

### 3 . 環境影響の検討

#### - 温熱環境と睡眠に関する調査 -

#### 3 . 1 調査目的

ヒートアイランド現象や地球温暖化による都市の熱環境の悪化により、様々な影響が生じていることが指摘されている。これまで、熱中症やエネルギー消費に関する影響については定量的な検討が行われており、一定の成果を得ている。一方、地方自治体等で行われている市民アンケートなどを見ると、都市の熱環境の悪化による影響として「夜間の寝苦しさ」が多く挙げられている<sup>1)</sup>。しかし、都市の熱環境の悪化による睡眠への影響は、これまで詳細な調査が行われてこなかった。

そこで、既存の調査研究などを参考としつつ、都市の熱環境の悪化による睡眠への影響を定量的に把握するための調査を行う。

#### 3 . 2 睡眠影響に関する既往調査研究の整理

夏季の温熱環境が人の睡眠に及ぼす影響を扱った既存の調査（表 3-1 参照）は、大別すると以下のよう<sup>2)</sup>に3つに分けることができる。

実験室において、複数の睡眠環境（温湿度の差、気流の有無、温度の変動パターンの違い等）を設定し、各睡眠環境における被験者の脳波ポリグラフなどの詳細データを得て、良好な睡眠に寄与する温熱環境を調べるもの

実生活場面において、体動量や睡眠感のアンケートなどにより、良好な睡眠を妨げる温度などの上限を調べるもの

エアコン使用の要因としての室内温熱環境の状況を調べるもの

最も多いのが、上記 のもので、数名から 10 名程度の被験者を対象にして実施しており、例数を増やして実施することなどが課題として挙げられている。

今回、実施する調査は、上記 の調査の中に同様なものが見られるが（表 3-1、 ）現在の都市の熱環境の悪化による影響を考えるためには、以下のような点で新たな調査が必要と考える。

ア)これまでの調査では屋外の気温との関係が調べられていない

イ)女子大生など特定の属性のみを対象としている

ウ)100 人規模を対象としたものは 20 年以上昔のもので、最近のものは 10 名程度の小規模な調査である

表 3-1 夏季における睡眠と温熱環境を扱った既存の研究等

No.	著者	論文名	発行年	被験者	季節	場所	回数	温湿度測定	睡眠関連の計測	アンケート	閾値	結論	課題
①	松本一弥ら	夏季の睡眠環境が夜間睡眠とその後の疲労回復に及ぼす影響	1985	男子大学生8名	夏	実験室	実験夜&対照夜	室内温湿度	睡眠ポリグラフ	SSS		実験夜室温32℃では、睡眠の量・疲労回復も不十分であった	
②	宮沢モリエら	近畿地区における睡眠環境の調査	1985	20代女性100名程度	夏-秋-冬	実生活場面	各1日	室内温湿度		睡眠感等	28℃	室温が28℃以上になると厚床内の心地良さが悪くなる	
③	神田清子ら	睡眠中の体動に及ぼす室温の影響	1994	女子大学生20名	夏-秋	実生活場面		室内温湿度	体動測定	睡眠感等	26℃	室温26℃付近から高温の影響が認められる	
④	戸羽理香ら	入眠と覚醒に伴う生理機能の変化	2000	女子大学生8名	夏	実験室		室内温湿度	体重、皮膚温	睡眠感等		半裸体にて快適に眠るための臨界点は28~30℃の間	昼間の実験なので、終夜睡眠における検討要
⑤	大中忠勝ら	睡眠時の体動からみた寝室の快適温熱環境の上限	2001	女子大学生12名	夏	実生活場面	月1回合計5回	室内温湿度	体動測定	睡眠感等	28℃	体動比2となる室温28℃、湿度70%程度が快適睡眠の上限である	
⑥	川島庸ら	睡眠時の冷房条件が心理・生理反応に及ぼす影響に関する実験的研究	2003	男子大学生4名		実験室		室内温湿度	睡眠ポリグラフ、直腸温、皮膚温	OSA睡眠調査票		80、60、40%で実験したが、入眠時は40%、その後は60%程度が好ましい可能性が示唆された	
⑦	久保博子ら	夏季における室温変化が終夜睡眠時の人体におよぼす影響	2004	女子大学生11名	夏	実験室	対照を含む4条件で実施	室内温湿度	睡眠ポリグラフ、直腸温、皮膚温	OSA睡眠調査票		室温の1、2℃の変化が生理的・心理的反応に影響を与える	
⑧	久保博子ら	住環境学の立場から見た睡眠環境に関する研究	2004	成年女子	夏	実験室		室内温湿度	睡眠ポリグラフ、体動測定、発汗量			29℃70%で0.4mm/sの気流を流したところ、発汗量、体動量に変化が見られた	
⑨	北堂真子ら	暑熱環境下の夜間睡眠における微気流の冷却効果	2004	女子大学生7名	夏	実験室	2条件で各2日	室内温湿度	睡眠ポリグラフ、直腸温、皮膚温、発汗量			30℃60%で0.4mm/sの気流を流したところ、発汗量が減り、睡眠が改善された	
⑩	都築和代	暑熱環境における気流が青年の睡眠と体温調節に及ぼす影響	2004	20代男性8名		実験室	気流条件を含め4条件	室内温湿度	睡眠ポリグラフ、直腸温、皮膚温、発汗量	睡眠感等		32℃80%で1.5mm/sの気流を流したところ、発汗量が減り、睡眠感も改善された	
⑪	酒井深ら	名古屋市内の住宅における寝室の暑熱環境	2005	住宅約100戸	夏-冬	実生活場面	各戸1日	室内温湿度				室外気温から室内気温を推定することは可能	室外データが気象台、気流、輻射熱の測定が必要
⑫	羽原宏美ら	一般住戸を対象とした実態調査に基づく冷房発停の生起要因に関する検討	2005	住宅約50戸	夏	実生活場面	15日	室内温湿度			30℃(冷房)	冷房オンは室内気温に強く関係し、平均30.9℃、就寝時の室温は約1℃低い	室外データは気象台
⑬	兜真徳ら	国内3都市における夏季の日最高温度と個人別曝露温度	2005	高齢者194名	夏	実生活場面	73日間	個人モニタ				昼間は冷房により曝露温度を調整しており、沖縄の方の暑熱耐性がやや大きい	室外データは気象台
⑭	荒井潤一郎	暑熱環境制御による快眠誘導	2005	20代男性12名		実験室	一定温度とV字型温度条件	室内温湿度	睡眠ポリグラフ、直腸温、皮膚温	OSA睡眠帳票		V字型温度制御により深部体温が理想的に推移し、深睡眠量が増加した	
⑮	後藤和貴子ら	体温サーカディアンリズムを考慮した室温変化が夏季終夜睡眠に及ぼす影響	2006	女子大生7名	夏	実験室	昇温後一定温度とV字型温度条件	室内温湿度	直腸温、皮膚温、発汗量、体動	OSA睡眠帳票		サーカディアンリズムに即した暑熱環境で睡眠をとることに、入眠、維持、覚醒を良好なものとする可能性が示唆された	例数を増やして検討する必要がある
⑯	都築和代ら	季節の睡眠環境が高齢者の睡眠と体温調節に及ぼす影響	2006	高齢者13名	冬-夏-秋	実生活場面	5日間	室内外温湿度	アクチグラフ	睡眠感等		冬季の低温環境よりも、夏季の高温環境が睡眠の質を低下させていることがわかった	

### 3.3 調査概要

睡眠と熱環境の関係は、地域別、性別、年齢別などによって、また個人間でも大きく異なることが、これまで多くの調査等で指摘されている。そこで、まずは地域を絞り、性別や年齢構成などを考慮しつつ必要な対象者を選定した。夏季に各対象者の屋外と室内の気温と湿度を測定するとともに、対象者に睡眠感などに関する質問票への記入を依頼し、睡眠を阻害する室内温度や屋外気温などの基礎的な情報を得た。

#### (1) 調査対象者の抽出

今回の調査では東京都と周辺県で、均質な集団とするために20代から50代程度の年齢層を対象とした。

調査対象者の選定については、できるだけ日中の温熱環境への曝露状況や社会経済状況の均質な者を対象とするため、日中の多くの時間をオフィスで過ごし、かつ比較的当該地域近郊に長期間在住している可能性が高い地方公共団体等の職員の中から調査対象者を選定した。また、温湿度測定を効率的に実施する観点から、対象者の配偶者等で同室で就寝する者についても調査の対象とした。

対象者は、合計100名以上とし、年齢や性別、地域など、できるだけ偏りが無いよう配慮した。

なお、調査対象者からは、調査への協力の同意を書面で取得し、調査で得られた個人情報等については、(社)環境情報科学センターの個人情報保護方針に基づき、適切に取り扱った。

#### (2) 調査期間

平成19年8月(夏季調査)と9月後半~10月(秋季調査)に、各1週間ずつ調査を実施した。それぞれの期間中、調査対象者の都合の良い連続した1週間で調査を実施するよう依頼した。

夏季調査では室内温度の高い状況を、また、比較的寝苦しさ緩和される秋季も調査することにより、各調査対象者の基本的な睡眠の状況を確認した。

#### (3) 調査内容

##### 1) 屋内外温湿度測定調査

調査対象者の寝室の室内に温湿度計、屋外に温度計を設置し、連続的に計測を行った。測定に用いる機器は、小型の温湿度ロガーとし、日射による影響を受けない夜間を対象とするため、センサー部分の強制的な通風の確保や輻射熱の遮蔽は考慮しないこととした。

また、測定間隔は10分とした。



図3-1 測定機器の概観(左:屋外用温度計、右:室内用温湿度計)

屋外の設置は、寝室の窓等の外側（物干し竿やバルコニーの手すり等）にぶら下げる等により簡易に設置し、エアコンの室外機等からの排熱の影響を避けるように対象者に依頼した。室内については、できるだけ対象者の曝露している温熱環境に近い枕元などで測ることとし、家電製品等の温熱源からは遠ざけるよう依頼した。

## 2) アンケート調査

アンケート調査については、睡眠障害の危険度に関するものと毎夜ごとの睡眠感等を問うものを実施した。睡眠感等を問う調査票については調査期間中の就寝時、起床時に睡眠の量や質に関する質問について調査票に回答するよう依頼した。

