

# 154

## 全館空調住宅における地中熱利用に関する研究 アースチューブを適用したモデル住宅における実測調査

会員 ○ 三田村輝章（前橋工科大学）  
五味潤理章（ハラサワホーム）

原澤 浩毅（ハラサワホーム）

Earth Heat Utilization in the Central Air-conditioning House  
Field Measurement in the Show House Equipped with an Earth  
Tube System

Teruaki MITAMURA\*, Hiroki HARASAWA\*\*,  
and Yoshiaki GOMIBUCHI\*\*

\* Maebashi Institute of Technology  
460-1 Kamisadori-machi, Maebashi, Gunma, 371-0816, JAPAN  
Fax: +81-27-265-7303 E-mail: mitamura@maebashi-it.ac.jp  
\*\* Harasawa Home Co., Ltd.

### ABSTRACT

In this study, in order to verify the effect of the earth tube system buried under the concrete base as earth heat utilization in the central air-conditioning house, the field measurement in the show house built in Saitama prefecture was conducted. As a result, it was clarified that the temperature of the air passed the earth tube system was decreased by up to about 10 degree in summer, and increased by from 5 to 8 degree for the night time in winter.

キーワード：全館空調住宅，アースチューブ，実測調査

Keywords: Central air-conditioning house, Earth tube, Field measurement

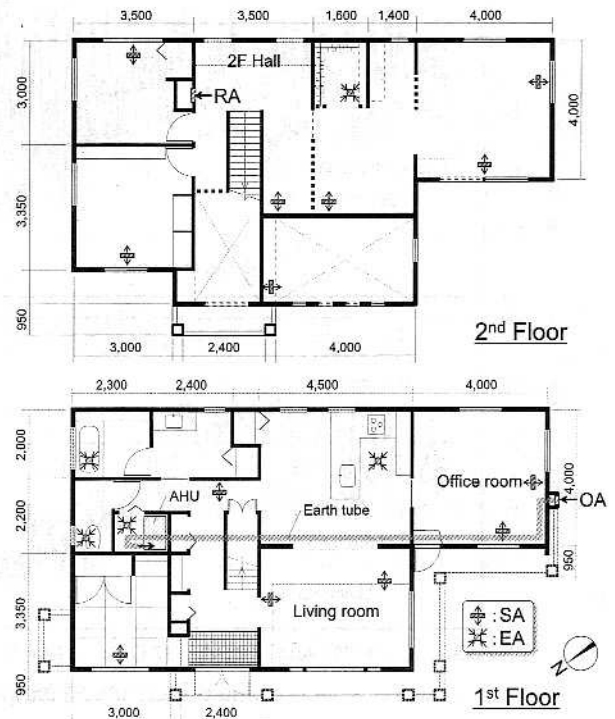


Fig.1 Plan of the show house

### 1. はじめに

東日本大震災によって発生した福島第一原発の事故により、電力の安定供給や一般家庭向けの電気料金値上げなどの懸念を受けて、再生可能エネルギーへの関心が高まっている。その中でも地中熱は、安定した熱供給が得られ、住宅等では地中熱ヒートポンプが注目されているが、設備や工事面でのコスト高が懸念されている。一方、従来から研究されている地中にダクトを埋設するアースチューブシステムは、仕組みが簡易である反面、その弱点としてダクト内での結露によるカビの発生等、空気質悪化の問題が指摘されている。

これまで著者らは、アレルギー対策として開発している空気清浄機能を搭載した全館空調システムにおいて、浮遊微粒子などの除去効果を確認しているが<sup>1)</sup>、当システムとアースチューブの連携は、ダクト内での空気質悪化の問題を解決し、且つ、全館空調での換気負荷を減少させ、省エネルギー性を向上させる最適な組み合わせであると考えられる。

