

# Evaluation of the effects of urbanization and climate change on aquifer thermal regimes

著者	Gunawardhana Luminda Niroshana
学位授与機関	Tohoku University
学位授与番号	環博第41号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/51209">http://hdl.handle.net/10097/51209</a>

ルミンダ ニロシャナ グナワルダナ

氏 名 Luminda Niroshana Gunawardhana

授 与 学 位 博士 (環境科学)

学 位 記 番 号 環博第41号

学位授与年月日 平成22年3月25日

学位授与の根拠法規 学位規則第4条第1項

研究科, 専攻の名称 東北大学大学院環境科学研究科 (博士課程) 環境科学専攻

学 位 論 文 題 目 Evaluation of the effects of urbanization and climate change on  
aquifer thermal regimes (地下熱環境における都市化と気候変動の影響評価)

指 導 教 員 東北大学准教授 風間 聡

論 文 審 査 委 員 主査 東北大学准教授 風間 聡 東北大学准教授 李 玉友  
東北大学教授 田中 仁

(工学研究科)

## 論 文 内 容 要 旨

地球温暖化に伴う気候変動と開発による土地利用変化によって沿岸地下水の熱環境が変化しており、様々な環境問題、特に生態系に与える悪影響と水資源の悪化が指摘されている。特に沿岸域では海水浸入の影響も受けるだけ、大きなダメージを受けている。将来の安定した水資源の確保のために、気候変動に伴う地下水熱環境を予測し、その影響を評価することが必要である。これらの影響を評価するために、気候モデルデータ、土地利用データ、地質、海面上昇等の条件を考慮した沿岸地下水の熱輸送モデルを開発し、将来の地下環境を仙台平野において調査した。論文は全7章よりなる。

第1章は序論であり、過去の気候変動に関する地下水について関連した研究論文を収集した。

第2章は既往の研究について述べており、土地利用と気候変化、潮汐の影響が沿岸地下水に与える影響を調べた研究を収集し、本研究の独自性について言及した。

第3章では、研究対象領域およびデータセットについての説明である。研究対象領域である仙台平野について、地質、地理、土地利用について説明した。また、地下水の観測井戸について、設置場所と周辺環境、井戸の構造について描写している。観測した地下水温と水位データを示し、水温変化の特徴を地点毎に考察した。地下水位も同様に潮汐の影響を考察した。統計解析を行うことによって、仙台平野の地下水温の時系列の特徴を抽出している。

第4章では、潮汐による帯水層の水温の変化について調べた。ここではまず、塩水淡水の平衡理論式を数値モデル化した。このモデルに潮汐と浸透の効果を加えた。さらに浸透には降雨と土地利用を考慮した。また、この流れ式に熱移流拡散式を加えたモデルを開発した。このモデルを観測データから検証し、精度良く時空間の地下水温分布を再現できることを確認した。この成果を利用して、地下水温に対する地質と海水温の影響を定量的に評価した。ここで得た成果は、沿岸地下水温の鉛直分布の変動特性を明らかにしており、過去に見られない希有なものである。

第5章は、上の数値モデルに土地利用と気候変動を表現できるよう改良を施した。仙台平野における過去の土地利用変化と気候変動による影響をモデルが再現できることを確認した。こうした土地利用と気候変動を考慮したモデルは、過去になく、先駆的な成果であるといえる。

第6章では、将来気候予測モデルの降雨と気温データをダウンスケーリングし、複数の気候モデルとシナリオを組み合わせ、5章のモデルに入力することによって、将来の地下水温について考察した。その結果、2080年頃には、浸透量が96~182mmと大きく変化し、地下8mの地点の地下水温は1.5~8.0度上昇することが示された(図参照)。地下熱環境に対する将来気候予測モデルの適用事例は過去に無く、先駆的研究成果が本研究によって示された。