アンケート調査に用いる調査票は、信頼性や再現性が確認されており、被験者の負担が極力少ない既存の調査票を基本とした。睡眠障害の有無に関するものは睡眠健康調査<sup>2)</sup>、毎日の睡眠感を問う調査票は OSA 睡眠感調査票 (MA 版)<sup>3)</sup> を用いることとした。また、住所、性別、年齢などの「個人属性」、運動や飲酒などの「日中から睡眠前までの行動」、睡眠中のエアコン・扇風機などの使用、窓の開閉など「睡眠環境」に関する項目、さらに女性では性周期などの項目についても調査するため、東北福祉大学の水野一枝氏の協力のもと調査票を作成した。

作成した調査票を巻末に添付する。

## (4) 解析内容

### 1) 解析に用いる指標等

#### 睡眠を把握する指標

##### ・睡眠健康調査

各季の調査では最近一月ほどの睡眠の状況を確認し、「睡眠維持」「パラソムニア」「睡眠時無呼吸」「起床困難」「入眠困難」に関する質問を行い、総合得点で標準化された点数の  $\text{mean} + 2\text{SD}$  (約 96%) を超えるデータを除外した。

調査票の使用にあたっては、国立精神・神経センター白川修一郎氏の協力をいただいた。

##### ・OSA 睡眠調査

OSA 睡眠感調査票 (MA 版) の質問項目を用い、毎日の起床時に 16 の質問で睡眠感を確認した。OSA では 5 つの因子 (起床時眠気、入眠と睡眠維持、夢み、疲労回復、睡眠時間) を把握できるが、今回の解析では「入眠と睡眠維持」について扱った。

各因子の得点は、50 を標準とし、得点が下がると睡眠の質が低下していることを示す。

調査票の使用にあたっては、国立精神・神経センター白川修一郎氏の協力をいただいた。

##### ・暑さによる覚醒

覚醒回数及びその理由についてたずね、暑さにより覚醒したと回答したものを扱った。

#### 睡眠の質を把握する指標

##### ・温冷感

就寝時及び起床時の温冷感を 7 段階で確認した

##### ・快適感

就寝時及び起床時の快適感を 5 段階で確認した

温熱環境を把握する指標

- ・寝室内気温
- ・寝室内湿度
- ・屋外気温

2) 解析方法

本調査は、可能な範囲で一般的な温熱環境と睡眠の関係性を把握するため、睡眠障害が疑われる者や調査当日に体調不良であったり、大量の飲酒をした場合など、調査結果に影響する可能性が考えられるデータを除外した。

その上で温冷感等の睡眠の質を把握する指標について、主に就寝中の室内平均気温等との関係を調べた。解析の概要を図 3-2 に示した。解析は大きく以下の 3 つを行った。

- 室内気温と屋外気温の関係
- 冷房使用の状況
- 睡眠の質と室内の温熱環境

解析では、室内の温熱環境が異なると考えられる建物構造別、冷房の使用の有無、さらには地域別などに分類し、それぞれの特徴を把握しつつ睡眠との関係を調べた。

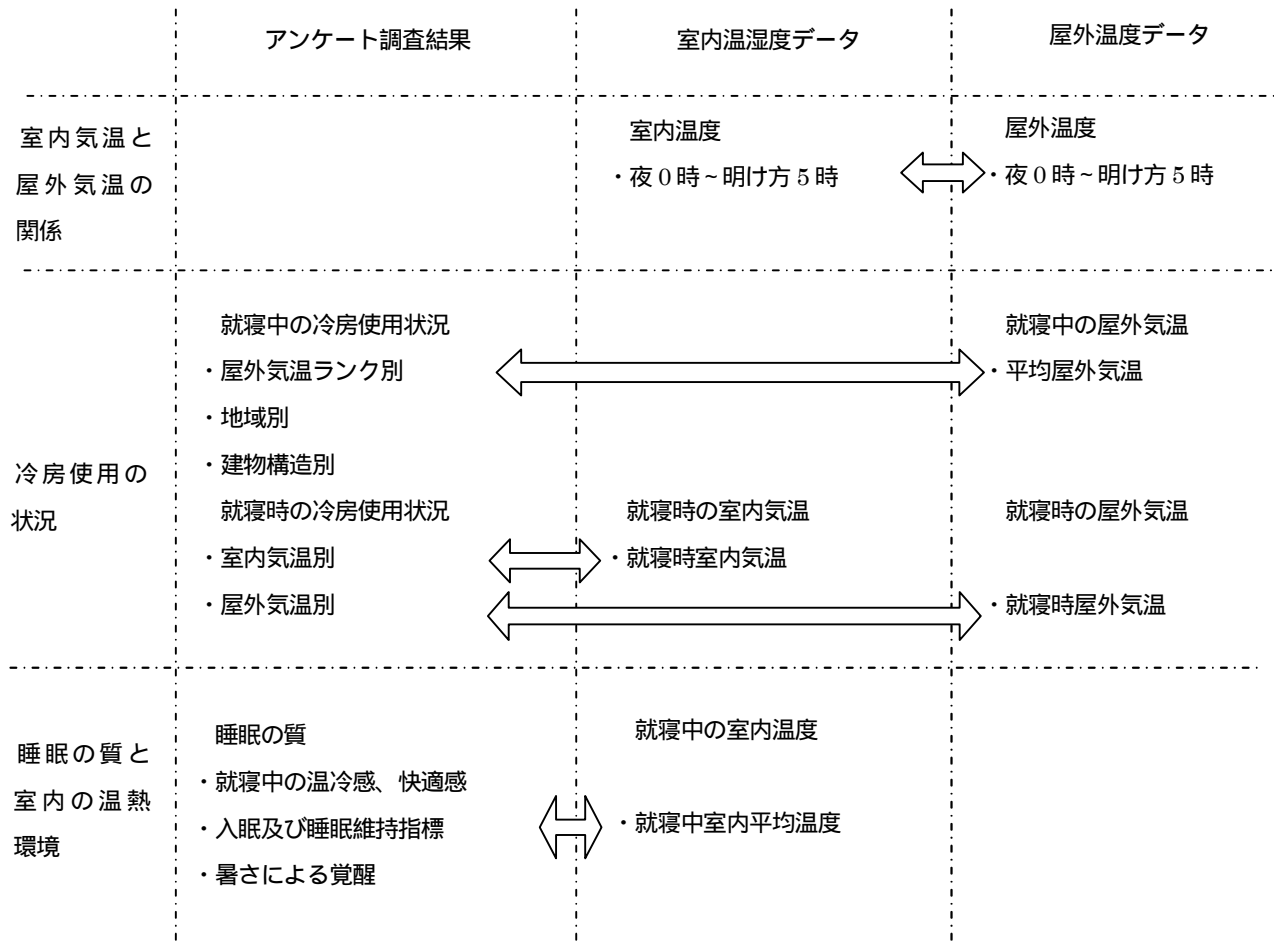


図 3-2 解析方法の概要

### 3.4 調査同意者及び解析対象者の属性

#### (1) 調査同意者の基本属性

調査対象者は、以下のような機関から選定した。

- ・国の行政機関
- ・東京都内の地方公共団体等
- ・東京都内の民間企業

同意が得られた対象者は、合計 122 名、うち男性 70 名、女性 52 名であった。

表 3-2 調査対象者の性別と年齢構成（人）

	20代	30代	40代	50代	60代	不明	合計
男	12	20	15	11	5	7	70
女	11	20	9	8	1	3	52
合計	23	40	24	19	6	10	122

