

モンゴル国ウランバートル市における各種住居の 夏季室内温熱環境の実測調査

小原聡司

Measuremental Study of Thermal Environment of Various Houses in Summer in Ulaanbaatar, Mongolia

Satoshi OBARA

(Received September 30, 2011)

Abstract Thermal environmental data was measured in Ulaanbaatar City, Mongolia in the late summer 2010. The air temperature and relative humidity of outdoor and 6-houses living room or bedroom about 11-days were recorded in the portable loggers. One house was a Ger, Mongolian traditional movable house, but measured one was the fixed on the site. 2 houses were the traditional brick-concrete mixed construction house with the wall of 40cm thickness, and these were built by dwellers own(Self-built House). Other 3 were the apartment room, which build in 1960s,1980s and 2000s,and those were called Soviet type or Mongolia type, respectively.

The following results were obtained;

- 1) In comparison with other houses, Ger's air temperature and relative humidity were more affected by the outside air.
- 2) In the apartment houses, temperature and humidity of room has been stabilized as the constructed year was more newer. Especially, relative humidity of the Mongolia-type(built in 2008) was too low to live the dwellers.

Keywords [Ulaanbaatar, Ger, Air-Temperature, Apartment House, Self-Built House]

1 研究目的と背景

モンゴル国は1990年に従来の社会主義から資本主義経済に変わり、首都ウランバートル市(以下UB市)の中心部ではJICAなどODAの援助もあり、中心地区は都市としてのインフラがかなり整ってきている。反面、民主化に伴う経済の活性に伴い、従来の放牧を生業としていた牧民が、都市の労働者としてUB市郊外にゲル(Ger)と呼ばれる移動式天幕住宅を固定化して住み始めている。公式には約100万とされるUB市の人口が実際には140万人程度となっているのはこの都市労働者によるものである。UB市民の多くは自家用車を多用するが、その排気ガスと併せ、ゲル地区の住宅の調理・暖房用の石炭の使用による排煙により、冬季には市内上空がスモッグと化した空気に覆われ社会問題化している¹⁾。ゲルは日本でいえば長屋に相当する庶民的な住居であるが、都市部の

ゲル住人はとりあえず手近にある石炭を使って暖をとっているが、夏季の猛暑と冬季の厳寒が同居するUB市において、ゲル内で実際にどの程度の温熱環境を実現できているかは石川らによる計測^{2,3)}以外、まだ詳しく調べられていない。また他の戸建て形式の住居や市内に多い集合住宅と比べての温熱環境面のメリット・デメリットも不明瞭である。これらが明らかになれば今後市民の暖房エネルギーの選択や住居新築時の方針になり、大気汚染の改善にも寄与すると考えられる。筆者は2010年晩夏にモンゴル科学技術大学の協力のもと、UB市内で複数の住居形式の温熱環境を実測する機会を得た。この報告ではUB市の現在の住宅状況を概説し、それら夏季の温熱環境について比較した結果をとりまとめる。

2 UB市の概略と住環境



図1 モンゴル国と日本の位置関係



写真1 ウランバートル市内衛星画像と夏季温熱環境計測地点⁴⁾

表1 夏季室内温熱環境測定場所と期間

住居	住宅等建物名称	建物形式(竣工年, 一部推測)	所在地(モンゴル国ウランバートル市(Ulaanbaatar, Mongolia)は共通)	ロガー設置場所	測定期間(時刻は24時間制)
(1)	アマル氏自宅敷地内ゲル	固定式ゲル	N47°57'00" E106°50'08" 1-2 Z.B.Ts.xhoroo8, Sougino Khaikhan district	周囲壁付近	2010/7/27 0:00~8/2 0:00
(2)	アマル氏自宅	セルフビルド戸建住宅(2009年竣工)		居間平面中央	2010/7/27 0:00~8/2 0:00
(3)	ダシュダバー氏自宅	セルフビルド戸建住宅(2008年竣工)	N47°58'41" E106°55'06" Chingeltei district 19th xhoroo	西側居間中央	2010/7/30 12:00~8/2 0:00
(4)	ビヤンバガル氏自宅	ソ連式集合住宅(1960年代竣工)	N47°55'23" E106°52'25" 27-57 Baga toiruu, Sukhbaatar district	北西寝室西側	2010/7/30 0:00~8/2 0:00
(5)	バットバータル氏自宅	ソ連式集合住宅(1980年代竣工)	N47°55'13" E106°52'25" Block-6, Bayan-Gol Duureg, 8th xhoroo	居間東側	2010/7/27 0:00~8/2 16:30
(6)	エルデネ氏自宅	モンゴル式(2000年竣工)	N47°54'46" E106°58'31" 127-1-29 Peace Avenue, Bayanzurkh district	北側居間中央, 南側寝室中央	2010/7/27 12:00~8/2 0:00
(7)	ツーンホテル	ホテル客室, 窓枠(1980年竣工)	Prime Minister Amar's street 2, Ulaanbaatar 20-A	中央位置客室西側, 窓枠外部	2010/7/27 0:00~8/1 9:00

