

2. 私的空間における適応策の推進手法・基礎調査

ヒートアイランド現象に対する適応策の導入場所として、これまで街路空間を中心に検討してきたが、市民がより身近に適応策の効果を感じることができると考えられる私的な空間における適応策の導入について調査を行った。

私的空間は、一般的に「建物内」と捉えられるが、本調査では公的な空間（まち）との接点となる「建物敷地」についても含めるものである。今年度は、私的空間における適応策についての考え方を整理し、検討の方向性を示すことを目的とした。

2.1 私的空間における熱環境の変化

私的空間における熱環境は、地球温暖化やヒートアイランド現象などの屋外熱環境の変化に加え、建築様式やライフスタイルの変化によって居住者が置かれている熱環境が大きく変化している可能性がある。そこで、日本の住宅の建築様式の変化に関する情報を整理し、現状の私的空間における熱環境の実態を考察した。

(1) 伝統的建築の熱環境の特徴

日本の伝統的建築は、昔から夏を旨とすべく造られてきたため、その構造の熱的な特徴も夏向きになっているとされる。機械力に頼らない日本の伝統的建築の防暑は「涼房」という語が使われ、伝統的建築における夏季の熱環境を評価した研究が数多く行われてきた^{2,3,4}など。夏季における良好な屋内熱環境の形成に寄与するものとして、伝統的建築の以下のような要素が評価されている。

- ①深い軒による日射遮蔽
- ②屋敷林による日射遮蔽
- ③土壁、木部、畳等による調湿作用
- ④土間の大きな熱容量、土間への打ち水による冷放射、低温空気の積層
- ⑤坪庭への打ち水による冷放射
- ⑥低温な坪庭からの外気流入、坪庭からの排熱
- ⑦建具の夏モードへの転換による通風の確保
(例：障子、襖から簀戸（すど：夏障子）、御簾（みす：座敷すだれ）に建具替え)
- ⑧小屋裏からの排熱と床下開口部からの冷気の導入
- ⑨欄間による天井部の暖気の移動による室内放射熱源の抑制

¹木村健一、「涼房」、建築雑誌、Vol.102、1987

²木村健一編「民家の自然エネルギー技術」彰国社、1999

³坂本喬亮、宇野勇治、太田昌宏、堀越哲美、「愛知県における伝統構法住宅の室内温熱環境特性に関する調査」、日本建築学会東海支部研究報告集第43号、433-436、2005

⁴浦野良美、渡辺俊行、林徹夫、内山明彦、「九州北部に残る伝統的民家の熱環境に関する調査研究」、日本建築学会計画系論文報告集、Vol.371、27-37、1987

なお、建物の屋外空間への開放については、農村部などにある木立に囲まれた「民家型」と都市部などで建物が軒を連ねる「町家型」があるとされ⁵、以下のように整理されている。

表 2.1 伝統的建築における建物内の風通しの考え方の分類

開放の型	空気の動かすメカニズム	留意点等
民家型	水平開放による通風	季節の風の方向や植栽など、周辺環境と一体となった建物内の通風を考慮する
町家型	上下開放による熱対流	上部からの排熱と床下からの冷気導入、坪庭の活用などによる建物内の空気の揺れ動きを考慮する

(2)近年における建築様式の変化

日本における近年の住宅は、上記で整理した伝統的建築とは大きく異なる。昭和 30 年代以降に以下の点で建築様式が変化するとされる⁶。

- ①住宅及び敷地の縮小と 2 階建ての定着、3 階建ての出現
- ②屋根の小型化、軒の縮小に伴う縁側、坪庭の減少
- ③電気、ガス、水道など、諸設備の充実と石油エネルギーの多用
- ④真夏と真冬における快適性を確保することを中心とした冷暖房設備と断熱の向上、窓サッシの定着による外環境との遮断
- ⑤板床（フローリング）の増加と大型固定洋家具の導入、モノの増加による内壁の増加

また、室内への日射取得を増加させたと考えられる軒の減少の理由として、以下の点が指摘されている。

- ①壁の仕上げ材が雨に強くなり、深い軒が必要なくなった
- ②安価に仕上げられること
- ③敷地の縮小によって、敷地いっぱい住宅を建てる必要があった

⁵石田秀樹、荒谷登、佐々木隆、絵内正道、「開放系住居の夏の環境特性：町家の冷気積層型の上方開放空間」、日本建築学会計画系論文報告集、Vol.408、23-32、1990

