

夏期における学寮居室の温湿度測定 (第2報)

森下 智博*, 佐村 敏治**, 江口 忠臣***

Temperature and Humidity Measurements in Rooms of Student Dormitories during Summer (Second Report)

Tomohiro MORISHITA, Toshiharu SAMURA, Tadaomi EGUCHI

ABSTRACT

Temperature and humidity in rooms of student dormitories were measured from June to November in 2008. The purpose is to improve learning and life environmental deterioration caused by one month delay of summer vacation, provided the air conditioner cannot be expected because of the financial difficulty and the power saving situation. The effect of sunlight to roof is remarkable especially in Dorm A. In summer the temperature in upper room is higher than lower room, though it is similar to each other in autumn. The temperature of a top floor room in Dorm A at summer sunshiny days exceeds 32°C even in dawn. The sunlight to wall in daytime and evening has secondary effect. In a southeast side room the temperature rises in the morning and the peaks appear before noon. In a northwest side room it rises in the evening and the peaks appear around sunset.

KEY WORDS : dormitory, temperature, humidity, thermal environment, effect of sunlight

1. はじめに

明石高専では、多くの大学や一部の高専に倣って、7月中旬から8月末であった夏期休業期間を、平成19年(2007年)度から8月中旬から9月末へと移行させた。これにともなって9月中旬から下旬であった前期期末試験期間は、7月下旬から8月上旬へと変更された。移行に際して最も懸念されたことが、冷房設備がない男子寮における学習・生活環境の問題であった。

男子寮の全居室に冷房設備が設置されることが理想ではあるが、国の財政事情や地球温暖化防止・CO₂排出量削減のための消費電力抑制の情勢から、当分の間、その実現は困難と予想される。それに代わる対策としては、屋上や壁面の緑化・散水、通風の改善、あ

るいは建物周囲での植樹などが考えられる。

本研究の目的は、男子寮居室の温度と湿度を測定し、その結果に基づいて学習・生活環境改善のための効果的な具体策を検討することである。前報¹⁾では、2007年における男子寮居室の温湿度測定結果から、屋上日射、南西壁面日射、南東壁面日射の影響を調査し、最も影響が大きかった南東壁面日射に対する対策として、植樹による日射軽減効果について検討した。しかしながら、測定期間が7月30日から11月8日であったため、9月30日開寮後の寮生が居住している時期を対象として検討せざるを得なかった。本報では、2008年の測定結果に基づいて、特に7月下旬から8月上旬に注目して検討した結果を述べる。

* 機械工学科, ** 電気情報工学科, *** 都市システム工学科

2. 測定条件と測定方法

測定対象とした A 寮および C 寮の方位と居室配置を、それぞれ図 1 および図 2 に示す。両寮ともに上空から見て横長の長方形で、その長軸が東西軸に対して 34° ほど傾いた方位にある。男子低学年寮の A 寮は昭和 38 年 (1963 年) 3 月建築の RC 構造 3 階建てで、改修により一部が S 構造となっている。北西面側と南東面側に居室がある中廊下型の居室配置である。北西面側の A 居室は 2 人部屋、南東面側の B 居室は 1 人部屋として使用している。また、両端の大部屋は 4 人部屋である。男子高学年寮の C 寮は昭和 40 年 (1965 年) 3 月建築の RC 構造 4 階建てで、南東面側に居室、北西面側に廊下をもつ片廊下型の居室配置である。寮長部屋 (101 室) および指導寮生部屋 (102 室および 205 室) は個室、その他は 2 人部屋である。なお、A 寮 3 階および C 寮 3,4 階の居室配置は、それぞれの 2 階と同じである。

測定期間は 2008 年 6 月 3 日 13 時から 11 月 13 日 13 時までで、測定間隔は 15 分とした。ただし、8 月 22 日 10 時から 17 時の間は、測定器の電池交換および測定データ収集のために測定を中断した。また、閉