2. 1 地理と気候

UB市(位置: 東経106度55分12秒, 北緯47度55分12秒)はモンゴル国の東寄りやや北側にある標高約1350mにある盆地で, 周囲は1500m級のなだらかな山脈に囲まれている。

気候は大陸性のステップ気候で, 年平均気温は-1.3℃, 7月は最高気温39℃に達する一方, 冬季の最低気温は-50℃近くになることもある²⁾。年間降水量は280mm程度で, 都城市の約1/8であり, 降雨は夏季6~8月に集中するが, 夏季は異常なほどの乾燥状態にもなる。

2. 2 市のつくりと住居

モンゴル国人口253万の約半数の人口がUB市に一極集中している。同市は政治・経済の中心で2008年5月時点の公式人口は104万人であるが, 近年は都市計画に組み込まれていない市周辺の山肌にゲル地区が広がる。

都市計画は旧ソ連式で広い道路と旧公共建物が市中心部に計画的に配置されていたが, 市場経済化とともに市中央から郊外にかけて多くの超高層の事務所ビルや高級マンションが建設されている。近い将来は中心部街並の再計画も予定されている。

市中心部分に住む都市住民の大部分が旧ソ連時代の古い, あるいは民主化後に建てられた新しい集合住宅か, 近年急激に増加している高級マンション(以下コンパウンド)に住む。一方市場経済化後には土地の占有権(市街地で0.07ha, 郊外で1ha)が解禁されたこともあり, 近隣から遊牧民が都市労働者として集まるようになった。これらの人々は従来からある

市郊外か, 近接する山間部に不法に土地を占拠して住む。居住者は低所得者層が多く, また上下水道のない市周辺の山肌部分に適当に確保した区域に多くあるため, スラム的なイメージがあるのは否めない。このようなゲルが集中した地域をゲル地区と呼ぶが, 実際にはこれ以外の自作住宅(専門の建設業者の手によるものではなく居住者自身が材料を集め施工した住宅, 以下セルフビルド住宅)も同数程度あり, ここに住む住民も多い。

2. 3 伝統的移動式住居ゲルの構造と特徴

ゲルはもともとモンゴル高原に住む遊牧民が家族で住むのに使用した伝統的な移動式天幕型住居であり, 日本では中国式にパオ(包)とも呼ばれる。多くは直径7~9mの円筒状胴体部分に, 中央が約1m高い円錐状の屋根部分が載った形状である(写真2(1))。ゲルの基本構造は中心部に2本の木材柱で支えられたπ字型の主骨組があり, これで屋根加重を支え, その柱間に調理・暖房用ストーブがある。屋根は中心部分の明かり取りと煙突設置をかねた直径1mほどの半透明部材があり, これは必要に応じて全閉にされることもある(写真2(2))。屋根中心部分から放射状に4cm幅程度の木製の梁が巡らされる。周辺部はトラス状に交差したやはり幅4cm程度の菱形格子(交差部にピンがあり蛇腹式に畳める)があり, ここに厚さ30mm程度の羊毛(断熱材)のフェルトを被せ, 厳寒期にはこれを2重にする反面, 夏季の暑い日中には壁下部の床に近い部分を捲り上げて通風を取り(排気は屋根中央の円形部)風通しをよくする工夫がある(写真2(3))。南側には木製の玄関もある。



(1)玄関のある南面(通風のため裾を捲り上げ中)



(2)中央の柱と煙突の通る円形部分



(3)断熱材としてのフェルト

写真2 ウランバートル市近郊の固定式ゲルの例



(1)敷地内の自宅外観と固定式ゲル(南面)



(2)ゲル内の様子とロガー(円内)



(3)アマル氏自宅ペチカ(植物後ろ)とロガー(円内)

写真3 アマル氏自宅(セルフビルド)と固定式ゲル



(1)ダシュダバー氏自宅外観(セルフビルド)



(2)西側寝室とロガー(円内)



(3)南側居間とロガー(円内)

写真4 ダシュダバー氏自宅(セルフビルド式)



(1)ビヤンバガール氏自宅南東面(手前1階角部屋, 1960年代ソ連式アパート)

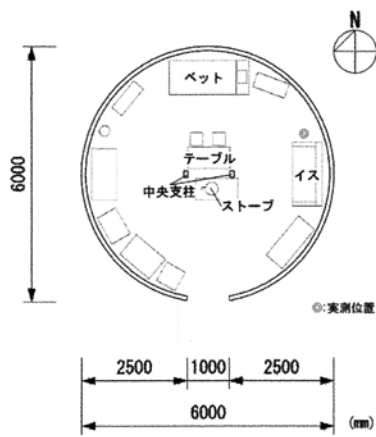


(2)バットパータル氏自宅南面(5階(写真では4階, 1980年代ソ連式))

