

床暖房利用のための密閉縦型堆肥化装置からの
安定熱回収について

床暖房利用のための密閉縦型堆肥化装置からの安定熱回収について

神奈川県畜産技術センター（環境グループ）主任研究員 高村真由美

1. はじめに

畜産経営において、温湯洗浄や保温ヒーター、床暖房など、化石燃料や電力を用いた熱を必要とする場面は多い。

一方、家畜ふん尿処理では、同じく化石燃料や電力を用いた機械・車両等が利用されているが、堆肥化過程で生じる発酵熱は、湯気と一緒に大量に放出されている実態がある。

家畜ふん尿処理は、コストや労力に見合った収入につながりにくいことから、経営にとってのマイナスイメージが常につきまといっているが、堆肥化過程の発酵熱を畜産経営の中で上手く利用することが可能になれば、低コスト化・省エネルギー化による経営プラス面への転換だけでなく、ふん尿処理に対するモチベーションの向上にもつながると考えられる。

そこで筆者らは、ボイラー等を用いて温湯床暖房を行っている養豚経営への提案を想定し、養豚経営でよく使用されている「密閉縦型堆肥化装置」の発酵熱を床暖房に利用することで化石燃料の削減を目指すこととし、県内の商業的養豚経営の施設を用いて実証試験を行った。

2. 密閉縦型堆肥化装置と熱交換器

密閉縦型堆肥化装置（以後、「コンボ」）は断熱材で覆われた円柱状の密閉できる装置で、バケットエレベータを用いて上部から投入された家畜ふんが、攪拌羽根で攪拌・通気される構造になっており、内容物と混合されることで水分・比重調整が行われるため、特に副資材を用いなくても速やかに発酵過程に進む。1～2週間で発酵を終えた製品は下部排出口に到達した時点ではさらさらした取り扱いやすい状態になっており、投入量に応じて排出し、堆肥として利用されている。



図1 実証農場の密閉縦型堆肥化装置

装置の設置面積が少ないことから、中小家畜を中心に全国、県内でも広く用いられている。容量も様々なものがあり、経営規模にあわせて複数台設置している農場も多い（図1）。

密閉型であることから、通気は入気ブロワと排気ブロワで調整されており、排気管は脱臭槽に接続されている。このとき、大部分の発酵熱は排気管から排気とともに放出されるため、熱エネルギーの回収に大変都合の良い装置であるといえる。

また、コンポの排気から熱を回収するために用いた熱交換器は、以下の試験すべて直交流プレートフィン型(セキサーマル㈱、CP シリーズ)を用いた(図2)。

当熱交換器は、ステンレス製の積層構造の伝熱版を介して高温側と低温側を直交させて熱を回収するもので、ガス×ガスやガス×水などでの利用も可能である。設置にあたっては、コンポと脱臭槽をつなぐ既存の配管に設置するが、コンポから発生する粉塵がプレートに付着することを考え、定期的な洗浄がしやすいように下方向から排気を導入し、上から排気するようになるとよい。

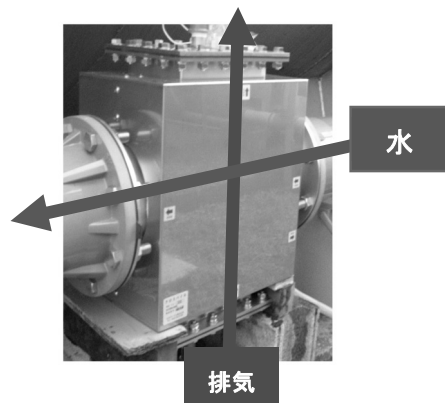


図2 熱交換器の使用例

3. 神奈川県畜産技術センター内での試験(コンポ1基での熱回収)

生産農場での実証試験に先立ち、当所内の発酵容量 10 m³のコンポ(中部エコテック㈱:S-8ET) 1基を用いた小規模な熱回収・利用システムにより、コンポ排気温度と回収されるお湯の温度との関係を調査したので紹介する。

(1) 試験方法

システムは、図3に示すように温水の循環を熱回収系と熱利用系に分けた。

コンポからの製品出し・原料投入は、1日1回10~11時の間で行った。

熱回収系: 熱交換器(セキサーマル㈱ CP150)を、コンポと脱臭槽を結ぶ排気配管の間に水平方向に設置し、循環水を直交するように導入して熱交換し、バルククーラーを利用した2 m³の貯湯タンクと2L/分で循環した。

