住宅における良好な温熱環境実現のための改修方策に関する検討
（第２報）　実大実証実験における実験結果

A study on housing renovation method for achieve a good thermal environment in houses
Part2 Test result of experiment

正会員　○咸　哲俊（ベターリビング）　　正会員　　折田　信生（ベターリビング）
正会員　　前　真之（東京大学）

Tetsujun KAN*[1]　Nobuo ORITA*[1]　Masayuki MAE*[2]

*[1] Center for Better Living　*[2] The University of Tokyo

As a result of the experiment that the insulation renovation and installation of the heating appliance affect on the thermal environment of the bathroom, it was confirmed that the temperature in the bathroom rises by using the bathroom heating even in the existing bathroom with low thermal insulation performance. Furthermore, due to the heating output, there was a difference in temperature rise, especially around the feet. Also, due to insulation refurbishment and renovation to the unit bath, it was confirmed that the bathroom and undressing room also benefit from the heating of the living room, and that the whole bathroom can be warmed up in a shorter time by heating operation in the bathroom .

はじめに

良好な温熱環境を有する住宅を普及させるためには、良好な温熱環境実現のための対応策について、実際の建物における実験による把握が重要である。特に、既存住宅においては、断熱改修や暖房器具の設置による方法が一般的と考えられることから、これらの対応策を中心として、実大戸建実験住宅において温熱環境に関する実証実験を実施した。

第１報において、前提となる実験条件、実験ケースの概要等について報告した。

本第 2 報では、既存住宅において、特に効果的かつ現実的な対応策と考えられる断熱改修、並びに暖房器具の設置による効果に関する実験結果を中心に報告する。

１．各実験ケースにおける実験条件の概要

実験ケース及び改修仕様の詳細は、第１報によるが、以下に各実験ケースにおける実験条件の概要を示す。

1.1　デフォルト仕様及び改修仕様－１

断熱仕様は S55 年基準レベルとし、浴室は在来工法によるものである。

(1)　ケース 1

本ケースをデフォルト仕様とし、主居室であるリビング・ダイニングの暖房及び浴室の換気・暖房ともに運転しない自然状態の温熱環境を計測することとした。

(2)　ケース 2、3

以降、(2)～(3)のケースにおいては、主居室の暖房運転を行う条件とし、リビング・ダイニングの暖房（エアコン）を 20℃設定で常時運転とするとともに、浴室の換気も浴室暖房運転時以外は常時運転することとした。ケース 2、3 ともに浴室の暖房を運転しない条件としているが、ケース 3 のみ浴槽に蓋をした状態で 40℃の湯を張り、その効果を確認した。

(3)　ケース 4、5

浴室に暖房を設置した場合の効果を把握するため、壁掛設置型の出力の異なる 2 種類の暖房器具を設置し、運転した。ケース 4 は 2.4kW（電気式 200V）、ケース 5 は 4.1kW（温水式）の暖房器具とした。

1.2　改修仕様－２

断熱仕様は、水周りのみ H11 年基準レベルに改修したが、主居室は S55 年基準レベルである。浴室は在来工法の浴室から、断熱型ユニットバスに改修した。

(1)　ケース 6

改修仕様－２において、本ケース 6 のみ、主居室であるリビング・ダイニングの暖房及び浴室の換気・暖房ともに運転しない自然状態の温熱環境を計測することとした。

(2)　ケース 7-1、7-2

以降、(2)～(4)のケースにおいては、主居室の暖房運転を行う条件とし、リビング・ダイニングの暖房（エアコン）を 20℃設定で常時運転とした。なお、浴室の換気の影響を確認するため、ケース 7-1 では終日換気運転せず、ケ

ース 7-2 では浴室暖房運転時以外は常時運転することとした。

(3)　ケース 8-1、8-2

浴室の浴槽に湯張りした場合の影響を確認するため、ケース 8-1 では浴槽の蓋を閉じた状態、ケース 8-2 では蓋を開けた状態で計測した。

(4)　ケース 9、10

浴室に暖房を設置した場合の効果を把握するため、天井設置型の出力の異なる 2 種類の暖房器具を設置し、運転した。ケース 9 は 2.2kW（電気式 200V）、ケース 10 は 3.3kW（温水式）の暖房器具とした。

2．実験結果

2.1　断熱改修の効果

(1)　各室の温度推移

図 1、2 にケース 2、7-2 の各室温度推移を示す。両ケースはリビング暖房や換気は同条件となっており、比較により断熱区画設置と断熱性能の向上による効果を検証出来る。