また、対象者の地域分布を以下に示す。

表 3-3 対象者の地域毎の人数（人）

栃木県		2
茨城県		2
埼玉県		13
千葉県		10
東京都	23区	64
	多摩	14
神奈川県		17

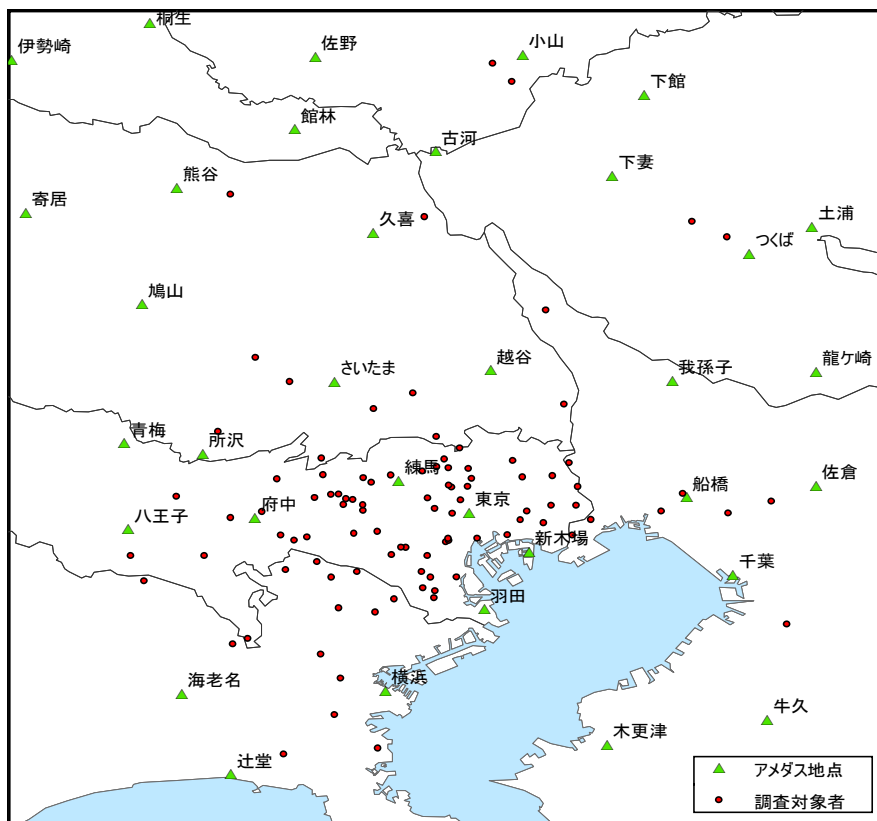


図 3-3 調査対象者の地域分布

表 3-4 対象者の家屋構造等

	構造		寝室の位置			
	木造	非木造	1階	2階	3~5階	6階以上
戸建住宅	32	8	7	32	2	-
集合住宅	5	64	17	18	19	17

表 3-5 同一寝室での就寝者

本人のみ	夫婦	夫婦及び子ども	本人及び子ども	本人及び親
58	33	16	5	2

表 3-6 寝室の冷房設備等

冷房のみ	扇風機のみ	冷房と扇風機	隣室の冷房と扇風機	なし
65	4	38	2	3

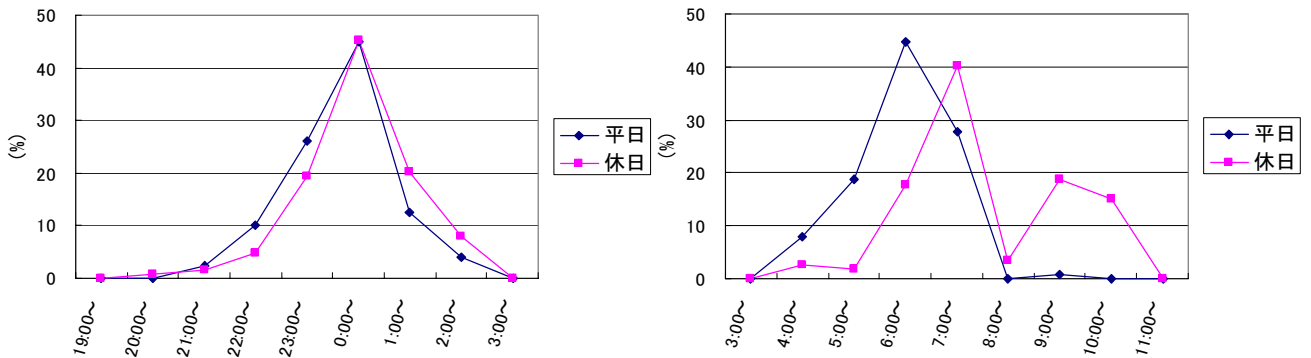


図 3-4 就寝時刻（左）と起床時刻（右）

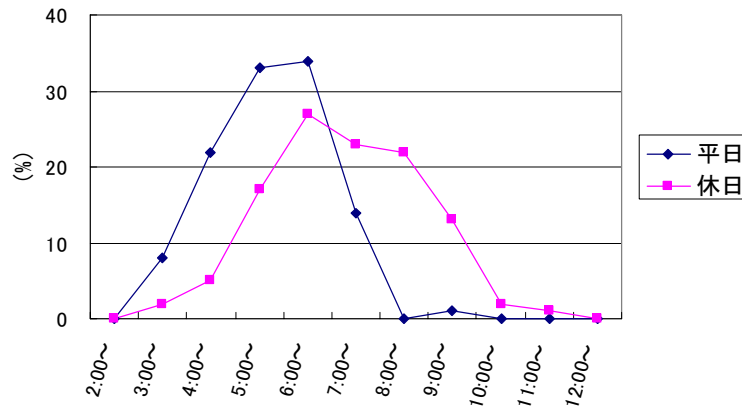


図 3-5 睡眠時間

## (2) 解析対象データの抽出

温熱環境による影響をより明確に把握するため、正常な睡眠が阻害されている可能性のある方などを以下の順序で除外した。

### 1) 有効回答者の抽出

夏、秋ともに調査に参加いただき、かつ睡眠健康調査に記入いただいた方を有効回答者とした。その結果、122名中、14名が除外され、108名を有効回答者とした。

### 1) 睡眠障害を有する可能性のある対象者の除外

夏、秋の睡眠健康調査で、睡眠障害の可能性ある方(睡眠健康調査結果の標準化総合得点で、mean + 2SD 以上の方(25名)を除外し、83名を対象とした。

### 3) 子育てや更年期障害で睡眠が阻害されている可能性のある方の除外

子育てや更年期障害で、睡眠が阻害されている可能性のある方(2名)を除外し、81名を対象とした。

### 4) 体調不良の方や多量の飲酒をされた方については、当該日を除外

上記3)までの81名による1週間のデータ、567データ(人・日)より、以下のデータを除外した。

- ・発熱など体調不良、その他の外乱要因により覚醒している調査日のデータを除外。なお、発熱の場合は前後1日ずつ、合計3日を除外。(夏季8データ、秋季5データ)

- ・寝る前にアルコールを一定量(\*)以上摂取した場合は当該日を除外し、大量に摂取した場合は次の日も除外した。(夏季31データ、秋季22データ)

(\*)一定量以上のアルコールとして、酩酊期となるアルコール血中濃度0.15%以上となる純アルコール量80ml以上((社)アルコール健康医学協会より)を基準とし、大量のアルコールとして「大量飲酒者」の目安となる純アルコール量150ml以上(厚生労働省)とした。

- ・その他、当該調査日のみ必要事項の記入がないものを除外した。(夏季4データ、秋季2データ)

その結果、対象データは以下ようになった。

夏季：524 データ
------------

秋季：538 データ
------------



### (3) 解析対象データの基本属性

夏季調査の解析対象データ(N=524)について、建物構造別、冷房の使用の有無別などにより、サンプル数、年齢、男女比などの基本的属性を整理した。

建物構造別の状況を見ると、木造戸建住宅と非木造集合住宅のサンプルが約9割を占めている。年齢ではサンプルが少ないが木造集合住宅に居住する対象者が若い傾向にある。また、男女比では木造戸建住宅で男性の比率が多くなっている。

解析では、サンプルが多く建物構造としての特徴が捉えやすい木造戸建住宅と非木造集合住宅に絞って解析を進める

表 3-7 建物構造別基本属性

#### 【建物構造別サンプル数】

	戸建住宅	集合住宅	計
木造	183	21	204
非木造	33	287	320
計	216	308	524

#### 【建物構造別平均年齢】

	戸建住宅	集合住宅	平均
木造	39.8	31.0	38.9
非木造	36.4	38.1	38.0
平均	39.3	37.6	38.3

#### 【建物構造別男女比】(男:女)

	戸建住宅	集合住宅
木造	118:65	7:14
非木造	5:28	140:147

次に、冷房使用の有無を見ると、非木造集合住宅では約7割(194/287=67.6%)が就寝中に冷房を使用しているのに対し、木造戸建住宅では約4割(72/183=39.3%)しか就寝中に冷房を使用していなかった。また、就寝前のみ冷房を使用して就寝時には使わない場合が約7%あった。

冷房使用の有無で年齢の違いを見ると、非木造集合住宅では冷房を使用するケースは冷房を使用しない場合より平均で約5歳若かった。男女比で特徴的なのは、木造戸建住宅で冷房を使わないケースで、男性の占める割合が8割以上となっていた(82/100)。

解析では、冷房使用といった場合には「就寝時冷房使用」のことを、冷房非使用といった場合には就寝前・就寝時ともに冷房を使用していない「冷房非使用」のことを指す。

表 3-8 冷房使用の有無別基本属性（木造戸建住宅及び非木造集合住宅のみ）

【冷房使用の有無別サンプル数】

	木造戸建住宅	非木造集合住宅	計
就寝時冷房使用	72	194	266
就寝前のみ使用	11	20	31
冷房非使用	100	73	173
計	183	287	470

【冷房使用の有無別平均年齢】

	木造戸建住宅	非木造集合住宅
就寝時冷房使用	40.8	36.6
就寝前のみ使用	38.9	38.7
冷房非使用	39.2	41.9

【冷房使用の有無別男女比】（男：女）

	木造戸建住宅	非木造集合住宅
就寝時冷房使用	32:40	99:95
就寝前のみ使用	4:7	12:8
冷房非使用	82:18	29:44

### 3.5 解析結果

#### (1) 室内気温と屋外気温の関係

今回の調査では、対象者に調査実施日を指示せずに、8月中で各対象者の都合の良い1週間で調査に協力いただいた。そのため、調査実施時の気象状態は対象者ごとに異なる。しかし、調査を実施した2007年の夏は、東京(大手町)の日最低気温が観測史上最高値(8/16:29.4)を記録し、8月の月平均気温(29.0)も歴代2位となるなど、非常に暑い状況が続いた。夜間の状況では、東京(大手町)では熱帯夜が22日、日最低気温の平均値は25.9であった。

解析の対象とした全データ(N=524)の平均で見ると、就寝中(0~5時)の室内平均気温は28.8でほぼ一定であった。一方で屋外の状況は0時には28以上であったものが5時には26.7まで低下していた。この期間中の冷房の利用率は56%で、利用者の平均利用時間は約4時間となっていた。

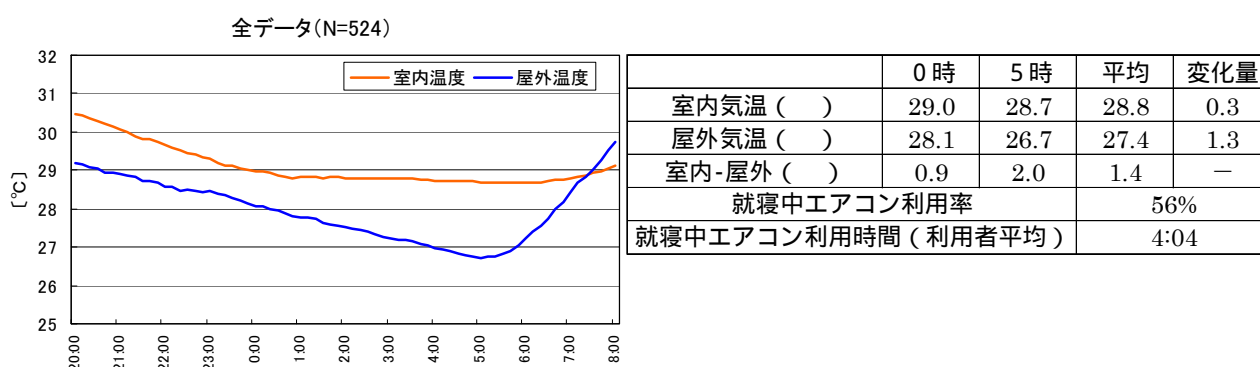


図3-6 室内気温と屋外気温(全データ)

