

# S 地区における住宅の室内環境とエネルギー消費量の分析

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  
 1160010 市原 亮  
 指導教員：田島 昌樹

既存住宅 アンケート調査 一次エネルギー消費量  
 限界集落 住まい方 省エネルギー

## 1 はじめに

調査対象地区である S 地区は省エネルギー基準における地域区分は 6 地域となっており<sup>[1]</sup>、高知県の中山間地域に位置している。当該地区では人口減少が続いており、2013 年には同地区内の小学校が休校となった。高齢者のエネルギー使用量は、在宅時間が長いことから、標準より高いと考えられており<sup>[2]</sup>、当該地区でも省エネルギー上の課題が考えられる。

住宅でのエネルギー消費の課題として、既存住宅の多くは十分な断熱化がなされていないため、冷暖房使用時には過大なエネルギーが消費されている<sup>[3]</sup>。エネルギー負荷を低減するためには、建物内の冷氣・暖気を逃がさず日射や自然風を活用できるように設計することが重要であり、そのためには建物の高断熱化やエネルギー使用機器の高効率化が重要である。

そこで本研究では、S 地区を対象として住まい方、住宅属性、室内環境およびエネルギー消費に関する現状把握を行うことを目的とし、アンケートにより住宅属性や住まい方に関する情報と電気料金などのエネルギーデータを収集した。アンケートの対象とした一部の住宅では室内環境の実測調査も行い、S 地区の住宅の室内環境やエネルギー消費量をアンケート結果と結びつけ分析を行った。

## 2 アンケート調査

### 2.1 調査概要

アンケート調査の概要を表 1 に示す。調査項目として、夏期における冷房の使用法、冬期における暖房の使用法、給湯機器の使用法、家電・照明機器の使用法、住宅属性、改修・建て替えへの意識、回答者属性に関する質問など複数の設問を設けた。回答方式は、単一回答、または複数回答による選択方式を主とし、一部自由回答方式を採用した。調査の方法はアンケート用紙を使って、S 地区の住宅に 1 軒ずつ訪問し聞き取り調査を行った。電気料金などの光熱費は検針伝票、領収書など、明細の保管がある場合のみ、1 年間の光熱費を調査した。計 57 件アンケートを実施し、50 件の有効回答を得た。有効回収率は 87% であった。光熱費のデータは計 12 件の住宅で取得した。

表 1 住まい方に関するアンケート調査の概要

項目	内容
実施期間	2015 年 8 月～2015 年 12 月
調査方法	訪問聞き取り調査
調査項目	①夏期の冷房の使用法②冬期の暖房の使用法 ③給湯機器の使用法④家電、照明機器の使用法 ⑥改修・建て替えへの意識⑦光熱費⑧回答者属性
調査件数	50 件 (57 件配布) 光熱費データ取得件数：12 件

### 2.2 住宅属性および回答者属性

住宅属性および回答者属性の集計結果を図 1～5 に示す。回答者の性別は、全体 50 人のうち男性 18 人、女性 32 人で女性が多く、年代は 60 代以上が過半数を占める結果となった。住宅形態は戸建が 100%、築年数は 35 年以上の住宅が 48%を占めており、高知県の住宅・土地統計調査<sup>[4]</sup>の値 33%と比較すると 15 ポイント高い値となった。平均世帯人数は 3.2 人で、当該地区の国勢調査<sup>[5]</sup>の結果 2.5 人 (2010/10/1 現在)と比較すると、0.7 人多い結果となった。床面積は平均値が 125.5 m<sup>2</sup>となり、高知県の平均値<sup>[6]</sup>である 115.3 m<sup>2</sup>と比較すると 10 m<sup>2</sup>大きい値となった。高知県の平均値と本調査で得たデータを比較すると、築年数と回答者年代などから、S 地区では高齢化が進んでいることが示唆される結果となった。