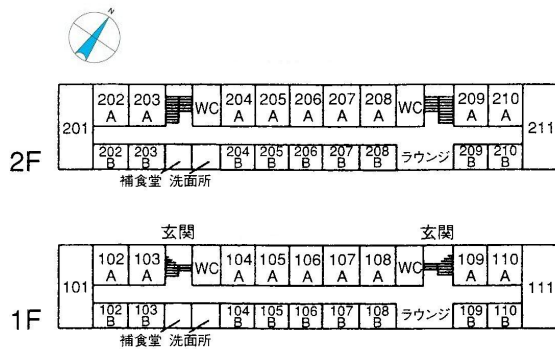


図 1 A 寮の居室配置

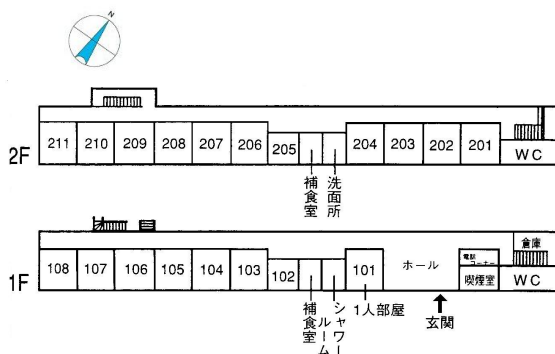


図 2 C 寮の居室配置

寮日時は 8 月 9 日 12 時、開寮日時は 9 月 30 日 13 時であり、前期期末試験期間は 7 月 29 日から 8 月 6 日であった。

使用した測定器は前年と同じもので、測定した居室および測定器の設置条件も同じである。開寮期間中の居室状態は寮生の生活実態に委ねた。窓や入口ドアの開放、洗濯物の部屋乾しなど、居室毎に条件がちがう。

3. 前年との比較

3.1 気象データ

図 3 に 2007 年と 2008 年における明石市の気温を示す。図では、気象庁のデータ²⁾から、6 月 1 日から 12 月 1 日まで、1 日毎の平均気温を引用した。2007 年は、7 月から 8 月上旬までは冷夏であったものの、残暑が 9 月中旬まで続いた。一方の 2008 年では、7 月から 8 月上旬までは暑さが厳しく、8 月下旬以降は過ごしやすくなっていたことがわかる。10 月以降では、両年の間に顕著な差は見られない。

3.2 屋上日射の影響

屋上日射の影響を検討するために、男子寮における階の違いによる温湿度が比較された。2008 年の C 寮での測定結果を図 4 に示す。図中のアルファベットと数字は居室番号 (図 2 参照) である。8 月の閉寮後についての傾向は、2007 年と同様である。すなわち、閉寮期間中では上階の方が温度が高く、湿度が低い。開寮後では 1 階の湿度がやや高い傾向があるものの、温度・湿度ともに階による明瞭な差は見られない。このことは、涼しい時期では屋上日射の影響が少なく、空気が入れ替わることによる外気の依存度が高いためと考えられる。