室内気温と屋外気温の関係は、建物構造や冷房の使用・非使用によって大きく異なるため、それぞれに分けて集計した。

建物構造別、冷房使用の有無別に屋外気温と室内気温の夜間の推移を見る(図3-7)。まず、屋外気温は、非木造集合住宅で冷房を使用しているケースを除くと0~5時平均で26~27程度となっているのに対し、非木造集合住宅で冷房を使用しているケースでは28.6と高くなっている。

室内気温については、冷房を使用している場合には屋外気温にかかわらず人為的に下げられ、就寝する0時過ぎには28~29程度となり、朝までほぼ一定、もしくは冷房が途中で停止するなどして逆に室内温度が上昇している場合(非木造集合住宅)も見られる。

一方で冷房を使用しない場合には、室内気温は屋外気温によって影響を受ける。木造戸建住宅の群では、室内気温は屋外気温と同様の傾向を示し、最低気温を記録する明け方に向けて低下していた。非木造集合住宅では、躯体の蓄熱や換気量の違いなどにより室内気温はほぼ一定となっていた。

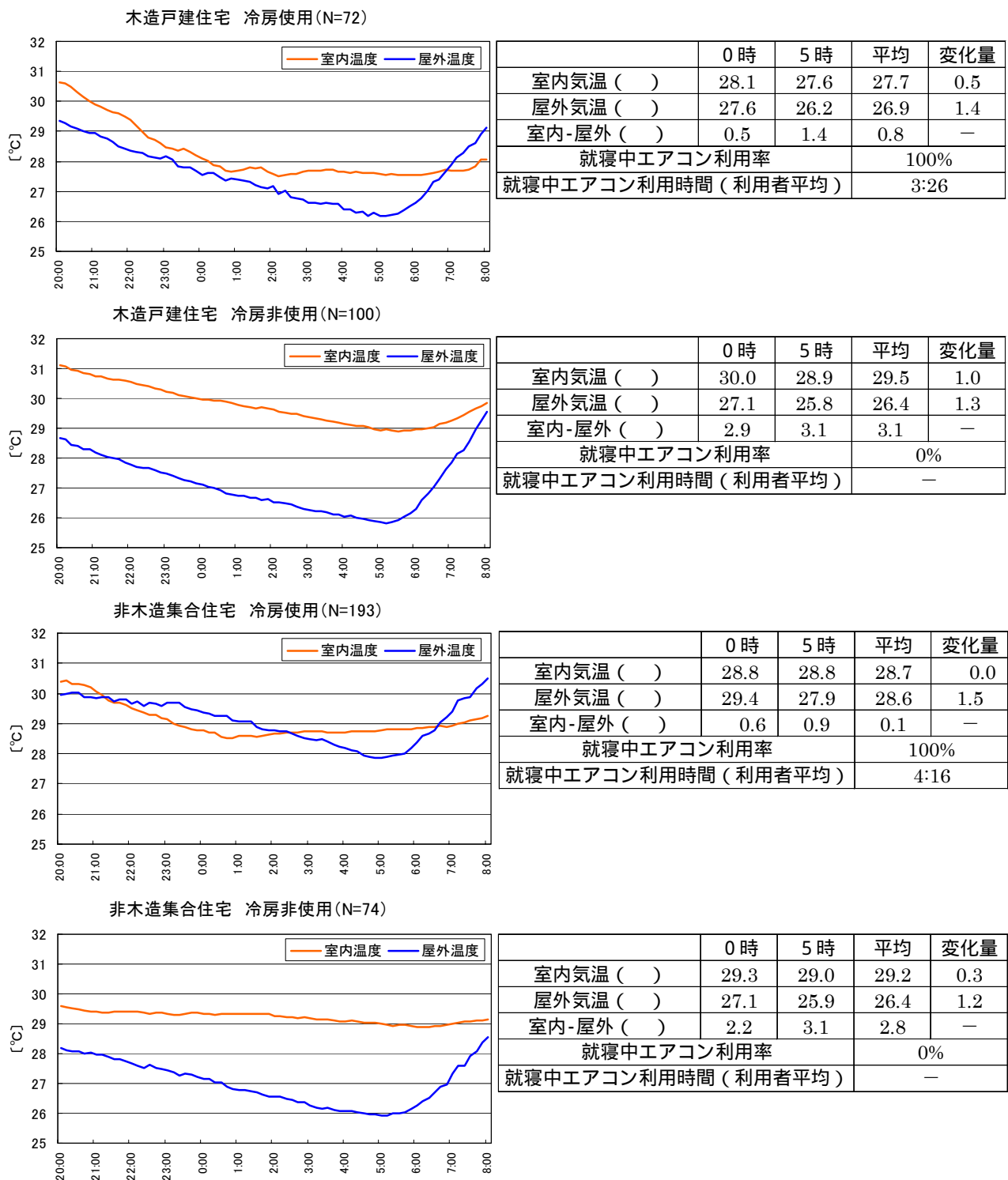


図 3-7 室内気温と屋外気温(建物構造別、冷房使用の有無別)

図 3-8~9 は、屋外気温と室内気温の関係を比較したものである。この際、室内気温を冷房によりコントロールしている場合を除くため、就寝前、就寝中ともに冷房を使用していないデータのみを用いた。木造戸建住宅と非木造集合住宅の 0 時と 5 時について、その関係を回帰直線により求めた。

木造戸建住宅の方が非木造集合住宅より回帰式の傾きが大きくなっている。すなわち、木造戸建住宅の方が屋外気温の影響を受けやすく、逆に非木造集合住宅では先に述べたが躯体の蓄熱量が大きいことなどから、屋外気温の変化にくらべて室内気温の変化は小さいものとなっている。

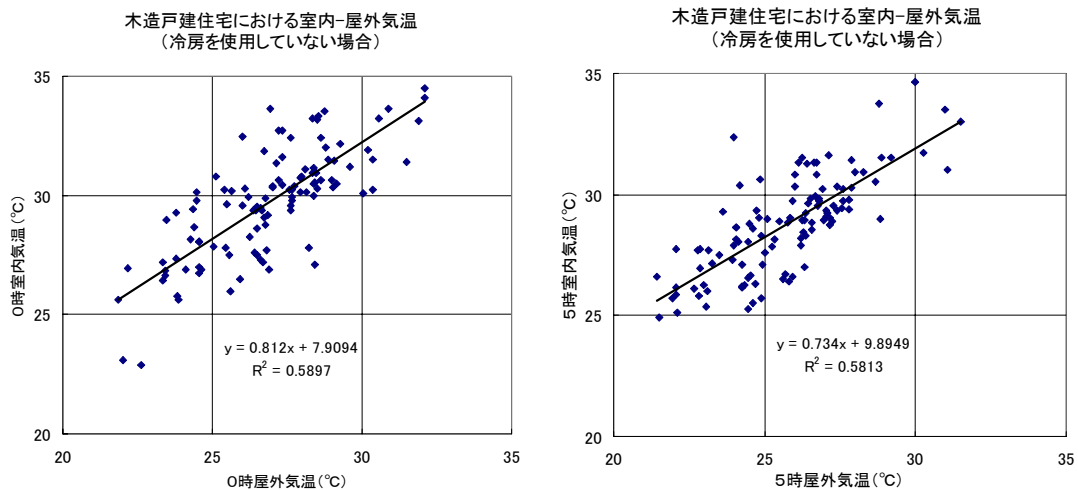


図 3-8 木造戸建住宅における室内 - 屋外気温の関係 (左 : 0 時、右 : 5 時)

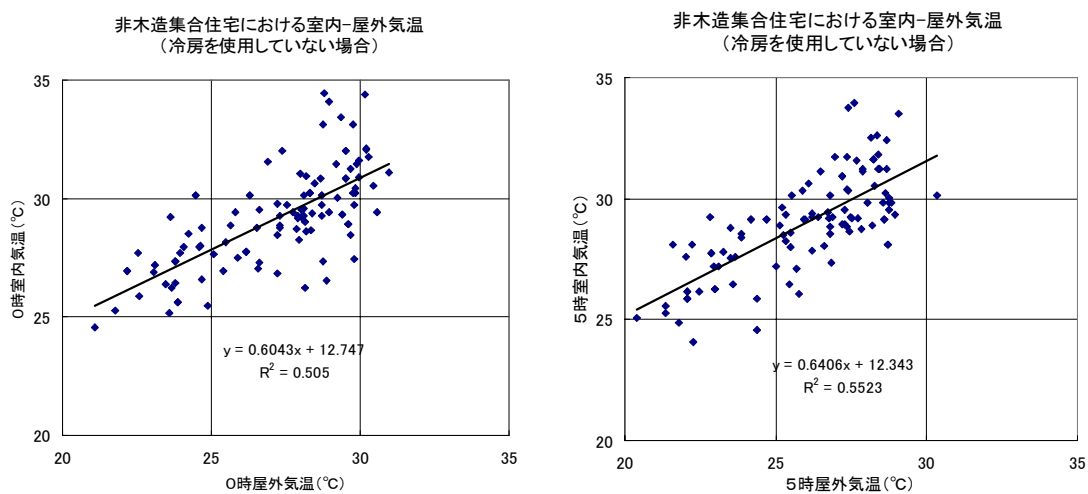


図 3-9 非木造集合住宅における室内 - 屋外気温の関係 (左 : 0 時、右 : 5 時)

(2) 冷房使用の状況

1) 就寝中の冷房使用状況

冷房使用の状況を見ると、就寝中の屋外気温が高くなるにつれて冷房を利用する割合が増加する傾向にあった。また、夜間(0~5時)の平均気温が29 以上になると利用時間も増加していた。

表 3-9 屋外気温ランク別冷房使用状況

0~5時 屋外平均気温	サンプル 数：N	冷房利用率 (%)	利用者平均	
			冷房利用時間	0~5時室内平均 気温( )
25 未満	76	28	3:12	28.5
25 以上 26 未満	59	46	3:27	27.8
26 以上 27 未満	88	57	3:17	28.3
27 以上 28 未満	110	49	3:45	28.5
28 以上 29 未満	78	62	3:21	28.7
29 以上 30 未満	53	75	5:05	28.4
30 以上	56	89	5:30	28.6

屋外気温ランク別の冷房使用状況を建物構造別に見ると、外気温が高くなるにつれて冷房使用が多くなる傾向は、非木造集合住宅では顕著であるものの、木造戸建住宅では明確ではない。冷房を使用する場合の室内温度は、0~5時の平均で28 前後となっており、木造戸建住宅の方が1 程度、低い傾向にある。

