地域冷暖房地区の往還温度に関する実態調査

INVESTIGATION OF SUPPLY AND RETURN WATER TEMPERATURE IN DISTRICT HEATING AND COOLING SERVICES

大橋 巧 ——— *1 森本万葉 ——— *2

Takumi OHASHI ——— *1 Kazuha MORIMOTO — *2

キーワード：
地域冷暖房, 省エネルギー, 往還温度, アンケート調査

Keywords:
District heating and cooling, Energy saving, Supply and return water temperature, Questionnaire survey

District heating and cooling is one of the important ways to promote efficient energy use. In the district heating and cooling area, cooperative operation between the supply side and the demand side and advanced control are indispensable to further improve the energy use efficiency. In this study, we conducted a questionnaire survey of DHC operators nationwide to investigate the actual status of supply and return water temperature. This study describes the results.

1. はじめに

昨今注目されているエネルギーの面的利用を推進する上で、地域冷暖房（以下、DHC）は有用な手法であるが、エネルギー利用の高効率化を阻害する要因の一つに、冷水や温水の往還温度差が設計どおりに確保できない事象が挙げられる。一般にそのような事象が発生する時間帯においては、過剰な台数の熱源運転や搬送動力の増加を招くことなどが指摘されている。

この事象は DHC 地区に限ったものではないが、その主な発生要因は二次側の空調システムに起因するものであるため、エネルギー供給者側（プラント側）と需要側がそれぞれ独立した運用や制御を行い、関係者も多くなる DHC 地区においては、この問題の解決策もより複雑化するものと考えられる。しかしながら、全国の DHC 地区の往還温度差の近年の実情は明らかではなく、今後、DHC 地区での更なる高効率化にはその実態把握が欠かせない。

そこで本研究では、全国の DHC 事業者に対してアンケートを送付し、冷水・温水の往還温度の供給規定や実績値等を調査し、その実態を把握する各種の分析を行った。本報ではその結果について述べる。

2. 調査対象およびアンケート概要

本研究では、熱供給事業便覧²⁾に記載の全国の熱供給事業のうち、業務用途の冷水・温水を供給する熱供給事業者を調査対象とした。同じ事業者が複数の DHC 地域を営業している場合、営業地域ごとに調査を実施しており、全国の 76 事業者中 72 社、営業地域では全 136 地域^{注1)}のうち 132 地域が調査対象となっている。

アンケートは、既報³⁾で実施したアンケートと同一であり、調査項目は、供給側の設備システム、需要側の設備システム、熱供給条件、省エネルギー化の推進、熱料金の 5 つの項目により構成されているが、本報ではその内、熱供給条件の項目についての結果を用いる。なお本アンケートは、2019 年 9 月～10 月に事前に対象の事業者直接向

電話し、担当者の E-mail アドレスを確認後 Excel データ形式のアンケートファイルを送付、同年 11 月までに回答を得ている。調査対象のうち 28 事業者（39%）、49 営業地域（37%）から回答を得たが、その総合効率や地域属性等の詳細については既報³⁾を参照されたい。

次章以降に、アンケート結果とその分析内容を示すが、アンケート項目の内、一部を未回答とする事業者もあったため、それぞれの母数に差があることに留意を要する。なお、温水においては、100℃以上の高温水を供給する地域は分析から除外している。また、熱供給事業便覧²⁾の調査年と、本アンケートの調査実施年は同一ではないが、分析結果に大きな影響は与えないと判断し、今回その影響は無視した。

3. 熱供給期間と熱源の電化比率

冷水・温水の供給期間は地域差があり、省エネルギーを推進する上での重要度にも差があると考え、各営業地域の熱供給期間（供給月）を調査した。熱供給のある営業地域の割合を、地方ごとに月別集計した結果を図 1 に示す。なお、図内に示す東日本・西日本は、電気周波数 50Hz・60Hz の地域で分類している。また、図内には参考として蒸

図 1 熱供給を行う営業地域の割合

本稿は 2020 年度日本建築学会大会（関東）において発表した学術講演の内容¹⁾を加筆・修正したものである。

¹⁾ 摂南大学理工学部住環境デザイン学科 准教授・博士（工学）
〒572-8508 寝屋川市池田中町 17-8

²⁾ 摂南大学理工学部住環境デザイン学科

¹⁾ Assoc. Prof., Faculty of Science and Engineering, Dept. of Living and Environmental Design, Setsunan Univ., Dr. Eng.

