

# 熱帯地方での地中熱利用の可能性 - タイ・ベトナムでの地下水調査 -

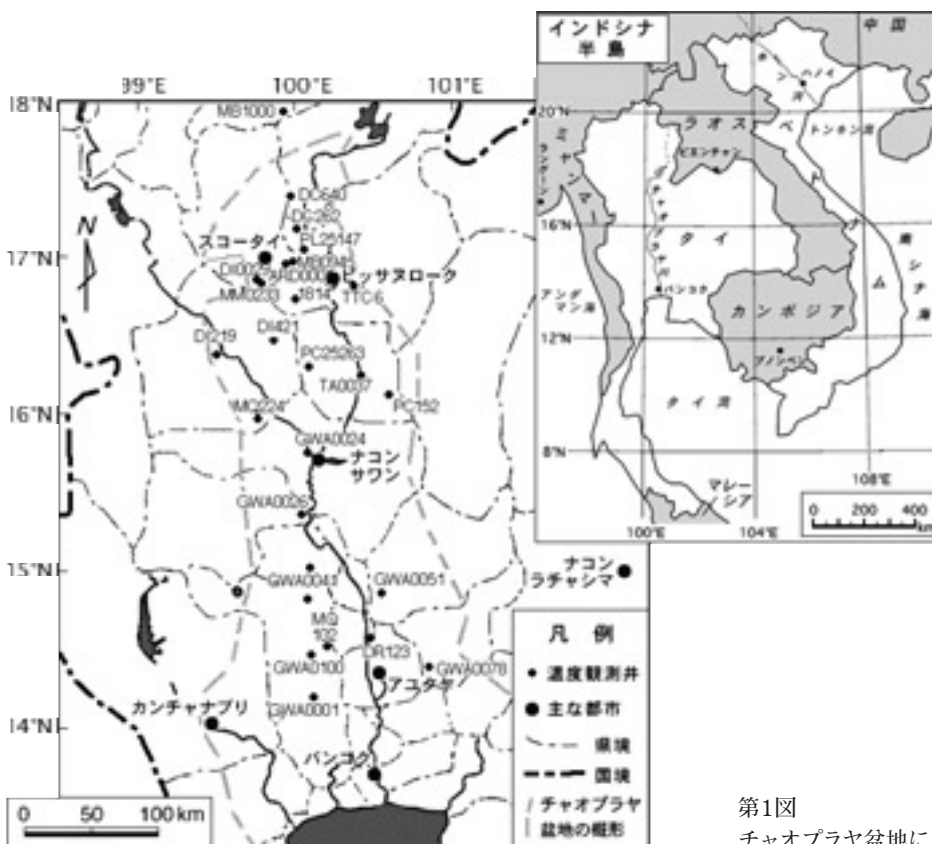
安川 香澄<sup>1)</sup>・内田 洋平<sup>1)</sup>・田口 雄作<sup>1)</sup>・天満 則夫<sup>1)</sup>・村岡 洋文<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

地中熱利用システムは、これまで欧米などの先進諸国を中心として普及してきました。今後、極端に高いエネルギー需要の伸びが予想されるアジアの国々でも、省エネルギーシステムとして関心が高まっています。地表と地下の温度差を利用するため、地熱地帯などではない普通で利用できること、暖房のみならず冷房にも利用できることから、「どこでも利

用できる地中熱」というイメージが広まっており、これからの爆発的な人口増加が見込まれる東南アジアの都市地域への導入を期待する声が高まっているようです。しかし、地中熱は本当にどこでも利用できるのでしょうか？ 私たちはタイやベトナムという熱帯に位置する国において、実際に地下水調査を実施し、この点を考察してみました。

地下数m以深の温度は年間を通して安定しており、地下深部からの地殻熱流量のため、通常は年間平均



1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード：地中熱、冷房利用、熱帯地方、タイ、ベトナム、地下水、地下温度分布

気温よりやや高く保たれています(100m深毎に2~4℃程度上昇)。この値は世界中どこでもほぼ同じです。そのため地中熱は、暖房に関する限り場所を選ばず、たいへん有効です。もともと地下の温度が外気の年平均値よりもやや高い上に、高緯度地方(寒帯)では夏冬の気温差が月平均で30K近くもありますので、冬季には地下の方がずっと暖くなるからです。また、中緯度地方(温帯)では、やはり夏冬の気温差が月平均で20K近くあり、冬季には地下の方が暖かく、夏季には地下の方が涼しくなりますので、冷暖房の双方に地中熱を使うことができます。

