ガス主体方式地域熱供給施設の総合エネルギー効率に及ぼす要因分析

関西大学大学院理工学研究科　学生会員　○山口　徹也
関西大学環境都市工学部　正会員　盛岡　通
関西大学環境都市工学部　正会員　尾﨑　平

１．緒論

地域熱供給施設（以降，DHC 施設）は，エネルギーの面的利用や未利用エネルギーの利用による省エネルギー効果が期待できる．省エネルギー性能を示す指標として総合エネルギー効率（**表-1**）が用いられていて，東京都では既存 DHC 施設を対象に，毎年総合エネルギー効率を用いて電力主体・ガス主体方式別に５段階のランク付け評価を行い，最低ランクの施設には改善義務を命じる場合もある．正しい改善策を講じるためには総合エネルギー効率に及ぼす要因を把握する必要がある．特にガス主体方式 DHC 施設は供給媒体が主に蒸気であるため，電力主体方式よりも配管部の熱損失が大きく，総合エネルギー効率への影響を勘案する．

表-1　本研究で用いた指標

指標	単位	式
総合エネルギー効率	[-]	$\frac{\text{熱販売量}[GJ/year]}{\text{一次エネルギー使用量}[GJ/year]}$
ガス使用量及び購入排熱量比	[-]	$\frac{\text{ガス使用量及び購入排熱量}[GJ/year]}{\text{一次エネルギー使用量}[GJ/year]}$
冷熱比	[-]	$\frac{\text{冷熱販売量}[GJ/year]}{\text{熱販売量}[GJ/year]}$
平均稼働率	[%]	$\frac{\text{熱製造量}[MJ/year]}{\text{DHC施設容量}[MJ/h]\times 8760[h]}\times 100$
平均稼働率 *代替指標	[%]	$\frac{\text{熱販売量}[MJ/year]}{\text{DHC施設容量}[MJ/h]\times 8760[h]}\times 100$
購入排熱利用量	[-]	$\frac{\text{購入排熱量}[GJ/year]}{\text{一次エネルギー使用量}[GJ/year]}$
単位配管延長当たりの敷地面積	[ha/m]	$\frac{\text{供給先建物敷地面積}[ha]}{\text{配管延長}[m]}$
熱需要密度	[TJ/ha]	$\frac{\text{年間熱販売量}[TJ]}{\text{供給先建物敷地面積}[m^2]}$

以上の背景のもと，ガス主体方式 DHC 施設の総合エネルギー効率に及ぼす要因を分析し，考察を行った．

２．総合エネルギー効率の要因分析の手順

分析対象は，全国の熱供給事業を行う 148 施設中，ガス主体方式の 45 施設（ガス使用量及び購入排熱量比（**表-1**）が 0.70 以上）とした．なお，熱供給事業便覧 [1]から熱供給事業のデータ（2007 年度）を得て分析した．

熱販売量の内，冷熱量の占める比率を冷熱比（**表-1**），DHC 施設の稼働率を平均稼働率（**表-1**，代替指標），DHC 施設が消費する一次エネルギー量の内，排熱購入量の占める割合を排熱利用割合（**表-1**）とし，これら 3 つの指標を説明変数として用い，総合エネルギー効率を目的変数に段階的重回帰分析を行い，考察を行った．

表-2　重回帰分析の結果①

N=45　目的変数：総合エネルギー効率　有意水準99%**　有意水準95%*

モデル	重相関係数	決定係数	F値	有意確率	判定
A	0.474	0.224	12.4	0.001	**
B	0.550	0.302	9.1	0.001	**
C	0.583	0.340	7.0	0.001	**

Aで用いる説明変数　平均稼働率[%]
Bで用いる説明変数　平均稼働率[%]，排熱利用割合[%]
Cで用いる説明変数　平均稼働率[%]，排熱利用割合[%],冷熱比[-]

