

既存集合住宅の居室・ベランダにおけるヒートアイランド対策効果に関する研究

株式会社 創建 川合史朗
株式会社 創建 所 功治
国土交通省国土技術政策総合研究所 曽根真理

1. はじめに

1) 研究の背景と目的

ヒートアイランド現象を巡っては、平成 13 年 8 月に環境省が「都市の熱大気汚染現象である」との見解を公表して以来、内閣府及び、関係省庁が連携を図りながら「ヒートアイランド対策大綱」を策定するなど、国の重要政策として位置づけられている。また、平成 16 年 6 月に策定された国土交通省環境行動計画では、ヒートアイランド現象は、原因者が多岐にわたり因果関係が複雑に絡み合っているため、従来の公害対策のような個別課題への対応のみでは克服が困難であり、より幅広い連携により地域や社会全体で取り組むことが不可避であるとしている。

現在、ヒートアイランド現象の抑制に資する様々な対策手法が考案されているが、一般家庭で比較的簡単に実践できる対策については、その対策効果を含めて、情報の収集と蓄積が不十分な状況にある。気象庁のデータ¹⁾によると、温室効果ガスの影響による地球全体の年平均気温が過去 100 年間で 0.6 上昇したことが示されている。同じく過去 100 年間に於ける日本の中小都市の年平均気温が 1.0 の上昇であるのに対し、大阪市の年平均気温が 2.1 にも達することから、係る現象は人口が過密化する大都市で顕著になりつつあることが理解できる。対策を講じないまま長年放置されれば、熱中症や睡眠障害などの健康被害の拡大、局地的集中豪雨の頻発、猛暑日や熱帯夜の増加に伴う電力需要の増大など、明らかに問題が深刻化する可能性が高い。このため、ノーリグレット戦略のもと、社会を構成する市民・企業・行政が各々の立場で実行できる取り組みを着実に展開していくことが求められている。

こうした認識に立脚すれば、現下のヒートアイランド対策を巡る課題は次の点に集約されると考える。

第一に、対策推進に関する戦略的視点が不足していることである。ヒートアイランド対策は、道路や建築物に対する取り組みが不可避であるが、都市における占有面積は後者が圧倒的に多い。こうした建築物のうち対策実施の容易性と浸透性、並びに対策効果の発現性という点に鑑みれば、着目すべきは集合住宅⁽¹⁾であると言える。言及するまでもなく、同じ敷地面積で比べれば集合住宅は戸建住宅よりも圧倒的に人口密度が高くなるため単位空間当たりの人工排熱量が多くなる。また、建物表面積が格段に大きくなることから躯体への輻射熱の蓄熱量も大きな差となる。加えて、都心に立地する既存建築物のなかで大多数を占めるのは一定の築年数が経過した古い建築物であるが、これらの多くは断熱性能に代表される特

別な環境性能を有していない。こうした事情から築年数が経過した集合住宅をヒートアイランド対策のターゲットにするという戦略は一定の合理性があると考えられる。

第二に、対策への取り組み意欲を高める説得力あるデータの収集や説明が十分になされていないことである。既に、行政機関や公的機関等により、ヒートアイランド対策事例や対策メニューに関する情報が開示されているが、実際に人が暮らしている建築物で、対策前後⁽²⁾における室内外の温度差や、エアコンの消費電力の差²⁾³⁾を示すなど、市民や企業の取り組み意欲を増進させるような対策効果に関するデータの蓄積や公開については十分であるとは言えない。

こうした背景を踏まえ本研究は、大阪市の中心市街地に立地する築 18 年が経過した集合住宅に着目し、そこに暮らす居住者への対話と協力要請を通じて、実行可能な種々のヒートアイランド対策を居室の内外で講じ、対策を講じる前に予め測定していた対策前のデータと、対策後のデータを比較することで、対策効果の発現状況を明らかにするとともに、一連の対策を広く普及させるために必要な知見を浮き彫りにすることを目的としている。

