

2 ふん尿の省力的高品質堆肥化による資源循環と再生可能エネルギー活用による経営内エネルギーマネジメントの実証研究

2) 生乳熱回収・太陽光発電とエネルギーマネジメントシステム実証

背景と目的

畜産、特に酪農経営においては、電気や化石エネルギーを大量に利用し機械・設備等を日常稼働させている。エネルギー価格高騰とともに東日本大震災以降、外部電源消失時などの非常時を含めた酪農経営におけるエネルギー確保とその運用方法については重要事項となっている。そのため実証牧場においてヒートポンプや太陽光などの再生可能エネルギーを活用し、酪農経営における電気や石油などの投入エネルギーを削減し、新しい酪農経営エネルギーマネジメントシステムの実証を目標とする。

成果の内容

①生乳熱回収・太陽光発電システムの概要と導入効果

生乳からの熱回収および太陽光発電システムによる農場内自給エネルギーの確保を目的に試作を行い、現地実証試験を行った。

生乳熱回収システムは、CO₂ヒートポンプ、貯湯タンク、プレートクーラー、アイスビルダ（氷蓄熱槽）、氷生成優先機構などから構成される（図1）。供試ヒートポンプの熱媒であるCO₂（R744）の特徴としては加熱側が高いという性質がある。ヒートポンプの定格能力は、呼称出力3.0kWに対して冷却が6.5kW（2.1）、加熱が9.0kW（3.0）である（カッコ内はCOP：成績係数、数値が高いほど能力が高い）。本システム導入により実証牧場での既存バルククーラーの消費電力量削減（約20kWh/day、2台のバルククーラーの合計値）および洗浄用温水生成のためのボイラー用灯油使用量削減（平均約6.9/day）が確認できた。ただし、供試ヒートポンプは約34kWh/dayの電力を消費する。これらのエネルギーの削減、消費の差し引きにより、年間を通じてのエネルギー消費量は32%（71GJの削減）、同ランニングコストは22%（141千円の削減）、CO₂排出量は18%（3860kg-CO₂eqの削減）の削減効果を取得データから確認できた（図2）。

太陽光発電システムは、発電パネル（32kW）、パネル架台、パネル角度自動制御機構、雪等対策機構（センサ連動パネル回転機構）、発電データ計測装置から構成される営農型発電タイプ（ソーラーシェアリング）の太陽光発電システムである（図3）。本システムは、パネルの傾斜角度を最適に制御するためのパネル角度自動制御機構を備えており、季節毎の太陽高度の変動や、日内の太陽方位の変動に合わせて1時間単位で太陽光パネルの傾斜角度を調整できる。また、このパネル角度自動制御機構と気象センサとの連携により、積雪時にパネル角度を大きくして落雪を促す、暴風時にパネルを水平にして損壊を防ぐ等の制御が可能である。NEDOの日射量データベースMETPV11の日射量データセットによるシミュレーションでは、月毎および時間毎にパネル角度を最適化することにより、月毎にパネル角度を最適化する場合と比較

して発電量が6.6%増加することを解明した。このシミュレーション結果を基に発電量が最大となるパネル角度を算出し、パネル角度自動制御機構に実装した結果、手動制御により月毎にパネル角度を最適化した場合と比較して、発電量が最大で4.6%増加することが確認できた（図4）。

②再生可能エネルギーとエネルギーマネジメントシステム導入による効果

実証牧場における太陽光、乳熱回収装置（ヒートポンプ）、吸引通気式自動堆肥化システムなどの再生可能エネルギー機器を導入後、農場内で消費される電力エネルギーの過去の消費状況から、消費ピークの低減（ピークカット）や平準化（ピークシフト）を可能とするエネルギーマネジメントシステムの導入により、総投入エネルギーは0.02GJ/day微増したが、利用可能な再生可能エネルギーは導入前には0GJ/dayであったが導入後には1.97GJ/dayとなった（図5）。実証牧場内で投入したエネルギーを入力、得られたエネルギーを出力としてその比を求めると約1.26となる。このときの入力とは農場内の電力消費量および灯油使用量の総量であり、牛舎、搾乳パーラー、堆肥化施設、太陽光発電制御機構において消費されるものである。一方、出力は太陽光発電量（0.33GJ/day（91.3kWh/day））：吸引通気式自動堆肥化システム等動力機器の新規導入後である平成28年9月～平成29年8月の農場における一日の消費電力量の28%に相当）、ヒートポンプ導入による灯油代替量(0.24GJ/day)、および吸引通気式自動堆肥化システムの熱回収装置により牛舎へ供給可能となった飲水用の約30℃の温水の熱量換算（1.4GJ/day）である。値はいずれも一日あたりの実測値に基づく平均値である。