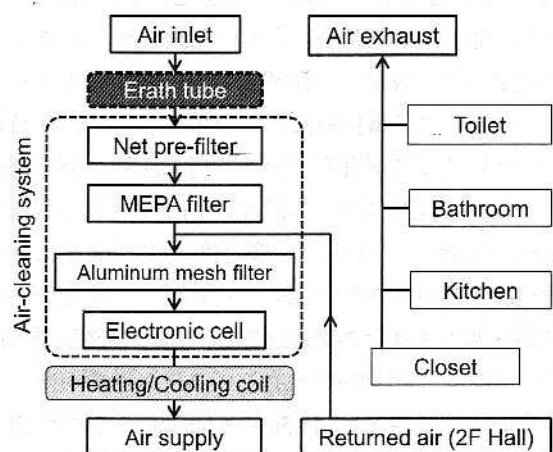


Fig.2 Air-conditioning, ventilation, air-cleaning and earth tube system

そこで、本研究では、ベタ基礎直下にダクトを埋設することにより、地中深くに埋設せずとも十分な熱交換が行える簡易で実用的なアースチューブシステムを考案し、それを適用したモデル住宅において実測調査を実施したので、その結果について報告する。

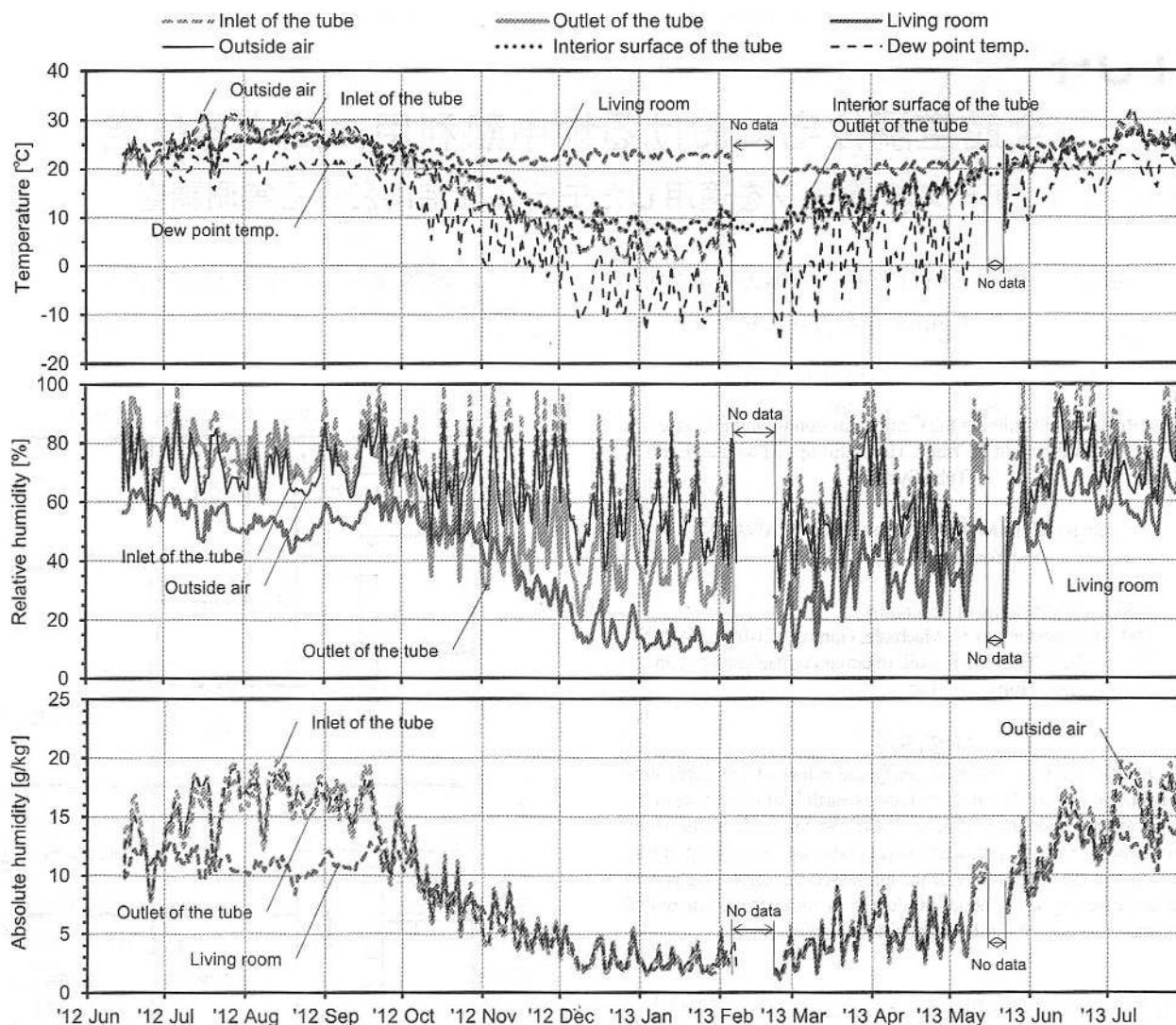


Fig.3 Daily mean temperature and humidity for a year

## 2. モデル住宅とアースチューブの概要

Fig.1 に調査対象としたモデル住宅の平面図を示す。モデル住宅は、埼玉県所沢市内に建設され、2012年4月に竣工した。普段は、住宅展示場として使用されており、営業日には事務室に数名のスタッフが朝9時から夜8時まで滞在している。延床面積は164.9m<sup>2</sup>、構造は2×6工法、熱損失係数は約1.6W/m<sup>2</sup>K、気密性能は約0.8cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>である。