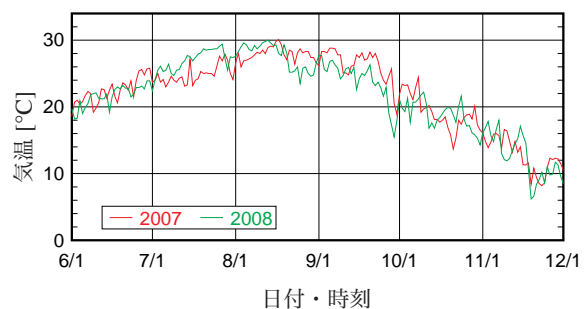


図 3 2007 年と 2008 年における明石市の気温

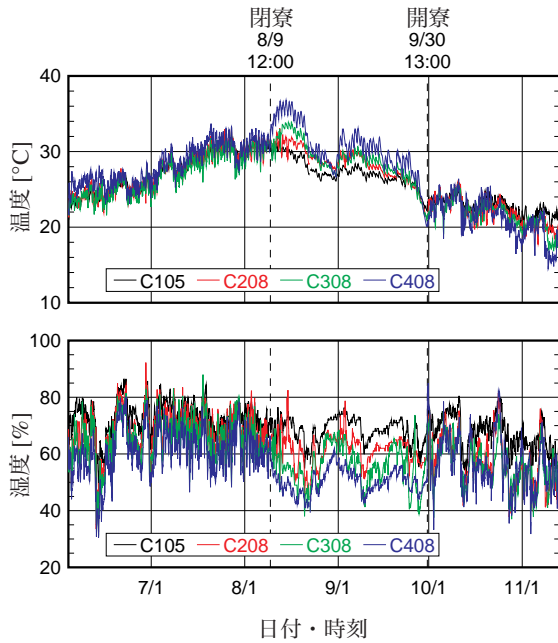


図4 C寮における階の比較

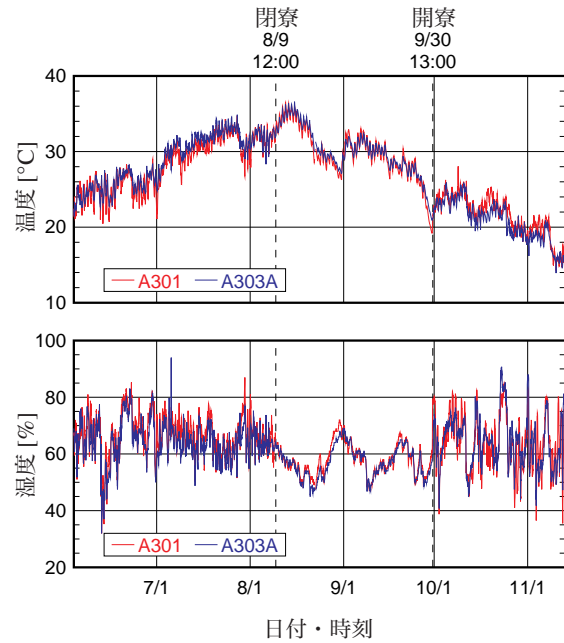


図5 A寮3階における西端と中央との比較

3-3 南西壁面日射の影響

C寮では外周の樹木に遮られるが、A寮では夕刻に南西壁面に西日が当たる。この影響を検討するため、A寮西端の大部屋と中央よりの居室とで、温度および湿度が比較された。2008年の測定結果を図5および図6に示す。閉寮期間中については前年と同様の傾向を示している。すなわち、A201の温度は夕刻に上昇し、それによる一日の温度変動が大きいのが、A206Aではこの傾向が見られない。A301とA303Aとでは、共に温度変動が大きいのが、居室による違いが明瞭でない。したがって、2階では西日の影響が現れるものの、3階では西日の影響よりも屋上面日射の影響が強いと考える。一方、9月30日以降の開寮期間においては前年とは異なる傾向が見られた。2007年では2階・3階共に両居室に大差が見られなかったが、2008年では2階において温度変動に居室による明瞭な差異が見られた。図6からわかるように、A201室では日中の温度差があり、測定値の変動が大きいのにに対して、A206A室ではその変動が非常に小さい。この変動傾向の差異が西日の影響によるものか、あるいは学生の生活状況など他の要因によるものかは判断できない。

