

65 排熱輸送システムにおける運用方法に関する研究

環境計画研究室 東正路陽介

1. 背景と目的

化石燃料の大量消費による地球環境問題が顕在化しており、エネルギーの有効利用が叫ばれている。一方で、化石燃料などの1次エネルギーのうち、熱として放出される分がほとんど利用されことなく廃棄されている。そこで排熱利用システムが提案・開発されている。一方、現在は、発電や場内利用における個々の効率向上が限界に達している。そこで、システム全体の効率化を考える必要がある。本研究では、蓄熱装置を搭載したトラックを用いた輸送の排熱利用システムにおける蓄熱装置の蓄熱時間、放熱時間を変化させることにより、排熱エネルギーの効率の良い運用方法を検討した。

2. 研究方法

蓄熱装置への蓄熱量は $k_1(T_1 - T)$ 、蓄熱装置からの放熱速度量は $k_2(T - T_A)$ と表すことができる。 k_1 は蓄熱装置と熱源の熱変換係数、 k_2 は蓄熱装置と熱受容器の熱変換係数、 T は蓄熱材の温度 (K)、 T_1 は熱源の熱源温度 (K)、 T_A は受容器の温度 (K) である。上記から導かれる微分方程式を解き、最小二乗法で実測値にフィッティングすることで全てのパラメータを求めた。

蓄熱装置により移送できるエネルギー (利用可能エネルギー) は、放熱関数が求まることから計算できる。放熱関数は、熱受容器の温度が i) 一定 (常時熱利用) の場合、 ii) 放熱に合わせて上昇 (一旦蓄熱) する場合、の2パターンある。また、放熱時間の考え方として、 i) 放熱率 χ で定める、 ii) 放熱時間を蓄熱時間の比 γ で定める、の2パターン用意した。 i)、 ii) の場合についてそれぞれ利用可能エネルギーは次式で示される。

パターン i): 放熱後に残った熱量を αT_A とすると、移動する熱量は $Q_{in} \times e^{-\frac{k_2 t}{\alpha}}$ となる。 α は蓄熱装置の熱容量である。

パターン ii): 移動する熱量は $\frac{Q_{in}}{2} \times e^{-\frac{2k_2 t}{\alpha}}$ となる。

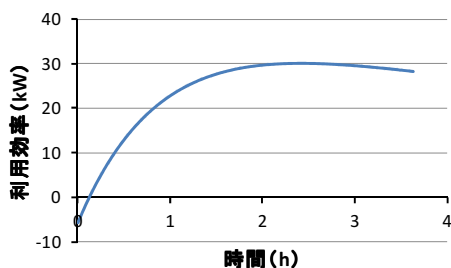


図1 放熱率一定時の利用効率

エネルギーの利用効率は、利用可能エネルギーから付帯設備動力 (蓄熱、放熱時間) とトラック燃料分を差し引き、これを1バッチ (蓄熱、移動、放熱、移動) に要する時間で除することで求めた。利用可能エネルギーや付帯設備動力などを金銭換算し、人件費も考慮して収益性も評価した。

3. 結果と考察

放熱率を一定 (χ) とした場合の熱輸送における利用効率を求めた (図1)。また、放熱時間を蓄熱時間との比 ($\gamma=1, 2$) により定め、利用効率を求めた (図2)。図1は、放熱率90%の例を示しており、図2は蓄熱時間と放熱時間を同値として利用効率を算出した。図1、2はともに受容器の温度が一定の場合を考えており、移動時間は往復で1時間とした。放熱率を変化させた場合、エネルギー効率は、蓄熱時間 t と放熱率 χ の関数 (曲面) で表され、極値座標を求めると $t=2.2(\text{h})$ 、 $\chi=0.79$ のときエネルギー効率 $31.7(\text{kW})$ と求められた。一方、時間比を変化させた場合、エネルギー効率は、蓄熱時間 t と時間比 γ の関数 (曲面) で表せる。この場合、 γ がゼロに近づくほどエネルギー効率が高くなるため極値を持たない。 $\gamma=0.5$ を下限とし、この場合の極値を求めると、 $t=0.783(\text{h})$ のときエネルギー効率 $46.2(\text{kW})$ と求められた。それぞれの場合の1日当たりのエネルギー効率、つまり1日における熱量の輸送量を求めると、 $130(\text{kW})$ 、 $512.8(\text{kW})$ となった。

以上のことから、放熱時間を蓄熱時間との比により定める運転が効率的となった。これは、放熱率一定では蓄熱時間に関わらず放熱時間が一律となるため、短い蓄熱時間でバッチ数を稼ぐ運転を想定した場合、相対的に放熱時間が長くなり、結果不利となったと考えられる。本研究で扱った蓄熱システムを開発しているメーカーでは、蓄熱時間より放熱時間を長くとする運転を実施している。しかし、エネルギー効率の面からはその逆の運転が望ましいと言える。

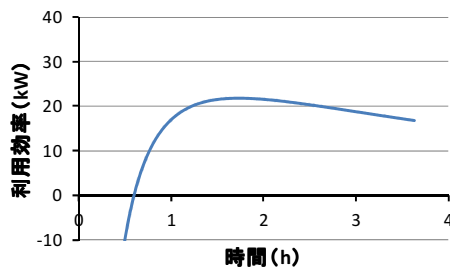


図2 蓄熱時間と放熱時間が同値の時の利用効率