

## 中部地方における地下水利用ヒートポンプシステム普及の可能性

### ～微地形と既存井戸データに基づいた省エネルギー量並びに CO<sub>2</sub> 削減量推定の試み～

○中迎誠・三輪義博・奥村建夫（東邦地水株式会社）

大岡龍三・南有鎮（東京大学）

柴芳郎・谷藤浩二（ゼネラルヒートポンプ工業株式会社）

#### 1. はじめに

人間活動を持続させる条件として、省エネルギーと、地球温暖化の原因の一つとされる二酸化炭素排出の抑制が欠かせない。

温度変化の大きな日本の気候条件（名古屋：最高 37.9℃，最低 -2.4℃，2008 年）の下で快適な生活を送るために、空調を中心にエネルギーが消費され、大量の二酸化炭素が排出されている。

地中熱利用は、省エネルギーと二酸化炭素排出の抑制という条件を満たす有効な手段の一つである。地下 100m 程度より浅い部分の年間を通じた地温は、火山地帯等を除き、当該地の平均気温に近い。

地盤を構成するのは土だけでなく、水もある。平野や盆地に立地する都市では帯水層が厚く、地下水の賦存量は非常に多い。従来、汲み上げられた地下水は、「水資源」として利用されるだけであった。しかし、地下水も地盤と同程度の温度であるため、その潜在的熱量を利用した地下水利用ヒートポンプシステム（図 1. 以下、システムと記す）が普及すれば、省エネルギー効果は高くなると考えられる。

現在、地下水利用には、1960 年代までの地下水利用の急激な伸びなどを背景とした法的規制があるが、汲み上げた地下水を熱交換だけ行った後に地下に戻す方式が開発されるなど、問題点の解決が図られつつある。また、コストについても、冷媒で満たした U チューブによる間接的な地中熱交換システムよりも低めに抑えられることがわかっている（奥村・他（2009））。

本研究では、地域ごとの総揚水量および潜在的熱量の算出法（奥村・他（2009））を参考に、総揚水量からシステム普及による省エネルギー量（以下、省エネ量と記す）と二酸化炭素排出の削減量（以下、CO<sub>2</sub> 削減量と記す）を推定し、中部地方におけるシステム普及の可能性を論じた。

#### 2. 中部地方におけるシステム普及の可能性

本研究では、図 2. のフローに従って、中部地方におけるシステム普及の可能性を検討した。

##### 2. 1 地域総揚水量ならびに潜在的熱量の算定

奥村・他（2009）は、総揚水量と潜在的熱量の地域的特徴を、主に微地形区分から推定している。用いた微地形分布データは、若松・他（2005）による 1km メッシュの微地形分類である。

微地形は、地層構成をある程度反映し、同一の微地形であれば、地下水の賦存状況についても

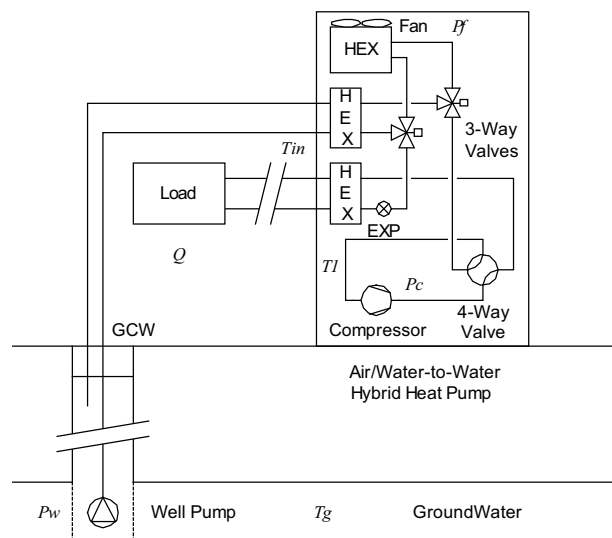


図 1. 地下水利用ヒートポンプシステム概念図  
（ゼネラルヒートポンプ工業・他，2008）

ほぼ同様であると仮定できる。よって、GIS上の処理により、隣り合うメッシュが同一の微地形である場合に併合し、ある程度連続する区画（地域）を作成する（図2-①）。

この処理により得られた地形分布図を図3に示す。なお、以下の検討では、火山等を含む「山地」は、システム普及の可能性が低いことから除外した。対象地域の地形は扇状地、沖積平野を含む低地、台地、丘陵と人工地である（図3）。