2) 本研究の位置づけ

本研究は、具体的集合住宅を対象として、国土交通省国土技術政策総合研究所、(株)大林組技術研究所、(株)創建が連携して、ヒートアイランド対策の実証実験と効果測定に組み込み、その対策効果を各主体の視点から取りまとめた一連の 3 つの論文⁴⁾⁵⁾のうちの一つである。本稿は、個々の居住者への協力要請により、ベランダへの保水性ブロックの敷設、居室窓ガラスへの遮熱塗料の塗布、並びに“よしず”の設置を行ない、これらの組合せによる対策効果を、室温やエアコンの消費電力の変化といった視点から明らかにするものである。なお、いずれの対策も当該管理組合と対話し、合意を得た上で実施している。

2. 調査方法

1) 計測対象の設定

計測対象とした集合住宅は、平成 17 年度に大阪市が「ヒートアイランド対策モデル事業」の実施区域に指定し、様々な事業を実施している大阪市西区南堀江地区から抽出した。この集合住宅は、過去にヒートアイランド対策に資する環境配慮行動を協力要請し、その行動の前後における居住者意識の変化を調査した経緯があることから、当該調査の適地であると考えた。詳細を次に示す。

表-1 計測対象とした集合住宅の概要

| | |
|--------|-----------------------------|
| 調査対象 | 大阪市西区南堀江地区に立地する集合住宅 |
| 建物構造 | 築18年が経過したRC造8階建て |
| 居室面積 | 南棟49.5㎡(8階建て)、西棟50.5㎡(7階建て) |
| ベランダ面積 | 4.0㎡(南棟・東棟共通) |

2) 計測方法

表-2に、当該集合住宅の居住者に対策メニューの協力要請を行なった結果を示す。10世帯(住戸)が参加表明したが、居住者ニーズを個々に反映したため対策メニューの組合せは異なる。具体的な対策メニューは、ベランダへの保水性ブロックの敷設とプランターの設置、居室窓ガラスへの遮熱塗料の塗布、ないしは“よしず”の設置である。

表-3に、上述した対策メニューの効果を把握するための計測手法を示す。室内外の気温の変化を測定するデータロガー温度計と、消費電力の蓄積量の変化を把握する省エネナビの設置を行った。また、環境配慮行動に対する居住者意識の変化等を、別途実施したアンケート調査により把握した。

表-2 各住戸の対策内容

| 対策メニュー | 対策面積 | 参加表明した10世帯(住戸) |
|---------------|----------|--|
| 保水性ブロック(ベランダ) | 南棟: 4.0㎡ | 8F_802, 8F_803, 8F_804, 6F_601, 5F_503, 5F_504, 2F_203 |
| | 西棟: 4.0㎡ | 7F_705, 6F_605, 4F_405 |
| 遮熱塗料(窓ガラス) | 南棟: 7.0㎡ | 8F_803, 5F_503, 5F_504 |
| | 西棟: 5.0㎡ | 4F_405 |
| よしず(適宜利用) | 南棟 | 8F_802, 6F_601(各戸に1つ) |
| | 西棟 | 6F_605(各戸に1つ) |

よしずの大きさ: 2.4m x 1.8m

表-3 対策効果の計測手法

| 計測内容 | 計測方法 | 計測期間 |
|--------------|--|----------------------------------|
| A. 室温 | 室内奥(住戸中央付近)にある柱や梁(h=2.0m)にデータロガー温度計を設置 | A~Cとも計測期間は同一。計測間隔は、1h単位で24h連続計測。 |
| B. 消費電力 | 各戸のブレーカーに省エネナビを設置(一部の居室のみ) | <対策前> 2008.8.1 ~2008.8.15 |
| C. ベランダ上部の気温 | ベランダ上部(h=2.0m)にデータロガー温度計を設置。直射日光の影響を受けないよう温度計を覆い観測 | <対策後> 2008.8.17 ~2008.8.31 |

