

地域気候特性を考慮したトレーラーハウスの冷暖房負荷評価

宮本 樹
指導教員 佐藤 理人

トレーラーハウス モバイル建築 数値解析
冷暖房負荷 省エネ地域区分 シミュレーション

1. 研究目的・背景

トレーラーハウスは移動可能性や設置の容易さといった特性を活かし、居住用住宅のみならず宿泊施設やオフィス、さらには災害時における応急住宅として幅広い用途で利用が進んでいる。しかしながら、トレーラーハウスは構造上、一般住宅と比較して断熱性能や気密性能が十分でない場合が多く、外気象の影響を受けやすいという課題を有している。とりわけ日本は南北に長く、かつ山岳地帯と沿岸部を併せ持つ地形的特徴により、多様な気候特性が存在することが知られている。このような気候特性の差異は、設置場所を選択できる利点を持つトレーラーハウスの冷暖房エネルギー需要や室内環境に多大な影響を及ぼすことが想定される。

既往研究において山岡ら¹⁾は、数値解析を用いた建物熱負荷評価に関する研究を行い、パラメトリックスタディによって最適な開口部の面積及び方位を明らかにした。また原田ら²⁾は省エネルギー基準に基づく地域区分ごとの冬季室内温熱環境を、熱流体解析ソフトを用いた数値解析を行っているが、一般住宅や集合住宅を対象とした冷暖房負荷・省エネルギー性能評価に関するものほとんどであり、移動可能な軽量構造体であるトレーラーハウスを対象とした体系的な検討は限られている。

特に地域区分を前提に、全国的な気候特性を踏まえた冷暖房負荷の比較研究は十分に行われておらず、地域特性に即した設計指針や省エネルギー対策に関する知見は不足している。そのため、トレーラーハウスの利用拡大に伴い、地域特性を考慮した適切な断熱・遮熱設計、省エネルギー対策の検討が急務となっており、多様な利用方法を図る上でも重要な要素である。

そこで本研究では、トレーラーハウスの設置地域ごとの気候条件が冷暖房負荷に与える影響を数値解析により実施し、地域特性に応じた最適な外皮性能を明らかにすることを目的とする。

2. 数値解析用モバイル建築モデルと気象データ

本研究では計算に山岡ら¹⁾と同様のトレーラーハウスモデルを使用した。モデルの平面図と立面図を図1及び図2に示す。車長7.3m 車幅2.5m 車高3.6m(シャーシ部分含) 天井高2.6mとし、室容積36.69m³の計算モデルを

