

NEDO プロジェクトにおける研究成果 その1

—東北地域の地中熱ポテンシャル評価—

シュレスタ・ガウラブ¹⁾

1. はじめに

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託事業「再生可能エネルギー熱利用技術開発」の一環で実施された。本稿では、クローズドループ地中熱ポテンシャル評価・ポテンシャルマップの作成について報告する。地中熱利用システムの普及と持続可能な利用のためには対象となる地域のポテンシャル評価が必要である。日本の場合、地下水の存在が地中熱ポテンシャルに大きく影響するので、対象地域の水文地質・地下水・地下温度の考慮が重要となっている。なぜなら、地下水の流れがあると熱の移流効果で、見かけの熱伝導率が増加し、熱交換率の向上が期待されるからである。そこで本研究の目的は、水文地質・地下温度を考慮した、地中熱利用の適地選定のためのポテンシャル評価を行い、ポテンシャルマップを作成することである。

本事業では、東北の5つの地域、津軽平野・秋田平野・山形盆地・仙台平野・郡山盆地におけるクローズドループシステムのポテンシャルマップを作成することにした。ポテンシャルマップを標準化するために、ポテンシャル・適度を熱交換器の必要な長さで表現することができれば、一般の方でも理解しやすくなると考えられる。そこで本研究では、戸建住宅におけるクローズドループシステムの導入を想定し、各対象地域の気象条件に応じた冷暖房負荷を推定し、その熱負荷量に対応できる熱交換器の必要な長さを計算し、ポテンシャルマップを作成した。本稿では、1つの事例として仙台平野の解析結果を示す。

2. 戸建住宅における冷暖房熱負荷

戸建住宅における冷暖房熱負荷の計算には、経済産業省・国土交通省が示す平成25年省エネルギー基準に基づいた建物の負荷条件の標準化案を用いた。省エネルギー基準の地域区分に応じた住宅建物の外皮平均熱還流率 U [W/m²/K]、平均日射熱取得率 η [W/(W/m²)] の基準値をもとに床

面積当たりの時刻別冷暖房負荷 Q [W/m²] を求めた。計算式を以下に示す。

$$\text{暖房負荷, } Q_h = \frac{U \times A_e (T_i - T_o)}{A_f} - \frac{I \times \eta}{A_f} \quad \text{式(1)}$$

$$\text{冷房負荷, } Q_c = \frac{U \times A_e (T_o - T_i)}{A_f} + \frac{I \times \eta}{A_f} \quad \text{式(2)}$$

Q_h, Q_c : 暖房および冷房熱負荷 [W/m²]

A_e : 外皮面積 [m²]

T_i : 室内設定温度 [°C]

T_o : 外気温度 [°C]

A_f : 延床面積 [m²]

I : 日射量 [W/m²]

日射量と外気温度は時刻毎に与える。そのために、研究対象地域の10年間の年平均気温データより、最も平均的な年の時刻別外気温度のデータを取得し、1年分の冷暖房負荷を求めることにした。

2.1 省エネルギー基準における地域区分の細分化

平成25年省エネルギー基準では、全国の地域を8区分に細分化している(建築環境・省エネルギー機構, 2016)。第1表に各区分における外皮平均熱還流率 U [W/m²/K]、平均日射熱取得率 η [W/(W/m²)] の基準値を示す。寒冷地である1から4の地域においては建物の断熱性能の基準を満たすことで夏季における一定の日射遮蔽性能を満たすため冷房期の平均日射熱取得率 η の基準が設けられておらず、蒸暑地である8の地域では、建物の日射遮蔽

第1表 平成25年省エネルギー基準における外皮平均熱還流率 U および平均日射熱取得率 η の基準値

地域区分	1	2	3	4	5	6	7	8
外皮平均熱還流率 U [W/m ² /K]	0.46	0.46	0.56	0.75	0.87	0.87	0.87	-
平均日射熱取得率 η [W/(W/m ²)]	-	-	-	-	3.0	2.8	2.7	3.2