3) 計測日の設定

表-5に、平成20年8月1日~8月31日に至る計測期間の気象を示す。この計測期間中、気温や日射量等の気象条件は一定ではなく日々変動している。従って、対策効果の有無を適切に把握・評価するには可能な限り、対策前の計測日と対策後の計測日の気象条件を揃える必要がある。表-4に観測日の抽出条件を示す。雨天など計測結果に大きな影響を与える観測日を除外し、真夏日の発現状況等を考慮して設定した。~の条件を同時に満たす観測日を対策前(8/1~8/15)と対策後(8/17~8/31)から抽出した結果、各々の期間で該当する観測日が3日

ずつ得られた。図-1は、対策前で採用した観測日(3日)の平均値と、対策後で採用した観測日(3日)の平均値を1日の気温変動のグラフとして表現したものである。このグラフから一部の時間帯を除いて、対策前後の気温変動が近似していることが確認できる。以上により対策効果を把握するための計測日は、これらの観測日における計測結果の平均値を採用した。

表-4 観測日の抽出条件

真夏日を観測した日を抽出(猛暑日は対策後に発現しないため採用せず)
雨天日を除外
快晴・晴れが3日以上連続する期間で、初日と最終日を除外

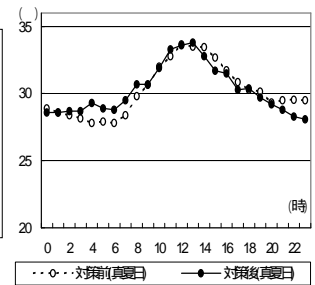


図-1 観測日の気温変動

表-5 計測期間中の気象

| 対策前の気象 | | | | 対策後の気象 | | | | | |
|--------|---------|----------|----------|------------|----|---------|----------|----------|------------|
| 日 | 降水量(mm) | 平均気温(°C) | 最高気温(°C) | 日射量(MJ/m²) | 日 | 降水量(mm) | 平均気温(°C) | 最高気温(°C) | 日射量(MJ/m²) |
| 1 | -- | 29.8 | 34.3 | 20.67 | 17 | -- | 28.1 | 32.2 | 15.08 |
| 2 | -- | 30.1 | 34.4 | 17.74 | 18 | -- | 28.5 | 33.7 | 20.62 |
| 3 | -- | 30.7 | 35 | 25.44 | 19 | -- | 30.2 | 34.4 | 18.20 |
| 4 | -- | 30.8 | 35.5 | 22.15 | 20 | -- | 28.7 | 32.1 | 20.00 |
| 5 | 11.5 | 29.9 | 36.4 | 23.84 | 21 | 0 | 25.6 | 29.2 | 13.98 |
| 6 | 15 | 28.8 | 35.5 | 20.23 | 22 | 0 | 25.8 | 31.5 | 20.30 |
| 7 | 0 | 29.5 | 34.5 | 17.37 | 23 | 32 | 24.4 | 26.9 | 4.83 |
| 8 | 0 | 30 | 34.6 | 18.37 | 24 | 1 | 25.5 | 30 | 13.94 |
| 9 | 0 | 29.8 | 35.2 | 22.78 | 25 | 2.5 | 23.8 | 29 | 15.23 |
| 10 | -- | 29.7 | 35.3 | 25.89 | 26 | 0.5 | 25.5 | 29.3 | 10.33 |
| 11 | -- | 30.3 | 34.9 | 19.67 | 27 | 0 | 26.7 | 29.3 | 7.01 |
| 12 | -- | 30.5 | 34.8 | 24.17 | 28 | 2.5 | 26.5 | 29.2 | 6.87 |
| 13 | 0 | 30.8 | 35.1 | 25.95 | 29 | 3 | 26.3 | 30.1 | 11.78 |
| 14 | -- | 30.2 | 34.2 | 22.98 | 30 | 11.5 | 24.3 | 26.5 | 6.97 |
| 15 | -- | 30.6 | 35.7 | 22.20 | 31 | 0 | 27.7 | 33.7 | 21.40 |