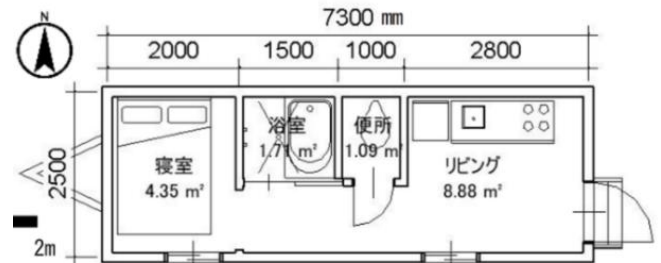


図1 計算モデル平面図

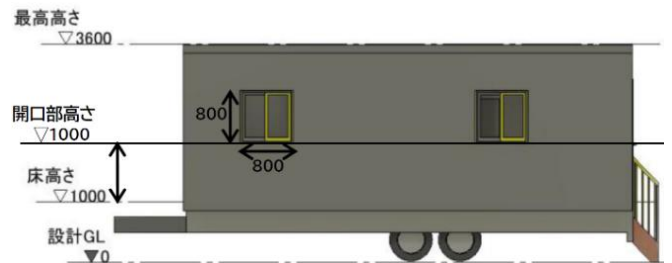


図2 計算モデル立面図

表1 数値解析モデル概要

構造		木造枠組み工法		
延床面積			16.03	
建物高さ			3.6	
天井高			2.45	
容積			36.69	
想定居住人数			2	
人体顕熱(SH) 潜熱(LH) 発熱量		(SH) 118W, (LH) 106W		
日射吸収率			0.70	
長波長放射率			0.95	
部位	断面仕様	熱伝導率 [W/(mK)]	厚さ [mm]	
外壁 U=0.278 (W/m²K)	アルミニウムサイディング	180	14	
	通気層	-	18	
	透湿防水シート	-	-	
	構造用合板	0.12	9	
	高性能グラスウール24K	0.036	100	
	石膏ボード	0.65	12	
床 U=0.112 (W/m²K)	ビニルクロス	-	0	
	フローリング	0.12	18	
	構造用合板	0.12	12	
	高性能硬質ウレタンボード	0.021	100	
	アルミニウムサイディング	180	12	
	アスファルトルーフィング	-	0	
屋根 U=0.345 (W/m²K)	構造用合板	0.12	12	
	高性能グラスウール24k	0.036	100	
	石膏ボード	0.65	12	
	ビニルクロス	-	2	
	引違い窓 U=1.98 (W/m²K)	樹脂サッシ Low-E 複層ガラス日射遮蔽型	-	3+12+3
	ドア U=5.62 (W/m²K)	木製ドア	-	30

用いる。計算の外装材種については日本で最も多く採用されている金属系として、アルミニウムサイディングとする。外壁、屋根の断熱材種については、高性能グラスウール 24K、床に高性能硬質ウレタンボード、開口部には樹脂サッシ+Low-E 複層ガラスを用いる。部位別の熱貫流率 U 値は、外壁 0.278W/m²K、床 0.112W/m²K、屋根 0.345W/m²K として計算を行った。

想定居住人数は夫婦共働き（2 人）を想定する。人体発熱量は人体顕熱（SH）118W、人体潜熱（LH）106W とする。数値解析モデルの概要を表 1 に示す。解析対象空間は、リビング及び寝室とし、設置地域として省エネ地域区分の 8 地域にそれぞれ分類されている都市から 1 地域を除き県庁所在地を選定し、EA 標準気象データを外気象データとして用いた(図 3)。1 地域は北海道枝幸町を選定した。2 地域は北海道札幌市、3 地域は岩手県盛岡市、4 地域は山形県山形市、5 地域は栃木県宇都宮市、6 地域は大阪府大阪市、7 地域は高知県高知市、8 地域は沖縄県那覇市を選定した。計算期間は 1 月 1 日から 12 月 31 日の期間を毎時ステップで計算を行った。

3. トレーラーハウスの冷暖房負荷解析条件

本研究では、動的熱負荷計算プログラムとして EnergyPlus-ver23.2.0 を用いた。表 2 に冷暖房負荷条件を示す。冷暖房期間も山岡と同じように日本工業規格を参考とした。冷房期間は、日平均気温が 22°C 以上となる 3 回目の日から、日平均気温が 22°C 以上である最終日より 2 日前まで、暖房期間は、日平均気温が 14°C 以下となる 3 回目の日から、日平均気温が 14°C 以下である最終日より 2 日前の日までとした。

各選定都市の冷房期間は 1 地域が 8 月 22 日～9 月 7 日、2 地域が 7 月 7 日～9 月 5 日、3 地域が 6 月 28 日～9 月 13 日、4 地域が 6 月 13 日～9 月 30 日、5 地域が 5 月 18 日～10 月 8 日、6 地域が 5 月 21 日～10 月 8 日、7 地域が 5 月 26 日～10 月 11 日、8 地域が 3 月 5 日～12 月 22 日。

暖房期間は 1 地域が 9 月 23 日～7 月 1 日、2 地域が 10 月 10 日～6 月 15 日、3 地域が 10 月 13 日～5 月 31 日、4 地域が 10 月 16 日～5 月 14 日、5 地域が 10 月 29 日～5 月 8 日、6 地域が 11 月 14 日～4 月 25 日、7 地域が 11 月 11 日～4 月 17 日、8 地域は該当期間なしとなった(表 3)。

冷房設定湿度は 27°C50%、暖房設定温度は 22°C とし、冷暖房期間中は終日 ON とした。換気回数は 0.5 回/h とし、居間、寝室は第三種換気方式（熱交換無）とした。また家具等の熱容量は顕熱、潜熱に分けて設定した。表 4 に各居室における照明及びコンセント機器等の最大発熱量を示す。照明、コンセント機器等の発熱は顕熱のみを想定した。

