

住宅非居室の部分断熱強化による室温改善および暖房一次エネルギー消費量の削減に関する検討

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻 建築環境工学研究室
 学籍番号：1210173 氏名：山田隆貴

住宅 冬期
 空気温度 断熱性能

非居室
 省エネルギー改修

1. はじめに

西山らの実測^[1]により断熱性能や気象条件が同じ場合、冬期の夜間においてトイレや脱衣所などの非居室が暖房されている主居室に隣接していない平面を持つ住宅（以下非接Lプラン住宅）よりトイレや脱衣所などの非居室が暖房されている主居室に隣接している平面を持つ住宅（以下接Lプラン住宅）の方が非居室（トイレ・脱衣所）の空気温度がイギリス保健省の防寒計画^[2]で定められている冬期における住宅の許容温度である 18℃以上となる割合が高いことが報告された。非接Lプランの既存住宅を接Lプランへと変更することは冬期にヒートショックを起こす危険性のあるトイレや脱衣所の温熱環境を改善できると考えられるが、廊下を主居室に一体化させるなどのプランの変更を伴う。そのため、平面を変更せず非居室の温熱環境を改善する改修について検討が必要である。当該研究で非居室はトイレおよび脱衣所を対象とする。

2. 研究概要

2.1. 目的と評価項目

本研究では非接Lプラン住宅において、冬期の非居室の温熱環境を改善するため、非居室の外皮を他部位よりも断熱性能を高くする部分断熱強化を行う改修による非居室の室温改善および暖房一次エネルギー消費量の削減を目的として、省エネルギー改修を想定し計算を行った。温熱環境シミュレーションプログラム AE-Sim/Heat を用いて、非居室の空気温度が 18℃以上となる割合、非居室の最低空気温度、住宅全体の暖房一次エネルギー消費量、非居室の補助暖房の一時間当たりの最大暖房負荷および年間暖房一次エネルギー消費量を算出した。平成4年の省エネルギー基準相当の断熱等級3の非接Lプラン住宅を改修前の住宅とし、非居室の外皮を他部位よりも断熱性能が高い非接Lプラン住宅、接Lプラン住宅などの複数の計算ケースについて検討を行った。

2.2. モデル概要

国土交通省総合技術開発プロジェクト「エネルギー自立循環型住宅建築・都市システム技術の開発」^[3]で作成された標準的な住戸の住宅モデルを「非接Lプランモデル」、その間取りを接Lプランに変更したモデルを「接Lプランモデル」とした。接Lプランモデルは非居室が暖房室に隣接しており、暖房室から廊下などを通らず脱衣所等に入室が可能な間取りとなっている。非接Lプランモデルおよび接Lプランモデルの平面概要図を図1、図2にそれぞれ示し、各室の面積と延べ面積を表1に示す。平成4年の省エネルギー基準相当の等級3を省エネルギー改修前の住宅とし、省エネルギー改修を想定して断熱性能を現行