具体的データ

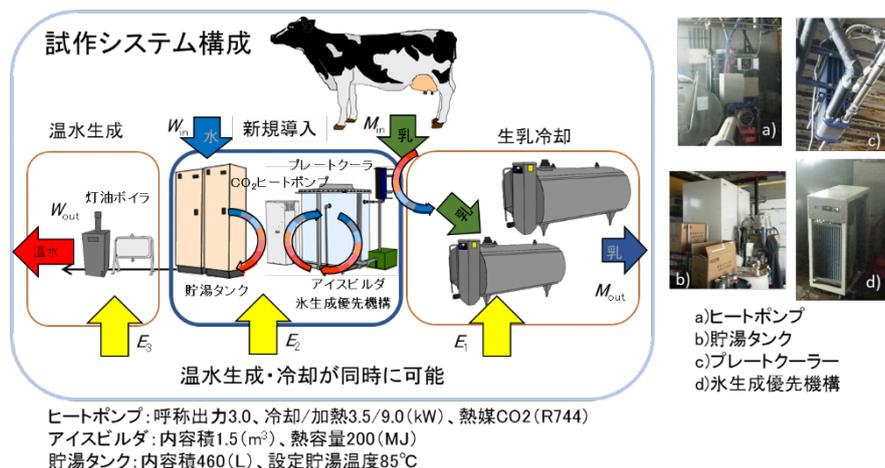


図1 実証牧場に導入した乳熱回収装置の概要

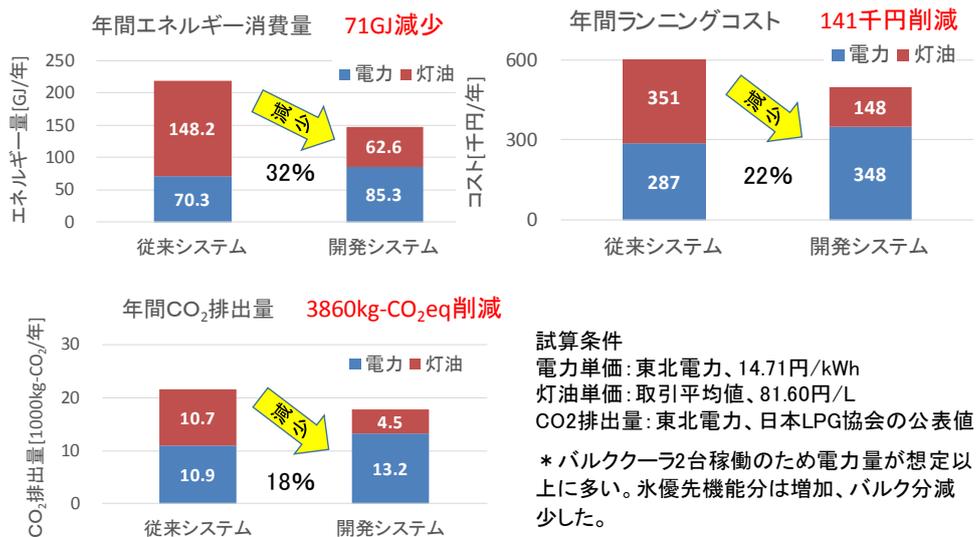


図2 乳熱回収装置の導入効果、エネルギー消費量、ランニングコスト、CO₂排出量導入前後での年間比較

システム諸元

パネル出力	75	W/枚
パネル枚数	432	枚
太陽光発電出力	32.4	kW
パワーコンディショナ	29.7	kW (三相3線)
パネル回転角度	水平 ~垂直	自動制御
支柱ピッチ	5	m
パネル高さ	3.5	m
接地面積	1000	m ²
敷地遮光率	25	%