猛暑日観測日数: 8日
真夏日観測日数: 7日

猛暑日観測日数: 0日
真夏日観測日数: 8日

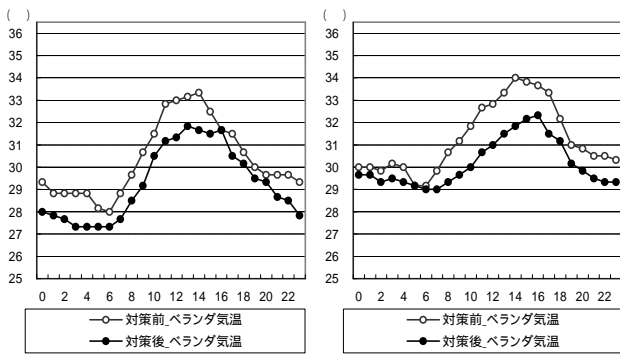
網がけは、前述の観測日抽出条件をもとに採用した観測日

3. 調査の結果

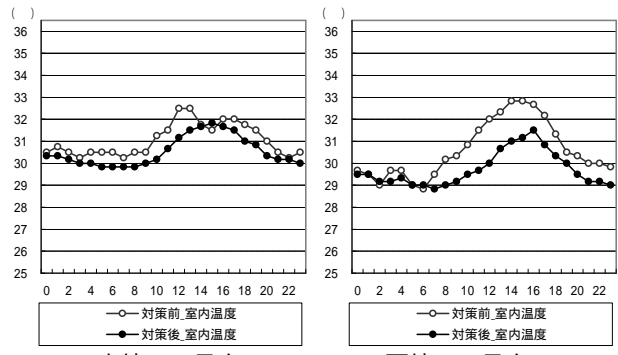
1) 対策効果の室外における計測結果

室外対策として、全住戸(10世帯)のベランダ全面に保水性ブロックを敷設すると同時に、プランターを配布し、計測期間中におけるプランター・保水性ブロックへの散水⁽³⁾を依頼した。なお、一部の住戸では室内対策としてベランダ開口部のサッシ部分を“よしず”で覆っているが、その設置に際しては保水性ブロックの機能低下を招かないよう配慮した。

結果を、表-6の下段に示す。明け方から正午にかけて日差しが入る南棟のベランダの最高気温は、0.8~2.1の幅で低下した。また、正午過ぎから夕刻にかけて日差しが入る西棟のベランダの最高気温は、1.0~1.8の幅で低下した。なお、事後に実施したアンケート調査から、各住戸ともに、対策前後におけるエアコンの使用パターンを含めた生活スタイルに大きな変化はないとの回答を得ている。図-2に、南棟803号室、西棟605号室の対策前後におけるベランダ気温の時間変化を示す。



南棟 803 号室 西棟 605 号室
図-2 対策前後のベランダ気温の時間変化



南棟 601 号室 西棟 605 号室
図-3 対策前後の室温の時間変化

2) 対策効果の室内における計測結果

室内対策は、各居住者の意向を踏まえ“よしずの設置”が“窓ガラスへの遮熱塗料塗布”のいずれかを実施した。表-6 の上段の住戸番号下に選択結果を記載した。なお、(ホ)と記載した住戸は室内対策を希望していない。

よしずの設置と保水性ブロック敷設

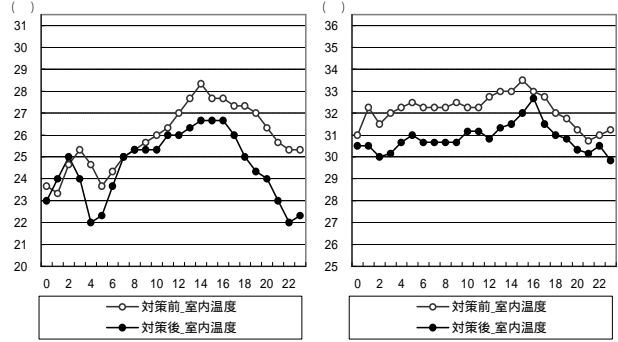
ベランダ開口部のサッシを覆う“よしず”により、南棟 802 号室で 0.3、601 号室で 0.7、それぞれ室温が低下した。また西棟では、605 号室で 1.3 の室温が低下した。図-3 に、南棟 601 号室、西棟 605 号室の対策前後における室温の時間変化を示す。

