

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06673

研究課題名（和文）地中熱換気システムを用いた外気由来の汚染物質の除去手法に関する研究

研究課題名（英文）A study on removal method of pollutants derived from outside air using geothermal ventilation system

研究代表者

Kim Hyuntae (Kim, Hyuntae)

山口大学・大学院創成科学研究科・助教

研究者番号：90580382

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、地中熱換気システムの内部表面の汚染濃度を測定し、地中パイプの内部表面の洗浄方法と洗浄頻度を提案することを目的とした。その結果、アルミの表面は時間の変化によって徐々に汚染されていることが分かった。このシステムは地中熱換気システムの風量によって掃除頻度が異なることが分かった。換気量が時間当たり500立方メートルの場合、地中熱換気システムの表面は3日ごとに1回掃除が必要であると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球温暖化の対策の一つとして、地中熱の利用が注目されている。しかし、水循環式の地中熱利用は施工費などが高価のため、中小規模の建物には使用しづらいことが考えられる。しかし、地中熱を利用したクールチューブや、空気循環式の地中熱利用は施工費用などが安価のため、住宅などに適用しやすい。一方で、地中熱換気システムは外気をそのまま地中パイプに吸い込ませるため、外気由来の汚染物質の挿入が懸念される。今回の研究は、地中熱換気システムをより安全に使用する方法を提案するため、地中熱換気システムの汚染度や、掃除頻度を明らかにした。今後、地中熱換気システムの社会的な普及が期待される。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to measure the contamination concentration of the pipe surface in the geothermal ventilation system and propose the cleaning methods inside the underground pipe and the frequency of cleaning. The study results are as follows: It was found that the aluminum surface was gradually contaminated by the change of time. This system was found to have different cleaning frequency depending on the airflow of the underground thermal ventilation system. At a ventilation volume of 500 cubic meters per hour, the surface of the geothermal ventilation system may need to be cleaned once every three days.

研究分野：建築環境

キーワード：地中熱 換気 室内空気質

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

最近、経済産業省ではゼロ・エネルギーハウス (ZEH) ロードマップ検討委員会が設立され、ZEH の定義と今後の施策などが検討された。石油危機以後、GDP は 2.5 倍に増加したにもかかわらず、産業部門のエネルギー消費量は 2 割近く減少している。しかし、民生部門のエネルギー消費量は、産業部門で 2.9 倍、家庭部門で 2.0 倍程度増加し、国内のエネルギー需給の安定のためには、民生部門の対策が必要不可欠である。ZEH とは、住宅の高断熱・高气密化と高効率設備システムを導入することにより可能な限りの省エネルギーに努め、再生エネルギーなどによりエネルギーを創ることで、1 年間で消費する住宅のエネルギー量が正味 (ネット) で概ねゼロ以下となる住宅として定義されている。ZEH を達成するためには、高断熱・高气密化や、太陽光発電などの再生エネルギーの利用が有効である。

一方、太陽光発電、太陽熱給湯器などは地域や天候によって、又、夜間などには発電量が低下するため、安定的な発電が確保出来ない。そのため、蓄電池、蓄熱材、燃料電池などを併用することで、住宅のエネルギー消費量が削減できるように提案されている事例もある。しかし、これらの設備システムは高価であるため、一般市民が手軽に選択し、自宅に導入することが難しいと考えられる。ZEH を一般的に普及させるためには、安価であるが、効率の良い省エネルギーシステムでありながら、住宅の健康性能の向上につながるようにすることが大事であると考えられる。

そこで、年中温度変化が少なく、安価で施工可能な地中熱パイプに注目した。しかし、地中熱パイプを使用するためには幾つの問題点がある。外気の温湿度と地中熱パイプの内部温度差によってパイプの表面が結露し、微生物の増殖や臭いの原因となる。そのため、地中熱パイプを通った空気を新鮮空気として直接室内に取り入れることが難しいと考えられる。

### 2. 研究の目的

太陽光発電、太陽熱給湯器などは天候不良によって発電量が変動するため、安定的な発電が確保出来ない。そこで、年中温度変化が少なく、安価で施工可能な地中熱パイプに注目した。しかし、地中熱パイプの使用には幾つか問題点がある。外気温と地中パイプの内部温度差によってパイプ表面が結露し、微生物の増殖や臭いの原因となる。そのため、地中熱パイプを通った空気をそのまま室内に新鮮空気として取り入れることは難しいと考えられている。そこで、本研究では、地中熱換気システムで用いられる地中熱パイプに新たな機能を加え、環境負荷の低減のみではなく、浮遊粉塵、浮遊真菌、花粉などの対策方法を提案することで、より利用技術を安全・安心・健康的に利用できるように開発したい。