4. 自然室温計算結果

同一トレーラーハウスで省エネ地域区分別の居間における自然室温の計算結果例の代表として高知市と那覇市に注目し、夏季(8/30)及び冬季(高知 2/10、那覇 2/12) に

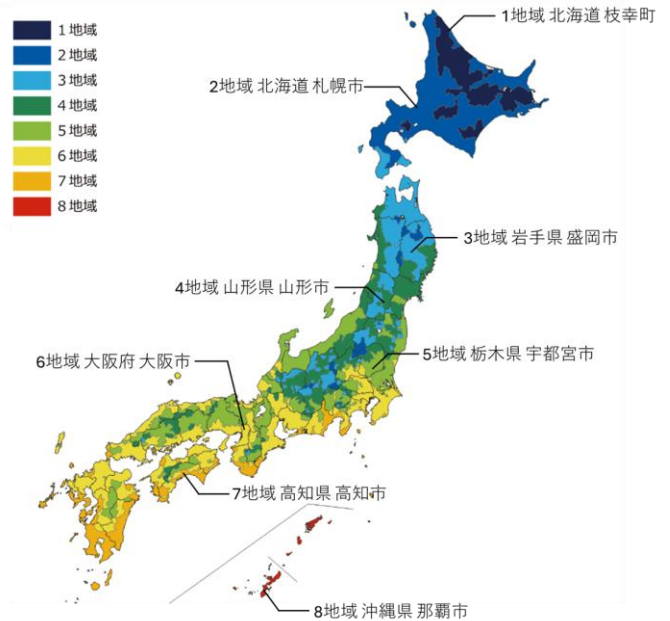


図 3 各地域区分の計算対象都市

表 2 冷暖房負荷計算条件

解析ソフト	EnergyPlus-ver25.1.0
気象データ	標準気象データ
計算期間	1 月 1 日～12 月 31 日
冷房設定温度	27°C、50%(終日運転)
暖房設定温度	22°C(終日運転)
換気回数	0.5/h(居間、寝室)
室内顕熱容量	18.8J/m ³ K
室内潜熱容量	41.9KJ/m ³ (g/kg ³)

表 3 冷暖房期間

	都市名	冷房期間	暖房期間
1 地域	北海道 枝幸町	8 月 22 日 ～9 月 7 日	9 月 23 日 ～7 月 1 日
2 地域	北海道 札幌市	7 月 7 日 ～9 月 5 日	10 月 10 日 ～6 月 15 日
3 地域	岩手県 盛岡市	6 月 28 日 ～9 月 13 日	10 月 13 日 ～5 月 31 日
4 地域	山形県 山形市	6 月 13 日 ～9 月 30 日	10 月 16 日 ～5 月 14 日
5 地域	栃木県 宇都宮市	5 月 18 日 ～10 月 5 日	10 月 29 日 ～5 月 8 日
6 地域	大阪府 大阪市	5 月 21 日 ～10 月 8 日	11 月 14 日 ～4 月 25 日
7 地域	高知県 高知市	5 月 26 日 ～10 月 11 日	11 月 11 日 ～4 月 17 日
8 地域	沖縄県 那覇市	3 月 5 日 ～12 月 22 日	無し

表 4 内部負荷最大発熱量

	居間	寝室	浴室	便所
照明最大発熱量[W]	53.1	29.4	15.11	6.94
コンセント機器等最大発熱量[W]	384	145	85	35

ついて整理したものを図4及び図5に示す。

まず夏季の高知市と那覇市の自然室温を比較すると高知市の最高室温は36.2℃(17時)、最低室温は31.9℃(6時)となり、日較差は4.3℃となった。一方那覇市の最高室温は34.2℃(16時)、最低室温が32.1℃(6時)であり、日較差は2.1℃を示した。この結果より、那覇市より最高室温は高知市の方が高く、最低室温は那覇市の方が高くなる傾向を示した。