⁶渡辺光雄、「窓を開けなくなった日本人—住まい方の変化六〇年（百の知恵双書）—」、農山漁村文化協会、2008

(3)現代の住宅における熱環境の変化

建築様式が変化したことで、居室内の熱環境にも影響を及ぼし、そのいくつかは実測や数値計算等によって定量的に評価されている^{7,8,9}など。

①軒や庇の小型化による室内への日射透過

数値計算によると、南に開口部を有する部屋の南面に庇が無い場合と140cmの庇を付けた場合では、14時の室温は庇がある方が2°C低かった（換気回数1回/h）。

また、日射が当たる床面の温度は、50°C以上にもなり、居住者の体感温度を上昇させる要因となる。

②開放系の喪失による通風量の低下

数値計算によると、換気回数が増加するに従い、室温が外気温の変動に近づき、午前中は換気回数の少ない方で室温が低く、夕方18時の室温は換気回数1回/hに比べて30回/hの方が3°C低かった。

③建材の変化による調湿作用の低下

実測調査によると、土壁による蔵造りの居室の絶対湿度は外気より約1g/kg低いが、鉄筋コンクリート造りの居室では外気より1~2g/kg高い値を示した。

④土間や中庭などの冷熱源の消失

数値計算によると、土間床とした方が、板床とするより14時の室温で約3°C低かった。実測調査によると、土間床の室温は、居室にくらべて1~3°C、グローブ温度では2~4°C低く、土間面からの対流冷却効果と冷輻射効果が認められた。

⁷浦野良美、渡辺俊行、林徹夫、内山明彦、「九州北部に残る伝統的民家の熱環境に関する調査研究」、日本建築学会計画系論文報告集、Vol.371、27-37、1987

⁸山口徹、吉野博、松本真一、長谷川兼一、「伝統的民家の夏期における室温上昇緩和効果に関する数値計算」、日本建築学会東北支部研究報告集、Vol.60、57-62、1997

⁹木村健一、田辺新一、「川越の蔵造の町家」、木村健一編「民家の自然エネルギー技術 6章」彰国社、1999

2.2 私的空間における健康影響等

建物内や建物敷地の私的空間における熱環境がもたらす人への影響については、近年、特に熱中症の発生が増加していることが懸念される。また、日射が当たる建物外壁の熱容量が増えたことにより、私的空間における夜間の熱環境が大きく変化している可能性があり、睡眠に及ぼす影響も懸念される。

(1)熱中症

平成 22 年の熱中症死亡数は 1,718 件で、全体の約 8 割が高齢者（65 歳以上）であった。熱中症の発生場所が特定できた事例のうち約 9 割は家（住宅、農家、アパート、私有地（私邸の中庭、車庫等）等）であった。高齢者は老化に伴う皮膚血流量の低下や単一汗腺当りの汗出力の低下、さらには活動汗腺数の減少が進行し¹⁰、体温調節機能が脆弱であるため特に注意が必要である。

表 2.2 平成 22 年度熱中症による死亡数¹¹

発生場所	死亡数			百分率		
	総数	男	女	総数	男	女
総数	1 718	920	798	100.0	100.0	100.0
家（庭）	783	387	396	45.6	42.1	49.6
居住施設	3	-	3	0.2	-	0.4
学校、施設及び公共の地域	3	3	-	0.2	0.3	-
スポーツ施設及び競技施設	3	3	-	0.2	0.3	-
街路及びハイウェイ	20	18	2	1.2	2.0	0.3
商業及びサービス施設	5	4	1	0.3	0.4	0.1
工業用地域及び建築現場	19	19	-	1.1	2.1	-
農場	62	31	31	3.6	3.4	3.9
その他の明示された場所	46	37	9	2.7	4.0	1.1
詳細不明の場所	774	418	356	45.1	45.4	44.6

