く(表3)、毎日の除糞作業で使用(表4)されるなど防疫管理上、生産現場では欠かすことができない農業機械であることがわかる。なお、ミニローダの改造費は表5の通りであった。

農業機械のEV化については、電動刈り払い機を購入(約6万円)して使用したものの、畜産現場での草刈りには馬力が弱いうえ、30分程度しか作業することができなかった。このことから、農作業の用途に応じて多様化した農業機械類のEV化には、馬力面に対応できる電力量(あるいは蓄電量)の供給方法に課題があるものと推察する。



図7. ソーラーパネルを設置したミニローダ

表3. 牛舎におけるミニローダの稼働率

調査項目	
一月あたりの延べ使用回数	40回
一日あたりの使用頻度	1.3回
一日あたりの使用時間	0.26 hour

表4. 畜舎におけるミニローダの作業内容

作業内容	一月あたりの作業回数(回/月)	作業割合(%)
除糞	28.2	53.7
草架台へのロール給餌	6.4	12.2
牛舎内へのロール運搬	10.4	19.7
給油・移動	5.7	10.9
整備	1.8	3.4

調査期間:2022年1月7日～4月1日まで

表5. 改造したミニローダSK07の製作費

材料	材料費	作業時間
ソーラーパネル(中古)	¥10,000	9時間
フレーム類	-	
チェージャーコンローラー類	¥4,800	
ディープサイクルバッテリー(1個)	¥16,500	
合計	¥31,300	

6. 導入したシステム(参考資料, 2022年3月現在)

使用目的	物品名
消費電力測定 (環境温湿度測定)	環境監視システム(ゲートウェイ・測定機器一式) [システム販売会社]セルテック株式会社(東京) ※本プロジェクトでは畜舎の消費電力測定用にカスタマイズ [URL: https://www.cell-tech.co.jp/develop/environmental/]

本プロジェクトのまとめ

- 1) フィールド科学センターの年間の消費電力調査から、畜舎で 24 時間稼働している扇風機と家畜用ヒータの消費電力量は、必ずしも高くはなく、畜産経営を圧迫するものではなかった。
- 2) 畜舎での 6,000 kWh/年の消費電力量を太陽光発電システムで活用する場合は、現時点での費用対効果は低い。
- 3) 畜舎周辺の DX 化(Wi-Fi 設置)によって、畜舎内外の環境データの収集が可能となり、家畜の行動をスマートフォンを用いて観察できるようになったが画像や動画などのデータ量の多さからデータ処理に時間を要するなどの課題が出てきた。
- 4) 環境データの解析から、暑熱対策が必要なのは 7 月上旬から 10 月上旬(3ヶ月間)、寒冷対策は 12 月上旬から 3 月上旬(3ヶ月間)であることが明らかになった。

本研究の遂行によって、脱炭素社会でのスマート畜産を実践するためには、①ソーラーパネルの出力、②蓄電能力の向上、③消費電力の小さい機器への変換、④自動制御システムを活用した節電、⑤5G システムの導入、⑥AI の活用などを複合的に組み合わせた実用レベルでの検証を、今後も継続していく必要があるものと示唆された。

謝辞

本研究は、令和 3 年度琉球大学 SDGs 社会解決研究プロジェクト(区分 A[学内経費, 助成額:60 万円])により行われました。ご協力いただきました皆様に対して、ここに深甚なる謝意を表します。

文献

- 1) 琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター. 2021. 琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター年報, 20:71.
- 2) 経済産業省資源エネルギー庁, ZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)に関する情報公開について. 経済産業省資源エネルギー庁, 東京. [引用日 2023 年 1 月 6 日]
URL:https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/housing/index03.html
- 3) 琉球大学. 2022. 琉球大学の中期将来ビジョン. 琉球大学, 沖縄, pp.1-9.
- 4) 琉球大学. 2022. ビジョン計画一覧表. 琉球大学, 沖縄, pp.4.
- 5) 農林水産省. 2022. 令和 3 年度食料・農業・農村白書, 農林水産省, 東京, pp.12-13.
- 6) 鍋西 久, 重永あゆみ, 亀樋成美, 黒木幹也, 中原高士. 2013. THI を指標とした新たな牛舎環境制御システムの構築. 宮崎県畜産試験場研究報告, 25:32-33.
- 7) ネオネットマリン. 2016. バッテリーの基礎知識 [引用日 2023 年 1 月 6 日]
URL: <https://www.neonet-marine.com/oyakudati/battery-tisiki.html>