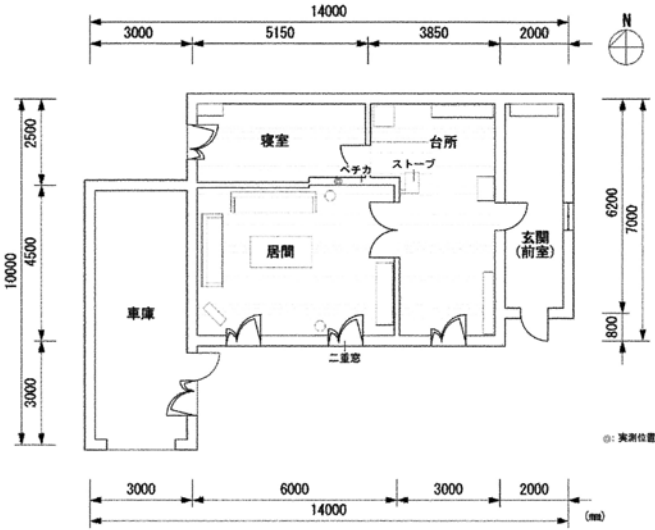


(3)エルデネ氏自宅南面(階と位置は不明, 2000年代モンゴル式)

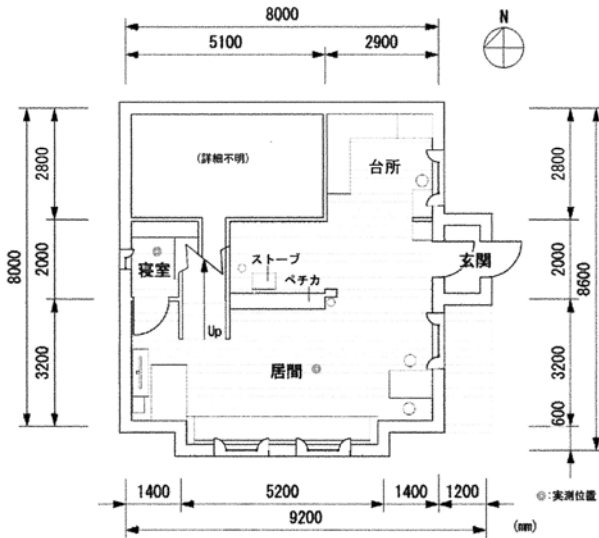
写真5 実測を行った各種集合住宅外観



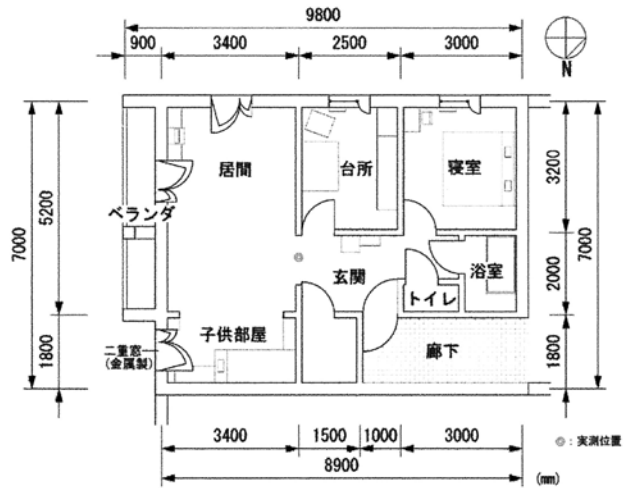
(1)アマル氏宅敷地内固定ゲル



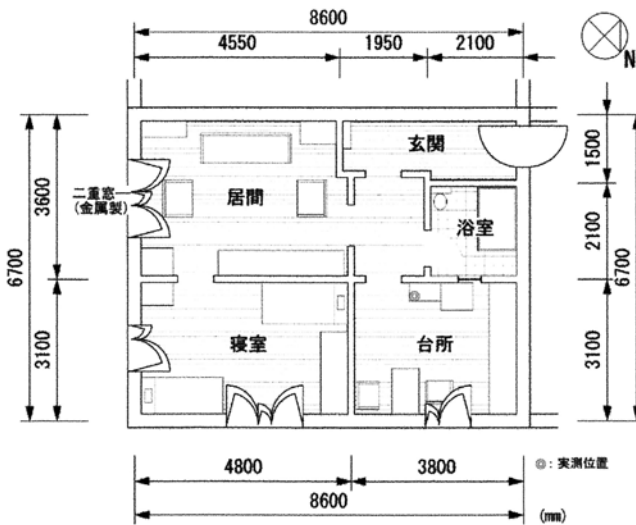
(2)アマル氏自宅



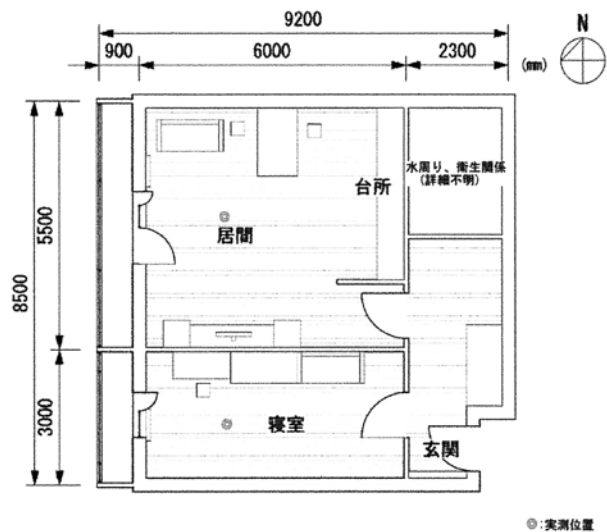
(3)ダシュダバー氏自宅



(5)パットバートル氏自宅



(4)ビャンバガール氏自宅



(6)エルデネ氏自宅

図2 2010年夏季温熱環境実測住居平面と温湿度計測点



写真6 今回の実測で使用したロガー類(左から testo610, T&D TR-72, TR-72U)

