

〔地域特性を活かしたパンジーの鉢物栽培技術の開発〕
当年産落ち葉踏み込み温床のハウス熱源ユニットとしての熱量解析

田旗裕也
(江戸川分場)

【要 約】 当年産落ち葉による踏み込み温床ユニット（ハウス内敷設 0.36m³）は、1ヵ月間に約 17 万 kcal/kg の発熱が得られ、これは灯油量で約 22 L、炭酸ガス削減量は約 50kg だった。前年度産落ち葉では発熱量が低下し、米ぬか追加施用効果は短期的だった。

【目 的】

冬季温暖な気象資源に着目して、未利用有機質資源集積による踏み込み温床ユニットを製作し、ハウス熱源としての利用可否と化石燃料削減効果を判断する。

【方 法】

（実験 1）2024 年 12 月 24 日 9:00、間口 5.4m×奥行 18m の農 P0 被覆単棟ハウス内に、3 基の温床ユニットを設置した。温床ユニットは別表 1 に示す材料と方法で作製した。各ユニットの中心温度、表層温度および温床設置ハウス内気温、温床無しハウス内気温、外気温を防水被覆サーミスタ TR-52 により 30 分間隔で計測した。計測データを用い、別表 2 に示す計算式と係数に基づき、温度差 ΔT （温床中心温度－基準温度）から、有効熱損失係数（H）を算出し、発熱量（Q）を推定した。Q の算出は公式 $m \times c \times \Delta T$ の変形を用い、H 算出には、条件 $\Delta T = (\text{温床表面温度} - \text{無処理区ハウス内温度}) > 0$ 、 $dT/dt < 0$ を満たすデータを抽出。さらに別表 2 の係数を用い灯油換算使用量および CO₂ 削減量を解析した。

（実験 2）顕著な発熱が認められなくなった 2025 年 1 月 28 日、ユニット B および C に米ぬか 30 L を混和し、その後の温度変化を継続計測した。

なお、両実験の熱量解析には、Microsoft365 Copilot (Python 3.x) を用いた。

【成果の概要】

1. (実験 1) ΔT の基準温度について、無処理区ハウス内温度、処理区ハウス内温度、露地気温の 3 点により H を比較した結果、無処理区ハウス内気温では 0 kcal/°C・h（夜間の回帰係数がゼロ近傍に収束）となり、使用に適切だと考えられた（図表省略）。
2. ユニット A と B は、製作直後に昇温し中心温度は 50°C 以上に達したが、時間経過とともに低減した。各ユニット中心温度は、外気温と約 2 時間の遅延波形となった（図 1）
3. 発熱量 Q はユニット A・B ともに製作直後の数日で高かったが、14 日後以降は低発熱量で推移した。ユニット C は、明瞭なピークが得られず低調な発熱が継続した（図 2）。
4. 温床ユニット A と B について、設置 35 日間後（2025 年 1 月 28 日）までの積算発熱量は、2 基平均で約 17 万 kcal に達し、灯油換算量で 22 L、CO₂ 削減量は 54kg だった。前年産資材を用いたユニット C も発熱が得られたが、A B に比べ明らかに低かった（表 1）。
5. (実験 2) 1 月 28 日に米ぬかを混和したユニット B と C は、追加混和直後に発熱が得られたが、昇温の持続性はなかった（図 3）
6. 以上の結果、当該規模の当年産落ち葉による踏み込み温床ユニットは、短期的だが有望な熱源であった。米ぬかの追加混和は一時的な発熱量増加の効果があった。

別表1 踏み込み温床ユニットの規模, 材料, 製作方法

名称	ユニットA	ユニットB	ユニットC
大きさ	いずれも 1.8m×0.9m×0.22m (0.36m ³), 表面積3.24m ²		
主材料	2024年産ケヤキ落ち葉		前年製作温床資材
副材料	米ぬか		なし
製作方法	(実験1) 2024年12月24日, 180L (約50kg) の落ち葉に米ぬか30Lを混和し, 密度0.8t/m ³ になるようプラ船内で加水・混和しながら人力で踏み込み, ユニットに充填した。ユニットの四方はヌキ板で囲い, 上・下の境界面は黒色不織布(ラプシート)とエキスパンドメタルで被覆。設置後は週1回の頻度で資材切り返しと加水を実施。 (実験2) 2025年1月28日に, ユニットBとCに米ぬか30Lを追加。		

