

[別紙2]

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 池上 貴志

いまや実行段階になっている地球温暖化問題対策の中に都市内の未利用熱の利用がある。未利用熱のうち、下水熱は、それを地域冷暖房（DHC）の熱源として活用することで利用可能になる。下水熱は質の低い熱である反面、都心部に張り巡らされている下水のネットワークから熱を取り出せるという優位性を有している。しかしながら、現実の都市における下水熱の利用による温室効果削減可能性については、定量的な評価がなされておらず、そのポテンシャルすら明らかになっていない。

本論文はこのような背景の元に行われた研究の成果をまとめたもので、「東京都区部における下水熱利用地域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および経済性の解析」と題し、11章からなる。

第1章は序論であり、問題認識と研究の目的を示している。

第2章は研究の方法と論文の構成に関する章である。DHCプラントシミュレーションモデルと、下水流量と温度を計算する下水幹線シミュレーションモデルの2つのモデルを開発し、東京都区部の建物情報を利用して同地域に適用したことを述べている。

第3章は下水幹線シミュレーションモデルである。本研究では東京都の建物利用の地理情報システムと下水温度の実測値を元に任意の地点の下水流量と水温を推定する手法を新たに開発した。この方法では、建物の用途別の床面積あたり下水排出源単位に、各建物用途ごとの床面積を乗じ、また下水の流下時間をも考慮した。下水の集水域を各幹線の流域図を基に独自に決定した点や、下水の流下に伴うタイムラグを考慮した点、上流側のDHCで下水熱を利用した場合に下流側の下水温度を変化させた点にオリジナリティがある。

第4章では、実際の東京都23区の下水処理場への流入量と第3章で提案した方法による計算結果の照合を行っている。

第5章では、下水熱を利用したDHCプラントのシミュレーションモデルの詳細な内容と検討結果を述べている。このモデルでは、1年間を通じて、1ヶ月ごとおよび1時間ごとのシミュレーションが可能になっており、また現実の状態に合わせて蓄熱槽の設置も考慮している。二酸化炭素排出量を計算する場合には時刻によって電力の炭素原単位が異なるため、このような詳細な検討が必要になり、その意味でこのような緻密なモデル設定は重要である。

第6章では、下水熱利用効果を評価するに当たってのライフサイクルアセスメントと経済性評価の方法について述べている。

第7章では、まず仮想地区に対してDHCプラントモデルを適用した場合の結果について考察している。蓄熱槽の効果、下水温度、下水流量、熱供給対象地区の建物利用をさまざまに変化させ、それらの影響度を評価している。規模が大きく業務施設や宿泊施

設、医療施設の割合が高い地域では下水熱の利用効果が高い一方、商業施設や集合住宅の割合が高い地域や熱需要密度が低い地域では効果が低くなることを示している。

第8章は、東京23区の下水処理区のうち、もっとも熱需要が大きいと考えられる芝浦処理区を対象にした検討結果である。芝浦処理区全体に複数のDHCを導入するにあたってLCCO₂の排出削減量が最大となる地区の組み合わせを求めることで、下水熱DHCの導入によるCO₂削減ポテンシャルを求めた。それは、処理区全体で年間49,913トンで、これは当該地区の民生部門CO₂排出量推定値の約0.70%に相当し、この時のCO₂排出削減コストは平均すると約9.5 [k¥/tonCO₂]であることを試算している。

第9章では、東京都区部内で、建物利用の密度と用途が異なり、また下水流量が異なる地区を比較した。東京都区部全体で320の地区に下水熱DHCを導入することにより約137 [ktonCO₂/yr]のCO₂を削減できるポテンシャルがあることが分かった。これは、東京都区部の民生部門のCO₂排出量の推定値の0.54%であった。

第10章は気候特性による効果の違いの検討であり、東京の地理的条件をそのままにし、気候条件だけを変化させる検討を行っている。その結果、下水熱DHCの導入は寒冷地の方が効果が大きいが、多数のDHCの導入には困難があることが示された。

第11章は結論であり、結果を総括すると共に、今後の課題を述べている。

本研究は、地球温暖化対策として挙げられながらもその現実的なポテンシャルがほとんど明らかになっていなかった下水熱の利用について、東京都区部という、現実の場に対しての適用効果の評価を行った点に意義がある。とりわけ、実際の下水の量と温度、さらに建物用途に基づく熱需要推定を組み込んで解析がなされた例はこれまでになく、その価値は高い。

以上、本研究において得られた成果には大きなものがある。本論文は環境工学の発展に大きく寄与するものであり、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。