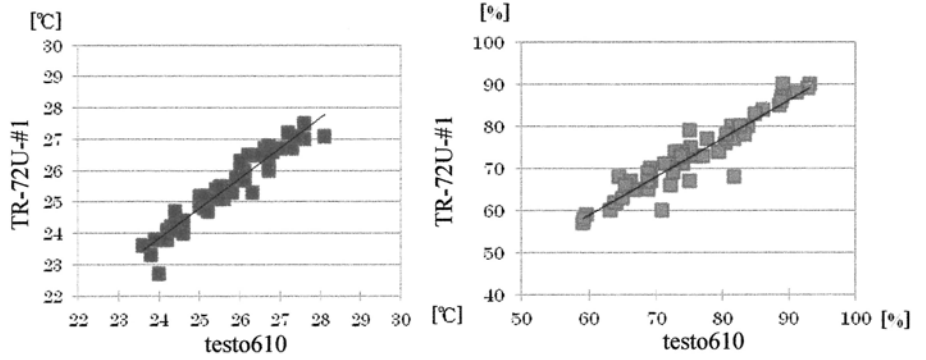


図3 TR-72 シリーズの温湿度補正式導出例

表2 実測に使用した温湿度ロガー(TR-72 シリーズ)の温湿度補正式と偏差一覧

ロガー番号	識別タイプ	識別用貼布ラベル詳細	温度 θ_m 修正式 (θ :測定された元データ)	元データとの2乗偏差	相対湿度 ϕ_m 修正式 (ϕ :測定された元データ)	元データとの2乗偏差
#01	Win8	TR-72U-#01(2006.0807-1)	$\theta_m = 0.9630 \theta + 0.7209$	0.9188	$\phi_m = 0.9132 \phi + 4.1526$	0.8910
#02		TR-72U-#02(2006.0807-2)	$\theta_m = 0.9403 \theta + 1.4741$	0.8881	$\phi_m = 0.9853 \phi - 7.2285$	0.8950
#03		TR-72U-#03(2006.0807-3)	$\theta_m = 1.0036 \theta - 0.278$	0.9294	$\phi_m = 0.9352 \phi + 1.3172$	0.8997
#04		TR-72U-#04(2007.0813-No.1)	$\theta_m = 1.0134 \theta + 0.9276$	0.9276	$\phi_m = 0.9215 \phi + 0.5108$	0.9054
#05		TR-72U-#05(2007.0813-No.2)	$\theta_m = 1.0223 \theta - 0.7066$	0.9415	$\phi_m = 0.9417 \phi - 1.3771$	0.9421
#06		TR-72U-#06(-)	$\theta_m = 0.9144 \theta + 2.1643$	0.8908	$\phi_m = 1.0524 \phi - 13.99$	0.9225
#07	Dos8	TR-72S-#01(8研No.2)	$\theta_m = 1.0805 \theta - 2.3452$	0.9571	$\phi_m = 0.9853 \phi - 2.5467$	0.9309
#08	Dos7	TR-72-#1	$\theta_m = 0.9211 \theta + 2.1483$	0.9154	$\phi_m = 1.0245 \phi - 14.989$	0.9309
#09		TR-72-#3	$\theta_m = 0.8978 \theta + 2.794$	0.8794	$\phi_m = 1.0559 \phi - 14.811$	0.9272
#10		TR-72-#4	$\theta_m = 0.9891 \theta + 0.3771$	0.9363	$\phi_m = 1.0277 \phi - 13.302$	0.9395
#11		TR-72-#7	$\theta_m = 0.9270 \theta + 1.7558$	0.9154	$\phi_m = 1.0620 \phi - 16.17$	0.9340
#12		TR-72-#8	$\theta_m = 0.9649 \theta + 1.0381$	0.9552	$\phi_m = 0.9804 \phi - 10.227$	0.9433
#13		TR-72-#9	$\theta_m = 1.0162 \theta - 0.3341$	0.9615	$\phi_m = 1.0265 \phi - 8.5501$	0.9444
#14		TR-72-#11	$\theta_m = 0.9953 \theta + 0.1313$	0.9654	$\phi_m = 1.0099 \phi - 17.686$	0.9368
#15		TR-72-#13	$\theta_m = 1.0250 \theta - 0.7521$	0.9694	$\phi_m = 1.0081 \phi + 21.2770$	0.9372
#16		TR-72-#14	$\theta_m = 0.9273 \theta + 2.0776$	0.9209	$\phi_m = 1.1467 \phi - 22.0820$	0.9525
#17		TR-72-#20	$\theta_m = 0.9359 \theta + 1.8107$	0.9211	$\phi_m = 1.0733 \phi - 23.438$	0.9632
#18		Win7	TR-72U-#1	$\theta_m = 0.8404 \theta + 3.8635$	0.9125	$\phi_m = 0.9246 \phi + 0.8279$
#19	TR-72U-#2		$\theta_m = 0.8868 \theta + 2.7870$	0.9271	$\phi_m = 0.9356 \phi + 0.3705$	0.9789
#20	TR-72U-#3		$\theta_m = 0.8965 \theta + 2.6179$	0.9372	$\phi_m = 0.9516 \phi - 2.2445$	0.9826
#21	TR-72U-#4		$\theta_m = 0.8789 \theta + 3.0998$	0.9485	$\phi_m = 0.5197 \phi + 16.122$	0.3502