空調と換気は、Fig.2に示す全館空調・換気システムにより行われ、建物南側の取入口から導入された外気は建物中央部のベタ基礎天端から約70cm下に埋設されたアースチューブ（ダクト径：150mm、長さ：約11.5m）を通過し、給気清浄フィルターユニットと電気集塵機から構成される空気清浄システムを搭載した空調機<sup>1)</sup>（ヒートポンプ式、暖房能力：6.3kW、冷房能力：5.0kW、）に送られ、その後、ダクトを通じて各室へ給気される。また、2階ホールに設けられた吸入口から還気空気が空気清浄装置の直前に戻される。排気は、浴室、トイレ、クローゼット、台所から集中して行われる。

## 3. 調査方法

測定項目は、アースチューブ出入口、居間、外気の温湿度の他、チューブ出口付近の内表面温度である。また、チューブ出口後の給気清浄フィルターユニット内（Fig.2中のNet pre-filter及びMEPA filter部分）において浮遊真菌濃度を2012年8月、12月、2013年2月、5月の4回にわたり測定する。温湿度の測定には、小型温湿度データロガー（ティアント®製：TR-77U及びTR-72U、Onset社製：U12-012）を用いる。チューブ内表面温度は、T型熱電対を貼り付けて、小型熱電対データロガー（Onset社製：U12-014）に接続して測定する。各測定は、いずれも15分間隔でデータを収録する。温湿度の測定は、2012年6月から開始し、現在も継続中であるが、本報では2013年7月までの結果について示す。浮遊真菌濃度は、エアサンプラー（MAS-100 Eco、メルク製）を用いて50L/minにて空気をPDA培地に吹き付けて、試料空気中の真菌を採取する。その後、培地をインキュベーター内にて25°Cの環境下で6日間培養後、目視にてコロニー数をカウントする。