また冬季の自然室温は、高知市の最高室温が16.3℃(17時)、最低室温が9.3℃(6時)であり、日較差は7.0℃となった。一方那覇市の最高室温は22.5℃(16時)、最低室温が18.7℃(6時)であり、日較差は3.8℃を示した。冬季については、最高、最低室温とも大きく異なり、高知では最高室温が約6℃低く、最低室温も約9℃低い結果となり、高知市については日較差も7℃と大きいことが明らかとなった。本研究で設定した断熱性能は一般木造戸建住宅ではU_A値0.6相当となるような断熱仕様であるが、室容量が小さいこと等が影響し、一般住宅よりも日較差が非常に大きくなるのが特徴の一つであるといえる。

5. トレーラーハウスの年間冷暖房負荷計算結果

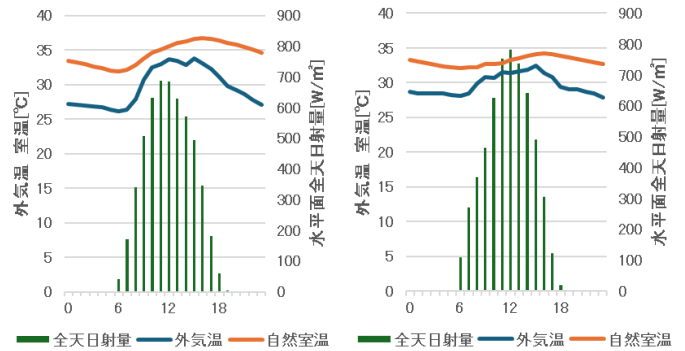
計算した省エネ地域区分全8地域に関する年間冷暖房負荷計算結果を図6及び表5に示す。また冷房負荷については顕熱負荷、潜熱負荷に分けて示す。計算結果より年間冷暖房負荷については、緯度が高くなるほど暖房負荷が大きくなり、緯度が低くなるほど冷房負荷が大きくなる傾向を示した。

年間冷暖房負荷については、那覇市が最大となり、890MJ/m²、高知市が最小の606MJ/m²を示した。また冷房負荷に注目すると、那覇市で最大の889MJ/m²、枝幸町で最小の25MJ/m²を示した。暖房負荷については、枝幸町で最大の714MJ/m²、高知市で最小の164MJ/m²を示した。

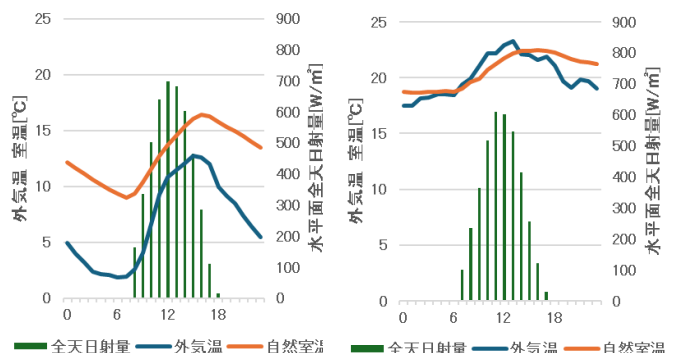
最も特徴的な点としては、いずれの地域においても冷房負荷比率が一般住宅と比較すると大きいことであり、内部発熱や透過日射の影響を受けやすいことから、特に関東以南に設置する際は、冷房負荷対策が重要といえる

図7は高知市の年間暖房負荷を100としたとき、他の地域がどれだけの割合になるかを示している。枝幸町が約4.3倍、札幌市が約3.9倍、盛岡市が約3.6倍、山形市が約3倍、宇都宮市が約1.8倍、大阪市が約1.3倍という結果となっており、4地域の山形市より以北では暖房負荷が3倍を超え、5地域の宇都宮市以南では2倍未満となり、暖房負荷の傾向が異なる結果となった。これは山形市が緯度が高いことに加え、内陸の盆地にあるため宇都宮市よりも寒冷であるからだと考える。

図8は高知市の年間冷房負荷を100としたときの他地域の比率を示している。その結果枝幸町が約0.05倍、札幌市が約0.2倍、盛岡市が約0.3倍、山形市が約0.5倍、宇都宮市が約0.7倍、大阪市が約0.9倍、那覇市が約2倍という結果となった。