1) 産総研 エネルギー・環境領域 再生可能エネルギー研究センター

キーワード: NEDO, 地中熱ポテンシャル, 東北地域, 地下水, 地下温度

性能の基準を満たすためには屋根面等での断熱は必要不可欠である。よって一定の断熱性能を担保することができるため外皮平均熱還流率 U の基準が設けられていない。

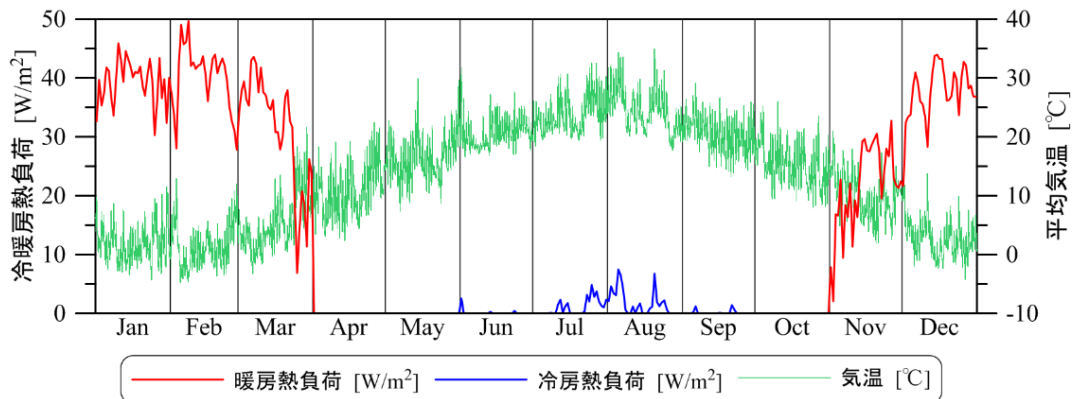
冷暖房負荷計算に用いる住宅のモデルケースは特定の家ではなく、国土交通省が省エネルギー基準改定の計算に用いた一般的な住宅と同様のものを採用し、外皮面積 A_e を 312.80 m^2 、延床面積 A_f を 120.08 m^2 とし、1年間の冷暖房熱負荷を計算した(第1図)。

地中熱利用システムの運転開始条件については、暖房運転では外気温度が 14°C 下回った時刻、冷房運転では 26°C を上回った時刻にそれぞれ運転を開始するとした。また、室内設定温度 (T_o) を暖房運転時に 22°C 、冷房運転時に 26°C とした。そして、計算された冷暖房負荷に空調面積 120 m^2 を乗じることで1軒あたりの空調負荷を求める。さらに、使用する地中熱ヒートポンプの成績係数 (COP) を暖房時は 3.5、冷房時は 5.5 と想定し、必要熱交換量をそれぞれ求めた(第2図)。

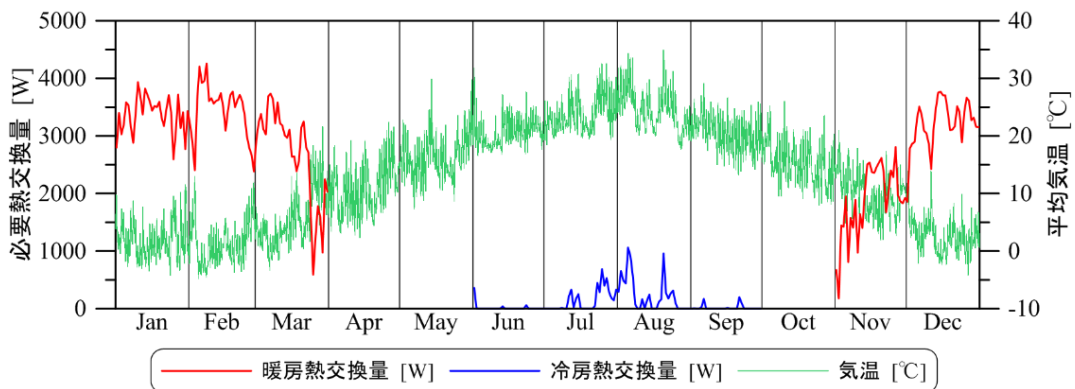
3. クローズドループポテンシャルマップを作成

仙台平野のポテンシャル評価およびポテンシャルマップの作成には Kaneko *et al.* (2018) の3次元地下水流動・熱輸送モデル(広域モデル)を用いた。本研究では必要熱交換器の長さを地中熱ポテンシャルとした。必要熱交換器の長さを計算するため、平野内33地点でクローズドループシステムを想定した同一の熱交換器 (Ground Heat Exchanger, 以下, GHE) モデル(第3図)を構築した。各地点における地層の厚さ、熱および水物性は広域モデルと一致するように設定した。各層の初期・境界条件は、広域モデルから得られた各地点での地下水流速、地下水位、地下温度の結果が再現できるように設定した。GHEモデルの中心に外径 34 mm のダブルUチューブを設置し、充填剤は珪砂と想定した。

