

下水を熱源とした冷暖房・給湯システムの特性評価

都市排熱の有効活用を目指して

Evaluation of Air-conditioning, Hot Water Supply System Utilizing Sewage as the Heat Source Effective Utilization of Exhaust Heat

(電気利用技術研究所 未利用エネルギーG)

河川水、下水などの温度は外気に比べ、冬季は高く、夏季は低い。このため、ヒートポンプの熱源に、外気を用いるよりこれらの水を用いる方が効率が良いので暖房・給湯および冷房の熱源として利用されている。今回、ビル単独下水処理施設および大規模公共下水処理施設の下水処理水をヒートポンプの熱源とした冷暖房・給湯システムが設置されたので、他熱源システムと比較するため実証試験し、システム性能、経済性を評価するとともに課題を抽出した。

(Electrotechnology Applications Research & Development Center, Undeveloped Energy Sources Group)

River water and sewage have temperatures higher in winter and lower in summer than the atmospheric temperature. Thus the efficiency of a heat pump is higher when such water is used as the heat source than when surrounding air is used, and is used in some air-conditioning and hot water supply systems. We tested an air-conditioning and hot water supply system which was recently installed utilizing treated sewage, from inhouse treatment buildings facilities and a large-scale public waste water treatment plant, as the heat source of the heat pump. We evaluated the performance and economy of the system to compare it with conventional systems utilizing other heat sources, and also clarified some problems to be solved.

1 試験の目的

下水・下水処理水をヒートポンプの熱源に利用するのは、年間を通じ、安定した量が確保でき、水温は、外気温に比較して冬季は高く、夏季は低いため汲み上げる熱量が空気熱源に比べて少く済み、一般の空気熱源ヒートポンプより効率を上げることが期待できる。今回、下水処理施設から放流される下水処理水をヒートポンプの熱源にした冷暖房・給湯システムが設置されたので、システム性能、経済性について、他の熱源を利用したシステムと比較するため実証試験を行った。

2 試験の概要

(1) 試験設備

○ビル単独下水処理施設の冷暖房・給湯システム

○大規模公共下水処理施設の冷暖房システム

(第1表、第1図、第2図)

(2) 試験内容

試験設備に測定機器を取付け1年間を通して、下水処理水温度、ヒートポンプ効率、運転費、熱交換器の詰り等の諸データを収集し、システム性能、経済性、メンテナンス性を評価した。

第1表 試験設備

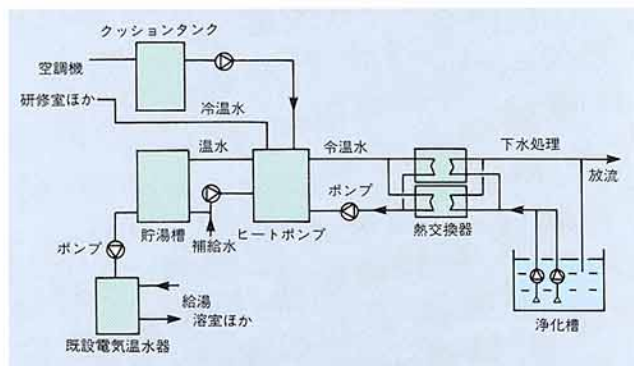
施設	熱源水		利用システム		
	下水種別	取 出 量 (m ³ /日)	種 別	対 象	ヒートポンプ能力 (kcal/h)
ビル単独 下水処理施設	生活排水 浄化槽	350	冷暖房 (400m ³)	事務室	冷房 64,000
				研修室ほか	暖房 67,000
大規模公共 下水処理施設	生活排水 工場排水 雨 水	最終 沈 澱 池	冷暖房 (1,400m ³)	事務室	冷房 280,000
				会議室ほか	暖房 300,000

3 試験結果および考察

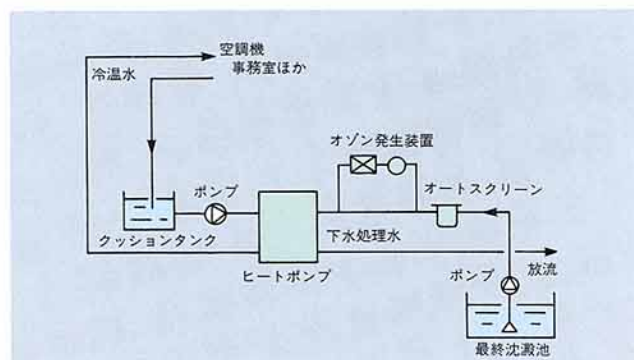
(1) ビル単独下水処理施設の冷暖房・給湯システム

○熱源となる下水処理水は、処理水放流槽（熱源水槽）の水位が不足する場合、ヒートポンプで使用した処理水を槽に戻すため年間を通じ外気温度より高くなり、熱源として夏季は外気より不利となった。