ところが、低緯度地方(熱帯)では、年間を通して気温が高く、夏冬の差が殆ど無いか、全くありません。この場合、地下の温度は一年中、外気温と同じか、やや高いということになり、地中熱を冷房の熱源に使うメリットはありません。もちろん、地下は外気に比べて温度変化の少ない安定した熱源なので、地表と温度差がない場合でも地中熱を利用したほうがヒートポンプの機械効率を上げられる可能性はあります。しかし、熱交換井の掘削費を考えれば、地下よりも河

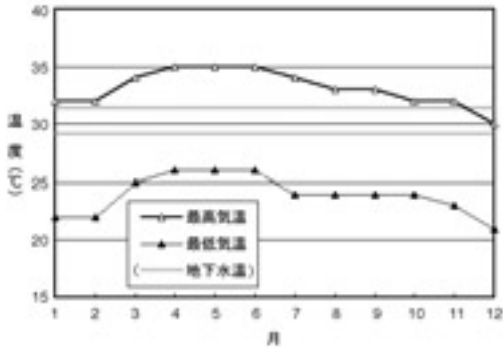
川水や海水などを熱源として利用するほうがコスト的に有利です。つまり、「どこでも利用できる地中熱」は、これまで、どちらかといえば寒冷地で普及してきたために広まったイメージであり、熱帯地方には必ずしもあてはまらないのです。

とはいえ、ひとくちに熱帯地方といっても、多少は気温の季節変化のある地方や、昼夜の気温差が大きい地方もあり、地下を冷熱源として使える場合もあります。また、冷涼な山間部に降った雨が地下に浸透し、透水性の高い地層を比較的高速で流れるために、平野部でも部分的に地下の温度が周囲より低くなる場合もあります。このように、熱帯地方であっても、条件によっては、地中熱が利用できる可能性が充分あります。ただし、対象地域で地中熱を利用できるかどうかは、実際に地下温度を調べてみなければわかりません。

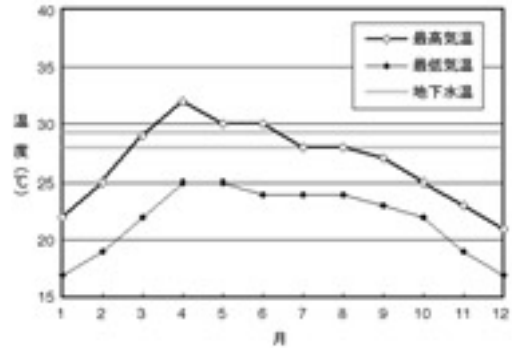
そこで、(独)産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門では、タイおよびベトナムの研究所と協力して、タイのチャオプラヤ川およびベトナムのホン河流域において、地下温度分布の把握を目的とした地下水調



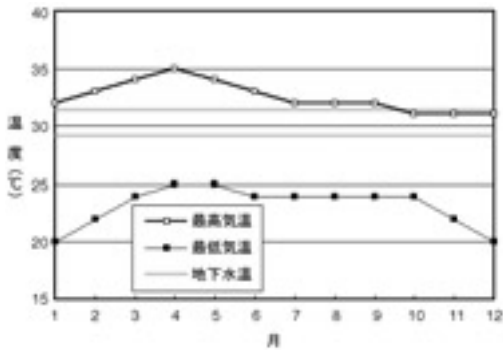
写真1~3  
タイの観測井は、お寺の中にあつたり(写真1)、畑の中にあつたり(写真2)、ゴミ収集所にあつたり(写真3)する。



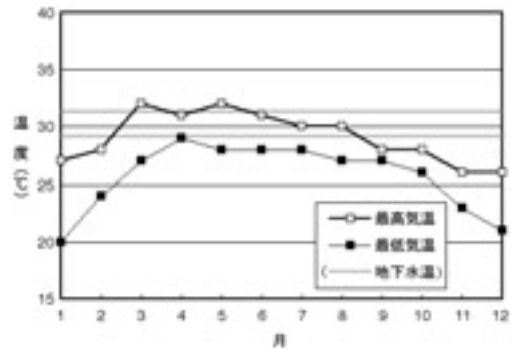
(a) バンコク\*.