表 3-10 屋外気温ランク別冷房使用状況(建物構造別)

0~5時 屋外平均気温	木造戸建住宅			非木造集合住宅		
	冷房利用率 (%)	利用者平均		冷房利用率 (%)	利用者平均	
		冷房利用 時間	0~5時 室内平均気 温( )		冷房利用 時間	0~5時 室内平均 気温( )
~25	34	4:35	27.6	39	2:10	28.7
25 ~27	39	2:37	28.0	66	3:32	28.6
27 ~(29 )	50	3:27	27.3	70	4:29	28.7
(29 ~)	-	-	-	98	5:39	28.8

( )は、非木造集合住宅のみに適用。

さらに、東-北地域、西地域、南地域の3つの地域に分けて、建物構造別に冷房の利用状況を見ると、以下のような特徴があった。

- ・南地域、すなわち都心部の屋外気温が高く、非木造集合住宅において冷房使用率が高い
- ・南地域の木造戸建住宅における冷房利用者の平均室内気温が26 台と低い
- ・冷房利用者と非利用者の屋外気温の違いを見ると、非木造集合住宅では冷房利用者の屋外気温が高くなっている傾向が明確であったが、木造戸建住宅では明確でない。

表 3-11 地域別冷房使用状況 (上段：木造戸建住宅、下段：非木造集合住宅)

地域	木造戸建住宅					
	0-5時 屋外平均気 温( )	冷房利用 率(%)	非利用者平均	利用者平均		
			0-5時 屋外平均 気温( )	0-5時 屋外平均 気温( )	冷房利用 時間	0-5時 室内平均 気温( )
東 - 北地域	25.6	30	25.7	25.3	4 : 23	28.8
西地域	26.5	46	26.4	26.6	1 : 47	28.3
南地域	27.5	44	27.1	27.9	3 : 38	26.8

地域	非木造集合住宅					
	0-5時 屋外平均気 温( )	冷房利用 率(%)	非利用者平均	利用者平均		
			0-5時 屋外平均 気温( )	0-5時 屋外平均 気温( )	冷房利用 時間	0-5時 室内平均 気温( )
東 - 北地域	27.7	50	27.6	27.9	4 : 26	28.3
西地域	26.8	55	25.6	27.6	3 : 42	29.1
南地域	28.5	75	26.6	29.0	4 : 24	28.6

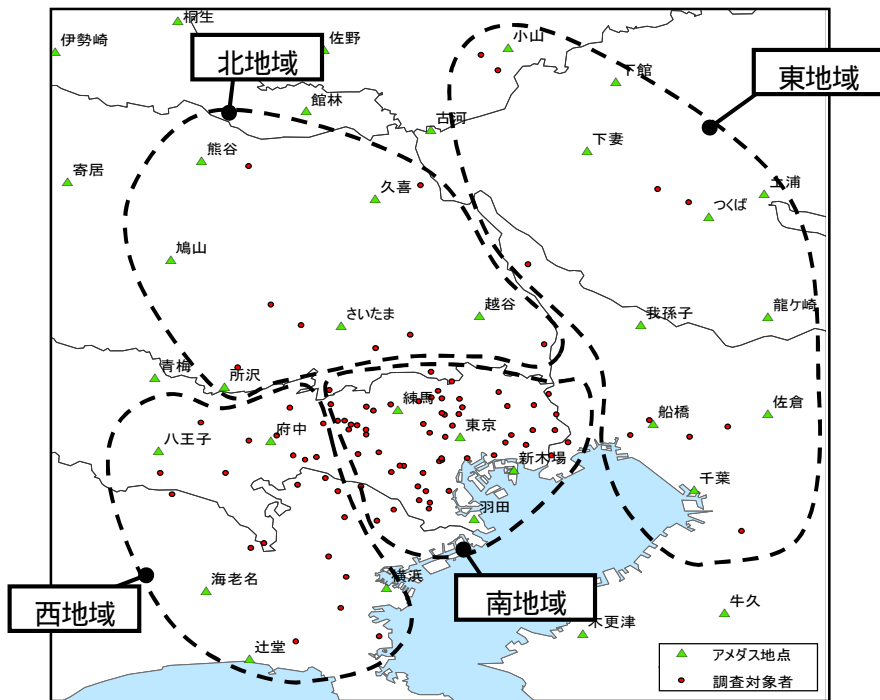


図 3-10 解析における地域分類

## 2) 就寝時における冷房使用状況

就寝時の冷房使用の有無による室内気温の違いを見ると、冷房を使用している場合には、28 台が最も多いが、使用していない場合には 29 台が多くなっている。

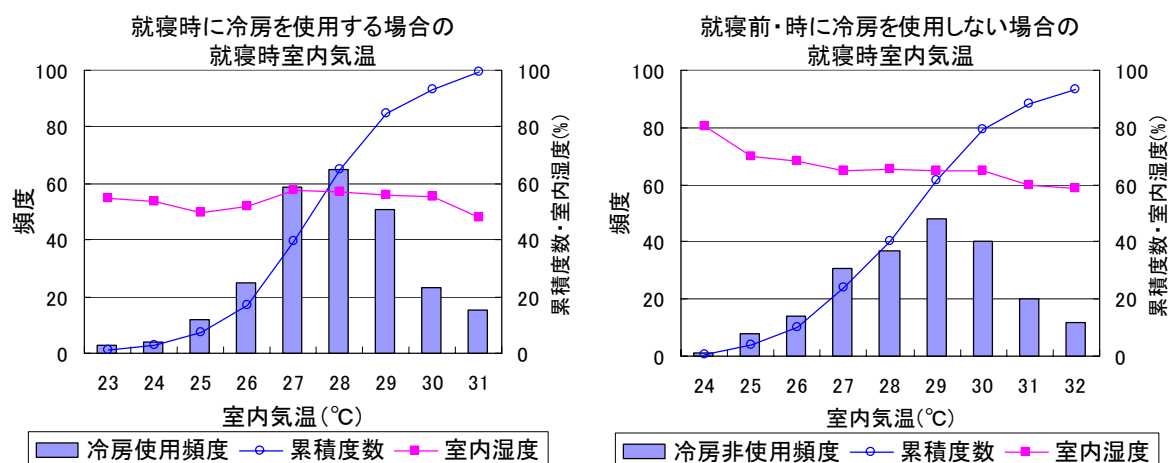


図 3-11 就寝時の冷房使用状況の違いによる室内気温頻度

次に、就寝時の屋外気温との関係でその時の冷房使用の状況を見ると、全体的には屋外気温が高くなるにしたがい冷房を使用する割合は増加し、外気温が 27 を超えると約半数が冷房を使用し、30 を超えると約 7 割が使用していた。

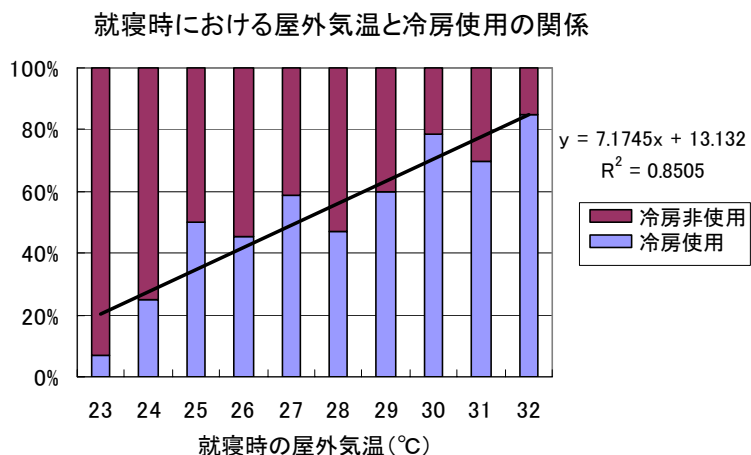
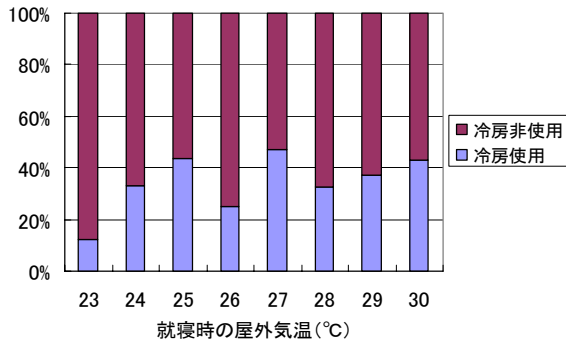


図 3-12 就寝時における屋外気温と冷房使用の関係

この状況を建物構造別に見ると、木造戸建住宅では全般的に 4 割弱の使用割合となっているものの非木造集合住宅では 6 割程度が冷房を使用していた。温度ランク別に見ると非木造集合住宅では 25 以上では約 6 割、30 以上では約 8 割となっており、屋外気温が高くなると冷房使用が増える状況が見られる。しかし、木造戸建住宅では冷房使用が必ずしも屋外気温に依存しておらず、屋外気温が上昇すると冷房使用が増加するといった傾向は見られなかった。



就寝時における屋外気温と冷房使用の関係  
(木造戸建住宅)



就寝時における屋外気温と冷房使用の関係  
(非木造集合住宅)