熱利用系: 温湯タンク内の温水をパイプハウス内の模擬豚舎に設置した子豚暖房用の温湯マット(温水循環マットヒーター)に7L/分で循環した。

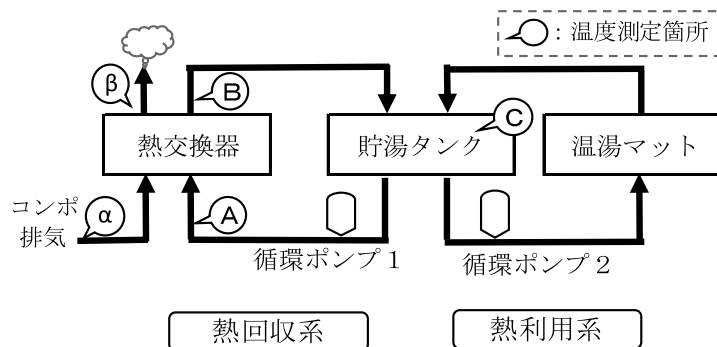


図3 熱回収・利用システムの概要及び温度測定箇所

(2) 試験結果及び考察

図4に示す通り、コンポの排気熱は一日一回の原料の投入に伴い最も低下し、その後発酵が進むとともに最高温度に達するというように一日の中で温度の山と谷が生じた。このため、排気温度が高いと貯湯タンクには床暖房に使用可能な40℃以上の温水が確保できるが、その後も連続して温水が循環しているため、排気温度がタンク内水温より低くなると反対に排気に熱を奪われてしまい、タンク内温度は一定でないことがわかった。

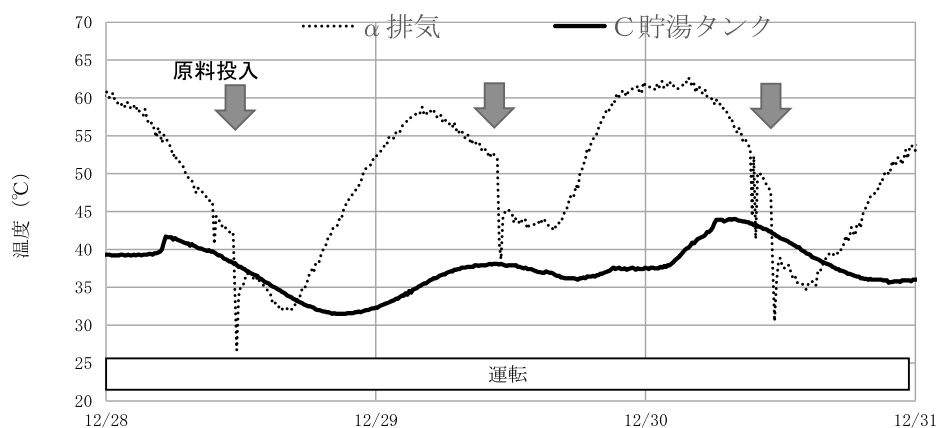


図4 排気温度と貯湯タンク水温の推移

4. コンポ2基による安定熱回収技術の実証に向けた検討

コンポ1基での熱回収は前述のように安定した熱回収ができないため、対策としては排気温度の低い時間帯を避けて間欠的に熱回収する、あるいは不足する温度をボイラー等で補完するなどの対応も考えられる。

一方で、養豚経営では複数台のコンポを持つ農場も多いことから、当試験では、排気温度の低下により貯湯タンク水温が低下することを防ぐため、コンポ2基を用い、原料投入時間を変える稼働方法を検討し、併せて排気温度の高いコンポを指定して熱交換する制御システムを組み合わせることで安定的に熱回収する技術を実証し、ボイラー使用量の削減を目指すこととした。