別表2 熱量解析に用いた係数と算定式

項目	算定式
有効熱損失係数 (H)	回帰式: $dT/dt = slope \times \Delta T + b$ について dT/dt と ΔT の線形回帰の傾きから $H = -slope \times C$ を推定。 $\Delta T = \text{温床中心温度} - \text{基準温度}$ なお $\Delta T > 0, (dT/dt) < 0$ の条件を抽出した。 単一夜間 (0:00~6:00) の自然冷却 (NightCoolingFit/QUB) を使用 ^{a)}
発熱量 (Q (t))	$C \times dT/dt + H \times \Delta T$ を30min刻みで積算
	$M (\text{質量}) = \text{容積} (0.36\text{m}^3) \times \text{密度} (0.8\text{t/m}^3) = 0.288\text{t}$ $c (\text{比熱}) = 0.8\text{kcal/kg} \cdot \text{°C}$ $C (\text{熱容量}) = M \times c = 640\text{kcal/°C}$ $\Delta T = (\text{ユニット中心温度}) - (\text{基準温度})$
灯油換算量 ^{b)} (L)	発熱量 (Q) ÷ (灯油発熱量 × 効率)
CO ₂ 削減量 (kg)	灯油換算量 × CO ₂ 排出係数

注a) 冷却区間フィット法 (Alzetto et al. 2018)

b) 灯油発熱量: 9,200 kcal/L 経産省「エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数 (2023)」暖房機燃焼効率: 85%

c) CO₂排出係数: 2.49 kg-CO₂/L 環境省「燃料別の二酸化炭素排出量の例」

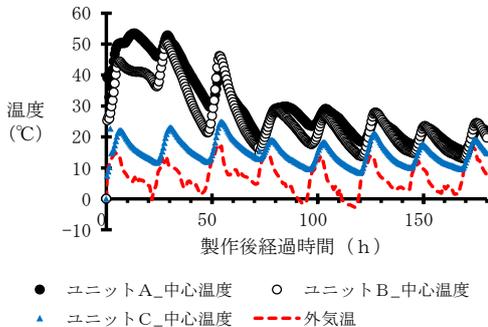


図1 当年産落ち葉を用いた温床ユニットの温度変化 (実験1)

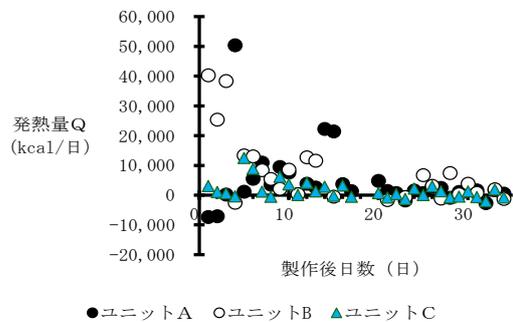


図2 当年産落ち葉を用いた温床ユニットの発熱量推移 (実験1)

表1 踏み込み温床の発熱量と代替灯油換算量とCO₂削減効果 (実験1)

ユニット	総熱量Q (kcal)	灯油換算量 (L)	CO ₂ 削減量 (kg)
A	146,899	18.8	46.8
B	196,463	25.1	62.6
AB平均	171,681	22.0	54.7
C	50,092	6.4	15.9

注) 2024年12月24日製作, 翌年1月28日調査締め切り
 製作方法は別表1を, 解析の算定式は別表2を参照
 A・B・C各ユニットの体積は0.36m³

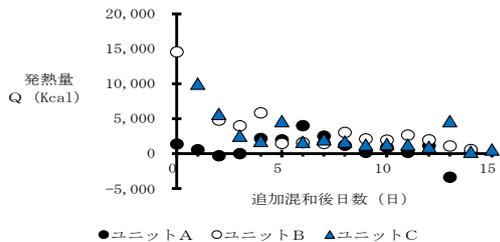


図3 米ぬか追加混和の効果 (実験2)