リビングは断熱改修前後ともに、設定温度の 20℃に近い値で推移している。断熱改修前（ケース 2）では、浴室の温度は終日にわたり 5℃程度を推移し、あまり日中の外気温度の影響を受けていないことが分かる。脱衣室の温度は終日 10℃以下となっており、一般的な入浴開始時間と考えられる 18 時以降の時間では 8℃程度から更に下がっていき、浴室とあまり変わらない温度まで低下していた。

断熱改修後（ケース 7-2）では、ケース 2 よりも外気温度が高い日ではあるが、断熱区画内の脱衣室は一日を通して 15℃以上となり安定した温度推移となっている。浴室は 12～13℃前後で推移し、外気との温度差は 18 時時点で 9℃程度の差が見られた。

以上の結果から、断熱改修後では断熱性能を上げて区画を形成したことで、浴室の換気運転によりリビングの暖められた空気を引き込み、区画内の廊下と脱衣室、浴室まで一体の空間として温度を上げることが出来たと考えられる。

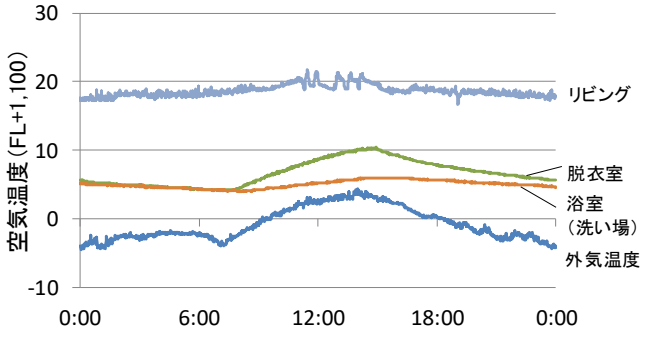

図 1　各室温度推移
（S55 基準相当　断熱改修前・ケース 2）

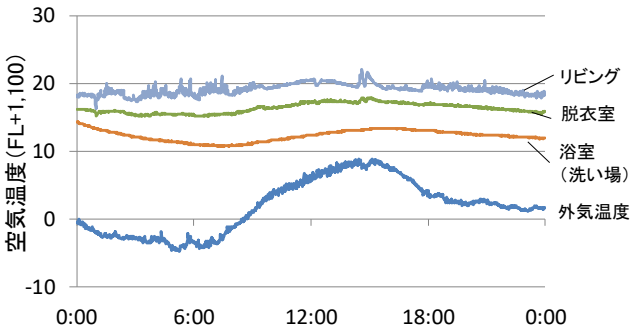

図 2　各室温度推移
（断熱区画設置　断熱改修後・ケース 7-2）

(2)　脱衣室及び浴室の上下温度分布

図 3 に脱衣室と浴室の上下温度分布を示す。各ケース 18 時時点の温度を抜き出しており、18 時時点での外気温度は、ケース 1 が 2.0℃、ケース 2 が 0.3℃、ケース 3、4 がどちらも 3.3℃であった。

断熱改修前のケース 1、2 を比較すると、脱衣室と浴室のどちらも、リビング暖房をしているケース 2 よりも暖房をしていない自然状態のケース 1 の方が、高さ方向のほぼ全域にわり、1℃程度高くなっている。このことから断熱改修前の S55 基準相当の条件では、リビングの影響よりも外気の影響をより強く受けてしまうことがわかる。