(1) コンポ2基の時間差稼働の検討

実証農場によるコンポ稼働方法は、一日一回、朝の時間帯に集中して製品の排出・原料の投入を行っていた（1号機・2号機とも中部エコテック(株)：S-18ET）。

そこで、効率的に熱回収でき、かつ農場の作業体系に無理のない投入時間を農場の方とともに検討し、2基への原料投入時間を約7時間ずらす変更を行った。

各コンポ1日1回投入のまま、投入時間を1号機は16時30分、2号機は9時30分としたところ、排気温度が上昇するピークがずれ、排気温度が低い時間を少なく

することができた (図 5)。

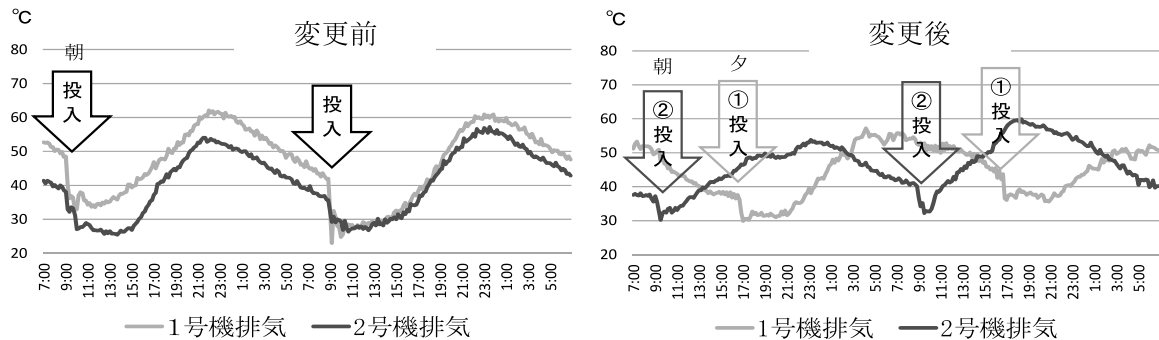


図 5 原料投入時間の変更前と変更後の排気温度推移

(2) 安定熱回収技術の検討

システム全体の概要を図 6 に示した (平成 29 年度は熱回収系の試験のみ実施)。

発酵容量 19 m³ のコンポ 2 基 (1 号機・2 号機) は原料投入時間に約 7 時間の差をつけて稼働し、それぞれの排気を別の熱交換器 (図 7、セキサーマル(株)、CP200 及び CP250) に通し、各熱交換器に直交させた循環水により熱回収した。

このとき循環水は、コンポ 2 基の排気温度を比較したうえで、温度が高い側の熱交換器にのみ循環するよう電磁弁を切り替える制御を行い (制御システム: 株式会社中嶋製作所により作成)、循環水の水温を 40℃ 以上に保つことができる時間について、コンポ 1 基稼働で熱交換した場合と比べてどれだけ延長するかを比較した。

1 基稼働の試験については、同じシステムを用い、2 号機の熱交換器のみに循環水が循環するよう電磁弁を固定して調査した。

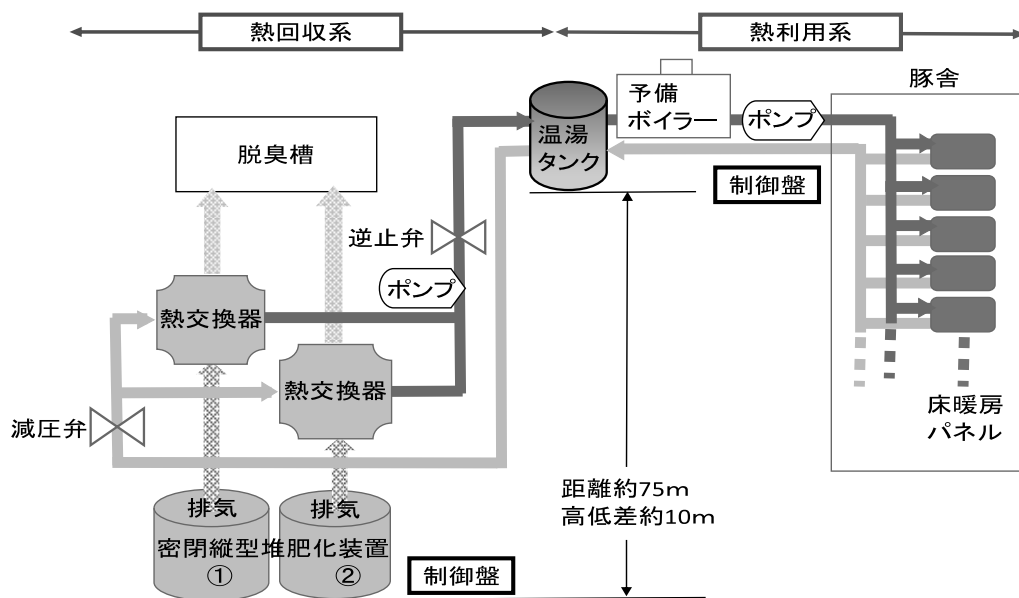


図 6 システム全体の概要 (H29 年度: 熱回収系のみ)



図 7 熱交換器設置の様子

コンポ 1 基稼働、及び 2 基時間差稼働時の各コンポの排気温度、熱交換後水温（熱交換器通過直後の水温）、タンク内水温を測定し各 3 日間の平均値を図 8 に示した。

熱交換後水温を比較したところ、2 基時間差稼働時に 40℃以上の水温を回収できた時間は、1 基稼働時の約 1.3 倍となった。また回収平均水温も 5.6℃高くなっており、今後、実証農場で使用する際に、不足する熱量をボイラーで補う場合の燃料使用量削減が期待できると考えられた（表 1）。