3-4 南東壁面日射の影響

A寮では午前中から日中にかけて南東面に日射がある。この影響を検討するため、北西面側のA居室と南東面側のB居室とで、その温度が比較された。2008

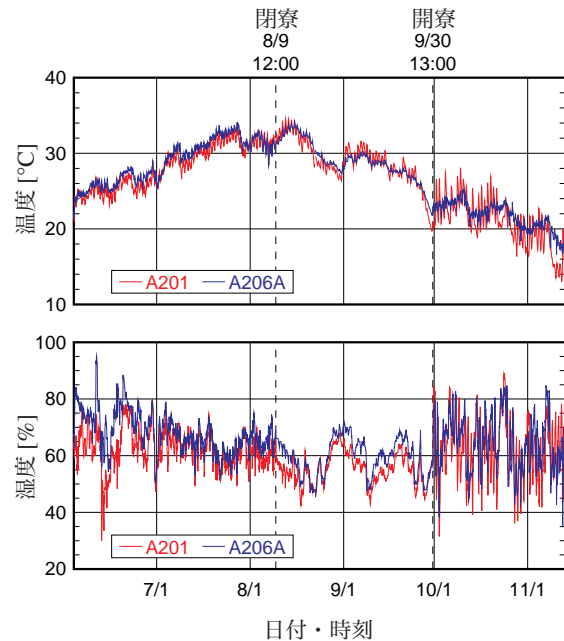


図6 A寮2階における西端と中央との比較

年の測定結果を図7に示す。8月の閉寮後についての傾向は、2007年と同様である。すなわち、日射のために南東面側のB居室ではどの階でも1日の温度変動が大きく、また北西面側のA居室よりも最高温度が高い。そして、この傾向は開寮後11月以降まで続く。

4. 暦からみた秋季と夏季の気象・日照条件の違い

平成20年(2008年)度の前期期末試験期間は7月29日から8月6日であったことから、特に7月下旬

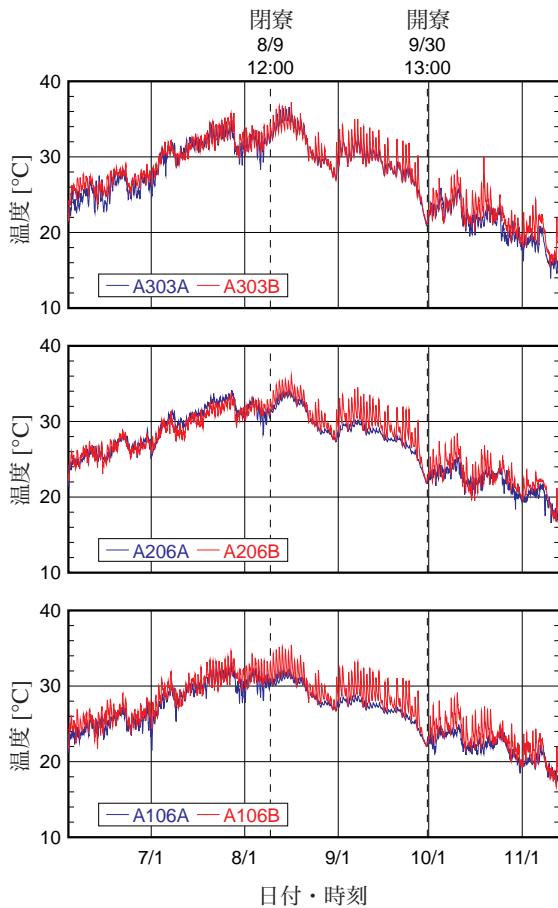


図7 A 寮各階における南北の比較

から8月上旬に注目して2008年の測定結果を検討する。前報¹⁾では10月から11月上旬の南東壁面日射を中心として検討したが、夏季においては太陽高度が高いために屋上日射の影響が顕在化するであろうと予想される。また昼が長いために、南西壁面だけでなく北西壁面への日射に対しても留意が必要であると考えられる。

2008年におけるおもな二十四節気を表1に示す³⁾。2008年における前期期末の試験期間および試験前の集中的学習期間は、暦では大暑から立秋までの「快晴が続き気温が上がり続けるころ」にあたる。2008年では、図3に示したように、このことは実測の気温とも符合する。二十四節気における北緯34度での日南