表-3　重回帰分析の結果②

N=45　目的変数：総合エネルギー効率[-]　有意水準99%**　有意水準95%*

モデル	説明変数	回帰係数	標準回帰係数	t 値	有意確率	判定	VIF	単相関
A	平均稼働率[%]	0.016	0.559	3.628	0.001	**	1.000	0.474
	定数項	0.508						
B	平均稼働率[%]	0.013	0.593	4.043	0.000	**	1.089	0.474
	排熱利用割合[%]	0.002	0.308	2.098	0.045	*	1.089	0.403
	定数項	0.515						
C	平均稼働率[%]	0.012	0.369	2.708	0.015	*	1.147	0.474
	排熱利用割合[%]	0.002	0.341	2.416	0.013	*	1.240	0.403
	冷熱比[-]	0.114	0.363	2.017	0.135		1.155	0.141
	定数項	0.460						

３．総合エネルギー効率の要因分析の結果及び考察

分析結果を**表-2, 3** に示す. A,B,C の３つのモデルが有意水準 99%を満たした. また全てのモデルにおいて，各パラメータ VIF の値が 10 未満であることから，共線性の程度が小さく，説明変数は独立していると判断した．全ての説明変数が 95%水準において有意であったモデル B の説明変数が総合エネルギー効率に影響を与えていると判断した．その平均稼働率と排熱利用割合の標準回帰係数は，それぞれ 0.593，0.308 であり，平均稼働率の方が総合エネルギー効率に与える影響が大きい両変数と総合エネルギー効率の関係を模式的に**図-1** に示す．

キーワード　地域熱供給，総合エネルギー効率
連絡先　〒564-8680　大阪府吹田市山手町 3-3-35　関西大学　環境マネジメント研究室　ＴＥＬ06-6368-1121(内線 6522)

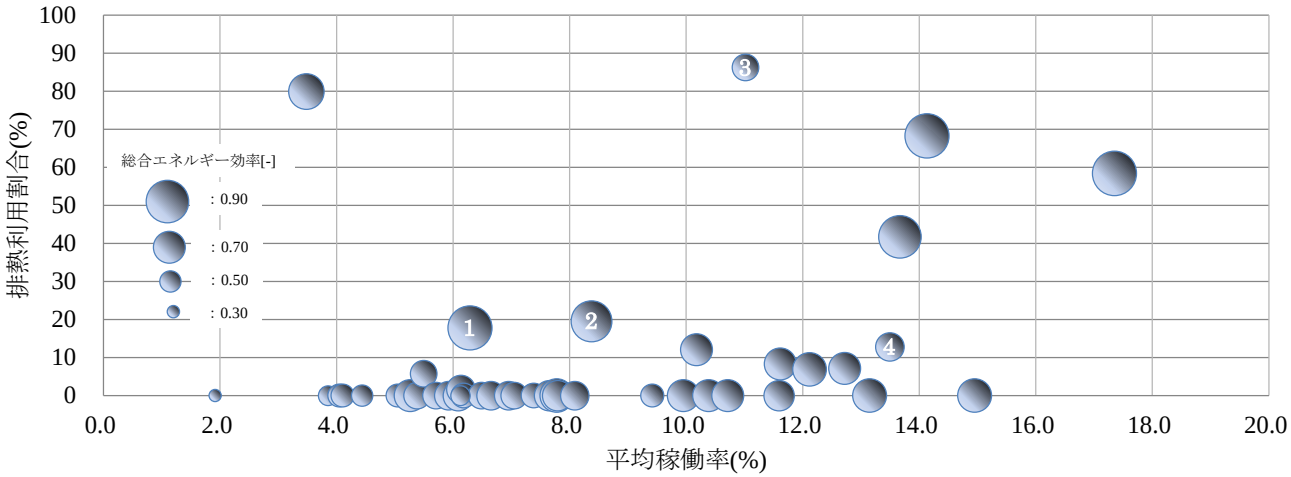

図-1 総合エネルギー効率と平均稼働率，排熱利用割合の関係

全体的に，２変数の値が大きい程，総合エネルギー効率が高いことが伺えるが，必ずしもこの２変数で説明されていないものも見られる．そのため，２変数で推測する範囲から外れる**図-1** の No.1,2,3,4 をとり上げて（モデル B の推測値と実績値の乖離率 15%以上，排熱利用有）考察を行う．