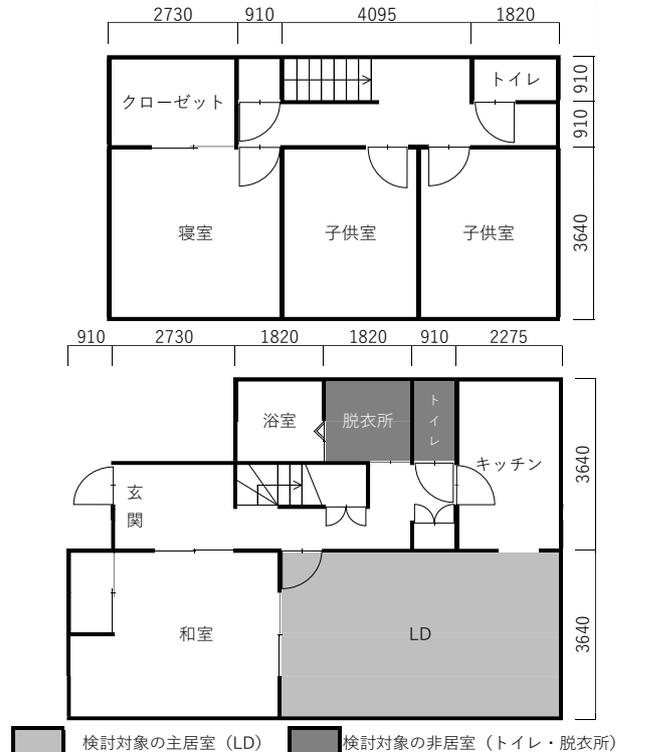


図1 非接Lプランの平面概要図（下：1階、上：2階）

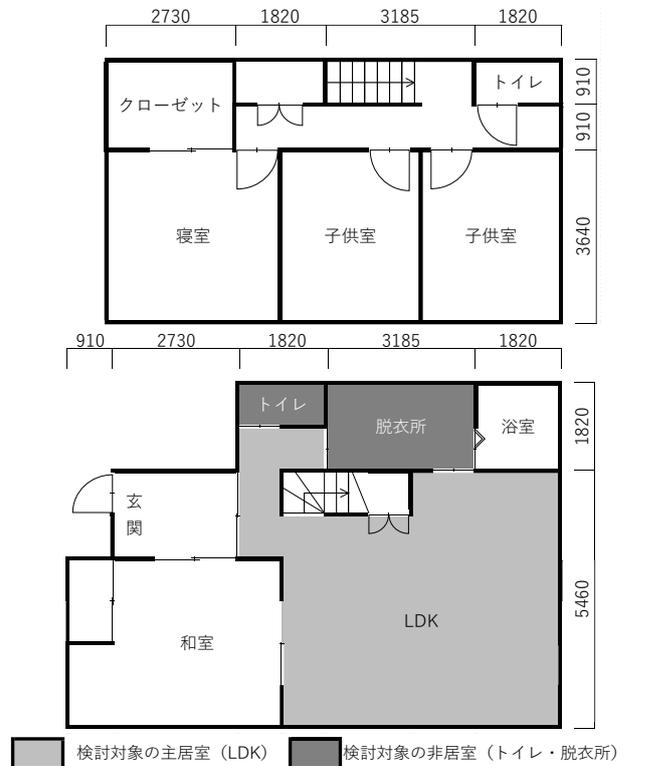


図2 接Lプランの平面概要図（下：1階、上：2階）

の省エネルギー基準を満たす等級 4、HEAT20 の G1、G2 に変更して計算を行った。計算を行ったケースの概要を表 2 に示す。

2.3. 設定条件概要

気象地点は省エネルギー地域区分が 7 地域の高知市とし、気象データは 2000 年版標準年 EA 気象データの HASP 形式を使用した。気象データの概要を表 3 に示す。最も人口が多い 6 地域を含む複数地点で計算を行ったが、先行研究^[4]により本研究で使用しているものと同じ非接 L プラン、接 L プランともどの断熱条件でも 6 地域と 7 地域で形成される室内温度にはほぼ差がない結果が示されたため、本研究では高知市の計算結果を例示する。在室者、暖冷房設備、内部発熱・照明機器および換気設備の設置場所や設定などについては、住宅事業建築主基準^[4]に準拠して配置・設定した。また、非接 L プランの非居室（トイレおよび脱衣所）の空気温度が 18℃未満とならないように住宅事業建築主基準^[5]に準拠した設定と別に非居室に補助暖房を導入した場合についても計算を行った。運転スケジュールは非居室を最も使用する 18 時から 22 時に設定した。

3. 計算結果

3.1. 非居室の空気温度が 18℃以上となる割合

冬期の夜間のトイレの空気温度を図 3 に、脱衣所の空気温度を図 4 に示す。縦棒グラフが 18℃以上となる割合を示し、薄いグレー部分は 18℃以上を示す。

住宅の非居室を除く外皮の断熱性能が同じ非接 L プランと接 L プランでは、接 L プランの方が非居室の空気温度が 18℃以上となる割合が高い結果となった。A-G4-H20G2 と B-G4 を比較するとトイレでは 12 ポイント、脱衣所では 49 ポイントの差となり脱衣所は大きな差となった。脱衣所の差が大きくなったのは、プランの変更に伴う脱衣所の室容積の変化によるものと考えられる。

非接 L プラン住宅において、非居室の外皮を他部位よりも断熱性能を高くする部分断熱強化改修を行った場合、住宅の外皮全体が同じ断熱性能となる省エネルギー改修の場合よりも非居室の空気温度が 18℃以上となる割合が高い結果となった。A-G4-H20G2 ではトイレは 45%、脱衣所は 23%となった。A-G4 と比べ、非居室の空気温度が 18℃以上となる割合が約 2 倍となった。