²⁾ Faculty of Science and Engineering, Dept. of Living and Environmental Design, Setsunan Univ.

気の調査結果も示している。

図1より、冷水は年間を通して本州、四国・九州ではほぼ100%、北海道では80%と多くの営業地域で熱供給がある。一方で温水は、北海道はほぼ年間を通して熱供給があるものの、それ以外の地域では、年間を通して供給割合が冷水より低く、特に夏期に顕著である。

また、電気熱源、ガス熱源などの熱源種別により、往還温度の傾向にも差異がある可能性があるが、図2には、熱供給事業便覧²⁾をもとに、回答を得た営業地域別に1次エネルギー消費量に占める電力の消費量の割合（以下、電化比率）を算出^{注2)}し、地方ごとにその分布（10%間隔で区分）を示した。図より北海道は他地域に比べ、電化比率が低いことが確認できる。電化比率と往還温度との関係性の結果については、次章以降で述べる。

図2 熱源の電化比率

4. 往還温度（供給規定値）

本章では、往還温度の供給規定値の調査結果を示す。

4.1 標準往還温度

熱供給の標準往温度および標準還温度（以下、標準往還温度）の調査結果を図3に示す。冷水については往きが6℃や7℃、還りが13℃を規定値とする地域が、温水については往きが45～50℃未満、還りが40～45℃未満とする地域が最も多い。

また、図3の結果を電化比率別に分類したものを図4に示す。冷水は、電化比率が高いほど、往温度が低く還温度が高い営業地域の分布が増える傾向がある。一方、温水では、電化比率が下がるほど、往温度・還温度とも高い営業地域の分布が増える傾向が確認できる。

4.2 標準往還温度差

標準往温度と標準還温度の温度差（以下、標準往還温度差）の調査結果を図5に、図5の結果を電化比率で分類したものを図6に示す。冷水は7℃差、温水は10℃差とする営業地域が最も多い。また図6より、冷水は電化比率が高くなるほど温度差を大きく設定する営業地域が多いことがわかる。一方、温水では、特に電化比率33%未満の地域で大温度差とする営業地域が多く存在することがわかる。

4.3 往還温度の許容範囲

図7には図3で分析した標準往還温度、および供給規定での往温度と還温度の許容範囲（許容下限値および許容上限値）を示す。平均値で確認すると、往温度は冷水・温水とも、標準温度を基準として供給温度を緩和する側（冷水は高温側、温水は低温側）をやや許容していることがわかる。一方、還温度では、標準温度を基準として冷水では低温側、温水では高温側の許容幅がやや小さい。冷水・温水とも効率的な熱源運転のため、供給側では往温度を緩和する余地を残し、需要側には温度差を付けた還りを求める傾向が確認できる。

図3 標準往還温度（上：冷水、下：温水）

図4 電化比率別標準往還温度（上：冷水、下：温水）

図5 標準往還温度差

図6 電化比率別標準往還温度差

図7 往還温度の許容範囲（左：冷水、右：温水）

4.4 標準往還温度差と総合効率との関係

図8には図5で分析した標準往還温度差と総合効率との関係を示す。冷水は標準往還温度差が6.5℃以下と7.0℃以上の営業地域に分類、温水は標準往還温度差が8.0℃以下と10℃以上の営業地域に分類し、それぞれの総合効率（熱供給事業便覧²⁾に記載のデータから算出したプラント販売熱量/プラント一次エネルギー消費量^{注2)}）の分布を確認した。

総合効率は冷暖平均値であることに留意が必要であるが、冷水は温度差を大きく設置している営業地域ほど、総合効率が高くなる傾向が確認できる。一方で温水は逆の結果となっているが、この要因としては、一般に温水の年間販売熱量が冷水に比べて少ない³⁾ため冷水側の影響を受けやすいことや、温水で温度差が大きい営業地域ではガス熱源の比率が高く、総合効率が低めに出やすいなどの影響が推察され、これらの影響を除いた分析を今後の課題とする。