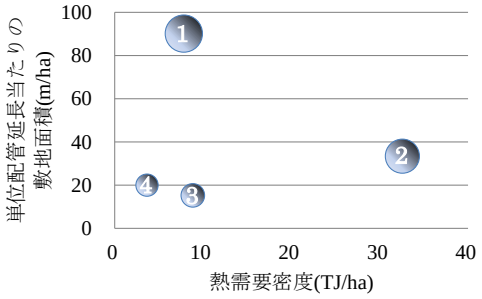

図-2 ４施設の単位配管延長当たりの敷地面積，熱需要密度の関係

No.1,2 は相対的に熱需要がコンパクトであるのに対し，No3,4 はその逆である．建物集積度の指標として，平面的な建物集積度を示す単位配管延長当たりの敷地面積（**表-1**）と，立体的な建物集積度を示すものとして熱需要密度（**表-1**）を用いている．**図-2** のように，No.1 は単位配管延長当たりの敷地面積が高く，No.2 は熱需要密度が高いことから，**図-1** のような分布にそれぞれ位置していても，高い総合エネルギー効率を示していることがわかる．一方で，No.3,4 は単位配管延長当たりの敷地面積が低く，熱需要密度も低いことから，低い総合エネルギー効率であることがわかる．**図-3** の No.3 の供給状況からも，供給先の建物集積度の低さを読みとりうる．このように都市計画図面を点検した．これらから，供給先の建物集積度の高低は，配管部での熱損失の大小に関わっているため，総合エネルギー効率に影響を及ぼしていることがわかる．

４．結論

本研究より，ガス主体方式 DHC 施設の平均稼働率，排熱利用割合，また，供給先の建物集積度は，総合エネルギー効率に影響を及ぼしていることを明らかにした．

平均稼働率が高い DHC 施設ほど総合エネルギー効率が高い．また排熱利用割合が高い DHC 施設ほど総合エネルギー効率が高いという結果も得られた．

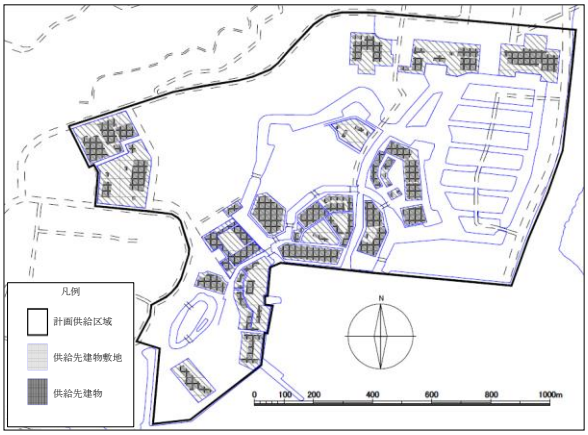

図-3 No.3 施設の供給状況

分析対象の中で，特にこの２変数で判定，推測する範囲からはずれた４施設については，供給先の平面的な建物集積度（単位配管延長当たりの敷地面積）と立体的な集積度（熱需要密度）が総合エネルギー効率に影響を及ぼしていた．特に，両変数が低い場合，総合エネルギー効率に強い影響を及ぼすことがわかった．今後は，DHC 施設の供給計画を評価する際，総合エネルギー効率を上げるべく，供給先の建物集積度を考慮することが望まれる．

【参考文献】

1)(社)日本熱供給事業協会：熱供給事業便覧，平成 20 年度版，2008.