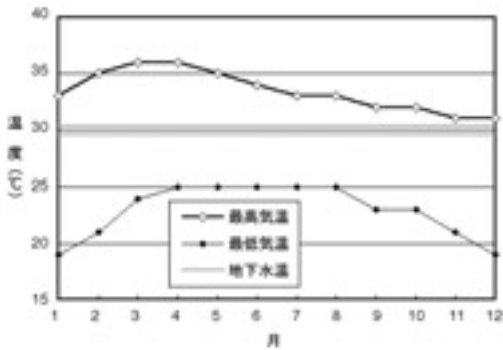
(e) スコタイ.



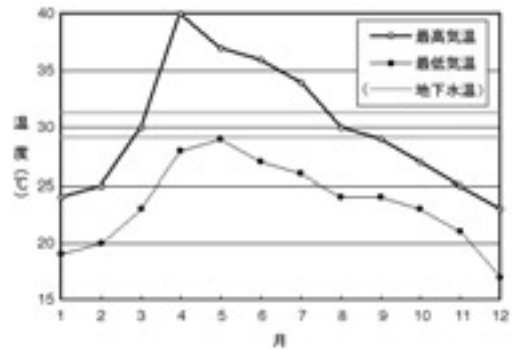
(b) アユタヤ.



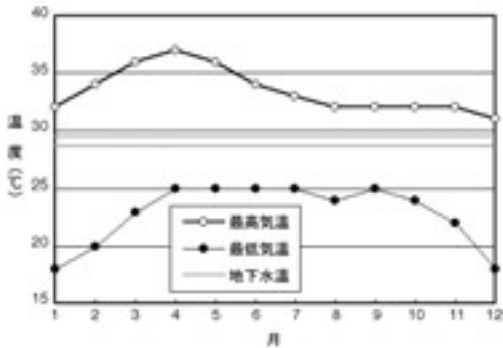
(f) ナコンラチャシーマ\*.



(c) ナコンサワン.



(g) カンチャナブリ\*.



(d) ピッサヌローク.

第2図

タイ各地における深度30~50m地下水温度と月平均の最高/最低気温.

\*注) (a), (f), (g)については、地下水温度は下部チャオプラヤ盆地の平均値。実際の地下水温度は、(a)についてはこれより高く、(f), (g)についてはこれより低い可能性が高い。

査を行いました。将来的には、東アジア地域を対象に、地下温度データのコンパイルを行い、各地点での年間の気温変化と対比させることで、可能な地中熱利用形態(冷房、暖房)とその効率(地下と地表の温度差に基づく)のマップの作成を目指しています。なお、今回の調査では、水質等の分析も行っていますが、本文では地下水温度の測定結果に焦点を絞り、これらの地域における地中熱の冷房利用の可能性について報告します。