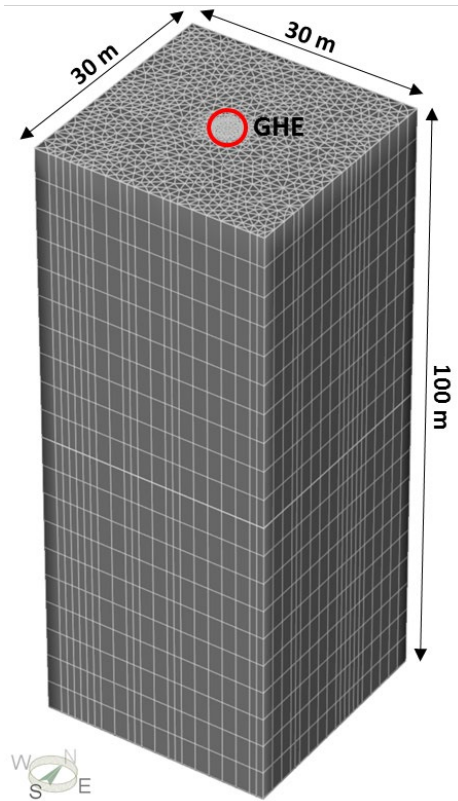
運転シナリオは、暖房運転は11月～3月、冷房運転は6月～9月とし、熱媒体の循環流量は $35 \text{ m}^3/\text{day}$ とし、各地点で3年間の熱交換シミュレーションを行った。仙



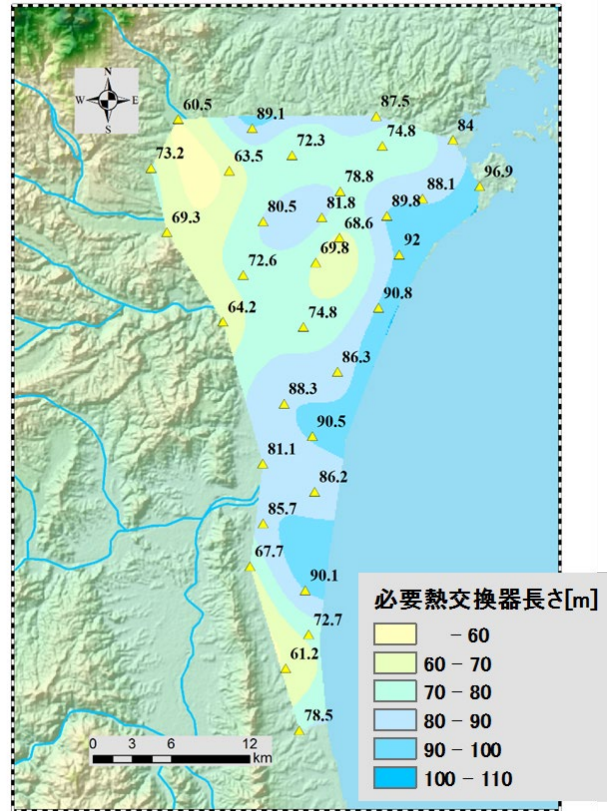
第1図 仙台平野における1日毎の冷暖房熱負荷



第2図 仙台平野における1日毎の必要熱交換量



第3図 熱交換器モデル



第4図 仙台平野における地中熱ポテンシャルマップ(クローズドループ). 背景地図は国土地理院数値地図 50 mメッシュ(標高)を使用.

台平野を含めて東北地域では、暖房負荷が大きいので、冬季に入口・出口温度の平均値が -2°C を下回らない最短の熱交換器の長さを求めて、ポテンシャルマップとしてその分布図を作成した(第4図)。

必要熱交換器の長さの分布は、涵養域である山側(北西)で比較的短く、沿岸域(東)では長い傾向を示した。山側では地下水流速が沿岸域と比べて早いため、地下水流れによる熱移流の効果が熱交換に影響していると考えられる。

4. まとめ

本研究では、戸建住宅におけるクローズドループシステムの導入を想定し、各対象地域の気象条件に応じた冷暖房負荷を推定し、その熱負荷量に対応できる熱交換器の必要な長さを計算し、ポテンシャルマップを作成することにした。戸建住宅における冷暖房熱負荷の計算には、経済産業省・国土交通省が示す平成25年省エネルギー基準に基づいた建物の負荷条件の標準化案を用いた。

必要熱交換器の長さを計算するため、仙台平野内33地点でクローズドループシステムを想定した同一の熱交換器モデルを構築し、各地点で3年間の熱交換シミュレーション

を行った。そして、熱交換器の入口・出口温度の平均値が -2°C を下回らない最短の熱交換器の長さを計算し、クローズドループポテンシャルマップを作成した。本事業では、仙台平野と同様に津軽平野、秋田平野、山形盆地、郡山盆地の地中熱ポテンシャル評価方法を構築し、ポテンシャルマップを作成した。

文献

Kaneko, S., Uchida, Y., Shrestha, G., Ishihara, T. and Yoshioka, M. (2018) Factors affecting the installation potential of ground source heat pump systems: a comparative study for the Sendai Plain and Aizu Basin, Japan. *Energies*, 11, 1178.

建築環境・省エネルギー機構 (2016) 住宅の省エネルギー基準, http://www.ibec.or.jp/ee_standard/build_standard.html (参照日: 2017年2月22日).

SHRESTHA Gaurav (2019) Research results of NEDO project part 1 - Assessment of installation potential of ground-source heat pump system in Tohoku region -.

(受付: 2019年3月6日)