表1 二十四節気³⁾

二十四節気	月	日
夏至	6月	21日
大暑	7月	22日
立秋	8月	7日
秋分	9月	23日
立冬	11月	7日

表2 日南中高度と日出入方位³⁾

二十四節気	日南中高度	日出入方位
夏至	79.5°	+29.3°
立秋	72.3°	+20.5°
秋分	56.0°	+0.6°
立冬	39.7°	-19.2°

表3 日出・日入時刻(神戸)³⁾

月	日	日出	日入
6月	29日	4時 49分	19時 16分
7月	29日	5時 7分	19時 4分
8月	8日	5時 14分	18時 55分
9月	27日	5時 51分	17時 49分
11月	6日	6時 24分	17時 1分

中高度および日出入方位を表2に示す³⁾。なお明石市の北緯は34度38分である。前報¹⁾で中心的に検討した秋分から立冬の時期と本報で検討しようとする大暑から立秋の時期とでは、日南中高度で20°から30°、日出入方位で20°から40°の差があることがわかる。また、2008年二十四節気前後での神戸における日出・日入時刻を表3に示す³⁾。大暑のころは秋分のころと比べて日入時刻が1時間15分程度遅く、立冬のころとでは2時間程度遅いことがわかる。

5. 2008年夏季の測定結果

5.1 屋上日射の影響

7月22日午前0時から8月7日午前0時までのC寮各階にける居室温度を図8に示す。C208室の温度はC308室と同様の傾向であったので、図では省略した。最上階であるC408室の温度は、C308室と同様の変動傾向を示しているが、その値は常にC308室を上回っており、屋上日射の影響が現れているものと考えられる。この期間での平均温度は、C408室が30.9°C、C308室が29.7°C、C208室が30.3°Cであった。これらの居室では、日中に温度が上がるものの、

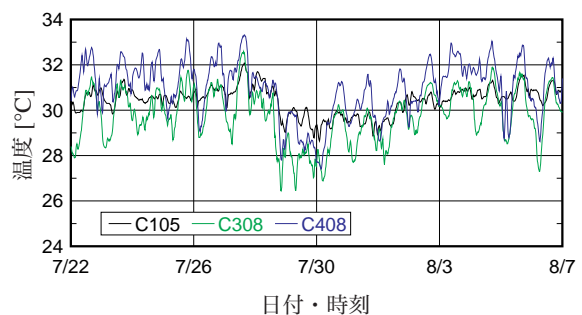


図8 C 寮における階の比較

夜間から明け方にかけて下降していく。寮生が帰校して、学習・就寝している時間帯では、日中と比べると暑さがやわらぐことがわかる。しかしながら、多くの日の最低温度が28°Cを上回っており、集中して学習したり、熟睡することは難しいと想像できる。C105室の温度は上階とは異なり、日中と夜間の温度差が小さい。夜間に温度が下がらないのは、外周での土・芝生の蓄熱や通風の悪さなどが考えられる。期間中C105室の平均温度は30.4°Cであり、平均値としては2階および3階と大差はない。

A寮1階と3階における居室温度の比較を図9に示す。図では北西面側のA居室で階の比較を示した。A206A室では夏季においても、図6で説明したような温度変動が非常に小さい特異な傾向を示したので、屋上日射の影響を考察するにはふさわしくないと判断した。A106A室とA303A室では同様の温度変動を示すが、全体的に最上階であるA303A室の温度が高く、この期間の平均温度はA303A室が32.1°C、A106A室が30.8°Cであった。C寮と同様に、7月28日から8月2日に温度が下降しているが、これは天候によるものである。図10に、気象庁のデータ²⁾から、明石市における1時間ごとの降水量と日照時間を示す。7月22日から27日が晴天であるのに対して、7月28日から8月2日は雨天あるいは曇天であったことが