注:識別タイプは接続用OSのタイプ及び所属を示す便宜上の名称。

ゲルはもともとは遊牧用の移動式であったが、近年ウランバートル市のゲル地区に増えたものは円形のコンクリート基礎に塔状の金属柱を用いた固定式住居(以下固定式ゲル)となっている。

2. 4 その他の典型的な住居形式とその特徴

この研究では UB 市によく見られる代表的な住居形式 4 種の居室温熱環境を実測し比較する。説明の都合上、ゲルに対して以下の 3 種の住居形式とこの報告の中で使う名称を定義する。

(1)セルフビルド住宅(ゲル以外の木造, 組石造の住宅)
 居住者自ら建てたものでゲル地区ではゲルと同程度ある。壁厚は煉瓦やブロック組積で 30~50cm あるが集合住宅ほどの厚さはない。設計図は特になく、既にある住宅を参考にして作られるため、

規模や平面計画はどれもよく似ている。窓や扉は一応厳寒を考慮して 2 重あるいはペアサッシを採用しているが、その施工レベルは日本の住宅のように高くない。暖房はペチカである。

(2)集合住宅(ソ連式アパート) 社会主義時代にソ連の方式に倣って建てられた厚いコンクリートパネルをベースに作られたアパート群で、市内で最も多く見られる。年式的に 20~40 年前のものが多く外観も古びて見えるが(老朽化した木製 2 重窓は樹脂製ペアサッシに置き換えるなどはされている)堅牢な造りである。家賃が低く、スチーム式集中暖房があり、気密性もある程度確保されているため、現在も好んで住まれる。

(3)集合住宅(モンゴル式アパート) 民主化後のモンゴルで建てられたコンクリートパネルをベースに作られたアパート群。ソ連式について市内で多

く見られる。年式的に 20 年以内のものが多く、樹脂サッシや温室を備えるなどソ連式より近代化されている。スチーム式集中暖房があり、気密性も高いとされる。

なお、UB 市には他に近年急増した高所得者層が住む高級高層マンションであるコンパウンド式アパートがある。外観的には日本などのマンションとさほど変わらず、南面に全面複層ガラスが採用されたりヒートポンプを備えた建物も見られるが、UB 市の代表的な住宅ではないため今回は計測対象から外した。

3 市内各種住居の夏季温熱環境の実測

3. 1 今回温湿度を実測した建物と期間、天候

実測を行った住宅等の名称や所在地を表 1 および写真 3~5 に示す。いずれも 2. 4 で紹介した UB 市の代表的な住居形式である。温湿度実測では居間や寝室の高さ 1.5m~1.8m の高さに後述する電池式温湿度データロガーを吊すか、できるだけ同程度の高さの棚等に設置した。他に外気温として筆者らが滞在したホテルの窓枠部分にも設置した。今回実測した期間は 2010 年 7/24~8/3 の 11 日間であるが、建物によって測定期間は若干異なる。この時期を夏季としているが、実際には日本でいえば晩夏にあたる季節であり、前半 5 日間は夏季らしい日中 30℃を越える日々であったが、後半 6 日間は最高気温も 25℃前後で朝や夜に肌寒さを感じた。なお、外界条件としての日射量は計測していないが、随時撮影した写真による記録を見ると、7/25 曇天、26 快晴、27 快晴、28 晴れのち曇り、29 曇りのち晴れ、30 曇り、31 快晴、8/1 晴れ時々曇り、2 曇りであった。

3. 2 温湿度測定に使用した機器と測定値の修正

今回測定に使用した主要機器は、T&D 製の TR-72U (Windows 版)とバックアップ用の TR-72(Dos 版)計 21 台であり、温湿度各 1 チャンネルずつ 10 分間隔で連続測定した。これらの機器は購入から数年もしくは 10 年経過し、温湿度センサーに経年劣化が予想された。そこで、ウランバートル市での測定に用いる前に、各装置毎に温度および相対湿度の補正值(式)を求めことにした。実測前に都城で約 1 ヶ月、装置を 1 カ所に置いて同一の条件・時刻における値を一日 3 回計測し、各機器の温湿度補正式を求めた。基準としては、定期的に校正がされてセンサ類の劣化の見られないハンディタイプの温湿度計 testo610 のデータを採用した。testo と各 TR-72 等の測定結果の相関図を作成し、各装置各チャンネル毎の補正式を導き出した。実測データは TR-72 等のオリジナルのバイナ