表 3 気象データの概要

気象地点	高知（7 地域）
データの種類	高知（2000 年標準年 EA 気象データ ^[6] ）
ファイル形式	HASP 形式

表 4 暖房設備の概要

暖房設備	暖房の種類	定格エネルギー消費[W]	暖房時 COP[-]	暖房期間	設定温度
エアコン	主暖房	450	6.0	11 月 21 日 ～4 月 7 日	20℃
セラミックヒーター	補助暖房	300（トイレ） 600（脱衣所）	1.0		18℃

表 1 各室の面積と延べ面積[m²]

プラン	LD・LDK	脱衣所	トイレ	延べ面積
非接 L プラン	29.81	3.31	1.66	120.08
接 L プラン	33.12	5.80	1.66	120.08

表 2 計算ケースの概要

ケース名	プラン	非居室を除く外皮の断熱性能	非居室の外皮の断熱性能	U _A 値	補助暖房の有無	
A-G3	非接 L	等級 3	等級 3	1.46	無	
A-G4		等級 4	等級 4	0.88	無	
A-G4-H20G1			HEAT20 G1	0.86	無	
A-G4-H20G2			HEAT20 G2	0.86	無	
A-H20G1		HEAT20 G1	HEAT20 G1	0.56	無	
A-H20G1-H20G2			HEAT20 G2	0.56	無	
A-H20G2			HEAT20 G2	0.45	無	
B-G3		接 L	等級 3		1.45	無
B-G4			等級 4		0.87	無
B-H20G1	HEAT20 G1			0.56	無	
B-H20G2	HEAT20 G2			0.45	無	
A'-G3	非接 L	等級 3	等級 3	1.46	有	
A'-G4		等級 4	等級 4	0.88	有	
A'-G4-H20G1			HEAT20 G1	0.86	有	
A'-G4-H20G2			HEAT20 G2	0.86	有	
A'-H20G1		HEAT20 G1	HEAT20 G1	0.56	有	
A'-H20G1-H20G2			HEAT20 G2	0.56	有	
A'-H20G2			HEAT20 G2	0.45	有	
B'-G3		接 L	等級 3		1.45	有
B'-G4			等級 4		0.87	有
B'-H20G1	HEAT20 G1			0.56	有	
B'-H20G2	HEAT20 G2			0.45	有	

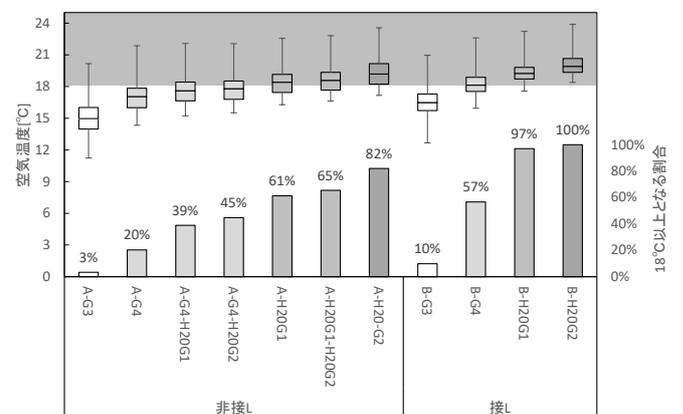


図 3 冬期の夜間のトイレの空気温度（高知）
※18℃以上の部分を薄いグレーの範囲で示す

3.2. 非居室の最低空気温度

住宅の非居室を除く外皮の断熱性能が同じ非接Lプランと接Lプランでは、接Lプランの方が非居室の最低空気温度が高い結果となった。A-G4-H20G2とB-G4の最低空気温度を比較するとトイレでは約0.5℃、脱衣所では約3℃の差となった。脱衣所の差が大きくなったのは、プランの変更に伴う脱衣所の室容積の変化によるものと考えられる。

非接Lプラン住宅において、非居室の外皮を他部位よりも断熱性能を高くする部分断熱強化改修を行った場合、住宅の外皮全体が同じ断熱性能となる省エネルギー改修の場合よりも非居室の最低空気温度が高い結果となった。A-G4とA-G4-H20G2を比較するとトイレでは約1℃、脱衣所では約0.5℃の差となった。

