

## 学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	尹 晟敏
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	都市博甲第16号
学位授与年月日	平成27年9月25日
学位授与の根拠	学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項
学府・専攻名	都市イノベーション学府 都市イノベーション専攻
学位論文題目	安定した環境熱源の温度変化要因とその活用に関する研究
論文審査委員	主査 横浜国立大学 教授 佐土原 聡 横浜国立大学 教授 張 晴原 横浜国立大学 教授 高見澤 実 横浜国立大学 准教授 吉田 聡 横浜国立大学 准教授 田中 稲子

## 論文及び審査結果の要旨

尹 晟敏氏の学位論文公聴会を、平成27年7月28日(火)午前8時50分から環境情報1号棟305室において開催し、公聴会終了後引き続き同室において審査員全員出席のもとに学位論文審査会を開催した。

その結果、本研究の成果は博士論文として十分な価値があることを認めるとともに、発表に関連する質問に対する回答から博士(工学)の学位を得るに相応な学力があることを判定した。また、博士課程後期修了に必要な単位は取得済みであることを確認するとともに、外国語能力については英語の査読論文1編が採択になっていることをもって確認した。

以上により最終試験は合格であると判定した。

論文概要は以下のとおりである。

近年、エネルギーの有効利用と再生可能エネルギー活用による低炭素まちづくりが重要となっている。また、都市の温熱環境の面からはヒートアイランド、および気候変化の影響とも考えられる、暑熱化が問題となっているが、その影響は地上のみならず地下にも及ぶと考えられる。地下50m~300mの間は、地表面からの放熱と地下からの熱がバランスして、年間約12℃~25℃程度の安定した環境熱源が存在している。この熱源は夏の気温よりは低く冬の気温よりは高いため、ヒートポンプを用いることによって高効率で低炭素な冷暖房が可能であり、近年、熱源としての利用が広がってきている。しかし、地上の暑熱化、過度な地中熱の利用は、安定した環境熱源の高効率利用にも影響する可能性があり、今後の地中熱の持続的活用のためには、その実態と挙動の定量的な把握が必要である。

以上を踏まえ、本研究では、安定した環境熱源である地中熱と、地中熱の一部ととらえられる湧水を取りあげ、年間温度の変化を詳細に測定した。地中熱に関しては地中温暖化の実態把握を行い、その要因を数値シミュレーションにより明らかにした。また、地中熱利用を行っている建物を対象に、熱交換器を通じて地中で採・放熱を行った熱が周辺の地中温度に及ぼす影響を分析して、地中熱の持続的な利用可能性を検討した。湧水に関しては、住宅の冷暖房の熱源として利用した場合の効果と湧水の温度変化について分析し、その地域的な活用の可能性を分析・評価した。

本論文は6つの章で構成されている。

第1章では、研究対象地(秦野市)での地中熱源の詳細な実態把握を行った。一般に、地中温度は先に述べたとおり、ある深さで一定になり、さらに、深いところでは地球中心部からの熱的影響によって、深度が増すとともに上昇すると言われている。しかし、実測結果では地表面に近いほど温度が上昇する傾向が見られた。これは地中温度逆転現象と呼ばれ、主に都市部において見られる地中温暖化の影響によるものと考えられる。

第2章では、地中温暖化の原因が、気温上昇と地被構成の変化にあることを数値シミュレーションにより明らかにした。研究対象地で実測された気象データやGISの土地利用調査データをもとに、時期を都市化の発生前と後に区分した。また、鉛直地中温度分布は地層の熱物性値によって変化するので、深度別熱伝導率分布測定(TCP/HC試験)を行った。実測値をもとに、大気-植栽-土壌連成系熱・水分・空気複合移動モデル(P-model)によるシミュレーションを通じて都市化の発生前と後の地中温度を再現した。シミュレーションの結果、地中の鉛直温度分布において温度の逆転現象が生じることが確認

できたことから、都市における気温上昇と地被構成の変化が地中を温暖化させていることが定量的に明らかにできた。

第3章では、実際に地中熱利用を行っている、東京都内の「笹田ビル」を対象に、地中熱ヒートポンプの年間エネルギー効率と、熱交換器を通じて地中で採・放熱した熱が周辺の地中温度に及ぼす影響の分析を行った。暖房期間中の一日/時間別システム稼動データによると運転開始時刻から終了時刻まで熱源水入口温度は低下し、これに伴ってシステム COP に低下傾向が見られる。冷房期間中の、運転開始時刻から終了時刻までの熱源水入口温度は上昇し、これに伴ってシステム COP に低下傾向が見られる。また運転終了後は地中の熱の移動によってシステム COP は回復する傾向を示す。その挙動を詳細に把握、評価した。この成果は地中熱の持続的な活用に有用な成果である。

第4章と第5章では、地中熱利用の一環として、地下からの湧水および湧水起源の水が用水路を流れる都留市を対象にその熱利用について研究している。地区内を流れる用水路の水を、住宅地域においてヒートポンプの冷温熱源として利用した場合、地域でどれだけの省エネルギー効果が期待できるか、また熱源としての利用により水にどの程度の温度変化がみられるかを定量的に分析した。その結果、高い省エネルギー効果が得られること、また、冬季に温かい用水の水の一部、農業用に利用しているが、そこへの影響はほとんどないことが明らかになった。

第6章では結論として、本研究で得た知見をまとめ、今後の課題を整理している。

以上のように、本論文は、安定した環境熱源である地中熱の実態を把握し、地中温暖化の要因等を明らかにするとともに、その持続的な活用に向けた有用な知見をまとめている。これらの成果は、今後の低炭素な都市・地域づくりに貢献するもので、博士（工学）の学位授与に値するものと認められる。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。