高知市(8/30) 那覇市(8/30)
図4 夏季自然室温算出結果



高知市(2/10) 那覇市(2/12)
図5 冬季自然室温算出結果

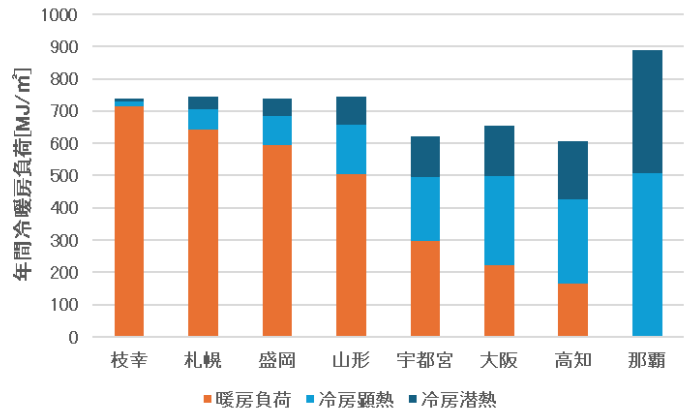


図6 地域区別年間冷暖房負荷

表5 年間冷暖房負荷

	暖房負荷 [MJ/m ²]	冷房負荷 [MJ/m ²]	冷房顕熱負荷 [MJ/m ²]	冷房潜熱負荷 [MJ/m ²]
枝幸町	713.8	25.1	16.5	8.6
札幌市	642.8	102.4	64.0	38.5
盛岡市	592.9	146.0	90.0	55.9
山形市	504.1	240.6	154.7	85.9
宇都宮市	298.2	322.0	195.9	126.0
大阪市	220.8	434.4	276.8	157.6
高知市	164.0	442.3	261.7	180.6
那覇市	—	889.0	508.1	381.9

また冷房負荷について顕熱成分と潜熱成分に分けた結果を図9及び図10に示す。顕熱部分のみでは那覇市で最大508 MJ/m²、枝幸町で最小の16 MJ/m²を示した。また冷房負荷全体では大阪市よりも高知市の方が大きかったが顕熱部分のみでは大阪市の方が大きいこととなった。また潜熱成分のみに注目すると、那覇市で最大の381 MJ/m²、次いで高知市が181 MJ/m²、枝幸町で最小の8.5 MJ/m²を示した。那覇市においては顕熱、潜熱とも他の地域より大幅に大きく、対策が重要であるといえる。

次に8地域の内高知市と那覇市に着目し比較する。図11は高知市の月別冷暖房負荷、図12は那覇市の月別冷房負荷を示した図である。高知市では、冷房負荷は主に5月から10月にかけて発生し、8月に最大となる。一方、冬季には最大冷房負荷の4割程度であるが1月を中心に暖房負荷が生じており、年間を通じて冷暖房の両方が必要な負荷構成となっている。特に夏季の冷房負荷が大きいものの、冬季の暖房需要にも一定の対応が必要である。

これに対して那覇市では、冷房負荷が3月頃から発生し、冬季を含めてほぼ年間を通して発生している。特に6~10月の冷房負荷が非常に大きく、高知市を大きく上回るピーク値を示した。以上より、高知市は夏の冷房と冬の暖房双方を考慮した建築・設備計画が求められるが、特に冷房需要に対する対応や冬季の日較差緩和が重要となる。これに対し、那覇市は年間を通して終日の冷房負荷低減に特化した計画が重要となる。

6. まとめ

本報ではトレーラーハウスの設置地域と自然室温や冷暖房負荷の関係を明らかにすることを目的とした数値解析を行った。

その結果、トレーラーハウスの自然室温は室容量が一般住宅より小さいこと等の影響により那覇市を除き、日較差が大きくなる傾向を示した。また年間暖房負荷は1地域の枝幸町が最大となるが、年間冷房負荷が最大となる8地域の那覇市の方が年間総熱負荷は大きくなることとなった。また高知市は7~9月、那覇市は6~10月に月別冷房負荷が特に大きくなる傾向を示した。

今後は那覇市だけでなく高知市と他の6都市との月別冷暖房負荷の比較や、暖房負荷、冷房顕熱負荷、冷房潜熱負荷の内訳の解析を行い、地域特性に応じた最適な外皮性能の提案を行うことを目指す。