窓ガラスへの遮熱塗料塗布と保水性ブロック敷設

太陽放射のうち、近赤外線をブロックする遮断塗料を窓ガラス内側に直接塗布することで、南棟 503 号室で最大 1.6、西棟 405 号室で 0.8、それぞれ室温が低下した。なお、エアコンを終日運転している 803 号室では、室温の変化は見られない。図-4 に、南棟 503 号室、西棟 405 号室の対策前後における室温の時間変化を示す。

3) 消費電力にみる各住戸の対策効果の計測結果

表-6 に示す住戸のうち、協力が得られた住戸には配電盤⁽⁴⁾に時間毎の消費電力を逐次計測する省エネナビを設



南棟 503 号室 西棟 405 号室
図-4 対策前後の室温の時間変化

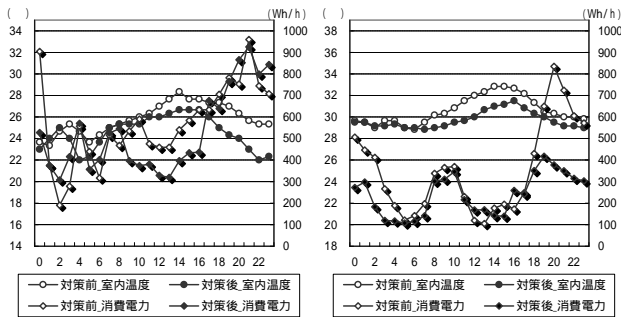
置した。この中で(ホ+ガ)の対策を実施した南棟 503 号室では 544w/日、電力料金換算で 11 円/日、一方で(ホ+ヨ)を実施した西棟 605 号室では 2656w/日、電力料金換算で 56 円/日、それぞれ節減した。図-5 に各々の住戸の対策前後における消費電力と室温の時間変化を示す。終日エアコンを使う 503 号室では、日中、室温・消費電力ともに低下した。また夕方から朝方にかけては、消費電力に大きな差異がない一方で、室温は概ね 1~3 低下しているため、窓ガラスの遮熱対策により室内の温熱環境が改善したと考えられる。次に 605 号室では、夕方か

表-6 対策による効果測定結果総括表

| 夏期(真夏日) | 南棟 | | | | | | | 西棟 | | | |
|---------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | 8F_802 (ホ+ヨ) | 8F_803 (ホ+ガ) | 8F_804 (ホ) | 6F_601 (ホ+ヨ) | 5F_503 (ホ+ガ) | 5F_504 (ホ+ガ) | 2F_203 (ホ) | 7F_705 (ホ) | 6F_605 (ホ+ヨ) | 4F_405 (ホ+ガ) | |
| 室温 (最高温度) | 対策前 | 29.3 (15 時) | 31.3 (14 時) | 31.0 (12 時) | 32.5 (12 時) | 28.3 (14 時) | 32.3 (14 時) | 25.3 (12 時) | 32.3 (17 時) | 32.8 (14 時) | 33.5 (15 時) |
| | 対策後 | 29.0 (15 時) | 31.3 (11 時) | 30.7 (13 時) | 31.8 (15 時) | 26.7 (14 時) | 31.5 (13 時) | 25.0 (11 時) | 30.7 (17 時) | 31.5 (16 時) | 32.7 (16 時) |
| | 差分 | -0.3 | -0.0 | -0.3 | -0.7 | -1.6 | -0.8 | -0.3 | -1.6 | -1.3 | -0.8 |
| 消費電力 (日あたり) | 対策前 | 6356w | - | - | - | 13602w | - | 9983w | 17967w | 8415w | - |
| | 対策後 | 5949w | - | - | - | 13059w | - | 8808w | 15272w | 5759w | - |
| | 差分 | -408w -9 円 | - | - | - | -544w -11 円 | - | -1174w -25 円 | -2694w -57 円 | -2656w -56 円 | - |
| ベランダ気温 (最高温度) | 対策前 | 33.2 (13 時) | 33.3 (14 時) | 33.3 (14 時) | 37.3 (13 時) | 34.2 (14 時) | 33.8 (13 時) | 34.0 (14 時) | 33.5 (14 時) | 34.0 (14 時) | 33.5 (14 時) |
| | 対策後 | 32.0 (13 時) | 31.8 (13 時) | 31.2 (13 時) | 36.5 (13 時) | 33.0 (13 時) | 32.2 (13 時) | 32.5 (13 時) | 31.7 (14 時) | 32.3 (16 時) | 32.5 (16 時) |
| | 差分 | -1.2 | -1.5 | -2.1 | -0.8 | -1.2 | -1.6 | -1.5 | -1.8 | -1.7 | -1.0 |
| エアコンの使い方(アンケート調査結果) | 夕方~深夜迄使用(連続的) | 終日使用(断続的) | 終日使用(連続的) | 日中使用(断続的) | 終日使用(連続的) | 終日使用(断続的) | 終日使用(断続的) | 夕方~朝方迄使用(連続的) | 夕方~朝方迄使用(連続的) | 終日使用(断続的) | |