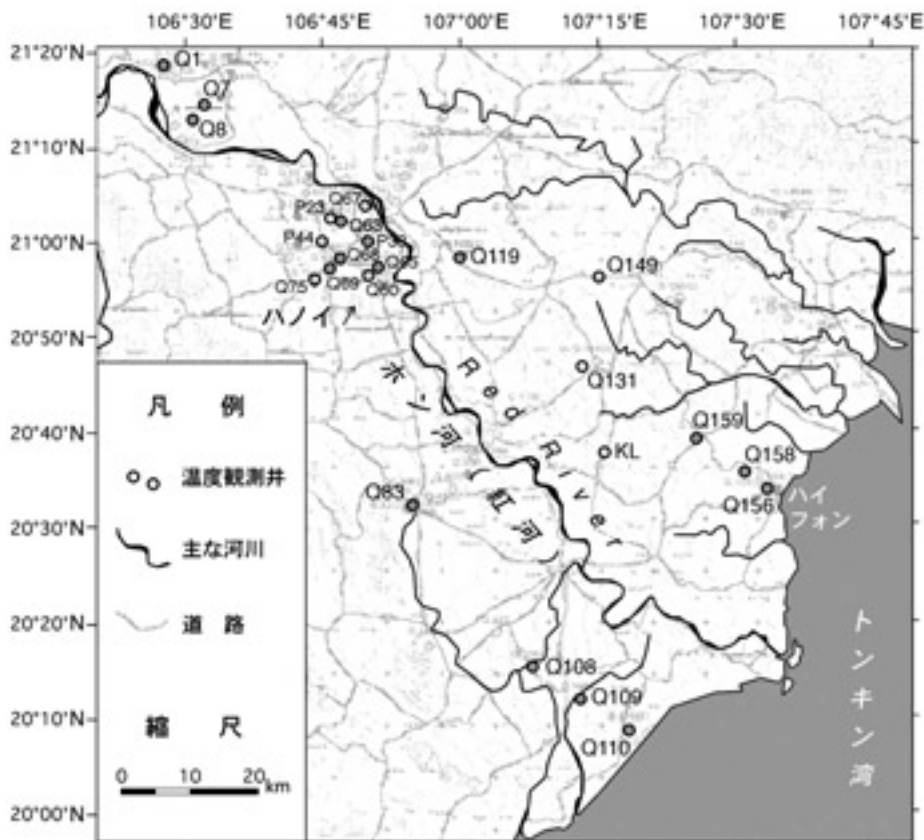
## 2. タイにおける地下水調査

タイでは、生活用水の多くを地下水に頼っており、地下水の管理・保全が重要な課題となっています。過剰な揚水による水位低下を防ぐため、全国に観測井が数多く設置されており、これらの観測井を地下水資源局 (Department of Groundwater Resources ; 以

下略称：DGR)が管理しています。地圏資源環境研究部門では、2000年度からDGRの協力を得て、タイで最大流域のチャオプラヤ盆地の地下温度データを測定しています。今回(2004年12月)は、チャオプラヤ盆地の中央部から北部にかけて調査を行いました。第1図に、これまでに温度測定を行った地下水観測井の位置と主な都市を示します。薄い破線はチャオプラヤ盆地の概形を示しています。

チャオプラヤ盆地は、北緯15°40′ 辺りの丘陵地(ナコンサワン付近)を境に上部チャオプラヤ盆地と下部チャオプラヤ盆地に分かれます。調査の結果、上部チャオプラヤ盆地の地下温度は低めで、低熱源として使える可能性が出てきました。そこで、主な都市に関して、さらに調べてみました。

第2図(a)～(g)のグラフは、各地における深度30～50m地下水温度の範囲と最高気温と最低気温を示しています。



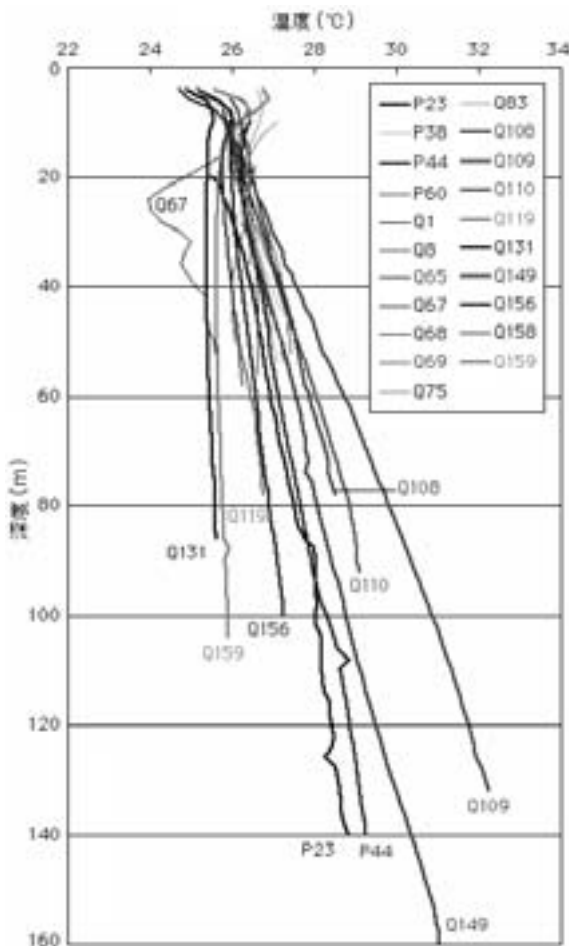
第3図 ホン河流域の温度測定箇所。



写真4 ハノイ付近の観測井のフタを開ける様子。中央は観測井の生き字引、グエン・タイン・ハイさん。井戸への道順はもちろん、1ヶ所に複数の井戸がある場合も、全ての井戸の深さとスクリーン深度を記憶している。