地域総揚水量は、地域内の既存井戸（国土交通省 土地・水資源局国土調査課）の揚水量を加算して求めた（図2-②）。

図4に、地域総揚水量の分布を示す。岐阜から大垣、名古屋に至る濃尾平野の一部、その東部の尾張丘陵において、年間30万m<sup>3</sup>を超える揚水量となっている。また、養老山地の西にある近江平野においても水量が期待できる。一方で、四日市以南の伊勢平野においては、井戸の登録数が相対的に少ないことから、揚水量は少なくなっている。

潜在的熱量は、地域総揚水量、熱交換前後の地下水の温度差（5℃：奥村・他(2009)）、水の比重および定圧比熱の積により求めるため、地域総揚水量を比例関係となる（図2-③）。

## 2.2 省エネルギー、CO<sub>2</sub>削減量への換算

次に、上記で得られた地域総揚水量から、省エネルギーとCO<sub>2</sub>削減量を推定する（図2-④）。

システムの単位出力あたりの揚水量ならびに省エネルギーは、ゼネラルヒートポンプ工業製のヒートポンプシステムを例に、以下のように仮定した。

※システムの出力100kWあたりの必要揚水量495.4m<sup>3</sup>/日

※システム（100kW）導入による省エネルギー（積算電力として年間値）

エアコン：105,860kWh システム：64,140kWh → 省エネルギー41,720kWh

省エネルギーは、地域総揚水量のうち3割程度をシステムで熱利用できるものと仮定した。また、1kWhに対する二酸化炭素排出量は、地球温暖化対策の推進に関する法律施行令に定義された0.555kg.CO<sub>2</sub>を用いて、CO<sub>2</sub>削減量を算出した。

図5にCO<sub>2</sub>削減量の分布を示す。なお、省エネルギーはCO<sub>2</sub>削減量と比例関係にある。図5から、井戸の設置・利用数が多い低地部では大きなCO<sub>2</sub>削減量が期待できることが読み取れる。

## 2.3 考察

中部地方は、人口の集中する低地部において総揚水量が特に大きく、地下水利用ヒートポンプシステムの普及によりCO<sub>2</sub>削減量（省エネルギー）や潜在的熱量は、大きな量が期待できる。