また、ケース 1、6 を比較すると、脱衣室と浴室のどちらも区画断熱改修により、自然状態で空気温度 4℃以上の上昇が見られた。

上下温度差は、リビング暖房時の脱衣室（ケース 7）の足元付近の温度が 3℃程度低くなっていたが、その他のケースではあまり差は見られなかった。

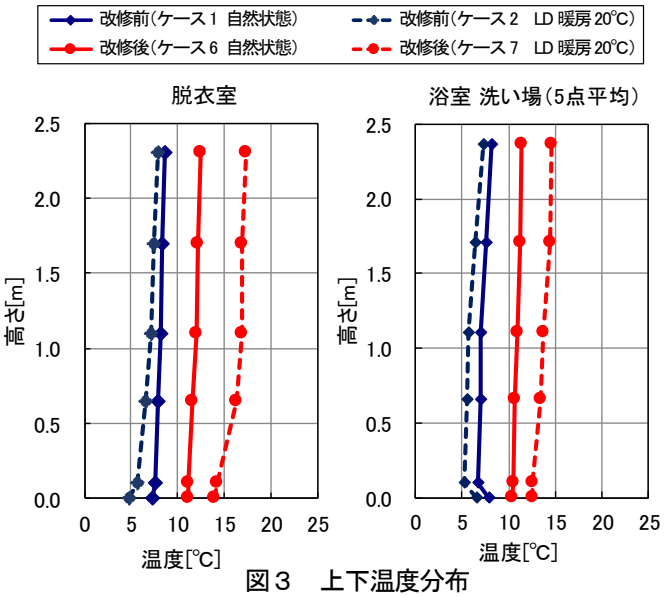

図 3　上下温度分布
（断熱区画設置　断熱改修後・ケース 7-2）

なお、浴槽の湯張りの影響については、断熱改修前（ケース 3；蓋有り）では浴室の温度上昇がほとんど認められなかったが、断熱改修後には浴室温度が蓋有りで 1.5℃、蓋無しで 30 分間に 5℃上昇し、一定の効果が確認できた。

3．浴室暖房運転による効果

浴室内の暖房を運転した場合について、断熱改修前後の条件における実験結果を以下に示す。

なお、今回の実験では浴室暖房の特性を把握するため、運転時間を 2 時間 とした。既往文献 1）によると浴室暖房の 1 回あたりの使用時間は 30 分間以下が最も多いことから、ここでは実際の使用実態に近い「15 分」「30 分」をポイントとして評価を行った。

3.1　断熱改修前の浴室暖房運転時の上下温度分布

図 4 に暖房運転時における浴室の上下温度分布を示す。浴室内の温度は洗い場部分の測定点 5 点を平均した温度である。先ず、ケース 4 の 2.4kW の暖房運転時の結果を見ると、暖房運転開始後 15 分で足元付近を除き、概ね 30℃近くまで上昇していることが分かる。しかし、床上 100mm と床表面の温度は、運転 30 分後においても、ほとんど上昇していない。床がコンクリートであるため冷えきっていることに加え、足元付近まで十分に温風の効果が行き渡っていないものと考えられる。

一方、ケース 5 の 4.1kW の暖房運転時は、ケース 4 と異なり、床上 100mm においても暖房運転開始後 15 分で 25℃程度まで温度が上昇しており、暖房出力を上げることにより、より短時間で、かつ足元まで十分に暖められる結果となった。

3.2　断熱改修後の浴室暖房運転時の上下温度分布

ケース 9 では、断熱改修後にケース 4 とほぼ同等の 2.2kW の暖房を運転した結果、15 分の運転では、高さ方向の全域にわたり空気温度が 25℃以上まで温度が上昇し、30 分後には 35℃以上まで上昇が見られた。

断熱改修後のケース 9 では在来浴室からユニットバスに改修しており、断熱性能が高くなり、より短時間で空間を暖めることが出来ている。また、床上 100mm と床表面温度も上昇しており、特に床上 100mm の高さでは他の高さの空気温度よりも高くなっていることから、暖房の温風が洗い場の床面付近に向かって吹き出し、温度上昇に繋がっているものと考えられる。

また、ケース 4(2.4kW)及びケース 9(2.2kW)の暖房運転時において、サーモカメラで撮影した浴室内の表面温度測定結果を図 5、6 に示す。断熱改修前の在来浴室の状態では基礎の立ち上がりが高さ 1,200mm 程度まであり、基礎部分は暖房後も低い温度のままとなっている。在来浴室の天井と 1,200mm 以上の壁面はケイ酸カルシウム板で仕上げており、その部分は運転 30 分後に 20℃以上まで上昇していることが確認できた。

さらに、暖房開始直前の壁面温度が約 14～15℃、床表面温度も 13℃程度まで上がっている。運転 15 分後には 25℃程度となり、ユニットバスでは短時間の運転で壁面温度も十分に暖めることが出来た。