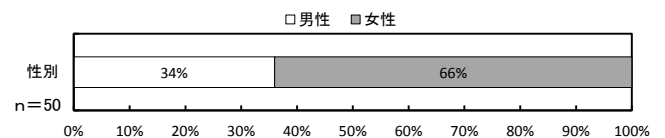


図 1 回答者の性別の単純集計結果

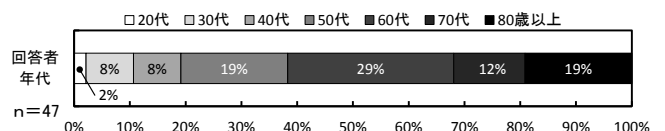


図 2 回答者年代の単純集計結果

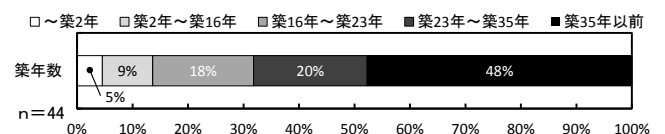


図 3 築年数の単純集計結果

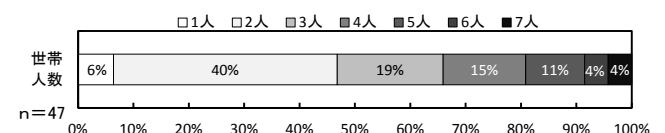


図 4 世帯人数の単純集計結果 (平均値：3.2 人)

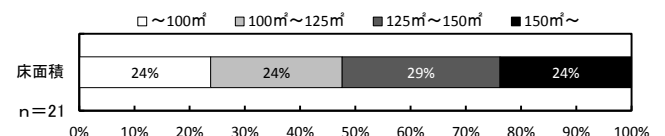


図 5 床面積の単純集計結果 (平均値：125.5 m<sup>2</sup>)

## 2.3 冷暖房の使用に関する分析結果

アンケート結果の内、冷房の使用方法与満足度との関連性について $\chi^2$ 検定（独立性の検定）を実施し、有意確立を調べた。図6、7に各回答の内訳を示す。表2は夏期のエアコンの設定温度（26～28℃、22～25℃）と冷房全般の満足度（満足～不満の5段階）をクロス集計し、p値検定を行ったものであり、表3は夏期のエアコンの設定温度と購入年をクロス集計し、p値検定を行ったものである。なお回答の無かった不満の項目と未回答のデータについては母集団から除外している。

図6より、冷房全般の満足度についてはエアコンの設定温度が26～28℃では「満足」と「やや満足」の回答が多く、22～25℃では「どちらともいえない」、「やや不満」の回答が多い傾向が見られた。有意確立（p）は0.008となり両者には有意な関連があるといえる結果となった（表2）。設定温度と満足度の関係としては満足度の項目に最も有意差が見られたことから、設定温度が高いと満足度も高い傾向にあると言える。アンケートでは満足度に起因する要因を問う質問も行ったが、結果としては温熱環境（温度的な快適さ）を要因とする回答が最も多く、冷房の設定温度を26～28℃にした場合に快適さをより実感している結果となった。

図7より、エアコンの設定温度と購入年について、26～28℃に設定している家庭ではエアコンを「10年以内」に購入した回答が多く、22～25℃に設定している家庭に比べて、その割合が多くなった。有意確立は0.05となり両者には有意な関連があるといえる結果となった（表3）。設定温度を26～28℃に設定している家庭では、機器を10年以内に購入したケースが多く、機器の効率が冷房の満足度に寄与していることが示唆された。

なお冬期の暖房の使用方法与満足度に関するクロス集計では、使用している暖房機器の種類が様々であったため有意差は確認できなかったが、使用暖房機器によって後述する室内環境には留意が必要な結果となった。

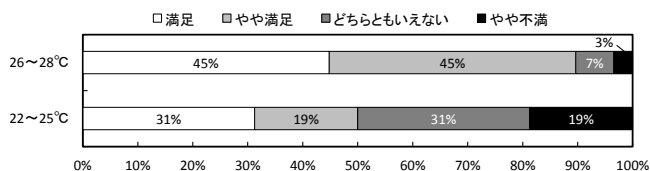


図6 夏期のエアコンの設定温度と冷房全般の満足度

表2 エアコンの設定温度と冷房全般の満足度のp値検定

全体の p=0.008 n=45		冷房全般の満足度			
		満足	やや満足	どちらともいえない	やや不満
エアコンの 設定温度	26～28℃	0.004	0.01	0.04	0.02
	22～25℃				