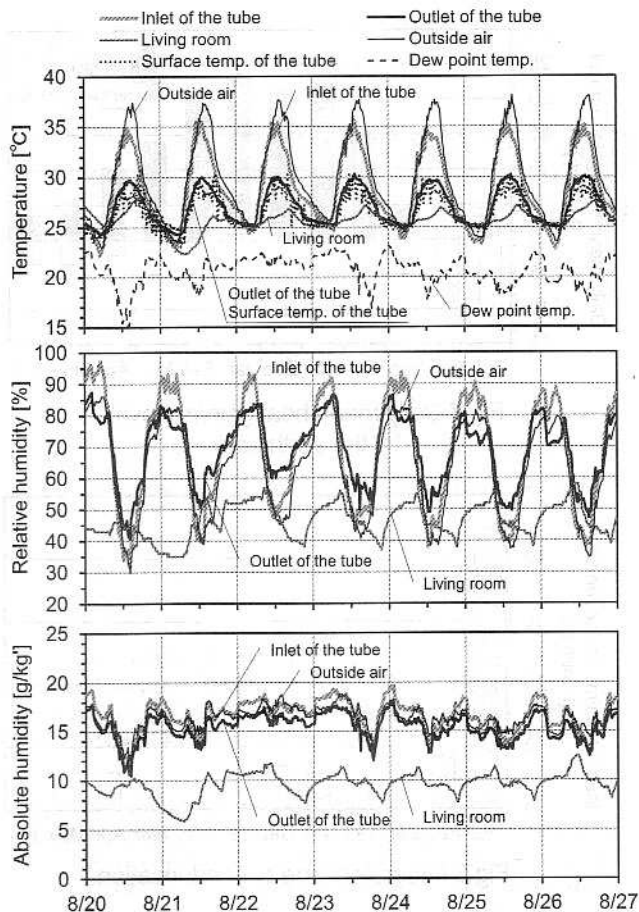


Fig.4 Temperature and humidity for a week in summer

#### 4. 調査結果

##### 4.1 年間の温湿度変動

Fig.3 に年間の日平均温湿度変動を示す。居間の温度は空調により年間で18~27°Cの範囲に維持されている。チューブ入口温度は、外気温との差は小さく、チューブ出口温度は、夏季ではチューブ入口よりも3~5°C低く、冬季では5~8°C高い。また、5~6月や9月の中間期では、チューブ出入口の温度差は小さくなる。チューブ内表面温度は、チューブ出口温度と殆ど差がみられず、露点温度よりも高い範囲で推移しているが、外気の相対湿度が高い時には、その差は小さくなる。居間の相対湿度は、夏季は空調により40~70%RHの範囲にあり、冬季は10~20%RHと低い範囲で変動する。チューブ出入口の相対湿度は、夏季では60~100%RHの範囲で変動し、両者の差は小さいが、絶対湿度では、チューブ出口の方が1~2g/kg程度であるが低い傾向にある。冬季ではチューブ出口の相対湿度は20~60%RHの範囲で変動し、チューブ入口よりも10~20%RH低いが、絶対湿度では殆ど差はみられない。