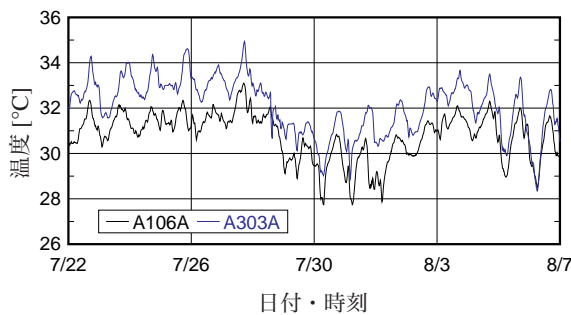


図9 A寮における階の比較

わかる。8月3日は晴天であったが、4日以降は曇っていた時間帯があったことがわかる。

図9によると、よく晴れた7月22日から27日の3階では明け方でも32°Cを上回っており、C寮と比較してさらに過酷な学習・生活環境にあることがわかる。雨天・曇天時には温度が下がるとはいえ、図5に示したように、湿度が上昇するので過ごしやすくなるわけではない。図11に不快指数を示す。不快指数Dは夏の蒸し暑さを数量的に表した指数であり、

$$D = 0.81T + 0.01H(0.99T - 14.3) + 46.3 \quad (1)$$

で計算される⁴⁾。ここでTは温度(°C)、Hは湿度(%)である。不快指数75~80は「やや暑い」、80~85は「暑くて汗が出る」、85~は「暑くてたまらない」と言われている。この期間の平均値は、A303A室が83.3、A106A室が81.4である。A寮3階では雨天・曇天日の深夜・早朝でさえ、不快指数が80を超えており、学習への集中と十分な睡眠が得られない状況にあると推測される。