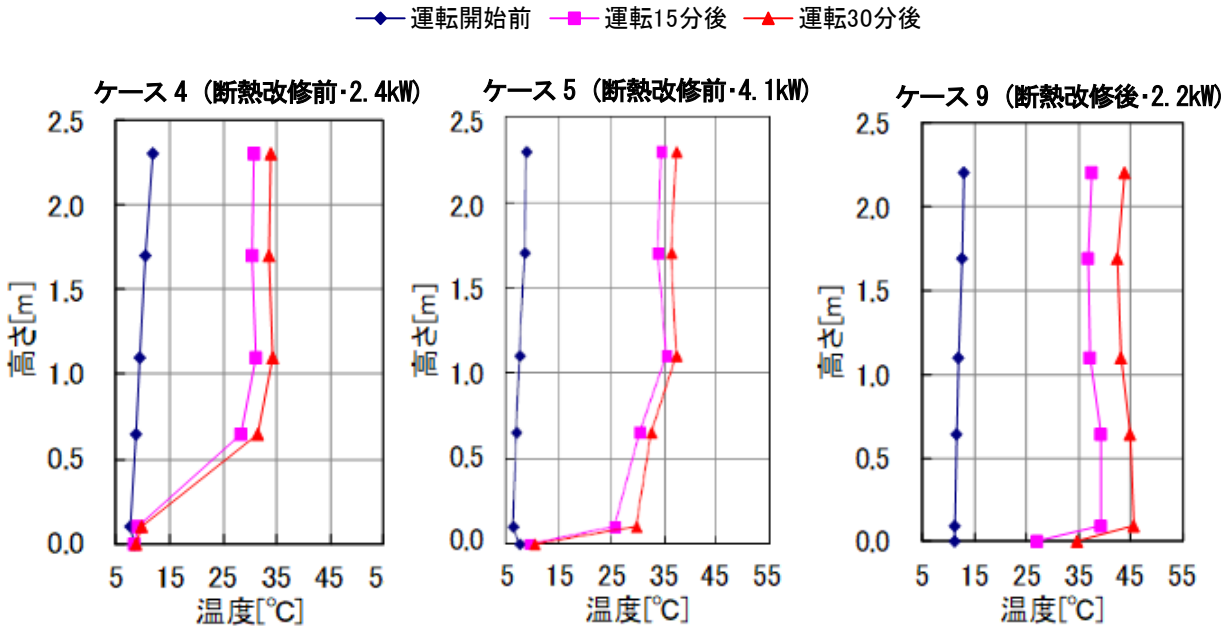

図４　浴室における上下温度分布の比較

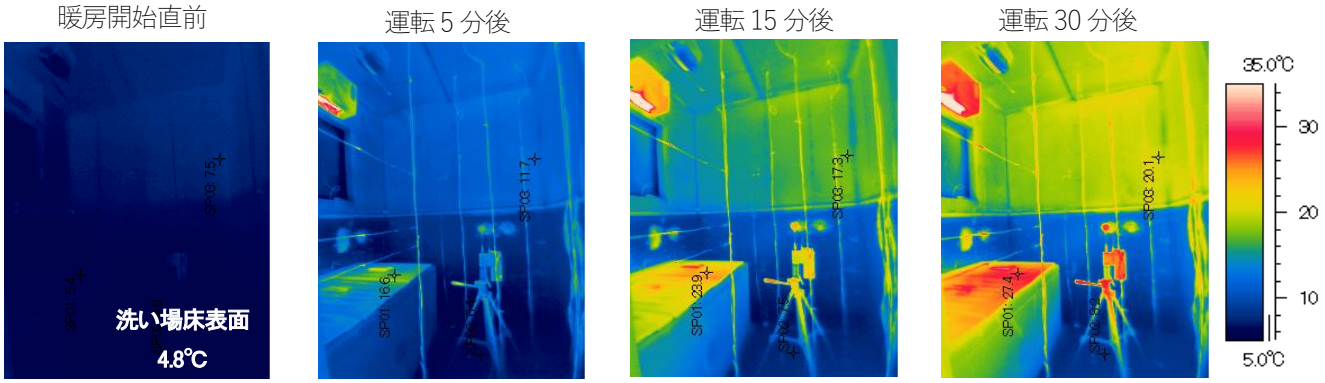

図５　ケース 4　（断熱改修前･2.4kW）　熱画像

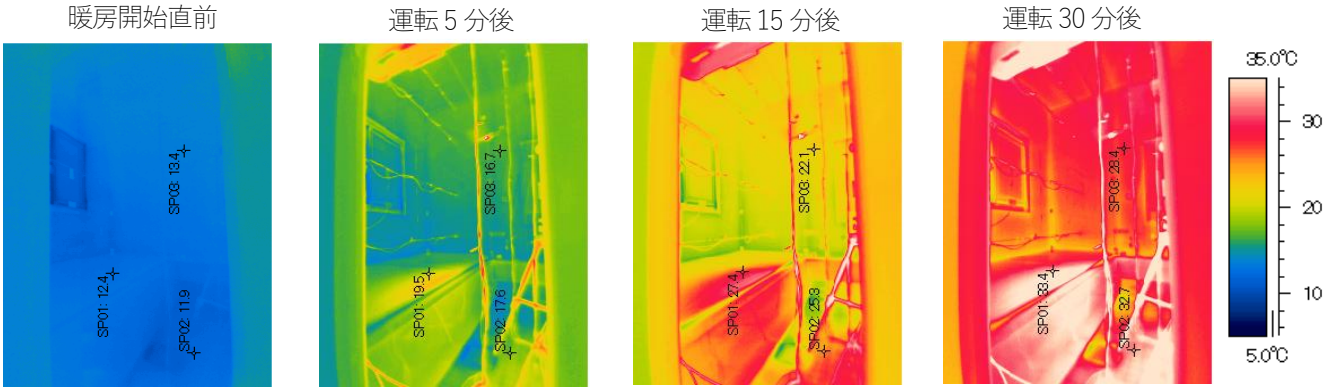

図 6　ケース 9　（断熱改修後･2.2kW）　熱画像

3.3　断熱改修前後の浴室暖房時の温度上昇時間

図 7 にケース 4 とケース 9 における暖房の立ち上がり後 15 分の温度推移を示す。この 15 分という時間は、湯張りにかかる時間を想定しており、湯張りと浴室暖房を同時に開始した場合にどこまで暖められるかを推測することが出来る。前述したとおり、断熱改修前の状況では上下温度分布に大きく差が生じてしまうものの、全測定点の平均温度でみると、運転開始 15 分後には 25℃以上まで上昇している。断熱改修後の結果では、5 分後の時点で平均空気温度が 30℃を超えており、湯張り時間よりも短い運転であっても十分な暖房効果を得られると推察できる。

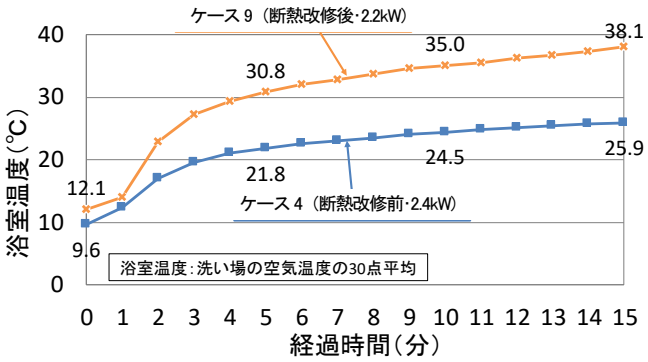

図 7　立ち上がり 15 分の浴室温度推移

4．おわりに