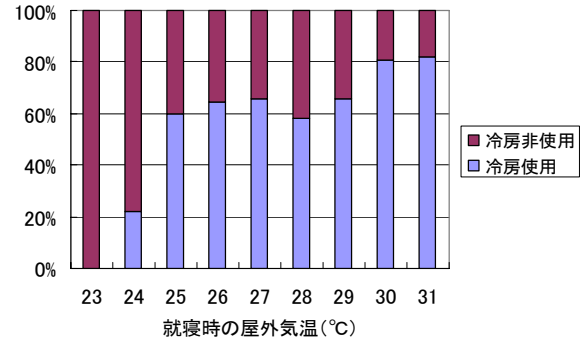
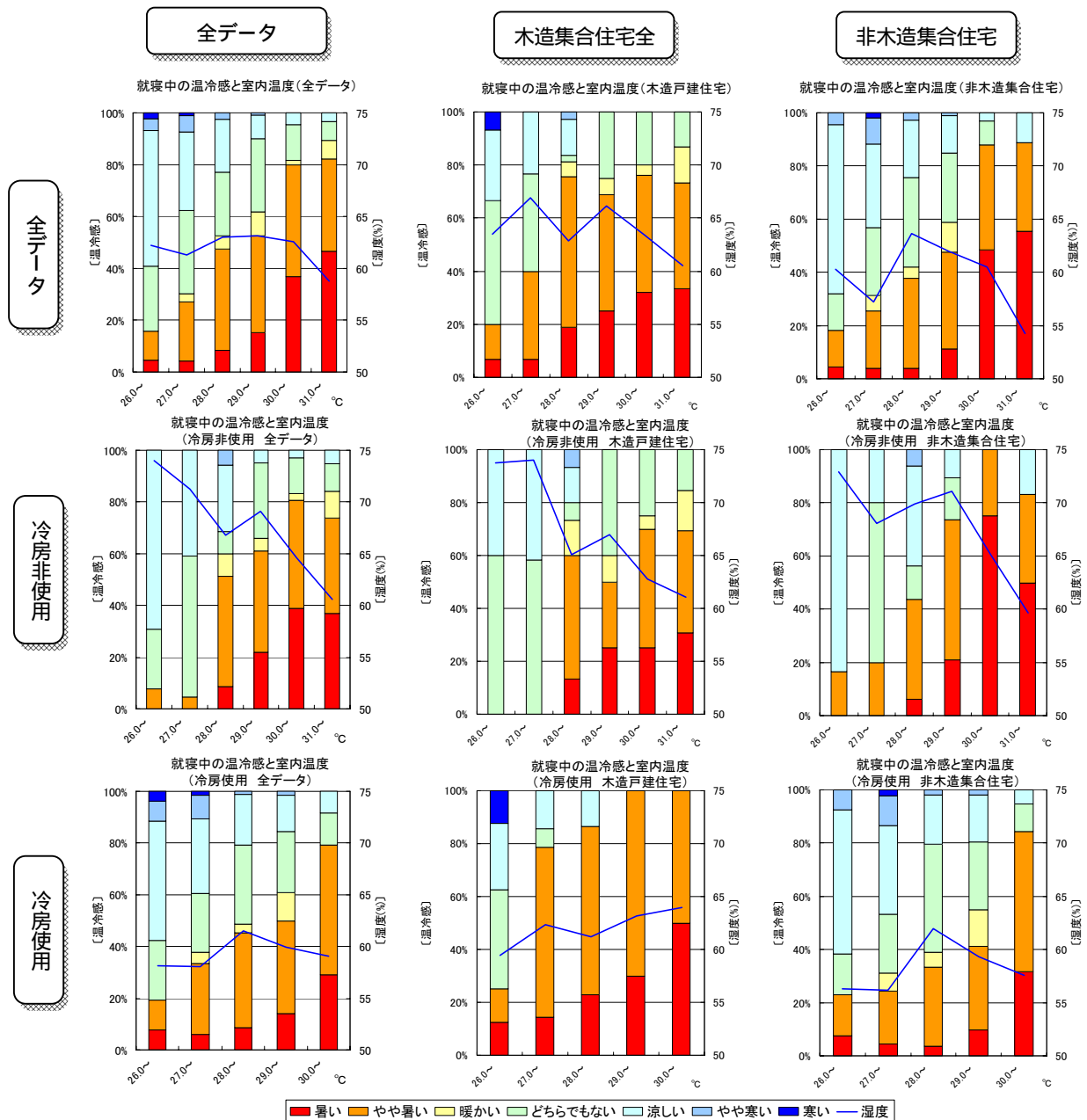


図 3-13 就寝時における屋外気温と冷房使用の関係 (建物構造別)

### (3) 睡眠の質と室内の温熱環境

#### 1) 温冷感・快適感と就寝中の室内平均気温

就寝中の室内平均気温が高くなるにしたがい、「暑い」「やや暑い」を含め暑く感じる割合は高くなっている。その割合は、全データで見ると28台で約5割、30台で約8割にのぼる。「暑い」のみに注目すると、非木造住宅において30以上で顕著に増加している。また、木造戸建住宅で冷房を使用している場合について見ると、「暑い」「やや暑い」を含め暑く感じる割合が、他の群にくらべて高くなっている。



木造戸建住宅で冷房を使用しているケースでは、他のケースにくらべて同様の温度帯でも暑く感じる割合が高くなっていったが、このことについて考察を試みた。前頁の解析では、室温は就寝中の平均気温を用いている。そのため、就寝中の室内気温の変化については考慮されていない。しかし木造戸建住宅で就寝中に冷房を使用しているケースでは、冷房を使用している時間は平均して 3 : 36 となっており、就寝時から起床時まで冷房を使い続ける例は多くない。そこで考えられるのが、就寝時にタイマー設定した冷房が停止し、その後室内気温が上昇し、再び冷房を付けるといった状況である。この場合、就寝中の平均気温はあまり高くないものの、一時的に室内気温が高くなっている可能性があり、起床時に温冷感を聞いた場合に、就寝中に一時的に経験した温度変化による暑さの感覚を答えるといった状況も想定される。

そこで 0~5 時の気温変化について、それぞれのケースの標準偏差の頻度分布を示した。

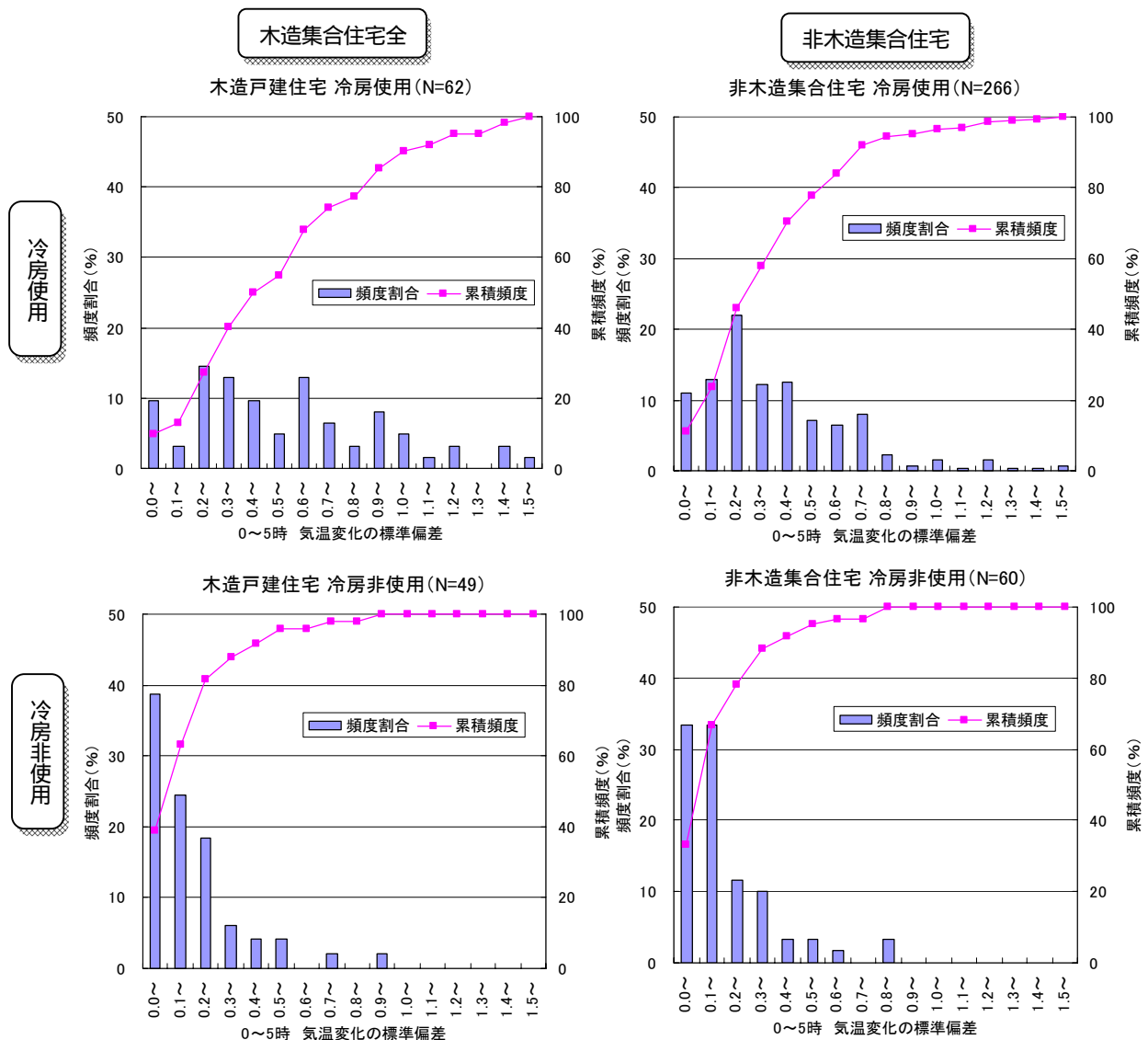


図 3-15 0~5 時の室内気温変化の標準偏差

0~5 時の室内平均気温で 27 以上、30 未満のデータについて、0時から5時にかけての単調で一定な気温変化の偏差がゼロとなるよう補正して0時~5時の間の気温変動の標準偏差を求めた。

図 3-15 を見ると、冷房を使っていないケースでは就寝中の気温の変化が大きくないものの、冷房を使っている場合には気温のばらつきが大きくなっていった。特に木造戸建住宅で冷房を使っている群では、気温のばらつきが大きくなっており、このことが温冷感を悪くしている要因となっている可能性が考えられる。