図8 標準往還温度差と総合効率との関係
(左：冷水、右：温水)

5. 往還温度（実績値）

アンケート調査では、2018年度の代表日における時刻別の往温度・還温度の実績値を調査した。調査した代表日は、冷水は3日（7～9月の夏期ピーク日、5月のピーク日、2月のピーク日）、温水は2日（12～3月の冬期ピーク日、5月のピーク日）とした。なお、ピーク日とは当該期間における日負荷量の最大日を示す。本章では、この調査結果をもとに分析を行う。

5.1 往還温度差

図9には代表日における往還温度差（回答のあった営業地域の平均値）の実績を示す。図内の昼間とは8時～22時、夜間とは23時～7時の平均値を示している。冷水では、外気温が低く負荷が少なくなる季節ほど、温度差が小さくなる傾向がある。また、どの季節においても、夜間や早朝（5時）は温度差がとれていない。温水は図5に示したとおり標準往還温度差が冷水より大きいいため、実際の温度差も大きくなっているが、傾向は冷水と同様であり、負荷が少ない季節や時間帯ほど温度差がとれていない実態が確認できる。

図9 代表日における往還温度差（左：冷水、右：温水）

図10・11には、図9における昼間と夜間の往還温度差を、営業地域ごとの分布（2℃間隔で区分）で示した。図10では冷水の標準往還温度差が6.5℃以下と7.0℃以上の営業地域に分類、図11では温水は標準往還温度差が8.0℃以下と10℃以上の営業地域に分類して示している。

冷水（図10）では、標準往還温度差が6.5℃以下の営業地域より7.0℃以上の営業地域の方が、実際の温度差も確保できている傾向が確認できる。いずれの分類でも分布のばらつきは大きく、標準往還温度差が6.5℃以下の営業地域では、実績値が4℃差以下となる地域の割合も高い。また、温水（図11）でも同様の傾向が確認でき、標準往還温度差が10℃以上の営業地域は分布のばらつきが大きいものの、8.0℃以下の営業地域より温度差が取れている地域が多いことがわかる。

図10 往還温度差の営業地域別分布（冷水）

図11 往還温度差の営業地域別分布（温水）

5.2 標準往還温度差との乖離温度

本節では、標準往還温度差と、その実績値との差（以下、乖離温度）で分析を行う。ここで、乖離温度が負の場合は、標準往還温度差と比較し実績では温度差がとれていないことを意味している。

図12には、各代表日における乖離温度（回答のあった営業地域の平均値）を示す。

図12 代表日における乖離温度（左：冷水、右：温水）

冷水では夏期ピーク日や5月ピーク日の昼間は1℃程度の乖離に収まっているが、同夜間では2℃以上、5月の夜間や2月では約3℃

以上の乖離があり、年間を通すと、規定の温度差が確保できていない時間帯が多く存在すると推察される。温水では、冬期ピーク日の暖房立ち上がりの時間帯（9時）や昼間は、規定値との乖離は微小であるが、5月においてはどの時間帯でも大きな乖離があることがわかる。

図13には、図12の結果のうち、それぞれのピーク日（冷水は夏期ピーク日、温水は冬期ピーク日）の昼間における乖離温度を、熱供給の供給開始年別に示す。冷水・温水とも1980年以前に熱供給を開始した地区は、調査数は少ないものの、負荷の大きいピーク日の昼間でも、規定値に比べ温度差がとれていない実態が確認できる。

図14には、図12における昼間と夜間の乖離温度を、営業地域ごとの分布（2℃間隔で区分）で示した。冷水・温水とも負荷が少なくなる季節ほど、分布のばらつきが大きくなる傾向があり、低負荷時の良し悪しは営業地域により差が出やすい。一方で、どの季節・時間帯においても、規定の温度差がほぼ確保できている営業地域が一部に存在することも確認できる。

図13 ピーク日・昼間の乖離温度（左：冷水、右：温水）

図14 乖離温度の営業地域別分布（左：冷水、右：温水）

次に、図14の結果を、電化比率別に分類したものを図15・16に示す。図6の結果では、冷水は電化比率が高いほど、温水では電化比率が低いほど大温度差とする営業地域の割合が高かったが、乖離温度については冷水・温水とも電化比率が33%未満の営業地域では、他の営業地域との比較において、分布のばらつきがやや大きいことが確認できる。

