

〈研究発表〉

下水熱を利用した都市の地域冷暖房システムでの温室効果ガス抑制の試算

上山 達宏¹⁾, 田中 宏明²⁾

¹⁾京都大学大学院 都市環境工学専攻 (〒052-0811 大津市由美浜 1-2, E-mail: ueyama@biwa.eqc.kyoto-u.ac.jp)

²⁾京都大学大学院工学研究科付属流域圏環境質研究センター教授 (〒052-0811 大津市由美浜 1-2, E-mail: htanaka@biwa.eqc.kyoto-u.ac.jp)

概要

今日地球温暖化が世界的に重要な問題と認識されるようになり、温室効果ガス抑制は世界的に大きな課題となっており、それに対応する新たなシステムとしてこれまで使われてこなかった下水や河川水などの未利用熱エネルギーを有効活用した環境負荷の少ないエネルギー供給システムが注目されている。そこで本研究では地域冷暖房システムとして下水熱を用いた場合のエネルギー削減効果を試算し、同時に温室効果ガスの削減量についても試算を行なった。

キーワード: 下水熱, 地域冷暖房, 二酸化炭素, 省エネルギー, ヒートポンプ

1. はじめに

今日地球温暖化が世界的に重要な問題と認識されるようになり、温室効果ガス抑制は世界的に大きな課題となっている。とりわけ先進諸国に対しては、京都議定書で定められた二酸化炭素排出量の削減をすることが求められており、我が国も例外ではない。日本におけるエネルギー消費に目を向けると、民生部門が約3割のエネルギー消費を占めており産業部門と比較して高い増加率を示している¹⁾。民生部門の熱需要の大部分が100℃以下の冷温熱であることから、これまで使われてこなかった下水や河川水などの未利用熱エネルギーを有効活用した環境負荷の少ないエネルギー供給システムが注目されている。そこで本研究では、大津市中心地域を対象に将来想定される冷暖房熱エネルギーを算定し、従来の大気熱源のヒートポンプシステムに対して、下水再生水を用いたヒートポンプシステムを導入した場合のエネルギー節約効果を検討する。また、下水熱を利用した地域冷暖房システム(DHC)の運用による温室効果ガス排出量、とりわけ二酸化炭素排出量の削減量についての試算も行なった。

2. 対象地域における熱需要量

2.1 対象地域における熱需要量の算定方法

対象地域の年間冷暖房熱需要量を算定する際に必要な値として、熱負荷原単位と月別負荷変動比が挙げられる。年間熱負荷原単位とは、冷暖房などを使用する際に年間で単位面積あたりどれ程のエネルギーを消費するかを示したもので、単位は[MJ/(yr・m²)]である。この値は、建物の使用用途ごとに異なる。本研究

では、年間熱負荷原単位と月別負荷変動比を用いて年間熱負荷を計算する。ここで、熱利用は冷暖房に限ると仮定し、年間冷房需要量と年間暖房需要量を別々に算定した。また、今回用いる年間熱負荷原単位の値を表1に、月別負荷変動比を表2に示す。

Table.1 The standard Value Of Heating Load

建物用途	年間熱負荷原単位 [MJ/yr・m ²]	
	冷房	暖房
集合住宅	33.5	83.7
業務施設 (小規模)	154.9	188.4
業務施設 (中規模)	184.2	121.4
業務施設 (大規模)	255.3	125.6
商業施設	502.3	75.3
宿泊施設	251.2	401.9
医療施設	209.3	418.6

Table2 Monthly Floating Ratio For Heat Use

月	集合住宅		業務施設		商業施設		宿泊施設		医療施設	
	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房	冷房	暖房
Jan	0.0	28.4	3.1	25.1	1.2	39.7	0.8	26.0	0.7	24.9
Feb	0.0	25.3	3.1	22.7	1.5	30.3	0.8	26.6	0.7	22.1
Mar	0.0	15.6	3.6	15.2	2.1	10.7	1.0	11.1	0.5	19.5
Apr	0.0	0.0	4.6	7.3	4.3	0.0	3.2	7.4	0.4	9.7
May	0.0	0.0	6.9	0.0	9.6	0.0	8.2	0.0	2.5	0.0
Jun	8.3	0.0	12.4	0.0	14.2	0.0	13.4	0.0	13.6	0.0
Jul	34.6	0.0	15.8	0.0	15.8	0.0	20.2	0.0	27.0	0.0
Aug	51.6	0.0	20.4	0.0	22.5	0.0	24.3	0.0	29.6	0.0
Sep	5.5	0.0	15.3	0.0	15.4	0.0	16.5	0.0	18.7	0.0
Oct	0.0	0.0	8.1	0.0	8.3	0.0	8.0	0.0	4.4	0.0
Nov	0.0	8.6	3.8	9.7	3.1	0.0	2.5	7.8	1.2	9.3
Dec	0.0	22.1	2.9	20.0	2.0	19.3	1.1	21.1	0.7	14.5

※単位は%、年間を100%としたもの。

冷房需要量[MJ/yr] = Σ(延床面積×冷房需要の熱負荷原単位×冷房需要の月別負荷変動比)

暖房需要量[MJ/yr] = Σ(延床面積×暖房需要の熱負荷原単位×暖房需要の月別負荷変動比) (式1)