リ形式から表計算ソフトウェアで処理可能なテキスト形式(カンマ区切り)に変換して作図した。なお、作図用データは実測データを上に示した方法で補正し、変動を見やすくするため 60 分の移動平均化した。

4 実測データの特徴

ここでは同種建物の数から見て現在 UB 市で最も代表的な住居と見なせるバットバータル氏の集合住宅(1980 年代ソ連式アパート)の実測値と外気温を基に、他の建物の室温と相対湿度の比較を行う。なお作図したのは全住居のデータが揃った 7/27 から約 1 週間分である。

図 4 で集合住宅の室温変動を見る。7/27 は快晴であり、日中は集合住宅(バットバータル氏宅とビャンバガール氏宅)は 36~27℃に達し、外気温より 3~4℃高く非常に暑い。しかし 28,29 日は曇り気味であったためか 3 つの集合住宅とも 2~3℃の変動でほぼ一定温を保ち、また同様の日変動である。その中でバットバータル氏宅が比較的低いのは日中在宅の家族がいて(他は無人)、通風を積極的に行っていたからである。7/30~8/2 までは外気最低気温が 13~17℃に低下し、日中の気温もそれ以前の平均 27℃から 18~19℃~10℃近く低下しているが、各集合住宅の室温は 25℃であり、室温低下は約 4℃程度に留まっていて終日外気温よりも高い。集合住宅 3 棟で比較すると、新しいモンゴル式のエルデネ氏宅が最も高い温度で安定し、逆に 60 年代ソ連式のビャンバガール氏宅は低めである。またバットバータル氏宅は両者の中間であるが、これは竣工年次による気密性の違いが影響していると考えられる。

一方図 6 でセルフビルド住宅 2 棟とバットバータル氏宅を比較すると、7/27~29 の夏らしい気候の下では全棟外気温とほぼ同じであるが、7/30 以降、セルフビルド式はバットバータル氏宅より 5~8℃低く推移し、図 4 の集合住宅群とは明らかに異なる。セルフビルド住宅は集合住宅に比べ開口部が多く、また組石による壁厚も集合住宅ほどはないため、外気温の低下に伴って室温も下がりやすいことがわかる。

図 8 でゲルとセルフビルド、集合住宅の室温変動の違いを見る。7/27~29 の暑い日にはゲルはセルフビルド式(アマル氏宅)よりやや高めである。これはゲル全体が 30mm 程度の羊毛製で熱容量が小さいことと、外周部の捲り上げによる通風により外気が導入されたためである。一方、7/30 以降はゲルの朝方の最低室温がセルフビルド式より低くなるが、日中は集合住宅群を上回るほど高い。このように実測期間後半のゲルの室温は日較差は 7~8℃と他の形式の住

居より大きい。

図 5,7,9 に同期間の相対湿度の変化を示す。これらの図で共通するのは外気相対湿度の日較差が非常に大きいことである。特に 7/27,29,31, 8/1,2 の最低湿度は 10%程度まで低下している。集合住宅では、バットバートル氏宅やピヤンバガール氏宅は 30%以上であるが、特にエルデネ氏宅の南側寝室は特に低く 8/1 には 10%を下回る。一般に相対湿度は室温との関連が深く、室温が高いほど低くなる傾向があり、エルデネ氏宅は図 4 で室温が高いことが確認できる。そのため低湿度になったと考えられるが、住居としてはあまりにも低すぎるため、夏場であっても加湿などの対応が必要と思われる。

図 7 はセルフビルド住宅とバットバートル氏宅の比較である。7/27 ~ 29 では両者の違いは明確でないが、7/30 以降はセルフビルドが 35~40%であるのに対し、バットバートル氏宅が 10%程度下回る日が多い。図 8 でセルフビルドではこの期間の室温が低めであったため相対湿度が高めとなることにつながっている。