上記の諸指標の算出は、1kmメッシュの微地形区分と既存井戸の揚水量データを基礎とした。

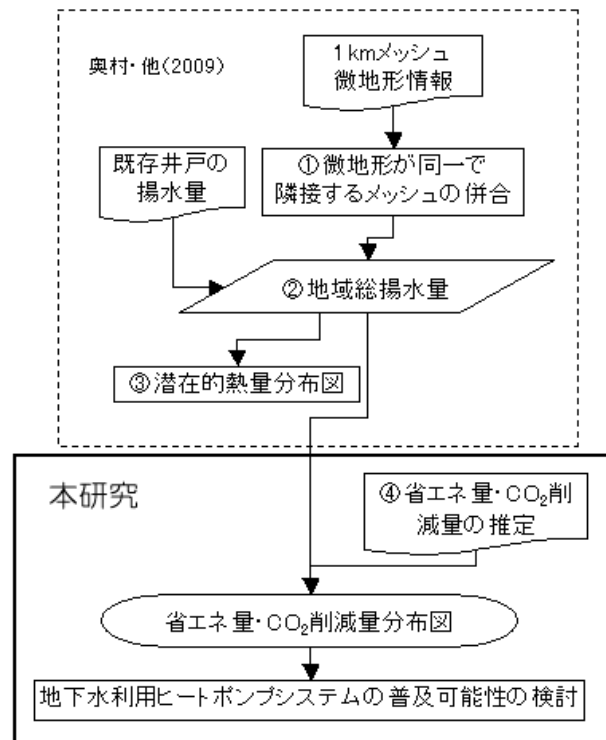


図2. 検討の流れ

これらに関連した本研究の今後の課題は、以下の通りである。

- ①メッシュの併合処理について、より狭い範囲での地形変化を考慮する必要がある。
- ②井戸台帳への登録が少ない地域ではシステム普及可能性が過小評価になる。
- ③既存井戸データと同量の地下水が現在も揚水できるかが不明である。
- ④既存井戸データには深さ数十 m よりも浅い井戸のデータはきわめて少ない。