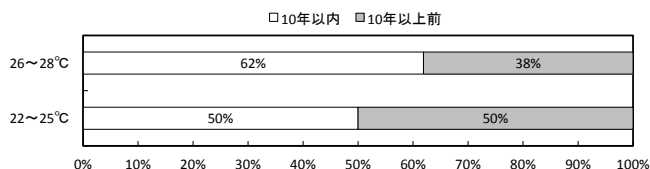


図7 夏期のエアコンの設定温度と購入年

表3 エアコンの設定温度とエアコンの購入年のp値検定

全体の p=0.05 n=31		エアコンの購入年	
		10年以内	10年以上前
エアコンの 設定温度	26～28℃	0.01	
	22～25℃	0.02	

## 3 室内環境の実測調査

アンケート調査を行った住宅の内、調査時に了承を得た住宅で夏期と冬期に室内環境の実測調査を行った。測定住宅の概要を夏期と冬期に分け、表5と表6に示す。測定は主にリビング・寝室・非居室（トイレ、脱衣所など）で行った。測定項目は夏期は空気温度・相対湿度（測定器：RTR-53A）、二酸化炭素濃度（測定器：KNS-CO2S）、WBGT（測定器：HI-2000SD）、電力消費量（測定器：KNS-WP-WL）を測定した。冬期はWBGTを除いた夏期と同様の測定を行った。測定は全ての項目で10分間隔とした。測定結果を図9～15に示す。B、C、D邸については夏期、冬期共に実測を行った。なおD邸は同時期の高知市で測定した住宅を参考として示している。室内環境の評価には建築物衛生法の衛生管理基準値<sup>[7]</sup>とWBGTの指標を用いており、熱中症の危険性を表す基準値<sup>[8]</sup>は一般的な人が家の中で、掃除などの家事（中程度の作業）を行っている場合の値である26℃としている（表4、図8）。図中において青色で示す範囲は各基準値以内の範囲を示す。図中の括弧内は基準内割合を示し、図中の数字は各測定値の平均値を示している。測定結果は起居時と就寝時に分けており、それぞれの時間帯は自立循環型住宅の定義を参考<sup>[9]</sup>に、起居時は7時～22時、就寝時は23時～6時に設定した。

表4 建築物衛生法の衛生管理基準値<sup>\*[7]</sup>

項目	衛生管理基準値
二酸化炭素濃度	1,000ppm
温度	17～28℃
相対湿度	40～70%RH

\*本研究での評価項目のみを抜粋

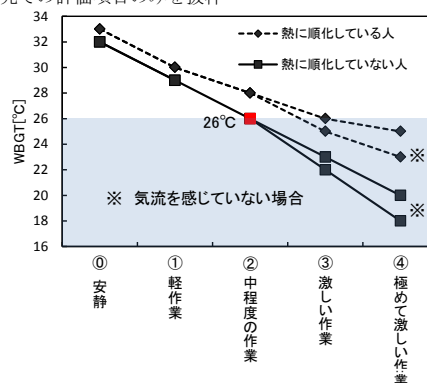


図8 WBGT指数に基づく作業者の熱ストレスの評価

（文献[8]を元に作成）

### 3.1 調査結果

#### 3.1.1 夏期の測定結果

図9に夏期におけるリビングでの起居時の空気温度を示す。A、C邸は空気温度が基準値より多少高い傾向にあり、A邸はエアコンを使用しているが窓開けの時間も長く、外気温の影響を受けやすかったことが原因として考えられる。B邸はエアコンを18時間以上つけているため、他の住宅より温度が低い傾向にあると考えられる。C邸は冷房不使用で窓開けのみであったが基準値内割合が45.9%であるのは山間部で外気温が低いからだと考えられる。D邸は、窓開けのみでエアコンを使用していないこともあり、8割以上の時間帯で基準値を上回っている。図10に就寝時の寝室での空気温度を示す。寝室はどの住宅でも基準内に6割以上入っていた。

図11に起居時のWBGTを示す。D邸では前述の空気温度が高いという結果どおり、中央値が熱中症の危険性が危惧される26℃を上回っており、熱中症の危険性が高い結果となった。A、B、C邸について、8割以上の時間帯で26℃以下となっており、熱中症の危険性は低いと言える。

図12に起居時の二酸化炭素濃度を示す。B邸は最大値が基準値を超えているが、その原因として、24時間換気設備がなく、窓開けを1時間未満しか行っていないため、二酸化炭素濃度が高いことが考えられる。D邸はやや基準値を超えているが、12~18時間の窓開けを行っており、99%は基準値内にあるため問題はほとんどないと考えられる。A、C邸は基準値を超えることはなく、窓開けを長時間行っていることが実測結果からも伺える。