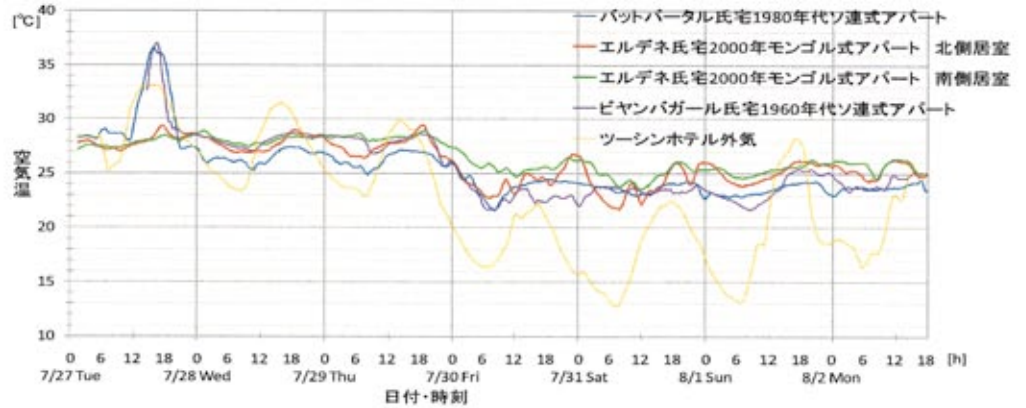


図 4 集合住宅間の居室空気温度の比較

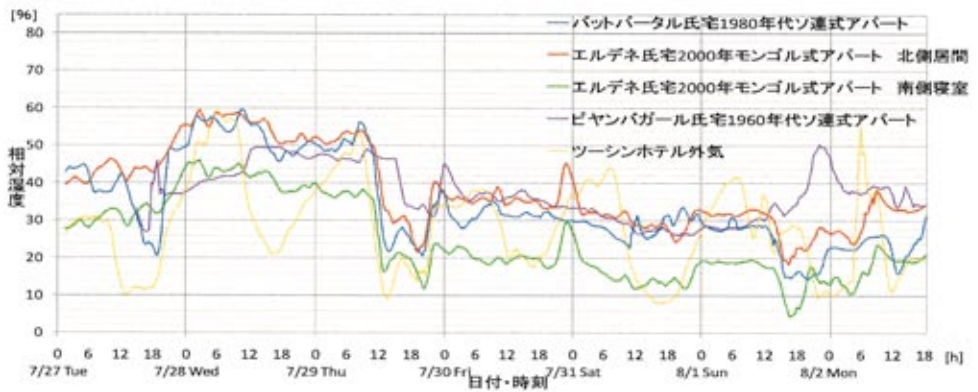


図 5 集合住宅間の居室空気相対湿度の比較

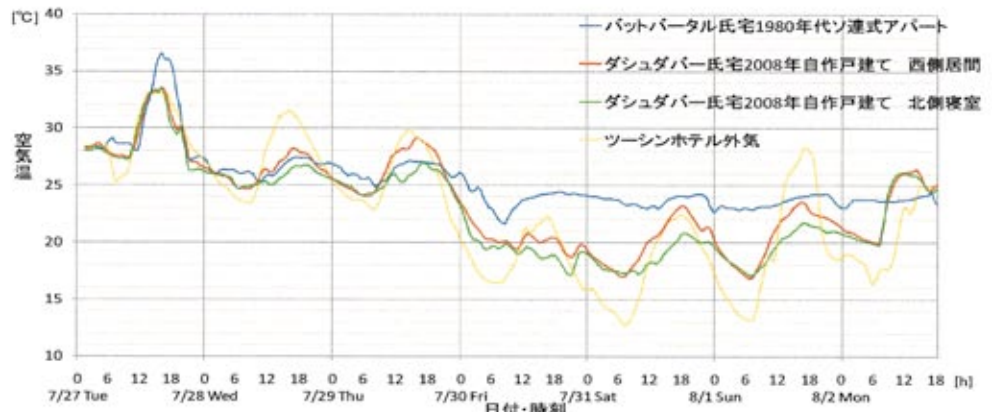


図 6 セルフビルドと集合住宅の空気温度の比較

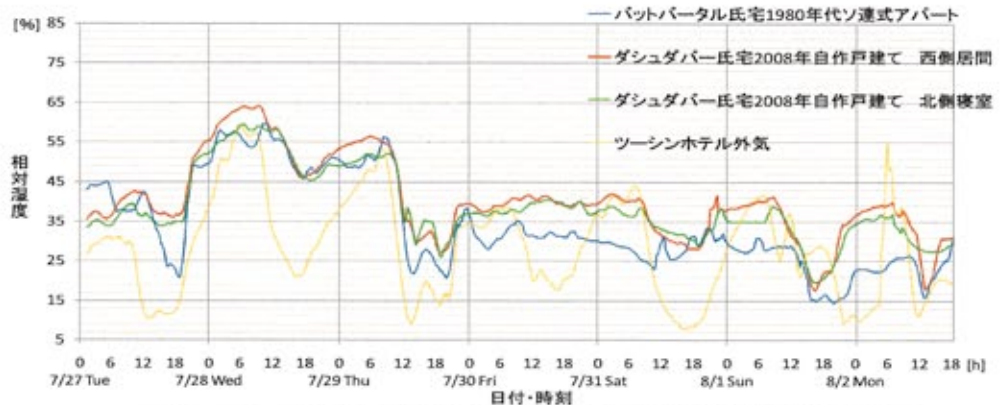


図 7 セルフビルド住宅と集合住宅間の居室空気相対湿度の比較

図9でゲルの相対湿度をみると、7/27～29の夏期間ではセルフビルド(アマル氏宅)と近い変動である。一方、7/30以降の涼しい気候ではバットバートル氏宅と同様か低い時間帯も多いが、トレンドの形状はかなり異なる。これはゲルの通風性がセルフビルドより良く、外気の導入により外気とほぼ同じ変動になっていると見るべきであろう。