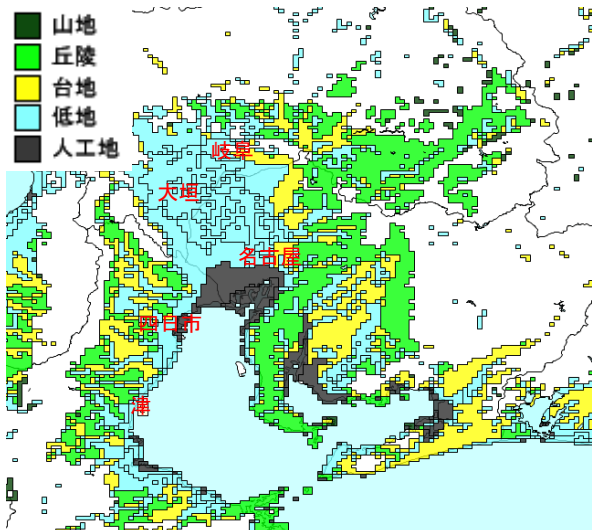


図 3. メッシュ併合処理後の地形分布図

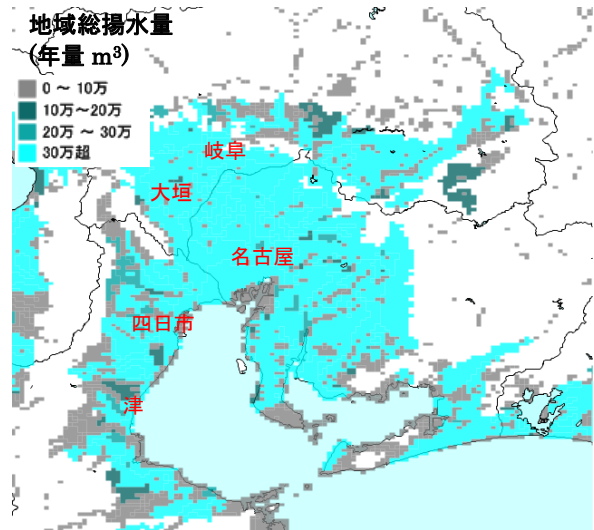


図 4. 地域総揚水量の分布

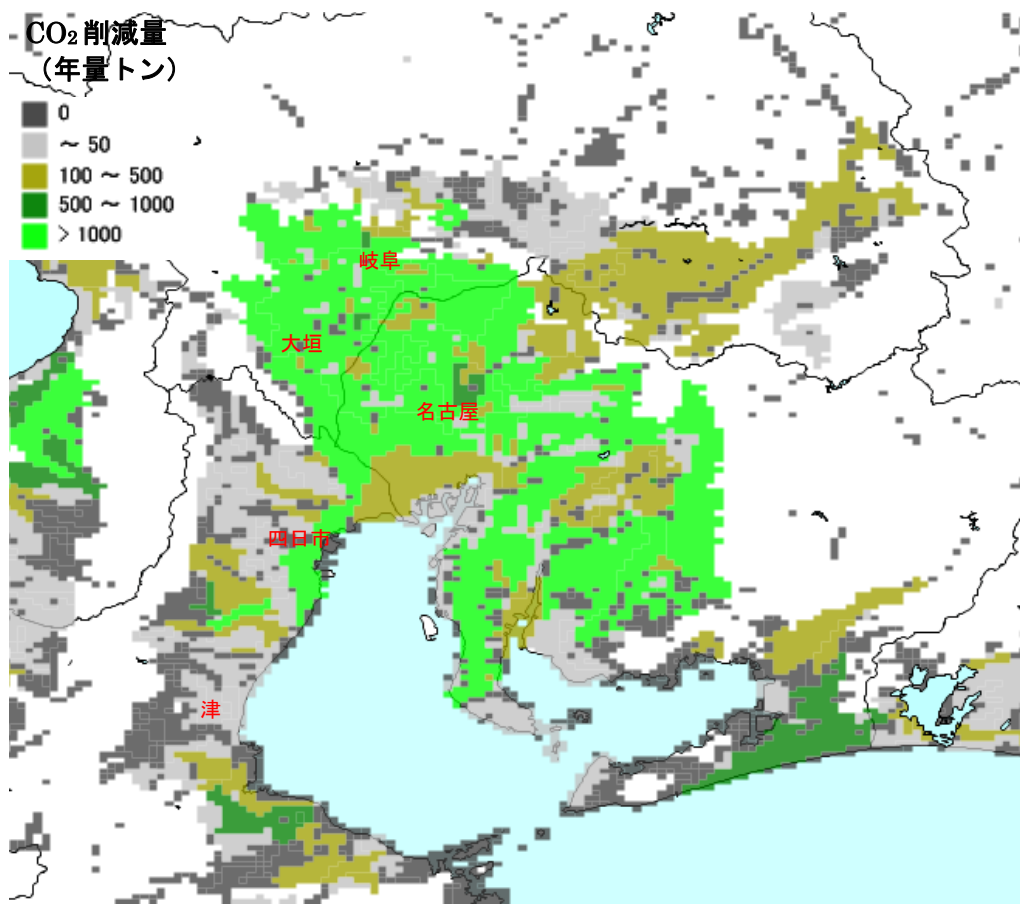


図 5. CO<sub>2</sub>削減量の分布

### 3. まとめ

従来、地下水利用ヒートポンプシステムを含む、地中熱源空調は寒冷地での普及が主で、中部地方のような比較的温暖なところには少なかった。システムの普及可能性を広げるには、利用するに足る省エネルギー量や二酸化炭素排出削減量が求められる。

本研究では、これらを地域総揚水量から算出し、中部地方における地下水利用の可能性を検討した。その結果、名古屋から岐阜に至る地域で、地域総揚水量が多く、二酸化炭素排出削減量（省エネルギー量）も大きくなることがわかった。これにより、地下水利用ヒートポンプシステムの普及可能性は、中部地方においても十分大きいことを示せた。

今後は、帯水層の分布や地下水位の状況を継続的に把握していくと共に、既存の情報と統合し、地盤構造や期待水量をより高い精度で推定していくことが必要であると考えられる。また、地下水の熱利用による地盤の環境変化について、適切な計算モデルを構築し、周辺への影響の推定や利用熱量の上限値の提案などを行っていくことが望まれる。

### 謝辞

本研究は、平成 19 年度『エネルギー使用合理化技術戦略的開発/エネルギー使用合理化技術実用化開発/地下水循環型空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの研究開発』の一部として実施した。

### 引用文献

国土交通省 土地・水資源局国土調査課 全国地下水資料台帳データ。

奥村建夫・大岡龍三・南有鎮・柴芳郎（2009）地下水循環空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの開発に関する研究（その 6）地下水利用のポテンシャル検討，社団法人日本建築学会（東北）学術講演会。

若松加寿江・久保純子・松岡昌志・長谷川浩一・杉浦正美（2005）日本の地形・地盤デジタルマップ，東京大学出版会。

ゼネラルヒートポンプ工業株式会社・東邦地水株式会社・東京大学・独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（2008）共同研究業務中間報告。