イギリス保健省の防寒計画^[2]では、16℃未満で呼吸器系疾患への抵抗力が低下するとしているが、非接LプランではトイレでA-G4-H20G2、脱衣所でA-H20G1-H20G2以下の断熱性能では空気温度が16℃未満となった。接Lプランではトイレ、脱衣所どちらもB-G3のみ空気温度が16℃未満となった。非居室の外皮を他部位よりも断熱性能を高くする部分断熱強化改修を行った場合、非居室の空気温度はほとんど変化しない結果となった。

3.3. 住宅全体の年間暖房一次エネルギー消費量

住宅全体の年間暖房一次エネルギー消費量を図5に示す。住宅の非居室を除く外皮の断熱性能が同じ非接Lプランと接Lプランでは、接Lプランの方が住宅の年間暖房一次エネルギー消費量が多い結果となった。これは、プランの変更に伴う居室の室容積の変化が影響していると考えられる。A-G4-H20G2とB-G4の住宅の年間暖房一次エネルギー消費量を比較すると0.7GJの差となった。B-G4とA-G4、A-G4-H20G1、A-G4-H20G2の年間暖房一次エネルギー消費量を比較すると、A-G4、A-G4-H20G1、A-G4-H20G2の方が約12%削減できる結果となった。

非接Lプラン住宅において、非居室の外皮を他部位よりも断熱性能を高くする部分断熱強化改修を行った場合、住宅の外皮全体が同じ断熱性能となる省エネルギー改修の場合と比べ年間暖房一次エネルギー消費量に大きな差は無い結果となった。A-G4-H20G2の年間暖房一次エネルギー消費量は3.3GJであり、A-G4とA-G4-H20G2を比較すると0.2GJの差となった。A-H20G1とA-H20G1-H20G2を比較すると0.1GJ以下の差となった。

3.4. 非居室の補助暖房

非居室に補助暖房を導入した場合の1時間当たりの最大暖房一次エネルギー消費量を図6、図7に示す。B-H20G1およびB-H20G2は非居室の空気温度が十分高いと判断し補助暖房の導入を行わなかった。住宅の非居室を除く外皮の断熱性能が同じ非接Lプランと接Lプランでは、接Lプランの方が住宅の年間暖房一次エネルギー消費量が少ない結果となった。A-G4-H20G2とB-G4の1時間当たりの最大暖房一次エネルギー消費量を比較するとトイレでは約600kJ、脱衣所では約3000kJの差となった。