屋内での熱中症の発生が多い理由として、特に高齢者では冷房の使用を控えがちであることが考えられる。冷房使用についての意識を調査した事例では、8 割以上の方が「なるべく使いたくない」と考えており、その理由として「健康によくないため」や「電気代節約のため」などが挙げられている¹²。

冷房使用と熱中症発生との関係を見ると、冷房を設置しない、もしくは設置していても使わない場合に、熱中症の発生が多発し、重症度も高くなる傾向が見られる。また、冷房があるにもかかわらず冷房を使わずに熱中症が発生する割合は、高齢者ほど高くなっていた。

¹⁰井上芳光、発汗機能の老化：全身的協働の視点から、日本民俗学会誌 266: 99-107、2011

¹¹厚生労働省、平成 22 年の熱中症による死亡者数、2011 年 6 月

¹²地濃祐介、松原斎樹、飛田国人、青地奈央、須藤由佳子、藏澄美仁「冷房の使用開始時期と居住者の意識・住まい方との関連」日本建築学会環境系論文集 Vol.73、527-533、2008

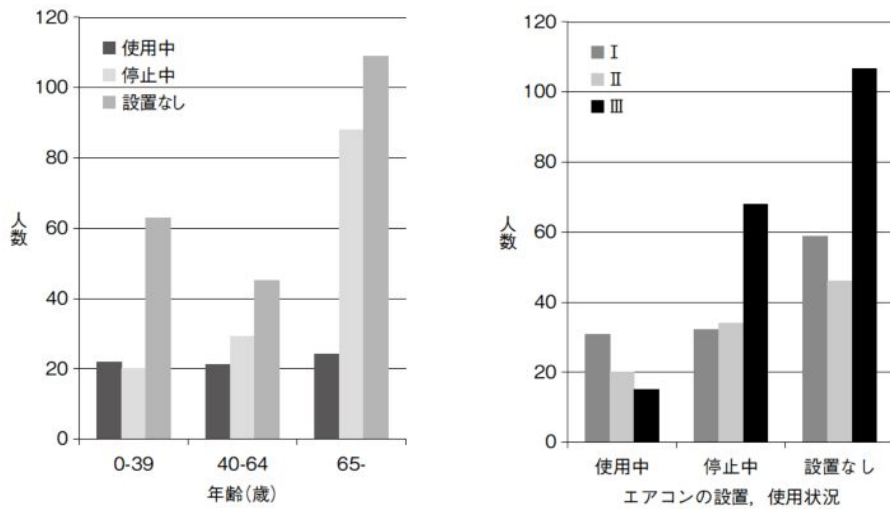


図 2.1 熱中症の発生数（左：年別冷房の使用等状況別、右：重症度別冷房の使用等状況別）¹³

(2)睡眠障害

夜間の室内環境が高温の場合、睡眠に障害の無い健康な人であっても睡眠が妨害される恐れがあり、中途覚醒が増えるなど睡眠効率の低下が指摘されている¹⁴。高温環境による睡眠への影響については、これまでに多くの研究がなされている。関連研究のレビュー¹⁵によれば、以下のようない知見が報告されている。

- ・室温が 29℃より上昇するほど、覚醒が増加し、レム睡眠と徐波睡眠が減少する
- ・高温環境では湿度が高いほど、覚醒が増加し、レム睡眠と徐波睡眠が減少する
- ・高温環境で就寝後の疲労回復が十分でない
- ・夏季は他の季節にくらべて睡眠効率が 10%低下する
- ・睡眠時間の短縮は、生活の質の低下だけでなく高齢者の場合は死亡率にも関連する

また、Libert らは、35℃の環境に 5 日間曝露後に体温調節機能は適応するが、睡眠には適応が見られず覚醒が増加したと報告している¹⁶。環境省が実施した調査でも、8 月の前半と後半では、同様の熱環境において後半の方が暑いと感じる割合は低下するものの、覚醒する割合には違いが見られず、睡眠の暑さへの順化は確認されなかった¹⁷。

¹³日本救急医学会熱中症に関する委員会、「本邦における熱中症の現状-Heatstroke STUDY2010 最終報告-」日救急医学会誌 vol.23、211-230、2012

¹⁴Okamoto-Mizuno K, Tsuzuki K., Effects of season on sleep and skin temperature in the elderly, Int J Biometeorol., 54(4):401-9, 2010