○ヒートポンプの成績係数（使用する電力と発生利用できるエネルギーの比率：以下COPという）は、暖房3.2、給湯が3.6～3.9であり、その時の外気を熱源とした空気熱源ヒートポンプより優れている。



第1図 ビル単独下水処理施設システム系統図



第2図 大規模公共下水処理施設システム系統図

冷房は、夏季の下水処理水温度が外気温度より高いため2.7と低いが、冷房時間の1/3を運転する冷房-給湯併用運転では、冷房の排熱を給湯に利用できるため、6.1と高く冷房と給湯負荷がある場合の有利性が出ている。(第2表)

○熱源水ポンプ、冷温水ポンプ等を含めたシステム全体のCOPは、ヒートポンプ単体COPより0.6~0.7低下している。(通常は0.5低い程度)これは、熱源側に熱交換器を介したためポンプが熱交換器の一次側、二次側の2台になり、搬送動力が大きいためである。

実験結果では、熱交換器の詰り、スケール等の付着による性能低下および腐蝕がないこと、また、水質は冷却水としての基準値を下まわっていることからヒートポンプに直接、下水処理水を送ることができるので搬送動力を低減させ、COPを向上させることは可能である。

○年間の運転費は、冷房時に排熱を利用して給湯を行っているため、他熱源システムに比べ低減する。

(2) 大規模公共下水処理施設の冷暖房システム

○下水処理水温度は、外気温度に比べ冬季は高く、夏季は低いので熱源として、外気より優れている。

○ヒートポンプのCOPは、暖房3.6、冷房3.6で外気を利用した空気熱源ヒートポンプより優れている(第2表)。

実験結果では、空調負荷によりヒートポンプは容量制御し負荷率30~40%程度の運転が多いが、負荷率を向上させるとCOPが良くなる傾向を示し、100%運転をすれば、冷房で5.0となる。

○システム全体のCOPは、ヒートポンプ単体COPより

1.1~1.3低く、空気熱源ヒートポンプより悪い。これは、熱源水(下水処理水)ポンプがヒートポンプ負荷に係わらず、100%能力一定で運転しており容量制御によりヒートポンプ負荷が低くなるほど、空気熱源ヒートポンプに比べ、不利になる。従って、熱源水ポンプも容量制御等を行って、搬送動力を低減させればCOPは向上する。

○負荷率80%で運転すると、空気熱源ヒートポンプに比べ、年間電力量3.3万kwh、A重油換算で年間6.4kl(ドラム缶32本)が低減できる。

○水質による配管等の腐蝕、熱交換器の性能低下は見られないが、熱源水ポンプにゴミが詰まり水量を減少させるので2ヶ月に1度の清掃が必要である。

4 今後の課題

下水処理水をヒートポンプの熱源としたシステムは空気熱源ヒートポンプシステムに比べて、熱源の有利性からヒートポンプ単体COPは高いが、熱源水ポンプの設置、水質の配慮からくる付属設備の設置状況によっては、システム全体のCOPは低くなる。

従って、下水処理水等を利用する水熱源ヒートポンプシステムのCOPを向上させるには、熱源水を搬送するポンプ等付属設備の所要動力を低減させることが重要である。

今後は、近く計画される河川水を熱源としたスーパーヒートポンプによる大型ビルの冷暖房・給湯システムおよび下水、下水処理水を利用した地域熱供給システム等の設計に反映していきたい。

第2表 ヒートポンプおよびシステム効率

		シーズン平均					時間当り最大		空気熱源ヒートポンプCOP(推定)
		ヒートポンプCOP	システムCOP	下水処理水温度(°C)	外気温度(°C)	負荷率(%)	ヒートポンプCOP	システムCOP	
ビル単独下水処理施設	暖房	3.2	2.6	19.7	8.7	—	4.4	2.8	2.6
	給湯(冬期)	3.9	3.2			—	4.2	3.8	2.8
	冷房	2.7	2.1	25.4	22.3	—	3.3	2.5	2.9
	給湯(夏期)	3.6	3.2			—	4.2	3.8	3.2
	冷房-給湯(排熱利用)	6.1	4.7			—	6.6	5.3	—
大規模公共下水処理施設	暖房	3.6	2.5	15.0	11.7	38.3	4.8	3.5	3.2
	冷房	3.6	2.3	23.9	24.8	28.6	4.5	3.2	3.0

第3表 経済比較

能力(kcal/h)		下水排熱回収ヒートポンプ(ビル単独下水処理施設)	空冷ヒートポンプ/空冷ヒートポンプ温水機	空冷チラー/温水ヒーター	吸収式冷温水発生機/給湯ボイラー
		冷房	64,000	63,000	67,000
暖房	暖房	67,000	76,500	80,000	49,220
	給湯	67,000	57,000	80,000	50,000
設備費比率		100	113	70	67
運転費比率(エネルギー費)		100	120	258	251