次に、就寝中の室内平均気温と快適感の関係を見ると、温冷感の状況と類似しており、就寝中の室内気温が高くなれば、快適感が不快になる傾向にあった。

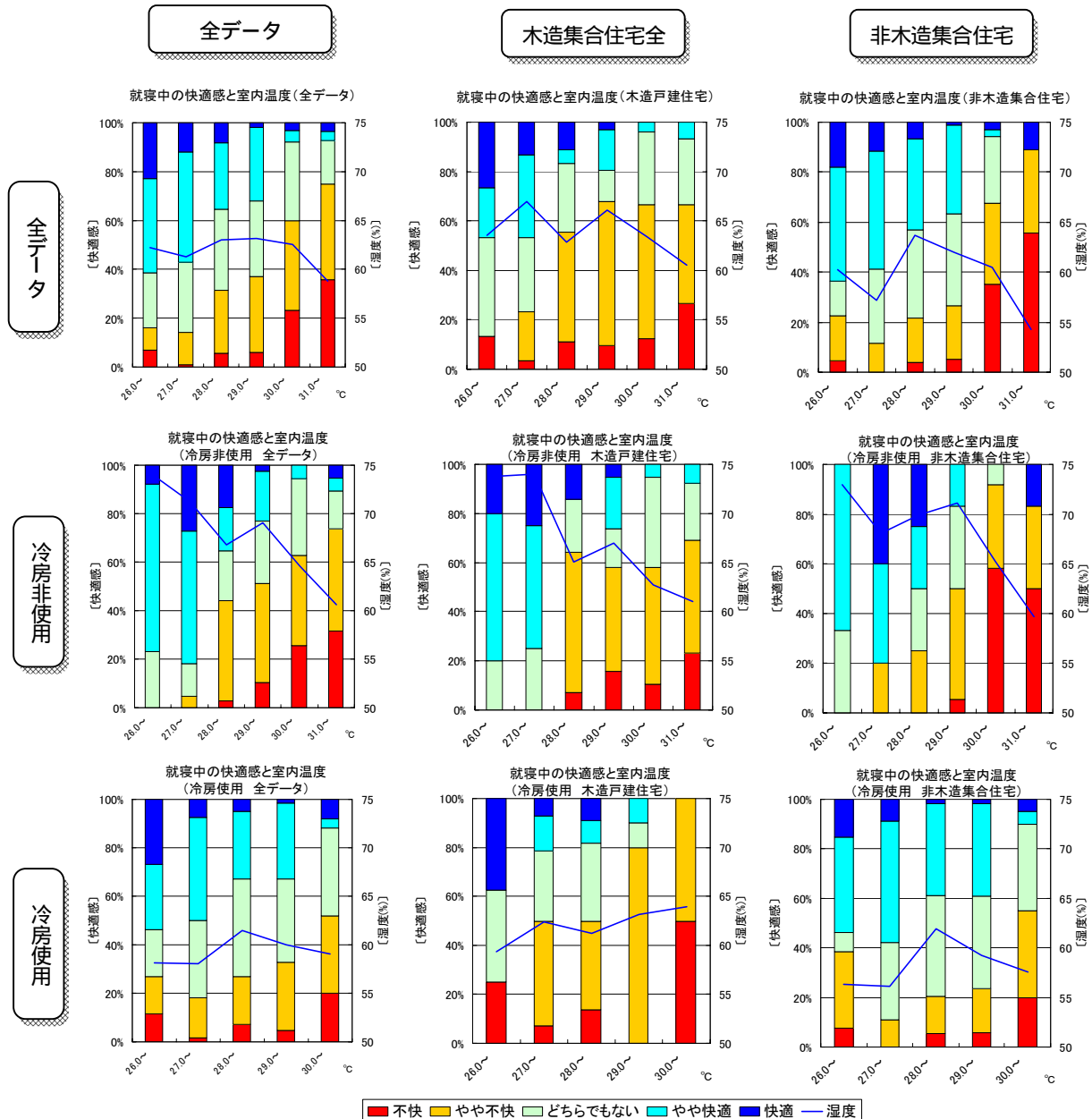


図 3-16 就寝中室内平均気温と快適感の関係

## 2) 就寝中のOSA標準化得点(入眠と睡眠維持)

入眠・睡眠維持の指標では、全データで見ると平均室温で30以上になると得点が低下していた。ただし、木造戸建住宅では明確な傾向が見られず、非木造集合住宅で冷房を使用していない群では29以上で低下する傾向が見られた。

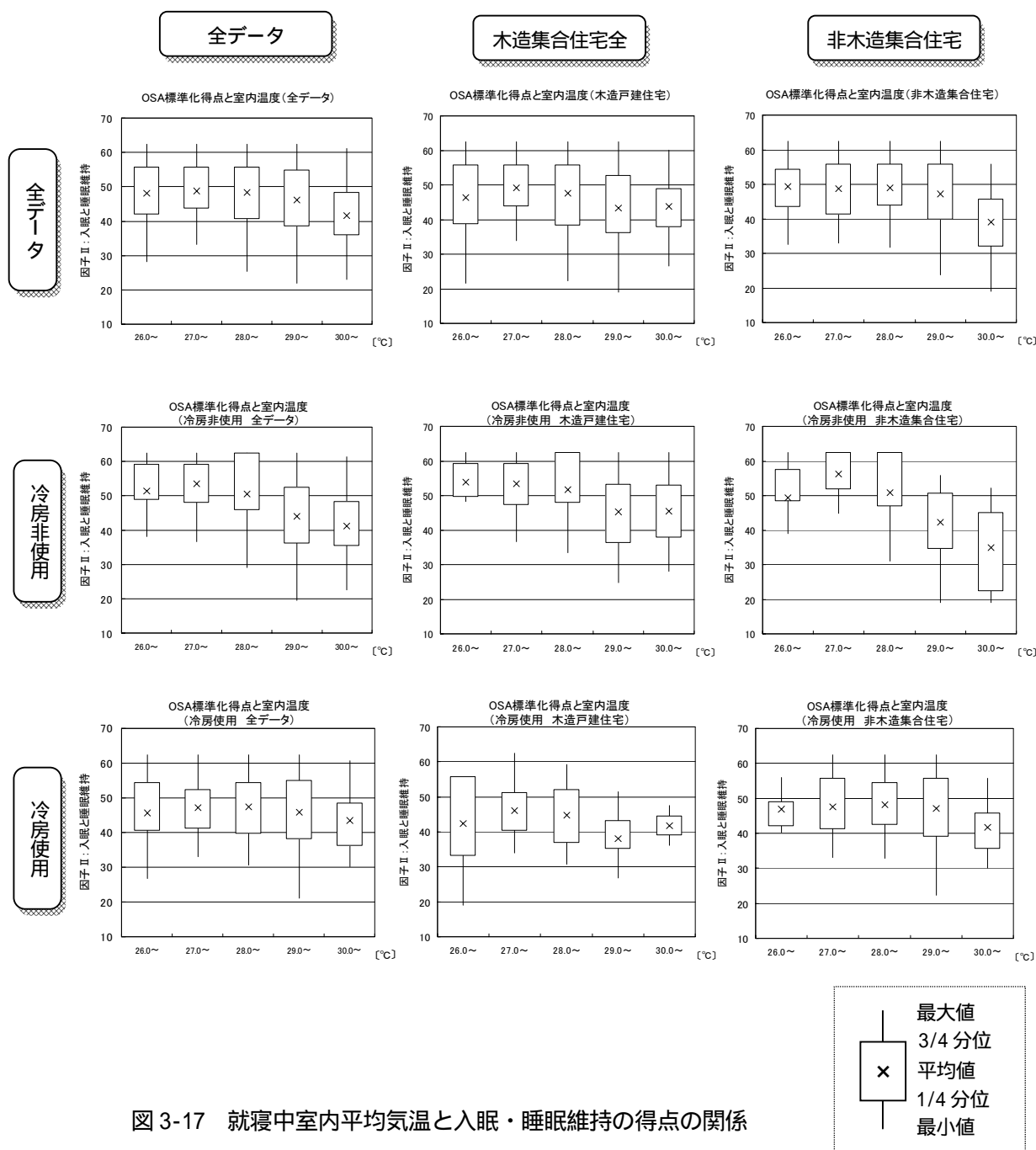


図 3-17 就寝中室内平均気温と入眠・睡眠維持の得点の関係

## 3) 就寝中の暑さによる覚醒

就寝中の室内平均気温と暑さによる覚醒の関係を見ると、温度が高くなるにつれて覚醒する割合が高くなっていった。全データで見ると、室内平均気温で30以上になると約半数の人が暑さにより途中で目を覚ましていた。ただし、木造戸建住宅において冷房を使用していない群では顕著に覚醒