各居室での対策内容の凡例(表上段居室番号下の()内) 〃ホ:保水性ブロックの敷設、ヨ:よしずの設置、ガ:窓ガラスへの遮熱塗料の塗布。

ら翌日朝方にかけて、対策前後の室温は一定であるが、エアコンの消費電力は低下している。また朝方から夕方にかけては、室温の低下が見られるがエアコンの消費電力に差異がないことから、対策効果が終日に及ぶものと考えられる。以上より、夏季において、窓ガラス越しの日射による室内の蓄熱を防ぐには、窓ガラスの遮熱対策及び「よしず」のいずれも一定の効果があると言える。



南棟 503 号室 (ホ+ガ) 西棟 605 号室 (ホ+ヨ)

図-5 対策前後の消費電力・室温の時間変化

4) 居室住人へのアンケート調査結果

一連の計測が終了した後、居住者の意識の変化を把握するためのアンケート調査を、平成 21 年 2 月に実施した。その概略の結果を表-7 に示す。室温変化の感じ方は個人差があるが「涼しさをやや感じた」居住者は 6 割に及んだ。またベランダの雰囲気は刷新され、心地よい空間になったとの声もあった。また、散水を負担に感じる居住者は少なく、中にはプランターへの水遣りと相まって楽しんで取組んだとの声もあった。次年度以降の取組みについては、省エネナビにより消費電力の変化を確認した住戸を中心に高い継続意向が見られた他、約 8 割の住戸で、意欲的であることが確認できた。さらに一連の実証実験への参加を通じ、6 割の住戸で以前よりも積極的に環境配慮行動を実践していることが明らかになった。

表-7 各住戸へのアンケート調査の結果 (n=10 戸)

| 調査項目 | | 回答結果 |
|-------------|-----------------|------------------------------|
| 対策効果の有無 | 効果がわからなかった | 803, 601, 705 |
| | 涼しさをやや感じた | 802, 804, 504, 503, 203, 405 |
| | 涼しさを十分に感じた | 504 |
| 散水に対する負担感 | 負担を感じた | 705, 605 |
| | 負担には思わない | 802, 803, 804, 604, 503, 203 |
| | 負担というよりは楽しい | 405, 504 |
| 次年度への取組み意向 | 次年度も積極的に取組む | 203, 605 |
| | 次年度もできるだけ取組む | 802, 803, 601, 503, 705, 405 |
| | 次年度も取組むかは不明 | 804, 504 |
| 環境配慮行動の実践状況 | 以前と変わらない | 802, 804, 504, 705 |
| | 以前より、積極的に行動している | 803, 503, 203, 601, 605, 405 |