#### 3.1.2 冬期の測定結果

図13に冬期における起居時のリビングと非居室の空気温度を示す。B、E、D邸ではリビングと非居室の平均値で7~8℃程の温度差が見られヒートショックの危険性が示唆される結果となった。C、F邸では非居室との温度差は小さいが、リビング自体の温度が基準内にほとんど入っておらず、効果的な暖房の使用が望まれる結果となった。図14に就寝時の寝室と非居室での空気温度を示す。D邸の寝室を除き、どの住宅もほとんどの時間帯で基準内に入っておらず、寝室と非居室での空気温度は基準値を下回る結果となった。原因としては築年数が高いため断熱性能が低く家全体の温度が低くなっていること、寝室では暖房機器を使用していないこと、などが考えられる。実測を行った住宅では高齢者も住んでいるため、居室と非居室との温度差による健康リスクへの注意が必要である。

図15に起居時のリビングの二酸化炭素濃度を示す。B邸では石油ストーブを使用しており、窓開けも1時間未満と少ないためほとんどの時間帯で基準値を大きく上

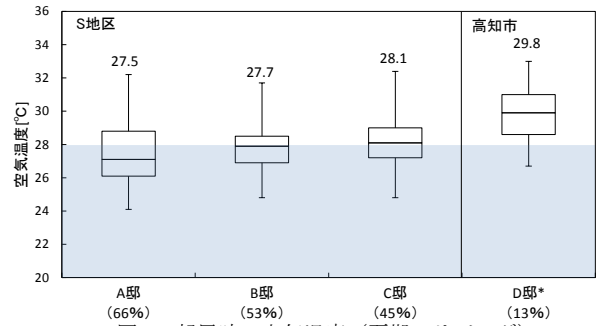


図9 起居時の空気温度（夏期、リビング）

※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

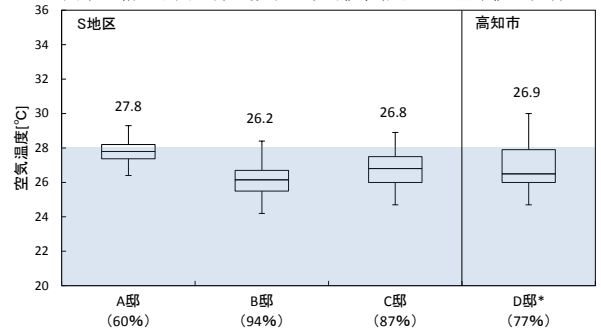


図10 就寝時の空気温度（夏期、寝室）

※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

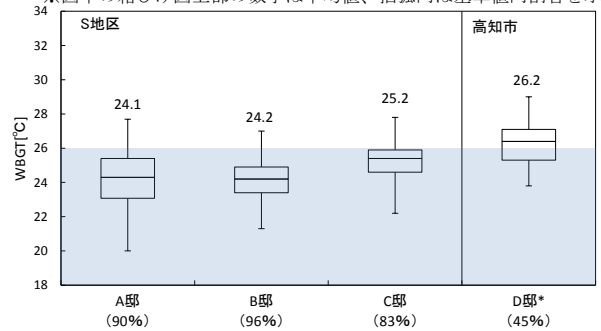


図11 起居時のWBGT（夏期、リビング）

※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

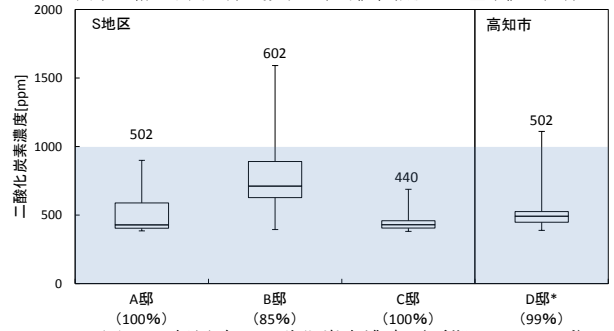


図12 起居時の二酸化炭素濃度（夏期、リビング）

※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

表5 アンケート結果を含めた対象住宅の概要（夏期）

	A邸 (100%)	B邸 <sup>†</sup> (85%)	C邸 <sup>†</sup> (100%)	D邸 <sup>**</sup> (99%)
測定期間	2015/8/14~ 9/1	2015/8/17~ 8/31	2015/8/20~ 9/8	2015/8/17~ 9/8
世帯人数	3人	2人	3人	4人
築年	2005年	1980年以前	1915年	1997年
延べ床面積	120㎡	82.6㎡	120㎡	120.4㎡
窓開けの時間	12~18時間	1時間未満	6~12時間	12~18時間
エアコンの設定温度	26℃	28℃	エアコン未使用	エアコン未使用
エアコンの使用時間	3~6時間	18~24時間	エアコン未使用	エアコン未使用
冷房全般の満足度	やや満足	満足	どちらともいえない	やや不満