図12に、A303室における居室温度(A303A)と天井面温度(A303C)を示す。晴天日の日中に、これらの温度差が大きいことがわかる。

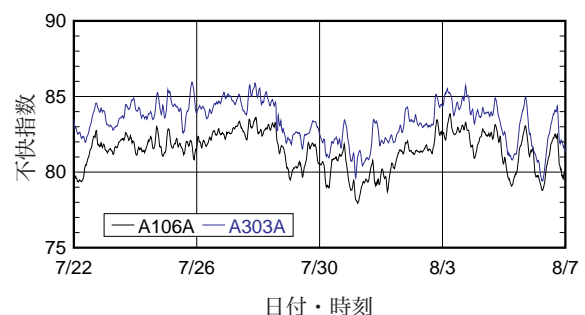


図11 不快指数

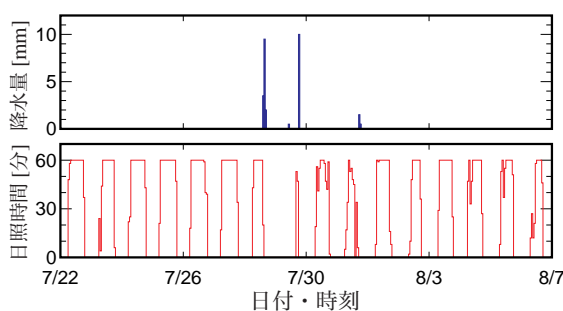


図10 降水量と日照時間

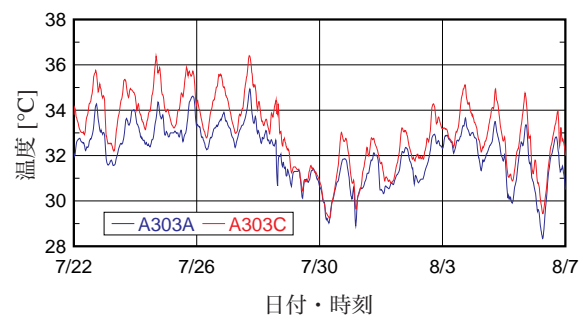


図12 A寮における居室と天井の温度

5-2 南西壁面・北西壁面日射の影響

晴天であった7月22日から27日の6日間について、A寮北西面側のA居室と南東面側のB居室との温度比較を図13に示す。これまでに述べてきたように、A206A室では温度変動が非常に小さい特異な傾向を示している。ここでは3階と1階に着目する。南東面側のB居室では、午前中から日中にかけて温度が上昇し、正午少し前に日中最高温度に達する。これに対して北西面側のA居室では、午後から温度が上昇し始め、日中最高温度は日没頃に現れる。3階では両居室とも最低温度に大差はないが、1階ではB居室のほうが最低温度が低い傾向があり、B居室の方が就寝しやすいと思われる。

南西壁面日射の影響を見るため、3階西端居室と中央よりのA居室との比較を図14に示す。西端のA301室と中央よりのA303A室とでは、最高温度に達する時間帯とその温度については、両居室ともに同程度である。最低温度ではA301室が低い傾向にあるものの、いわゆる“西日”の影響としては西端居室だけでなく、北西面側居室も同等と考えるべきである。

A寮は東西に対して34°ほど傾いているため、南東

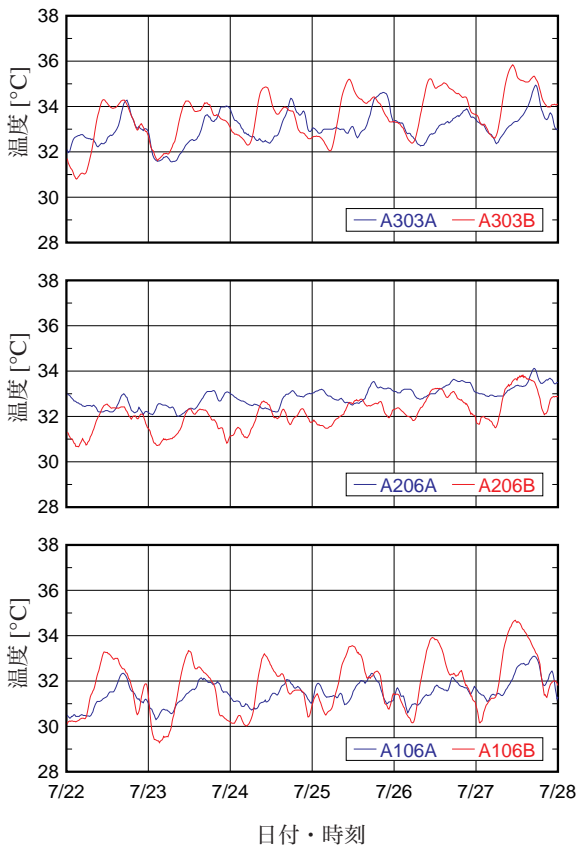


図13 A寮各階における南北の比較

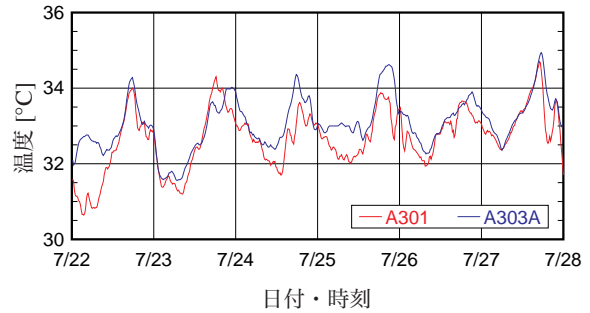


図14 A寮3階における西端と中央との比較

面側のB居室では午前中に日射を受ける。この日射による温度上昇は、図7に示したように、秋季の方が大きい。秋季・冬季では太陽高度が低く、南東壁面に対して、より法線方向に近い角度で日射を受けるためと考えられる。逆に夏季のA寮北西壁面が夕刻に強い日射にさらされるのは、夏季の日入方位が北寄り、また日入時刻も遅いためである。