##### 4.2 夏季及び冬季一週間の温湿度変動

Fig.4 に夏季一週間の温湿度変動を示す。この期間中、外気温度は最高で37~38°Cまで上昇し、チューブ入口温度は外気よりも2~3°C低く、35°C程度まで

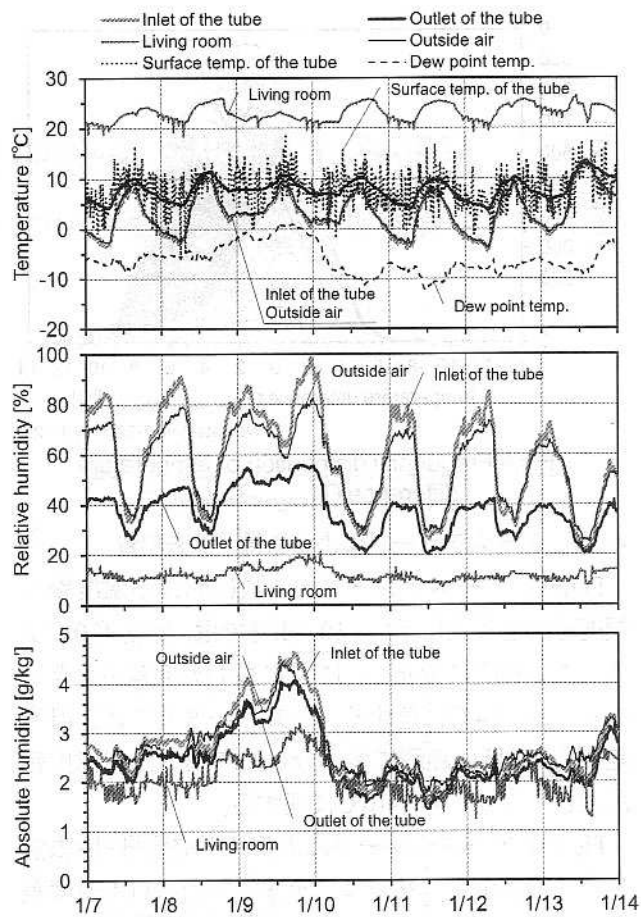


Fig.5 Temperature and humidity for a week in winter

上昇する。一方、チューブ出口温度は、日中はチューブ入口よりも約5°C低いが、夜間では両者の差は小さく、外気の方が低くなる日もみられる。チューブ内表面温度は、露点温度よりも常に5~10°C高く、この期間中では結露の発生はないと思われる。相対湿度は、チューブ出口はチューブ入口よりも変動幅が小さくなり、絶対湿度は、チューブ出口がチューブ入口よりも全体的に1~2g/kg'低い傾向がみられる。

Fig.5 に冬季一週間の温湿度変動を示す。チューブ出口温度は、日中の最高温度は外気及びチューブ入口温度とほぼ同じか、約1°C高くなるが、夜間の温度低下は小さく、チューブ入口よりも約5~8°C高い。チューブ内表面温度は、夏季と比較して激しく変動しているが、平均するとチューブ出口と同程度であり、露点温度と比較すると、夜間では一時的に両者の差が小さくなる時間帯もみられる。相対湿度は、チューブ入口では20~100%RHの範囲で大きく変動し、日中は外気より約10%RH高くなるが、夜間ではほぼ同じとなる。チューブ出口では20~60%RHの範囲で変動し、外気及びチューブ入口よりも低い範囲で推移する。絶対湿度は、チューブ出入口でわずかな差がみられるが、約0.5g/kg'以内におさまっている。

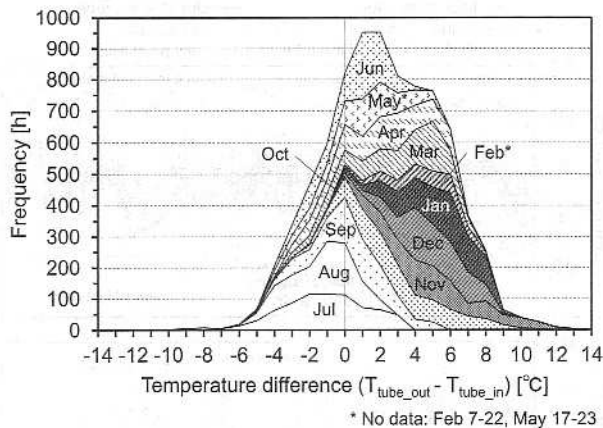


Fig.6 Frequency distribution of temperature difference ( $T_{\text{tube\_out}} - T_{\text{tube\_in}}$ )

#### 4.3 アースチューブによる取得・除去熱量

Fig.6 にアースチューブ出入口における温度差の頻度分布を月別に示す。10～4月では、温度差0°Cよりも高い範囲に分布し、11月に最も温度差が大きくなり、10～14°Cに達する。一方、7～8月では、温度差0°Cより低い範囲に多く分布し、7月に最も温度差が大きくなり、-6～-10°Cに達する。

Fig.7 にアースチューブによる日平均取得・除去熱量を月別に示す。熱量は、チューブ出入口の温度差に空気の定圧比熱 (1.006 kJ/kg·K) 及び密度 (1.2 kg/m<sup>3</sup>) と仮定) と外気取入口における風量の実測値 (平均値として 170m<sup>3</sup>/h) を乗じて算出した。7～8月では、除去熱量の方が多く、9～10 MJ/日となる。10～4月では、取得熱量の方が多く、11～2月で20～24MJ/日となり、除去熱量と比較して大きい。9月と6月の中間期では、取得熱量と除去熱量は、ほぼ等しくなる。