\*D邸は同時期に高知市（7地域）で測定した住宅を参考として、示している  
†B、C、D邸については夏期、冬期共に実測を行っている

回ったと考えられ、窓開けを行うことが望まれる結果となった。C邸では石油ストーブ使用しているが他の住宅と比較すると基準を大きく上回ることにはなかった。これは窓開けを適度に行っているためだと考えられる。E邸は窓開けを6~12時間行っており3Qまで基準内だが、一瞬大きく基準を上回っているのはこの部屋はキッチンをかねていることが一因と考えられる。F邸では基準内割合が99%で二酸化炭素濃度が基準値を大きく上回ることにはなかった。

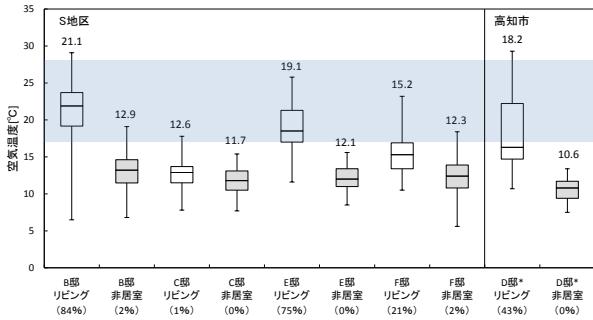


図13 起居時の空気温度 (冬期、リビング・非居室)

※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

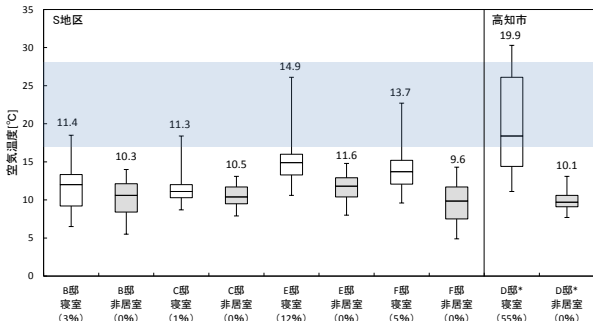


図14 就寝時の空気温度 (冬期、寝室・非居室)

※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

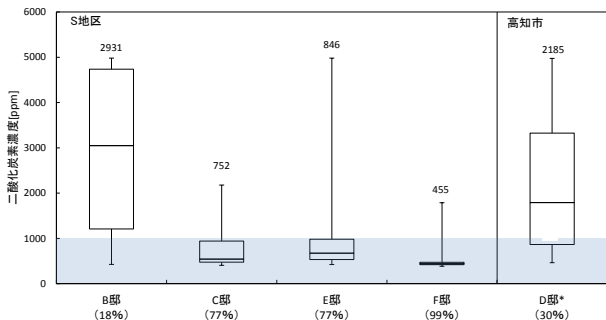


図15 起居時の二酸化炭素濃度 (冬期、リビング)

※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

表6 アンケート結果を含めた対象住宅の概要 (冬期)

	B邸*	C邸*	E邸	F邸	D邸**
測定期間	2015/12/22 ~12/30	2015/1/9 ~1/17	2015/12/22 ~12/30	2015/12/22 ~12/30	2015/1/9~1/17
世帯人数	2人	3人	2人	5人	4人
竣工年	1980年以前	1915年	1992年	1980年以前	1997年
延べ床面積	82.6㎡	120㎡	139.8㎡	138㎡	120.4㎡
窓開けの時間	1時間未満	1~3時間	6~12時間	1時間未満	1時間未満
使用暖房機器	石油ストーブ	石油ストーブ	エアコン	エアコン	石油ストーブ
暖房機器の使用時間	12~18時間	6~12時間	12~18時間	3~6時間	6~12時間
暖房全般の満足度	やや満足	どちらともいえない	満足	やや不満	満足