¹⁵水野一枝、高温環境と睡眠、日本家政学会被覆衛生部会部会誌、Vol.31、2012

¹⁶Libert JP, et al., Effect of continuous heat exposure on sleep stages in humans, Sleep,11(2),195-209,1988

¹⁷社団法人環境情報科学センター、平成 20 年度ヒートアイランド対策の環境影響等に関する調査、2009

2.3 私的空間における熱環境対策の現状

(1)建物内における取り組み

上述のように日本の伝統的建築では夏を旨とし、蒸し暑い日本の夏を少しでも快適に過ごせるよう様々な工夫がなされてきた。現在ではこれらの工夫を活かしつつ、また現代の建築に適合したパッシブな技術として数多くの製品等が提供されている。

表 2.3 建物内における取り組みの例

対策分類	対策の考え方	対策の例
居室内への日射遮蔽	・窓に当たる日射を遮蔽する	緑のカーテン、よしず、ブラインドやシェード（外側）、オーニング
	・窓に当たった日射（赤外線）を反射させる	窓フィルム（再帰反射含む） 遮熱性ガラス
居室内の風通しの確保	・風の入りやすさと熱の出口を確保する	縦滑り出し窓、天窗、スリット付き雨戸、風が通りやすい網戸
	・居室間の通風を確保する	ドア上欄間
屋根・壁面の高温化・蓄熱抑制	・屋根の緑化、高反射化	屋上緑化、高反射塗料
	・壁面の材質を保水化、緑化する	壁面緑化

また、盛夏には、パッシブな手法のみでは健康的で快適な居室空間を確保するには必ずしも十分ではないため、省エネに配慮しつつエアコン等の空調機器を適切に用いる必要がある。その方向性は「都市の低炭素化の促進に関する法律」において認定低炭素住宅などとして国が明確に示している。平成 25 年度の省エネ基準の改正において、これまでの断熱性能に加えて、設備の性能や創エネルギーを総合的に評価する一次エネルギー消費量規準が導入された。

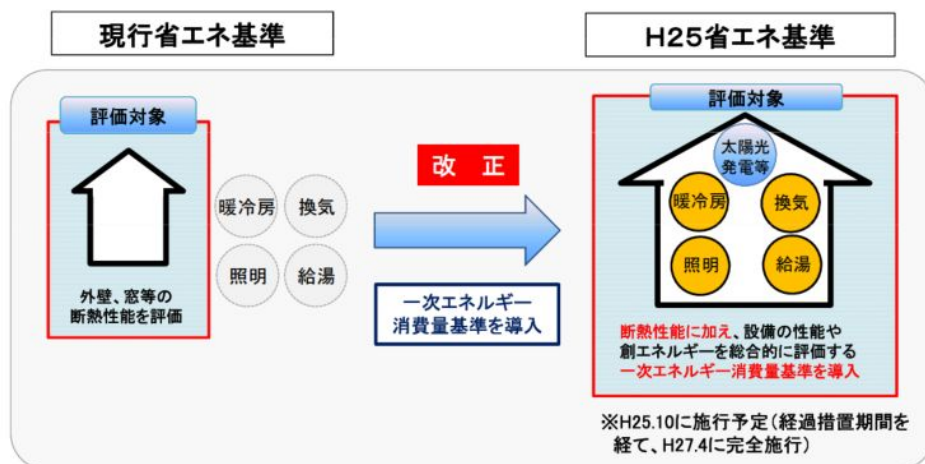


図 2.2 平成 25 年度省エネ基準の改正

資料) 国土交通省

断熱性能については、平成 11 年基準が踏襲され、壁面や窓面の断熱性能の強化だけでなく、南窓の軒や庇、東西窓のブラインドによる日除けなど、夏季には室内への熱の取得を減らす工夫が推奨されている。