各居室における6日間の平均温度は、A303A室が33.0°C、A303B室が33.5°C、A106A室が31.4°C、A106B室が31.7°C、またA301室が32.6°Cであった。平均温度としては、南北・東西の違いよりも階の違いのほうが顕著であることがわかる。

6. 考察

男子寮生の学習・生活環境改善のためには、A寮屋上日射の軽減が最重要課題であると考えられる。最も効果的な方法は屋上緑化であると思われるが、学寮屋上面の耐荷重はそれに耐えられるほどには大きくない。また、飛散等による周辺住民へ迷惑を与える恐れもあり、施工方法について十分に検討する必要がある。屋上緑化ができないにしても、散水あるいは遮熱塗料の塗布などの方法が有効であると考えられる。

壁面日射による日中・夕刻の温度上昇を抑制するには、C寮のように樹木によって日射を遮ることが効果的であるが、A寮南東側には自転車置き場があり、植樹の用地確保が困難である。秋季・冬季の日射を確保しつつ、太陽高度が高い夏季の壁面日射を軽減するには、ひさしのようなものを設置することも有効であろう。しかしながら、構造的・強度的に設置可能かどうか、十分な検討が必要と思われる。簡便な方法として窓ガラスへの遮熱シートの貼り付けが考えられるが、コンクリートの断熱が十分でないため、その効果には疑問がある。つたやヘチマなどのつる植物を利用した壁面緑化、あるいはよしずの設置は有効な方法である

と考えられる。しかしながらこれらの方法は、1階あるいは2階に対しては実施可能であり、その効果が期待できるものの、3階に対しては実施が容易ではない。

大規模な改修になるものの将来的な計画としては、壁・天井・床に対する断熱材の施工および通風改善のための改修工事を実施するべきである。夏季の寮室が高温になり、夜間においても温度が下がらない根本的な原因は、コンクリートの蓄熱である。断熱性・通風性を改善することができれば、室温あるいは体感温度が下がると期待でき、寮生の学習・生活環境は大きく改善されると思われる。

7. おわりに

夏季における男子寮の学習・生活環境改善のための具体策を講じるため、男子寮居室の温度と湿度を測定し、屋上面および各壁面の日射の影響について検討した。屋上面日射の影響がもっとも顕著であるが、その影響はC寮とA寮のどちらにも現れる。平均温度ではC寮よりもA寮の方が高く、A寮3階では早朝の日中最低温度でさえ、晴天日では32°Cを上回る。日中の南東壁面日射は2次的な影響として現れる。A寮は東西軸から34°ほど傾いており、また中廊下型居室配置であるため、夕刻の南西壁面・北西壁面日射もそれと同等の影響がある。

2007年と2008年の2年間にわたり、学寮居室の温

度・湿度を測定し、男子寮の温熱環境の状況が明らかになってきた。より専門的な見地からの調査・分析が必要であるが、調査の段階から実施の段階へと進めていかなければならない。より適切な方法あるいは実施可能な方法で、少しでも男子寮生の学習・生活環境を改善してゆきたい。また、そのことは学生の環境教育としても意義が大きいと考える。

参考文献

- 1) 森下智博, 上泰, 江口忠臣, 夏期における学寮居室の温湿度測定 (第1報), 明石工業高等専門学校研究紀要, 第51号, pp.1-7 (2008).
- 2) 気象庁, 気象統計情報,
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 3) 理科年表 平成20年 (机上版), 国立天文台, 丸善 (2007).
- 4) フリー百科事典「ウィキペディア」,
<http://ja.wikipedia.org/wiki/>

謝辞

本調査の実施に当たり経費支援をいただきました高久晴校長 (当時) に深く感謝いたします。温湿度計の設置およびデータ分析にご協力いただきました平成20年度学寮委員の工藤和美講師 (建築学科) に深く感謝いたします。