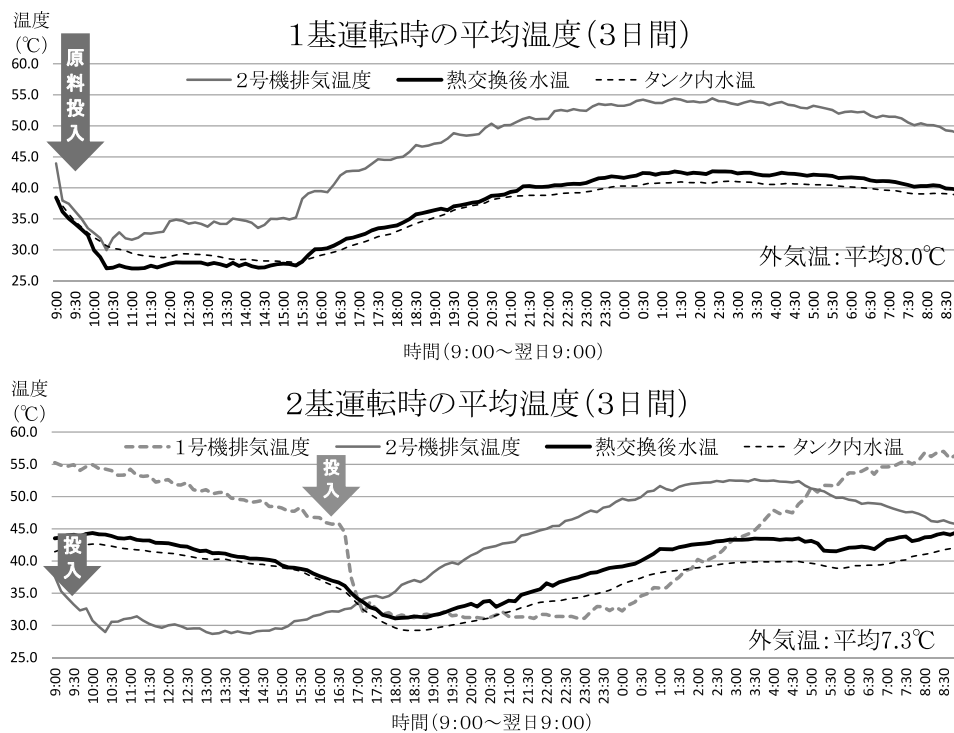


図 8 1 基稼働及び 2 基時間差稼働での排気温度と各水温の推移

表1 1基稼働及び2基時間差稼働での温水確保時間と平均水温

		熱交換後水温	タンク内水温
1基稼働	40℃以上の時間	10時間15分	6時間53分
	3日間平均水温	38.1℃	38.5℃
2基稼働	40℃以上の時間	13時間18分	6時間40分
	3日間平均水温	43.7℃	41.9℃

なお、実証に用いたコンポ2基（平成元年度設置）のうち1基については、試験実施前の調査で送風量の低下が確認されたため、入気ブロワの交換により設計入気風量（0.2～0.3 m³/m³・分）を確保したうえで試験を実施した。

コンポの排気から熱回収を行うにあたり、熱交換器の通気抵抗により排気の負荷が増大し、送風量が減少することも想定されるため、既存のコンポが正常に稼働しているかを事前に確認することは重要である。

5. 今後の展開

平成30年度は、床暖房パネルによる熱利用系を含めたシステム全体を稼働して実証試験を行っており、2基時間差稼働によるボイラー使用量の削減効果を検証している。

平成29年度までの結果では、本来目標としていた「タンク内水温」が40℃以上となる時間については、1基稼働と2基時間差稼働で差がなく、配管での放熱によるロスも考えられたため、平成30年度には実証試験と併せて配管被覆資材の効果なども検討する。

6. 謝辞

本研究については、農林水産省「イノベーション創出強化研究推進事業（旧：農林水産業・食品産業科学技術推進事業）」による助成により実施されました（課題番号：28025C「畜産経営基盤強化に資する高度堆肥化システム（スマートコンポスト）の実証」）。本研究にご協力いただきました関係諸氏にこの場をお借りして感謝申し上げます。

本資料より転載・複製する場合は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の許可を得てください。

畜産研究部門 平 30- 1 資料

平成 30 年度家畜ふん尿処理利用研究会資料

編集・発行 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門
企画管理部企画連携室

Tel.029-838-8593、 Fax.029-838-8606

〒305-0901 茨城県つくば市池の台 2

発行日 平成 30 年 11 月 8 日

印刷所