5 夏季実測のまとめ

今回ウランバートル市内にある典型的な3タイプ(ゲル, 集合住宅, セルフビルド戸建住宅)で温熱環境の実測を行った。以下に得られた知見を示す。

- 1)夏季の暑い環境下では各住宅で際だった違いは見られなかった。これは実測が晩夏で集合住宅が十分蓄熱し、一方ゲルは高温の外気の影響を受けやすかったためである。
- 2)晩夏のやや涼しい環境下の集合住宅間では60年代、80年代ソ連式アパートに比べ、2000年代モンゴル式アパートの室温は比較的高く安定しており、気密性の高さがうかがわれた。ただし室温の高さが相対湿度の異常な低さにつながっていた。
- 3)晩夏の涼しい環境下では、ゲルは他の住宅より室温の日較差が大きく、外気温の影響を受けやすかった。これは蓄熱容量の小ささと通風のよさが影響していた。しかし、ゲルやセルフビルド住宅は壁に断熱材の絶対量が少ないことや表面積が大きいこと、開口部が比較的多いことから外気の影響を受けやすいことが確認できた。

謝辞

この研究は平成22年度科学研究費補助金(一般研

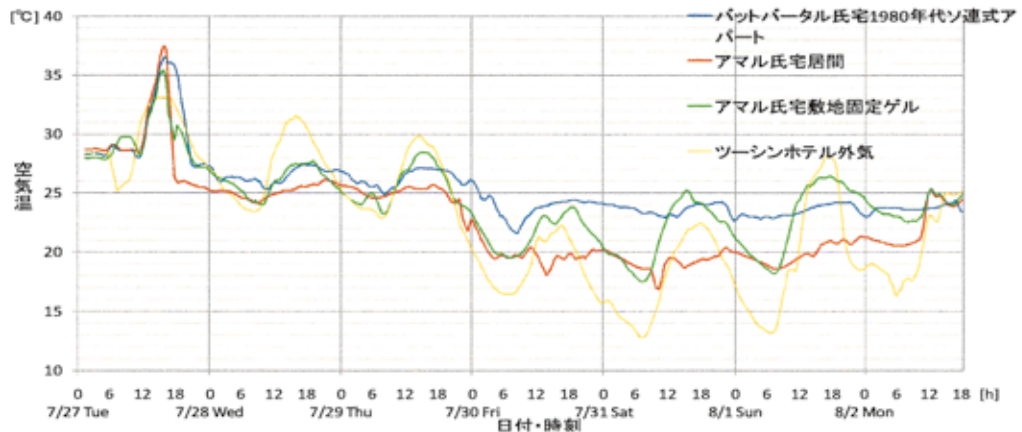


図8 アマル氏宅, ゲル, 集合住宅間の居室空気温度の比較

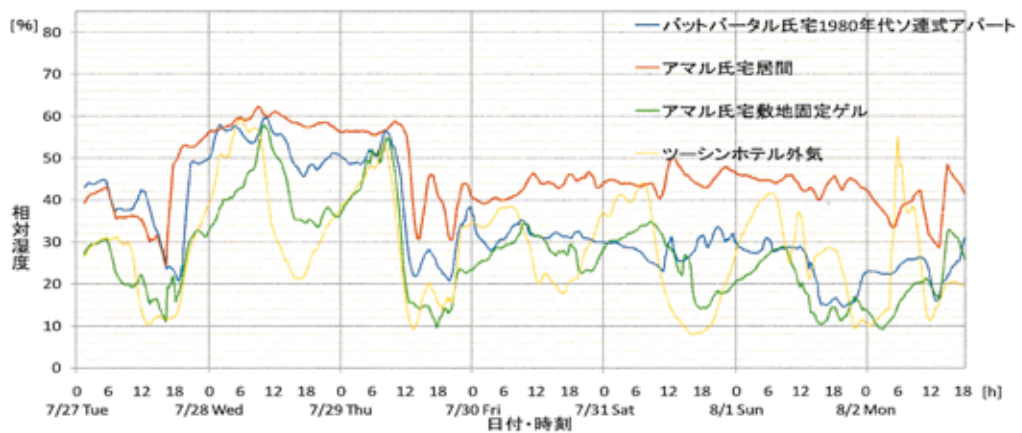


図9 アマル氏宅, ゲル, 集合住宅間の居室空気相対湿度の比較

究 B・海外学術調査「モンゴルの首都ウランバートルにおける環境汚染の可視化」課題番号21404004, 代表: 森茂龍一(都城高専教授)によって行われた。また実測に当たっては国立モンゴル科学技術大学の教職員並びに学生の方の一方ならぬご協力を頂いた。作図やデータ処理に関しては都城高専建築学科5年(当時)の榎木勇也君の労が大きい。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) JICA, Prospective of Urban Development in Ulaanbaatar, 2007
- 2) 石川祥平ほか5名, モンゴル国ウランバートル市のゲル地区における定住型ゲルの室内温熱環境調査, 日本建築学会大会街術講演梗概集, pp.53,54, 2007.8
- 3) 石川祥平ほか5名, モンゴル国ウランバートル市のゲル地区に於ける建物室内環境調査, 日本建築学会北海道支部研究報告集, pp.227-230, 2007.7
モンゴルエコフォーラム, MEF ニュース 創刊号 pp.3~5, 2010.6
- 4) Google Earth (Google)