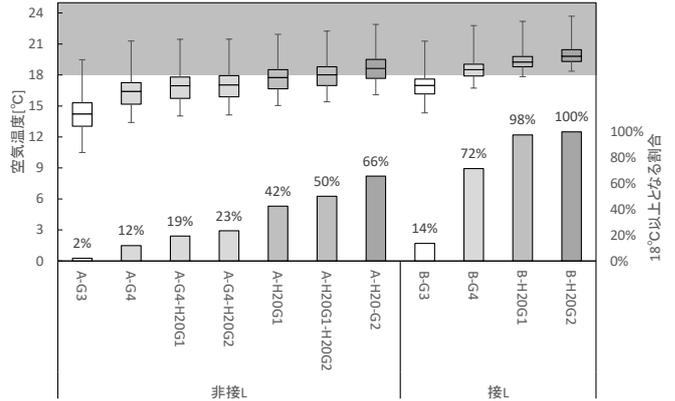


図4 冬期の夜間の脱衣所の空気温度（高知）
※18℃以上の部分を薄いグレーの範囲で示す

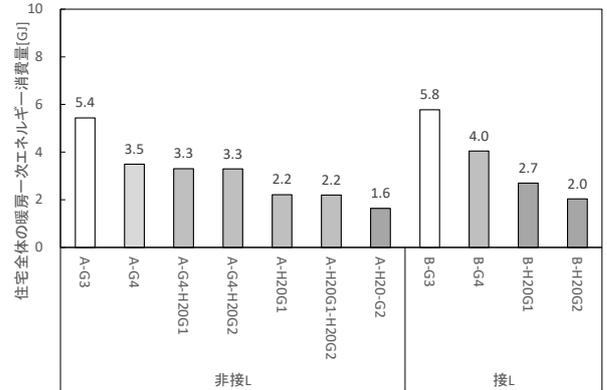


図5 住宅全体の年間暖房一次エネルギー消費量（高知）

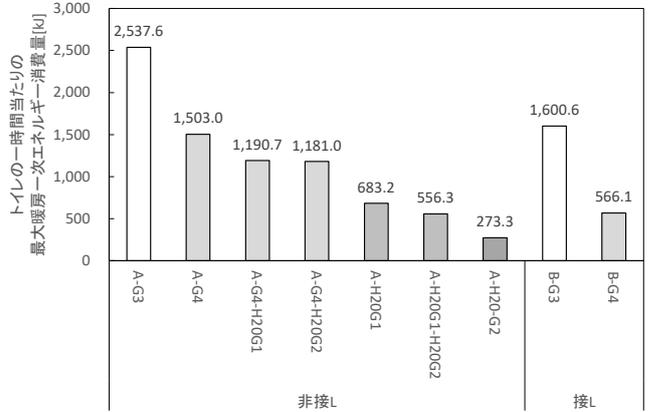


図6 トイレの1時間当たりの最大暖房一次エネルギー消費量（高知、補助暖房）

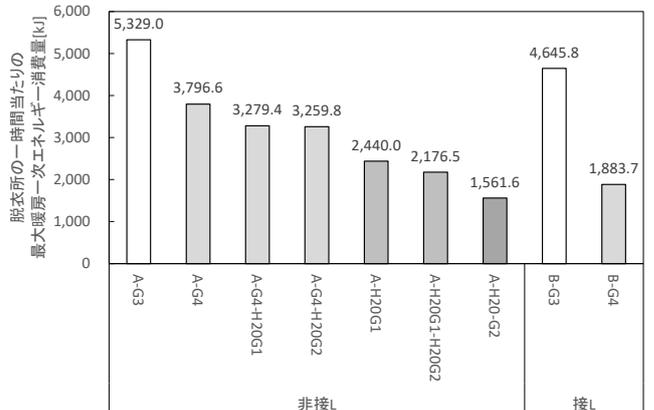


図7 脱衣所の1時間当たりの最大暖房一次エネルギー消費量（高知、補助暖房）

非居室を 18℃以上に保つための補助暖房の年間暖房一次エネルギー消費量を図 8、図 9 に示す。住宅の非居室を除く外皮の断熱性能が同じ非接Lプランと接Lプランでは、接Lプランの方が年間暖房一次エネルギー消費量が少ない結果となった。A-G4-H20G2 と B-G4 の非居室を 18℃以上に保つための年間暖房一次エネルギー消費量を比較するとトイレでは 25.2MJ、脱衣所では 152.8MJ の差となった。

非接Lプラン住宅において、非居室の外皮を他部位よりも断熱性能を高くする部分断熱強化改修を行った場合、住宅の外皮全体が同じ断熱性能となる省エネルギー改修の場合よりも非居室を 18℃以上に保つための補助暖房の年間暖房一次エネルギー消費量が少ない結果となった。A-G4 と A-G4-H20G2 を比較するとトイレでは 54.6MJ の差があり約 50%削減、脱衣所では 117.7MJ の差があり約 40%削減できる結果となった。

4. 非居室の空気温度と暖房一次エネルギー消費量

図 10 に非居室の外皮を他部位よりも断熱性能を高くする部分断熱強化改修を行った場合と住宅の外皮全体が同じ断熱性能となる省エネルギー改修の場合の非居室の空気温度が 18℃以上となる割合と暖房一次エネルギー消費量を示す。非居室の外皮を他部位よりも断熱性能を高くする部分断熱強化改修では暖房一次エネルギー消費量は大きく変化しないが非居室の空気温度が 18℃以上となる割合は増加させることが把握できた。また、非居室のみでなく任意の部屋の外皮性能を向上させることでその部屋の空気温度を向上が可能であることが考えられる。

非接Lプラン住宅の非居室に補助暖房を導入することで補助暖房を導入しない場合と比べ非居室を除く外皮の断熱性能が等級 4 相当の場合は、住宅全体の年間暖房一次エネルギー消費量の約 7~10%、HEAT20 G1 相当の場合は約 4~6%程度の暖房一次エネルギー消費量で冬期に非居室の空気温度を 18℃以上に保つことができる結果となった。接Lプラン住宅では断熱性能が等級 4 相当の場合は約 2%程度の暖房一次エネルギー消費量で冬期に非居室の空気温度を 18℃以上に保つことができる結果となった。