2.2 対象範囲の設定

本研究では、対象地域を滋賀県大津市中心部を処理区域とする大津市水再生センターの下水処理水を熱利用する範囲を想定した(図1)。図1において青い斜線部分を対象範囲と想定し、赤く塗りつぶされている部分が大津市水再生センターである。黒い太線は処理再生水を送る送水管である。対象範囲は送水管から周辺半径500mを想定している。なお、図1は大津市の都市計画図²⁾から作成したものであるが、都市計画図による対象範囲の面積を表3に示し、表1と2の熱負荷原単位を本研究に用いた。



Fig.1 Target Region

Table.3 Area In Target Region

土地利用区分	面積[m2]
商業地域(ピンク)	1,053,820
近隣商業地域(肌色)	349,550
第1種住居地域(黄色)	482,240

2.3 対象範囲の延床面積

将来これらの用途が再開発され、制限される土地利用と一杯に建築利用されると想定した場合の対象範囲の延床面積を求める。この対象地域の将来の延床面積を推定するため、次の2つの仮定を設けた。

○全ての用途地域で、都市計画で想定される限界までの延べ床面積を持つ建物が再開発されると想定する

○前面道路幅員は一律6mとする

建築基準法で用途地域ごとに、都市計画図で示された建蔽率、容積率の限度が定められている。また、容積率は、都市計画図で定められている値と、建物の前面道路幅員によっても制限され、全面道路幅員に0.6を乗じた値が容積率限度である。大津市では、前面道路幅員を6mと想定した場合、容積率限度は360%となる。大津市の用途地域ごとの容積率限度は、商業地域、近隣商業地域、第一種住居地域がそれぞれ400%、200%、200%であり、商業地域の容積率を360%と想定して、延床面積を計算した。結果を表4に示す。

Table.4 Total Floor Space In Target Region

土地利用区分	延床面積(m2)
商業地域	3,793,752
近隣商業地域	895,280
第一種住居地域	964,480

2.4 年間冷暖房熱需要量

表1の年間熱負荷原単位、表2の月別負荷変動、2.3で求めた延べ床面積を式1に代入すると、対象範囲(図1)における年間冷暖房熱需要量がわかる。計算する前に、各用途地域の建物の割合(表5)および住宅数を以下のように仮定する。

Table.5 Ratio Of the Region Usage

[%]	商業地域	近隣商業地域	第一種住居地域
住居	25	35	100
事務所	23	35	0
商業	40	25	0
ホテル	5	0	0
病院	5	5	0
ホール	2	0	0

住宅数は100m²につき1戸と仮定して住宅数を算定した結果、対象範囲内における住宅数は22,440戸となった。以上の仮定を踏まえた上で算定した将来の地域での月別冷暖房熱需要量を図2に示す。

Table.6 CO2 exhaust coefficient

排出係数	石炭	天然ガス	石油
[g-CO ₂ /MJ]	270	20	169

なお、関西電力の火力発電における石炭・天然ガス・石油の内訳は、石炭 44%・天然ガス 44%、石油 12% である⁸⁾。以上の仮定とデータによって二酸化炭素削減量を計算すると表7に示すようになる。

Table.7 Carbon Dioxide Emission In Target Region

[ton/yr]	石炭	天然ガス	石油	合計
CO ₂ 削減量	43,062	21,903	26,953	91,918

大津市水再生センターの下水処理水を熱利用した場合は、削減したエネルギーをすべて火力発電に補填すると91,918[ton/yr]の削減効果があると推定された。

4. 結論

本研究では大津市水再生センターからの下水再生水を再利用するシステムを想定し、対象範囲における年間熱需要量を算定した。算定の結果、算定の結果、冷熱需要として夏8月がピークで2,542J、温熱需要量としては1月が1,725TJと想定され、対象範囲の年間使用エネルギー量の合計は、12,971 [TJ/yr] という結果になった。また、対象地域で処理される年間下水処理量から算出される下水熱利用可能量は381[TJ/yr]であり、ヒートポンプを用いてこの熱を利用することで、年間17%の省エネ効果が期待できるという結果になった。下水熱を用いた場合の二酸化炭素排出量の削減量の試算した結果、年間で91,918[ton]の削減効果があると推定された。しかし、今回の研究では下水熱利用を妨げる要因については検討を行っておらず、今後の課題となる。

参考文献

- 1)平成17年度エネルギー需要実績、資源エネルギー庁、2007
- 2)NEDO 平成6年度研究報告書「環境調和型エネルギーコミュニティ事業に係る導入支援ソフトの作成」
- 3)池上貴志(2006)東京都区部における下水熱利用利用冷暖房システムの戦略的導入による二酸化炭素排出削減効果及び経済性の解析,東京大学大学院工学系研究科博士論文
- 4)大津市ホームページ <http://www.city.otsu.shiga.jp/>

(2009/02/01)

5)中本至監修下水道熱利用促進研究会(1994)「最新下水道未利用エネルギー活用の手引き」山海堂

6)関西電力ホームページ

<http://www.kepco.co.jp/> (2009/06/25)

7)建築環境・省エネルギーセンター

www.ibec.or.jp (2009/02/22)

8)関西電力ホームページ

http://www.kepco.co.jp/kids/search/yougosyu/y_30.html

(2009/06/08)