### 3. 研究の方法

本研究では、省エネ対策より住宅の健康性能向上のための研究を行うことにした。地中熱パイプのデメリットである外気から由来する汚染物質のパイプ内部の汚染と掃除頻度を把握した。測定は地中熱換気システムを模擬した模型を製作し、内部表面の汚染を経時変化で測定した。測定項目は ATP と表面真菌濃度を測定した。

### 4. 研究成果

ATP 測定による測定で得られた測定値の単位は RLU (Relative Light Unit) を利用した。ATP 測定ではアデノシン三リン酸と試薬を反応させ、発光させる。この測定ではその相対発光量を測定値としている。ATP 測定は 0 日目に 9 時、12 時、15 時、18 時の 4 回測定を行った。それ以降の 1 日目から 3 日目までは 9 時に測定を行った。図 1 に ATP 測定値の経時変化を示す。図 2 にアルミ板表面カビ濃度の経時変化を示す。

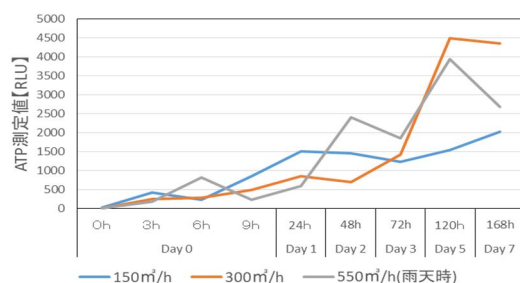


図 1 ATP 測定値の経時変化

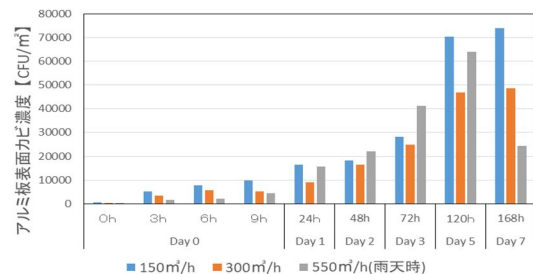


図 2 アルミ板表面カビ濃度の経時変化

ATP 測定の測定値は 3 か所の平均値を測定値として採用した。ATP 測定の結果を見てみると、滅菌を行ってすぐの測定値は 5~8 (RLU) であり、汚染度評価は“極めて清浄”となった。滅菌から 3 時間経過した測定値の汚染度評価は“極めて清浄”であった。しかし、時間が経つにつれてアルミ板表面が徐々に汚染されていく様子が見られた。滅菌から 24 時間後の測定値は約 2500 (RLU) であり、著しく増大している。実験 3 日目からは汚染の程度は定常化する様子が見られた。0 日目の汚染度評価は“普通”であったがそれ以降の汚染度評価は“汚い”であった。

スタンプ式寒天培地測定は0日目に9時、12時、15時、18時の4回測定を行った。それ以降の1日目から3日目までは9時に測定を行った。スタンプ式寒天培地測定は1か所の測定ポイントにつき2回行う。1か所の測定値の平均値をA・B・Cでそれぞれ取り、その平均値を面積あたりに換算し、測定値として採用した。採取したカビをカビ培養用温室で3日間培養し、コロニー数を測定する。単位は面積あたりCFUである。アルミ板表面のカビ濃度は2日目まで増大する様子が見られる。アルミ板表面のカビ濃度の最大値は約35000面積あたりCFUである。しかし、3日目のコロニー数は少し減少している様子が見られる。この結果の原因として、外気中のカビ濃度が影響を与えているのではないかと考えられる。

実験装置の外気取り入れ口に設置したカビサンプラーで0日目は9時・12時の2回、それ以降の1日目から3日目までは9時に測定した。収集したカビは3日間培養し、単位立方メートルあたりに換算しカビの個体数を測定した。外気中カビ濃度はカビサンプラーによって採取した外気中のカビをスタンプ式寒天培地と同様に培養した。測定時の外気中カビ濃度はおよそ200~600単位立方メートルあたりCFUであった。実験日0日目で1日目の測定値は高かったが2日目で3日目の測定値は低かった。これはアルミ板表面のカビ濃度が低くなった原因に関連があると考えられる。

以上の結果より、アルミの表面は時間の変化によって徐々に汚染されていることが分かった。地中熱換気システムの表面は3日ごとに1回掃除が必要であると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Jessica Yurika Maki, Hyuntae Kim, Makoto Koganei, Ryoichi Kuwahara
2. 発表標題 A Study on fungus removal rate and cleaning frequency in geothermal ventilation system
3. 学会等名 15th International conference of Asian Urban Environment (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ayaka Abe, Hyuntae Kim, Makoto Koganei
2. 発表標題 The contamination of pipe-surface in geothermal ventilation system
3. 学会等名 15th International conference of Asian Urban Environment (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安部彩華、金炫兌、小金井真
2. 発表標題 空気循環方式地中熱換気システムにおける微生物汚染に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会中国支部研究報告集
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----