第7章は結論である。

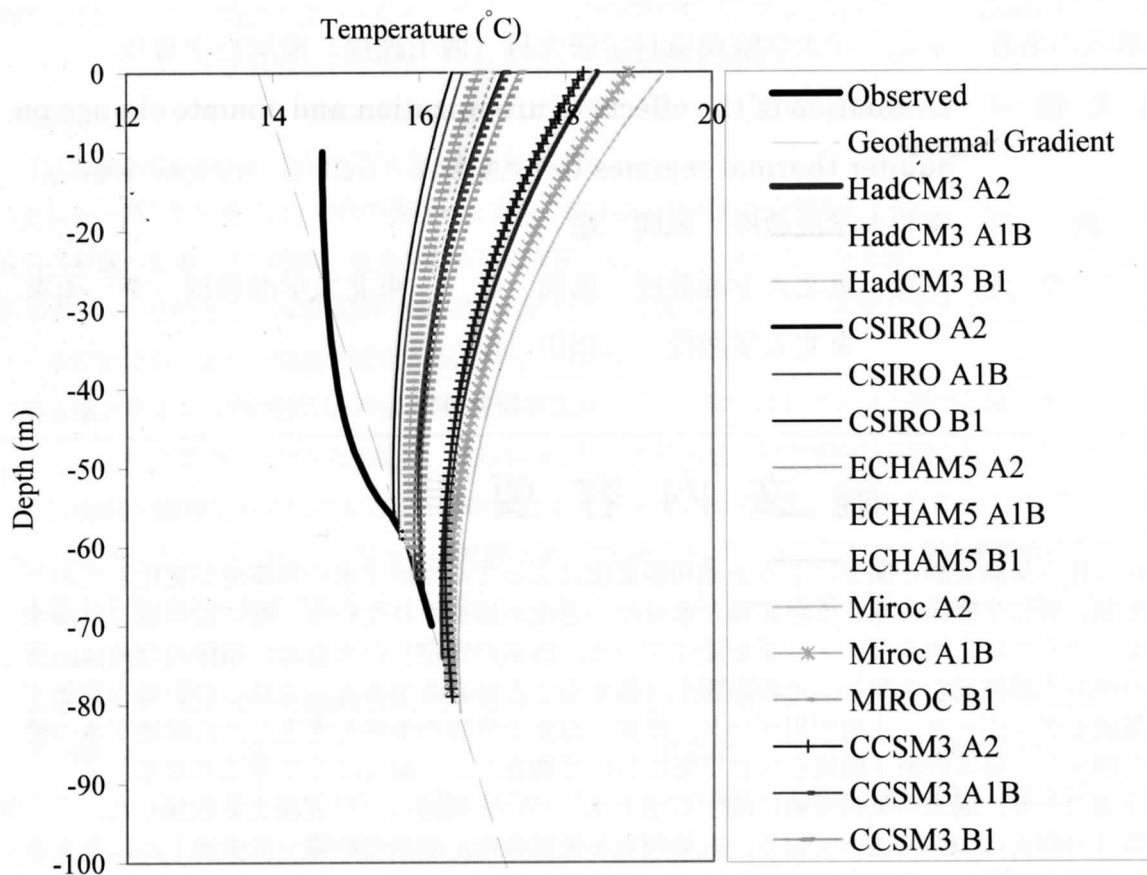


図 異なる GCM とシナリオによる 2100 年の地下水温の鉛直分布

# 論文審査結果の要旨

地球温暖化に伴う気候変動と開発による土地利用変化によって沿岸地下水の熱環境が変化しており、様々な環境問題、特に生態系に与える悪影響と水資源の悪化が指摘されている。特に沿岸域では海水浸入の影響も受けるだけ、大きなダメージを受けている。将来の安定した水資源の確保のために、気候変動に伴う地下水熱環境を予測し、その影響を評価することが必要である。これらの影響を評価するために、気候モデルデータ、土地利用データ、地質、海面上昇等の条件を考慮した沿岸地下水の熱輸送モデルを開発し、将来の地下環境を仙台平野において調査した。論文は全7章よりなる。

第1章は序論である。

第2章は既往の研究について述べており、土地利用と気候変化、潮汐の影響が沿岸地下水に与える影響を調べた研究を収集し、本研究の独自性について言及した。

第3章では、研究対象領域およびデータセットについての説明である。研究対象領域である仙台平野について、地質、地理、土地利用について説明した。また、地下水の観測井戸について、設置場所と周辺環境、井戸の構造について描写している。観測した地下水温と水位データを示し、水温変化の特徴を地点毎に考察した。地下水位も同様に潮汐の影響を考察した。統計解析を行うことによって、仙台平野の地下水温の時系列の特徴を抽出している。

第4章では、潮汐による帯水層の水温の変化について調べた。ここではまず、塩水淡水の平衡理論式を数値モデル化した。このモデルに潮汐と浸透の効果を加えた。さらに浸透には降雨と土地利用を考慮した。また、この流れ式に熱移流拡散式を加えたモデルを開発した。このモデルを観測データから検証し、精度良く時空間の地下水温分布を再現できることを確認した。この成果を利用して、地下水温に対する地質と海水温の影響を定量的に評価した。ここで得た成果は、沿岸地下水温の鉛直分布の変動特性を明らかにしており、過去に見られない希有なものである。

第5章は、上の数値モデルに土地利用と気候変動を表現できるよう改良を施した。仙台平野における過去の土地利用変化と気候変動による影響をモデルが再現できることを確認した。こうした土地利用と気候変動を考慮したモデルは、過去になく、先駆的な成果であるといえる。

第6章では、将来気候予測モデルの降雨と気温データをダウンスケーリングし、複数の気候モデルとシナリオを組み合わせて5章のモデルに入力することによって、将来の地下水温について考察した。その結果、2080年頃には、浸透量が96~182mmと大きく変化し、地下8mの地点の地下水温は1.5~8.0度上昇することが示された。地下熱環境に対する将来気候予測モデルの適用事例は過去になく、先駆的研究成果が本研究によって示された。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、地下熱フラックスモデルを構築し、現在および将来の気候変化と土地利用変化に応じた地下水温を表現することに成功した。本手法の成果は、気候変動に対する世界の沿岸地下水温評価または水資源評価に大きく貢献できるものであり、地球環境問題に貢献できる成果である。

よって、本論文は博士（環境科学）の学位論文として合格と認める。