\*D邸は同時期に高知市(7地域)で測定した住宅を参考として、示している  
†B、C、D邸については夏期、冬期共に実測を行っている

#### 4 エネルギー消費量に関する分析

調査で得た光熱費のデータから年間一次エネルギー消費量を算出した。図16は世帯あたりの年間一次エネルギー消費量の平均値であり、エネルギー用途別の内訳を示している。またS地区は年間一次エネルギー消費量を箱ひげ図でも示している。図17は年間一次エネルギー消費量を世帯人数で割った値となっている。先行研究[10]と既往調査[11]の世帯人数は明記されていなかったため各都道府県の国勢調査[12]による平均世帯人数で算出したものとなっている。S地区と同じ6地域の県との平均値を比較すると大きな差は見られなかったが、最大値が1地域の平均値を超える消費量になり大きなばらつきが見られた。用途別で見ると同じ高知県内(7地域)のデータより暖房、給湯の値が大きい結果となった。

#### 5 まとめ

本研究では、高齢化が進む高知県S地区において、エネルギー消費や室内環境に関する現状把握を目的とし、アンケート調査や実測調査を行い、その傾向や課題を整理した。

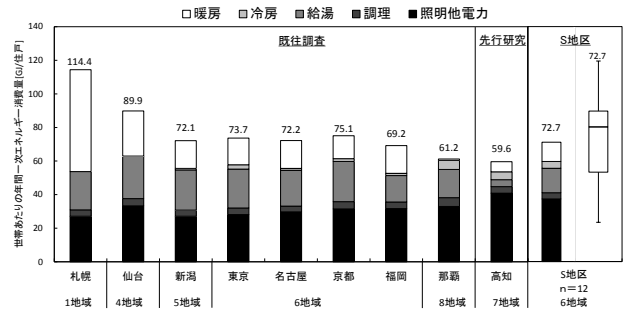


図16 世帯あたりの年間一次エネルギー消費量

※図中の棒グラフ上部の数字は最大値、箱ひげ図上部の数字は平均値を示す

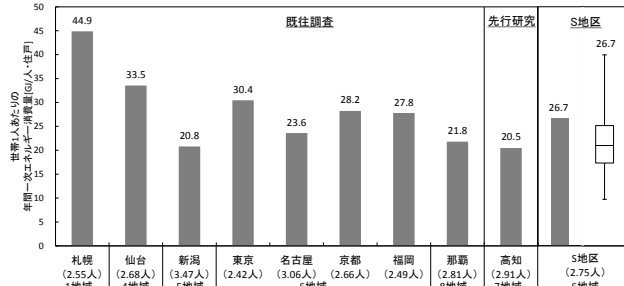


図17 世帯1人あたりの年間一次エネルギー消費量

※図中の棒グラフ上部の数字は最大値、箱ひげ図上部の数字は平均値を示す

<参考文献> [1]国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所監修『平成25年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説(II住宅)』, 2013.5 pp1070-1074 [2]環境省 環境白書 第2節 少子高齢化及び過疎過密問題と環境影響 <https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/honbun.php3?kid=212&serial=12085&bf1g=1> 2016.2.10 取得 [3]環境省「低炭素社会の実現に向けた脱温暖化2050プロジェクト」, <https://www.env.go.jp/council/06earth/y060-80/mat04.pdf> 2015.12.10 取得 [4]高知県住宅・土地統計調査2015年5月28日 [5]総務省統計局 国勢調査2010年10月1日調査 <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/> 2016.1.7 取得 [6]総務省統計局 社会生活統計指標-都道府県の指標-2014 [7]厚生労働省建築環境衛生管理基準 <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsuei/sei10/> 2016.1.22 取得 [8]環境省 熱中症予防情報サイト <http://www.wbgt.env.go.jp/wbgt.php> 2016.1.22 取得 [9]国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所監修:自立循環型住宅への設計ガイドライン蒸暑地版,2010年8月 [10]多田のぞみ 望岡真優 田島昌樹:全国を対象とした住宅の室内環境及びエネルギー消費量の事例調査 その2エネルギー消費量の調査,日本建築学会四国支部研究報告集 第15号,日本建築学会 pp99-100, 2015.5 [11]澤地孝男ら:用途別エネルギー消費量原単位の算出と推定式の作成,日本建築学会計画系論文集 第462号, pp41-48 1994.8 [12]総務省統計局 国勢調査1990年調査 <https://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL02100104.do?tocd=00200521> 2016.1.22 取得