#### 4.4 アースチューブ内の結露時間と浮遊真菌濃度

Fig.8 にアースチューブ内における結露積算時間を月別に示す。結露発生は、チューブ内表面温度がチューブ出口の露点温度を下回った時間を積算した。2012年7月が最も高いが、これは竣工後に初めての梅雨期を迎えたことから、結露が生じやすい環境であったと考えられる。その後、各月で差はみられるが、結露積算時間は10時間/月以内である。

Fig.9 に浮遊真菌濃度の測定結果を示す。外気とチューブ出口付近の真菌濃度は、温湿度が高くなる8月と5月では高く、温湿度が低下する11月と2月に低くなるが、いずれも居間では100 CFU/m<sup>3</sup>を下回り、空気清浄機能によりアースチューブ内から侵入する浮遊真菌は除去されていると考えられる。

#### 5. まとめ

本報では、アースチューブを適用したモデル住宅を

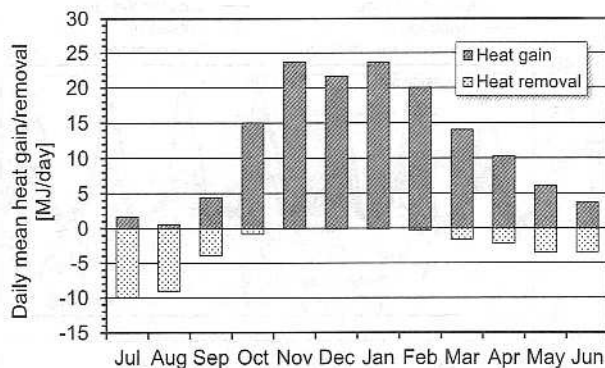


Fig.7 Daily mean heat gain/removal by the earth tube

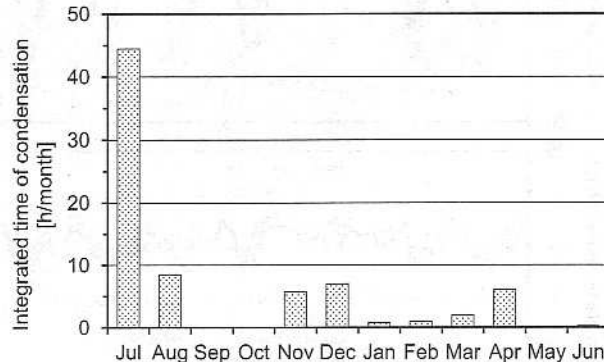


Fig.8 Integrated time of condensation

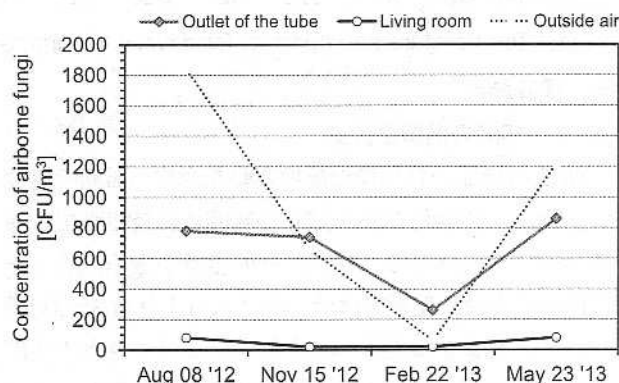


Fig.9 Concentration of airborne fungi

対象として実測調査を実施した。その結果、アースチューブにより夏季では導入空気を約5°C低下させ、冬季では約5～8°C上昇させる効果を確認した。また、年間を通しては、除去熱量よりも取得熱量の方が多く、空気清浄機能により居間の浮遊真菌濃度は低く抑制されていることがわかった。今後も実測調査を継続し、2年目以降の動向について分析する予定である。

#### 謝辞

本研究の一部は、平成24年度前橋工科大学地域課題共同研究プロジェクト事業「地熱利用と高性能空気清浄機能による震災対応の全館空調ヘルシーエアシステムの研究開発」の一環として実施した。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 三田村輝章, 原澤浩毅, 土橋邦生: 空気清浄機能を搭載する全館空調住宅への移転前後における室内空気質の評価, 日本建築学会技術報告集 第38号, pp.239-242, 2012年2月