今回の実験結果において、断熱性能の低い在来浴室であっても、浴室暖房の使用により、浴室内の温度が上昇することが確認できた。さらに、暖房出力により、特に足元付近の温度上昇に違いが見られた。

また、断熱改修及びユニットバスへの改修により、浴室や脱衣室においても、リビングの暖房による効果が及ぶこと、さらに浴室内の暖房運転により、より短時間で浴室全体が暖められることを確認出来た。

これらの実験結果をもとに、良好な温熱環境実現のための具体的な対応策の提示に活用することとしたい。

【謝辞】
本実験の実施にあたり、国土交通省国土技術政策総合研究所 桑沢保夫様、国立研究開発法人建築研究所 赤嶺嘉彦様、並びに前ベターリビング所属 橋本健吾様に多大なるご協力をいただきました。ここに謝意を表します。

【参考文献】

1）株式会社三菱総合研究所 技術安全マネジメントグループ、平成 20 年度 規制対象製品の技術基準の策定等調査（長期使用製品の安全に関する制度の対象となる電気用品の標準的な仕様の実態に係る調査）報告書（平成 20 年度経済産業省委託事業）、平成 20 年 9 月

◇本検討は、平成 28 年度～29 年度に一般財団法人ベターリビングに設置された「住宅における良好な温熱環境実現研究委員会」（委員長：村上周三 一般財団法人建築環境・省エネルギー機構 理事長）で実施した内容の一部を取りまとめたものである。