6. 季節等による往温度の変更

本章では、熱源の効率的な運転のため、例えば中間期に冷水往きの設定温度を7℃から8℃に上げるなど、季節によって往温度を変更する制御の有無に関する調査結果を示す。図17に供給開始年別の結果を示す。図より、供給開始年が新しいほど往温度の変更を行う地域が多い傾向が確認できる。また、図18には変更の有無と総合効率との関係性を示す。なお、総合効率は冷暖平均値であり、先述（4.4）と同様、一般に年間販売熱量が冷水に比べて少ない温水については解釈に留意を要するが、冷水・温水とも、往温度の変更を行っている営業地域は総合効率が高いことが確認できる。

図15 電化比率別 乖離温度の営業地域別分布（冷水）

図16 電化比率別 乖離温度の営業地域別分布（温水）

図17 供給開始別往温度の変更の有無（左：冷水、右：温水）

図18 往温度の変更の有無と総合効率との関係

7. まとめ

全国のDHC事業者に対して実施したアンケート調査結果をもとに、冷水・温水の往還温度の供給規定や実績値を分析した。得られた主な結果を以下に示す。

- 1) 標準往還温度差は冷水7℃差、温水10℃差とする営業地域が最も多く、熱源の電化比率による差異も確認できる。
- 2) 冷水・温水とも、負荷が少ない季節や時間帯ほど温度差がとれていない実態がある。冷水の全営業地域平均では、夏期ピーク日や5月ピーク日の昼間は規定値に比べ1℃程度の乖離に収まっているが、同夜間では2℃以上、5月の夜間や2月では約3℃以上の乖離があり、年間を通すと温度差が確保できていない時間帯が多く存在することが推察される。
- 3) 冷水・温水とも、低負荷時の温度差確保の良し悪しは営業地域に

より差が出やすい。また、どの季節・時間帯においても、規定の温度差がほぼ確保できている営業地域が一部存在することも確認した。

4) 冷水は電化比率が高いほど、温水は電化比率が低いほど大温度差とする営業地域の割合が高いが、乖離温度（標準往還温度差と実績温度差との乖離）については、冷水・温水とも電化比率が 33%未満の営業地域で、優劣の差が大きい。

5) 往温度の変更を行っている営業地域は総合効率が高い傾向が確認できる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP19K15155 の助成を受けたものです。アンケート作成にあたり、コミッション企画 松下氏、日建設計コンストラクション・マネジメント 西山氏に、貴重なご意見を賜りました。また、本調査にご協力頂いた事業者各位へ心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 森本万葉, 大橋巧: 地域冷暖房地区の運用最適化に関する実態調査研究 第 3 報 往還温度の調査結果, 日本建築学会学術講演梗概集, pp. 2209~2210, 2020. 9
- 2) 資源エネルギー庁電力・ガス事業部政策課熱供給産業室: 熱供給事業便覧平成 30 年度版, 一般財団法人日本熱供給事業協会, 2019. 3
- 3) Takumi OHASHI, Hiyori KISHI: QUESTIONNAIRE SURVEY ON CONTROL AND OPERATION METHOD OF DISTRICT HEATING AND COOLING SERVICES, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.27, No.65, pp.293-296, 2021.2 (in Japanese)
大橋巧, 岸日和: 地域冷暖房地区の制御・運用手法に関する実態調査, 日本建築学会技術報告集, 第 27 巻, 第 65 号, pp. 293~296, 2021. 2

注

注 1) 文献 2) では 134 営業地域だが、文献 2) で 2 営業地域をもつ某事業者より、4 エリアでの回答を得たため 136 営業地域とした。

注 2) 本文中に示す一次エネルギー消費量は、電力: 9.76[MJ/kWh]、都市ガス: 各地域のガス会社の換算量、灯油: 36.7[MJ/kL]、重油: 39.1[MJ/kL]を用いて算出した。

[2020 年 9 月 7 日原稿受理 2021 年 1 月 18 日採用決定]