写真5 小学校わきの観測井で測定していたら、集まって来た子供たち。休み時間が、妙に長い。



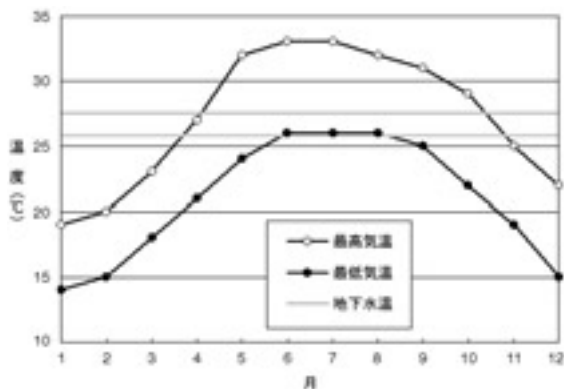
第4図 ホン河流域観測井の温度プロファイル。

バンコク中心部の地下水データはありませんが、広域地形的に地下水流出域にあたることから、第2図(a)に地下水温度と示した範囲(下部チャオプラヤ盆地の平均値)より高めと考えられます。一方、ナコンラチャシーマおよびカンチャナブリについても、地下水温度データはありませんが、こちらは涵養域にあたるため、第2図(f), (g)に示した地下水温度より低めと考えられます。

以上の結果から、ピッサヌローク、ナコンサワンについては、年間を通して地下水温度が最高気温より低く、またカンチャナブリについては、季節によっては地下水温度のほうが低いので、地中熱を冷房に利用できると期待されます。一方、バンコク、スコタイ、アユタヤ、ナコンラチャシーマについては、年間を通して地下水温度が最高気温より高いか同程度なので、冷房利用には期待できないと考えられます。

### 3. ベトナムにおける地下水調査

ベトナムも、タイと同様に生活用水を地下水に頼っています。ホン河(紅河)流域には、観測井が多数設置されており、250カ所の観測井をベトナム地質鉱物局(Department of Geology and Minerals of Vietnam)が管理しています。今回(2005年2月)の調査では、ハノイの北西に位置するビンフー省ベトチーから、バックボ湾(トンキン湾)近くのハイフォンにかけて、25カ所の観測井で地下水温度プロファイルの測定、水質



第5図 ハノイ周辺(第3図にハノイと示された一帯)の深度30～50m地下水温度と月平均最高/最低気温.

分析用試料の採水を実施しました(第3図).

第4図の温度プロファイルに示されるように、ハノイから南東の観測井Q110に至るホン河流域の観測井では、海岸に近付くほど温度勾配が高く、同深度での地下温度が高くなっています。一方、ハノイから東南東のQ156に至る観測井では温度勾配が低く、同深度での温度が低くなっています。

地中熱の利用可能性について見てみると、第5図に示されるように、ハノイでは冷房利用が充分可能で、東南東のQ156に至る地域も同様です。南東のQ110に至る地域は、これより若干温度が高めです

が、50m深ではハノイ市内よりたかだか1K高い程度です。従って、浅めの熱交換井を用いれば、冷房利用が可能と考えられます。また、冬季の気温は10℃以上ありますので、それほど低くはありませんが、湿度が高いため体感温度が低く、地中熱を暖房や乾燥用に応用することも可能と考えられます。

#### 4. おわりに

以上のように、タイおよびベトナムでの地下水温度を測定した結果、熱帯地方でも、場所によっては、地中熱を冷房に利用できる可能性が確認されました。ハノイは気温の年較差が大きく、気候的には熱帯とは言えませんが、ここでの地中熱利用の可能性が確認されたことは、ホーチミンなど更に南部の熱帯地域に位置する都市において、地中熱利用可能範囲を確認する貴重な資料となりました。また、実際にエアコンを設置する場合には、湿度もシステム性能に関わってきますので、温度だけで利用の是非を決定することはできませんが、地下温度分布の把握は、今後、地中熱利用を促進する上で不可欠な基礎データとなるでしょう。

YASUKAWA Kasumi, UCHIDA Youhei, TAGUCHI Yusaku, TENMA Norio and MURAOKA Hirofumi (2005) : Possibility of underground thermal utilization in tropics -Groundwater survey in Thailand and Vietnam-

<受付：2005年4月18日>