4. まとめ

既存集合住宅に対して、ベランダへの保水性ブロックの敷設、居室窓ガラスへの断熱塗料の塗布、あるいは「よしず」を設置することで室温の低下とエアコンの消費電力の削減に一定の効果を得られることが明らかになった。こうした取組みを他の集合住宅等に順次拡大し、室外機

からの人工排熱量を大幅に削減することができれば、特に、夜間の市街地におけるヒートアイランド現象の緩和に寄与するものと考ええる。行政にあっては、こうした計測結果の蓄積を活用しながら市民・企業に対して協力要請を行ない、既存建築物への対策箇所数を点・線・面へと増やしていくことが求められる。

5. おわりに

一連の対策により、室外機から排出される人工排熱が大幅に削減すると、当該建築物周辺で形成される気温にどの程度影響を及ぼすかについて、日中・夜間で計測して検証する必要がある。また、遮熱塗料と「よしず」との比較では、対策効果に大きな差異は発現しなかったが、建物の用途、構造、階数、竣工年次等の違いにより対策効果は異なると考えられるため、今後、より多くの施設を対象に調査を進め、それらの計測結果をデータベースとして構築することが求められる。屋上への高反射塗料の塗布等も有効な対策であるが、実施時期や施工費の検討、管理組合や専門業者との調整が不可避であり、実施は容易ではない。今回のような居室・ベランダにおける取組みは、居住者が楽しみながら手軽に取組むことができるため、積極的に取組みを広げていくことが望まれる。

参考文献

- 1) 気象庁(2002)「20 世紀の日本の気候」, 第 1 章暖かくなった 20 世紀, pp1 ~ pp56, 財務省印刷局。
 - 2) 半田隆志(2002)「建物用塗料の塗布によるヒートアイランド緩和および冷暖房負荷削減方策」, エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集 2002, 18, pp493-pp498。
 - 3) 渡辺 浩文, 他(2003)「屋内外気温と家庭消費電力の同時多点測定 : 福島県原町市における夏季調査」, 日本建築学会東北支部研究報告集, 計画系(66), pp141-pp144。
 - 4) 曾根真理, 他「大阪市における高反射率塗装前後の電気料金に与える影響の実測調査について」, H21 年度土木学会全国大会投稿中
 - 5) 奥田章子, 他「環境配慮型太陽熱高反射率塗料の開発 その 6 集合住宅屋上における実施工結果」, 2009 年度建築学会大会投稿中。
- 補注
- (1) オフィスビル等も検討すべきであるが、集中管理・制御システムによる空調設備が稼働しているケースが多く、対策効果の把握手法が複雑になるため今回は見送った。
 - (2) 既存建築物における対策効果を適切に把握するには、事前測定が重要になるが、実際に人が居住している空間・施設を対象にして対策前と対策後を計測した調査事例が少ない。
 - (3) 散水頻度・時間帯は特に指定していないが、朝・夕の 2 回という住戸が多かった。計測結果が 2.1 と大きな値になった南棟 804 号室では、朝・夕に加えて日中の時間帯も断続的に散水していた他、最高温度の低下が 0.8 に留まる 601 号室は、風向きによって当該集合住宅に隣接する業務ビルの室外機からの熱風の影響を受けやすいという実態が、それぞれヒアリング調査から明らかになった。
 - (4) 当該集合住宅の各住戸に設置されている配電盤は、エアコンのみの電力使用量を計測することができる構造にはなっていないため、住戸全体の消費電力を計測している。但し、夏季は、住戸全体の 1 日あたりの総消費電力に占めるエアコンの割合が相対的に高くなる。なお、エアコンの電力使用量は、運転設定温度に大きく影響される。

謝辞

本研究を進めていく上で、大阪市環境局の笠松氏、松井氏のほか、当該マンション管理組合理事長の長岡様には多大なご協力を賜った。この場をかりて厚くお礼を申し上げます。