【認定低炭素住宅のイメージ】

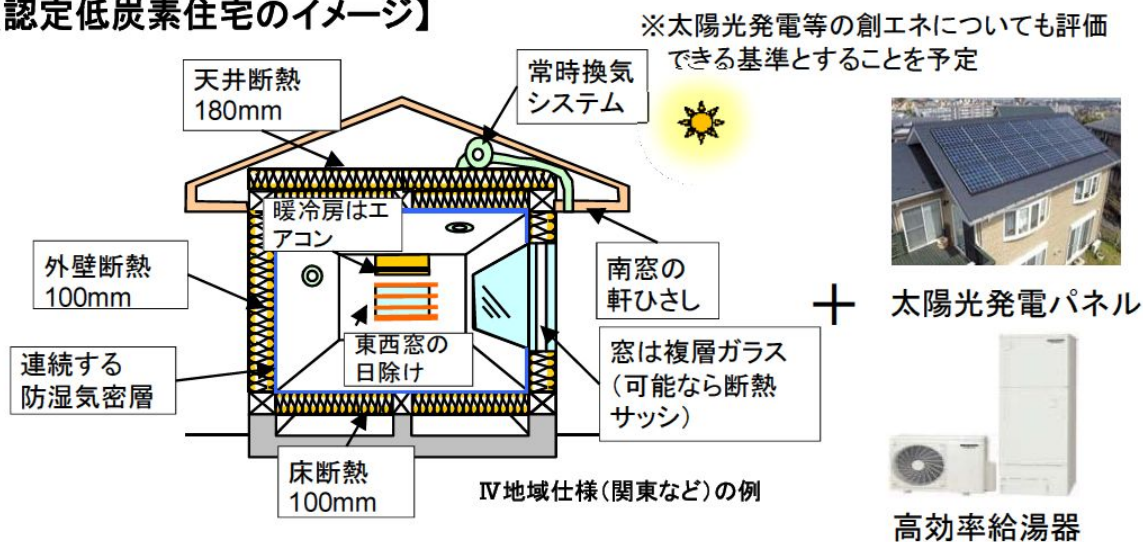


図 2.3 認定低炭素住宅のイメージ

出典) 国土交通省住宅局、住宅・建築物に係る省エネルギー対策について

(2)建物敷地における取り組み

建物内における熱環境改善の取り組みが国や民間事業者等で進んでいる一方、建物敷地における熱環境改善の取り組みは多くない。そこで、積極的に建物敷地の熱環境改善に取り組んでいる戸建て住宅と集合住宅における事例についてヒアリング調査を行った。以下にその概要をまとめた。個別のヒアリング結果は、巻末の参考資料とした。

①戸建て住宅の事例

戸建て住宅での取り組みでは、微気候デザインとして、建物のデザインと建物敷地のデザインの両方が重要としている。微気候デザインの本質的な部分は、外環境の作り込みであり、これを住宅レベル、街区レベル、まちレベルで進めていくことで、全体が良くなっていくとの考え方が基本になっている。

具体的には、樹木の種類（蒸散量の違い）や配置等を工夫することで、自然のポテンシャルを高めている。さらには、通風する保水壁材などを導入し、自然の蒸散量では足りない部分を補完していく方法なども取り入れている。

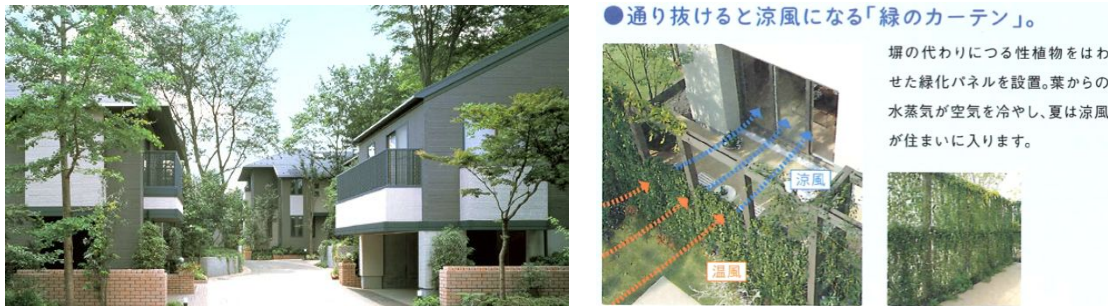


図 2.4 戸建て住宅における敷地の緑化や緑のカーテンによる取り組みの例

出典) ミサワホーム株式会社ホームページ、パンフレットより

②集合住宅の事例

集合住宅での取り組みでも、建物と建物敷地の両方について工夫がなされている。本事例の場合の開発のコンセプトは、人と環境の共生であり、建物まわりの自然環境を豊かにすることで、住まう人の暮らしが豊かになる。そして居住者が、その関係を理解した上で、建物まわりの環境を継続的に良くしていくという、共生の本来の意味を具現化することにある。