5. おわりに

非接Lプラン住宅を対象に外皮を他部位よりも断熱性能を高くする部分断熱強化改修をシミュレーション上で行った。非居室の外皮を他部位よりも断熱性能を高くする部分断熱強化改修を行うことで、住宅の年間暖房一次エネルギー消費量をほとんど増加させることなく非居室の空気温度が 18℃以上となる割合を増加させることが可能であるといえる結果となった。非接Lプラン住宅において非居室に補助暖房を導入することで非居室を除く外皮の断熱性能が等級 4 相当の場合は、補助暖房を導入しない場合と比べ住宅全体の年間暖房一次エネルギー消費量の約 7~10%の暖房一次エネルギー消費量で冬期に非居室の空気温度を 18℃以上に保つことができると把握できた。

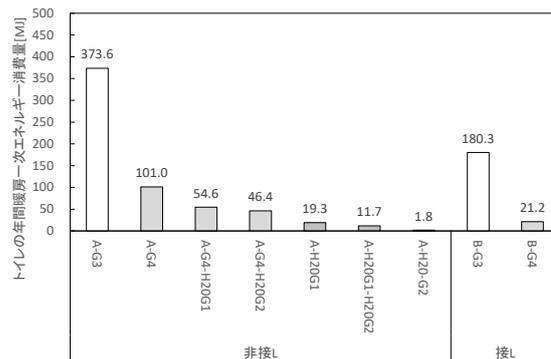


図 8 トイレの年間暖房一次エネルギー消費量 (高知、補助暖房)

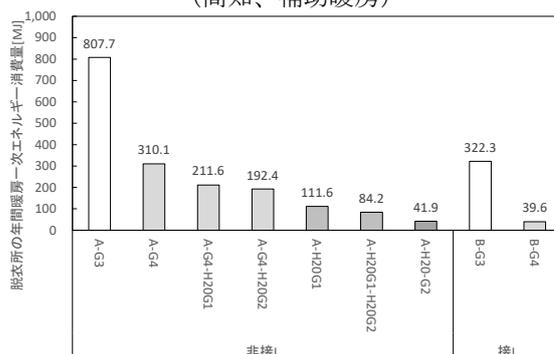


図 9 脱衣所の年間暖房一次エネルギー消費量 (高知、補助暖房)

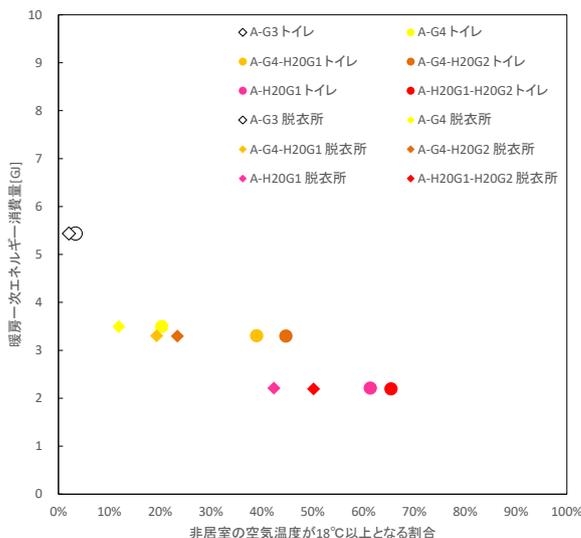


図 10 非居室の空気温度が 18℃以上となる割合 (高知) (○がトイレ、◇が脱衣所を示す)

参考文献

- [1] 西山亮, 河田浩太郎, 田島昌樹:住宅の室内環境とエネルギー消費量の実態調査 その 2 主居室と非居室の位置関係と室温温度差に関する分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 41300, 2018.9 [2]The Cold Weather Plan for England, Protecting health and reducing harm from cold weather, Public Health England, 2015 [3]国土交通省国土技術政策総合研究所 住宅研究部 建築環境研究室, 「エネルギー自立循環型建築・都市システム技術の開発」(平成 13-17 年度) 報告書, <http://www.nili.m.go.jp/lab/icg/jiritsu.htm>, 2019.1 取得 [4]西山亮, 住宅属性と居住者の温熱環境調整行為が室内温熱環境および暖冷房エネルギー消費に与える影響, 高知工科大学大学院修士論文 [5] 財団法人建築環境・省エネルギー機構 編集・発行, 住宅事業 建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算方法の解説, 2009.3.23 [6] 日本建築学会, 拡張アメダス気象データ 1981-2000 Expanded AMeDAS Weather Data