[参考文献]

- 1)山岡他：地域特性を考慮したトレーラーハウスの開口部設計に関する研究 数値解析を用いた冷暖房負荷の評価 日本建築学会四国支部研究報告集 第25号, pp.41-44, 2025.3
- 2)原田他：応急仮設住宅としてのトレーラーハウスの活用と環境改善 (その5) 省エネルギー基準地域区分毎の冬季室内温熱環境, 日本建築学会北陸支部研究報告集 第66号, pp.115-118, 2023.7

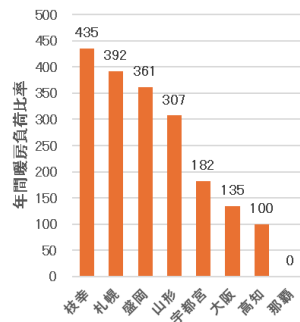


図7 高知市を100とした際の年間暖房負荷比率

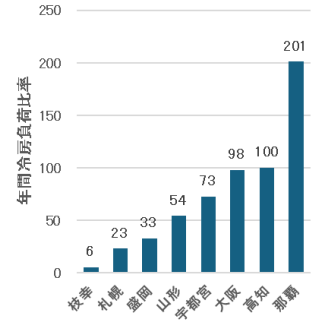


図8 高知市を100とした際の年間冷房負荷比率

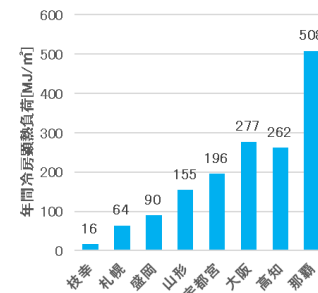


図9 年間冷房顕熱負荷

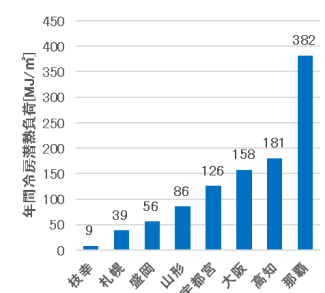


図10 年間冷房潜熱負荷

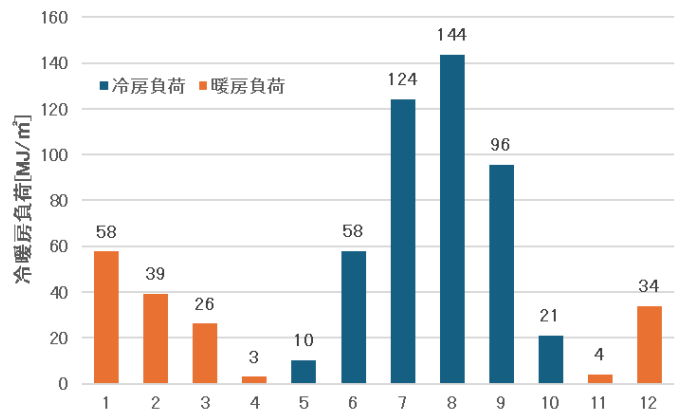


図11 高知市の月別冷暖房負荷

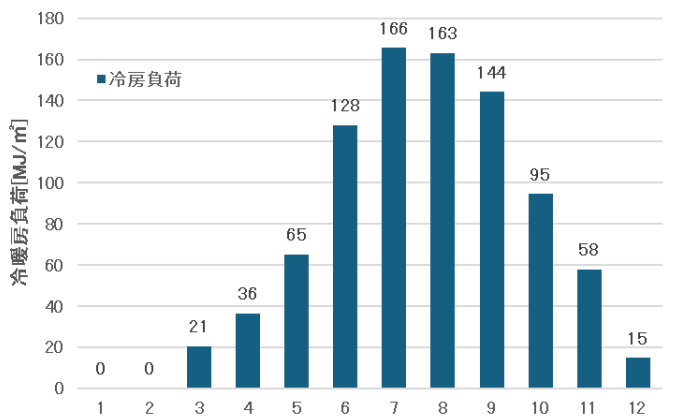


図12 那覇市の月別冷房負荷