例えば、集合住宅という大きな建物の特徴を活かし、建物南側と北側の熱環境の差を活用した取り組みが特徴的であった。建物や駐車場、緑地の配置を工夫し、建物の南側に落葉樹、北側に常緑樹を主とした緑地帯をできるだけ大きな規模で確保している。それによって北側が冷熱源となり、暖まっている建物南側との気圧差が生じ、特に夜間には、住居内に北側から涼しい風が入り、南側に抜ける。この建物敷地の工夫と建物内の風通しを促進するための工夫によって、夜間の寝苦しさが改善されるとしている。



図 2.5 集合住宅における敷地の緑化や緑のカーテンによる取り組みの例

出典) 株式会社リブランのパンフレットより

2.4 私的空間における適応策の方向性と評価の考え方

(1) 私的空間における適応策の課題

これまで見てきたように、伝統的な住宅においては、涼房と呼ばれるパッシブな技術を主として、中庭への打ち水などの積極的な涼み方も含め、建物内外の自然を豊かにすると同時にその恩恵を享受するための建物づくりが行われてきた。

一方で、現代の住宅は、エアコンなどのアクティブな手法を主として、屋外環境との断熱を十分に施すことで、屋内の快適性を一年中、確保している。日本の四季は明確であり、暑さや寒さの厳しい季節を健康的でかつ快適に過ごす上ではこうしたアクティブな手法が不可欠になっている。

しかし、屋外空間との遮断は、建物周辺の環境づくりの意味を理解し、その恩恵を享受しようとする意識の醸成を妨げてしまう可能性もある。その結果、暑さや寒さがそれほど厳しくない季節や時間においても、縁側での憩など、旧来、享受していたであろう快適なライフスタイルが忘れられ、エアコンへの依存が高まることで省エネを進める上での課題の一つになっていると考えられる。

また、建物敷地における緑化などの環境づくりが進まないことが、都市のヒートアイランド現象を助長する要因の一つになっていると考えられる。結果として、建物周辺の熱環境が改善されず、屋内におけるエアコンへの依存がますます高まるという悪循環の構造にあるとも考えられる。

(2) 環境省で推進する私的空間の適応策

本調査では、私的空間における適応策を建物内と建物敷地に分けて検討してきた。建物内における熱環境改善の取り組みは、国の主導によって省エネ対策との両面で行われていた。一方で、建物敷地における熱環境改善の取り組みについては、建物内の熱環境を改善する上でも重要になるものの、現状ではその取り組みが一部に限られていた。

上述したような課題も踏まえると、私的空間における適応策の推進においては、「建物敷地に

おける取り組み」を中心として、技術開発の状況やその効果的な導入事例等を調査し、促進方法等について検討することが考えられる。その際、建物まわりの環境を良くすることが居住環境の改善につながることで、そしてその取り組みが住宅レベル、街区レベル、そしてまちレベルで進んでいくことで、結果として質の高いまちづくりにつながることを施策推進の基本的な考え方とすることが重要である。

(3)建物敷地における適応策の評価手法

建物敷地における適応策は、単純に緑地を増やすことを目的とするものではない。建物敷地の適応策を先進的に進めている事例でも、居住者等の温熱快適性を向上させるための明確な目的のもと、緑地などが詳細に設計されていた。そこで、建物敷地における適応策は以下の 2 つの視点で評価していくことが求められる。

- ①建物敷地及び建物との境界領域（縁側など）における居住者等の温熱快適性の向上
- ②建物内におけるパッシブは技術を有効に機能させるための建物敷地の熱環境の改善

また、人による温熱快適性の評価は、定常状態の温熱環境としての評価だけでなく、環境の「ゆらぎ」が快適性に影響を及ぼす可能性があるため、温熱環境の持続性や変化の状況についても考慮していくことが求められる。