図3 実証牧場に導入した太陽光発電装置の概要

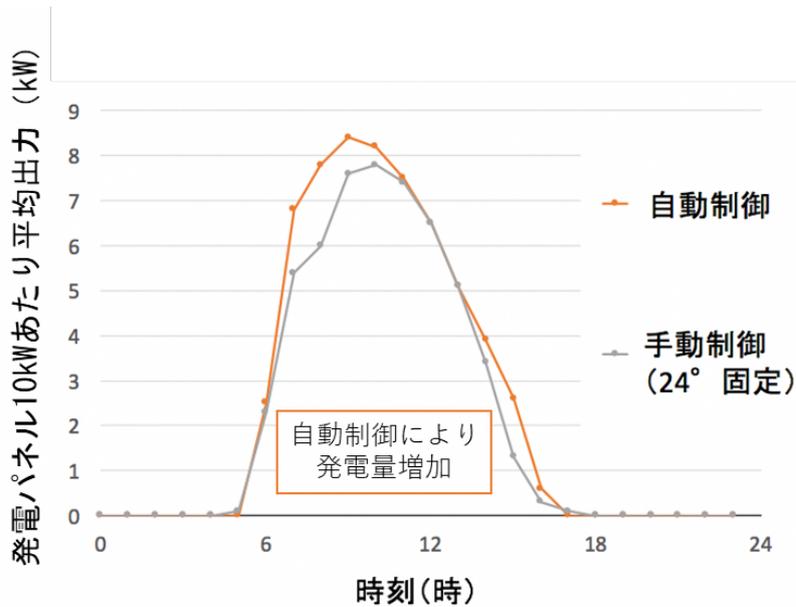


図4 パネル角度自動制御機構による発電量増加効果の例(2017/9/26における発電量の経時変化)

太陽高度・方位角の変動に合わせてパネル角度を1時間毎に自動制御することにより、月毎の最適パネル角度に固定した場合と比較して、発電量は最大4.6%増加した。

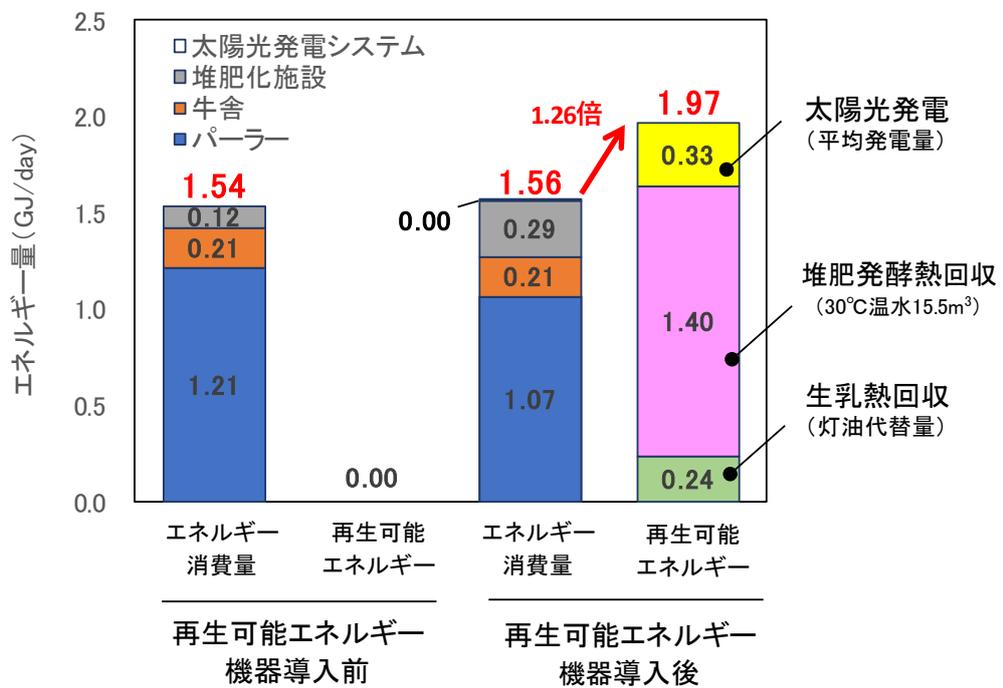


図5 実証牧場に導入した再生可能エネルギー機器導入前後におけるエネルギー回収状況