割合が低くなっていることがわかる。これについては、いくつかの要因が考えられる。

要因：木造戸建住宅で冷房を使用しない場合には 0～5 時の室温は単調に低下しており、途中に室温が上昇したり低下したりといった変化が少ない（図 3-15 参照）。

要因：冷房を使用しない場合には窓を開けているケースが多く、室内の空気の流れが多くなっている可能性がある。

要因：木造戸建住宅では比較的長期間、当該住宅に居住していることが考えられ、居住者は熱環境を含め当該住宅の環境に馴化している可能性がある。

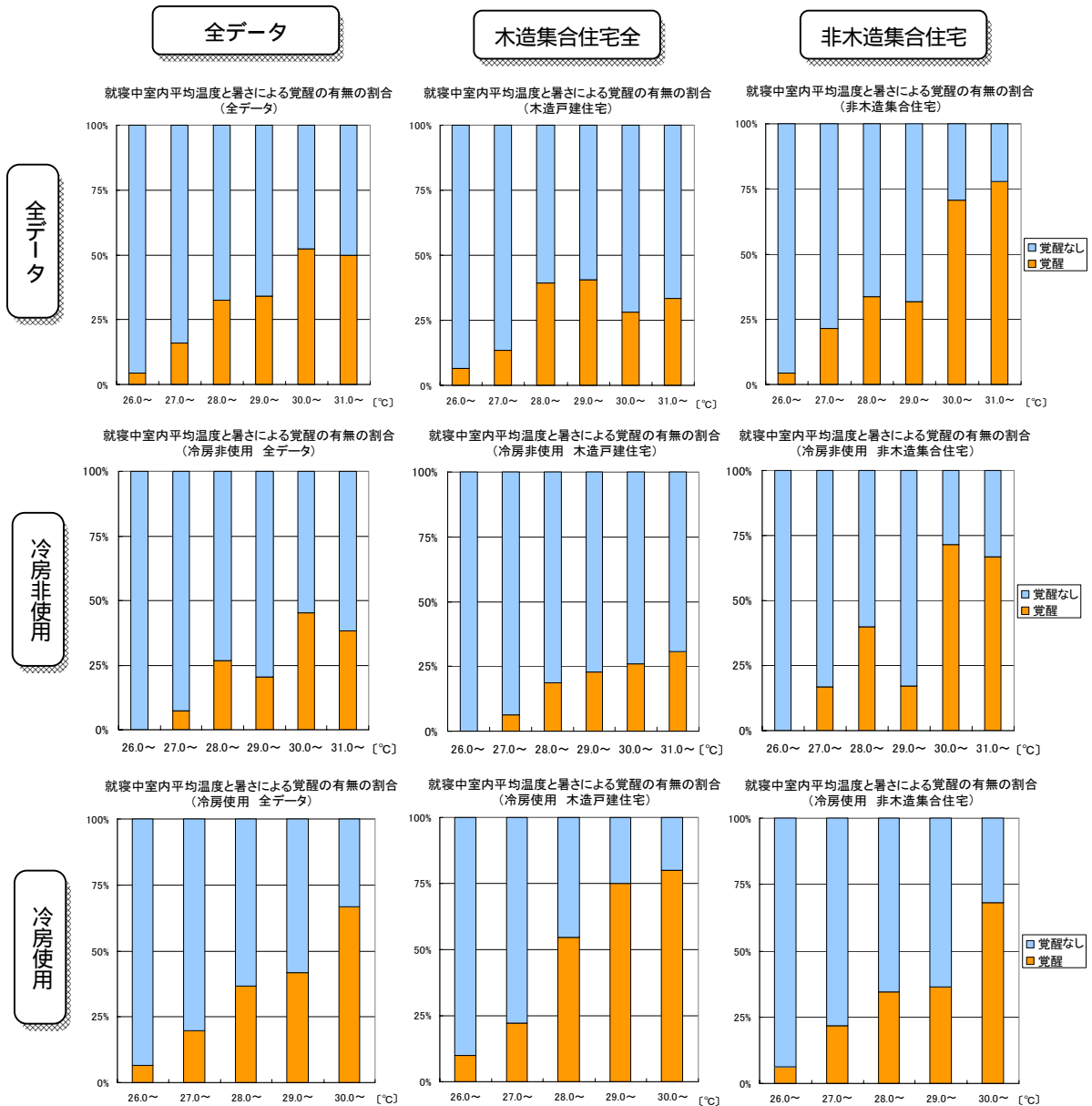


図 3-18 就寝中室内平均気温と暑さによる覚醒の関係

#### 4) まとめ

就寝中の室内平均気温といくつかの睡眠の質に係る指標との関係を見てきたが、以下のようにまとめることができる。

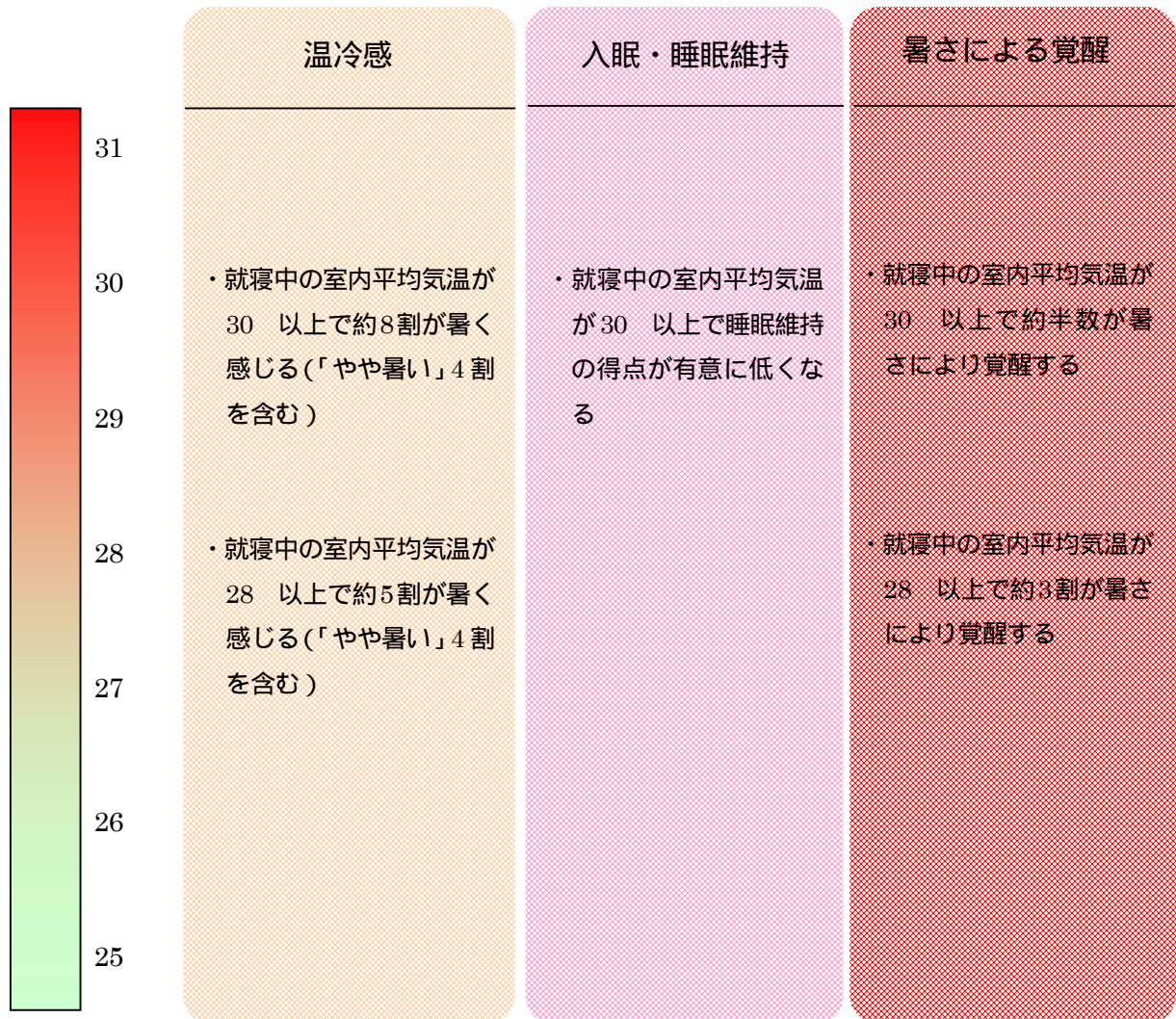


図 3-19 就寝中の室内平均気温と睡眠に関する指標

#### (4) 就寝中の暑さの感覚の推定

##### 1) 室内気温と就寝中の暑さの感覚及び覚醒との関係 (就寝中室内平均気温との関係)

ここでは、就寝中の室内平均気温に対する「就寝中に暑いと感じる割合」と「暑さにより覚醒する割合」を推定する。暑いと感じる割合については、アンケート結果の「暑い」と「やや暑い」を含めた。

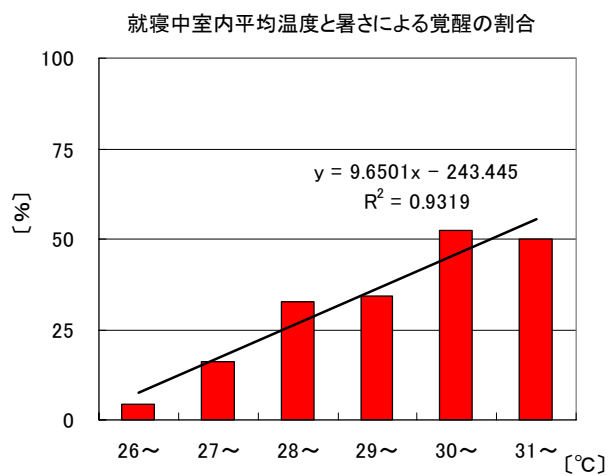
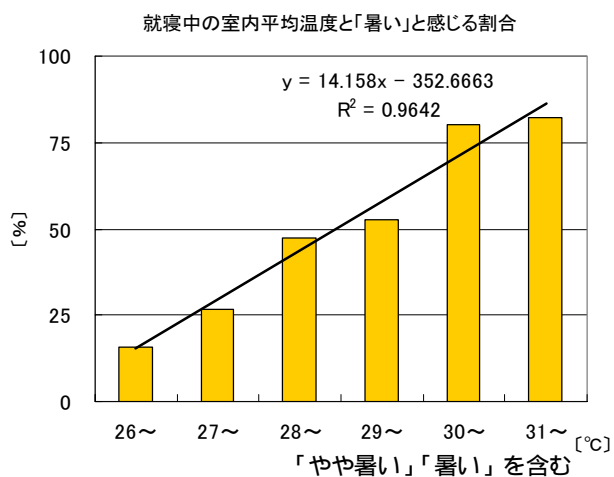


図 3-20 就寝中室内平均温度と暑さの感覚及び覚醒の関係



2) 屋外気温と就寝中の暑さの感覚及び覚醒との関係 (0~5時屋外平均温度との関係)

次に、室内気温と屋外気温の関係をを用いて、屋外気温(0~5時平均)に対する「就寝中に暑いと感じる割合」と「暑さにより覚醒する割合」を推定した。

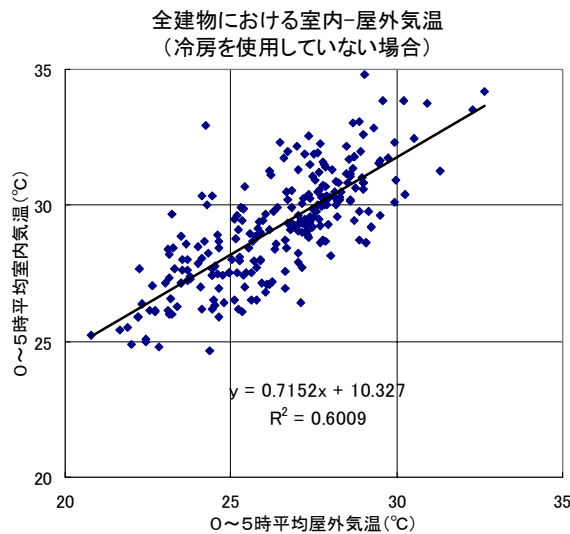


図 3-21 室内気温と屋外気温の関係 (0~5時平均気温)

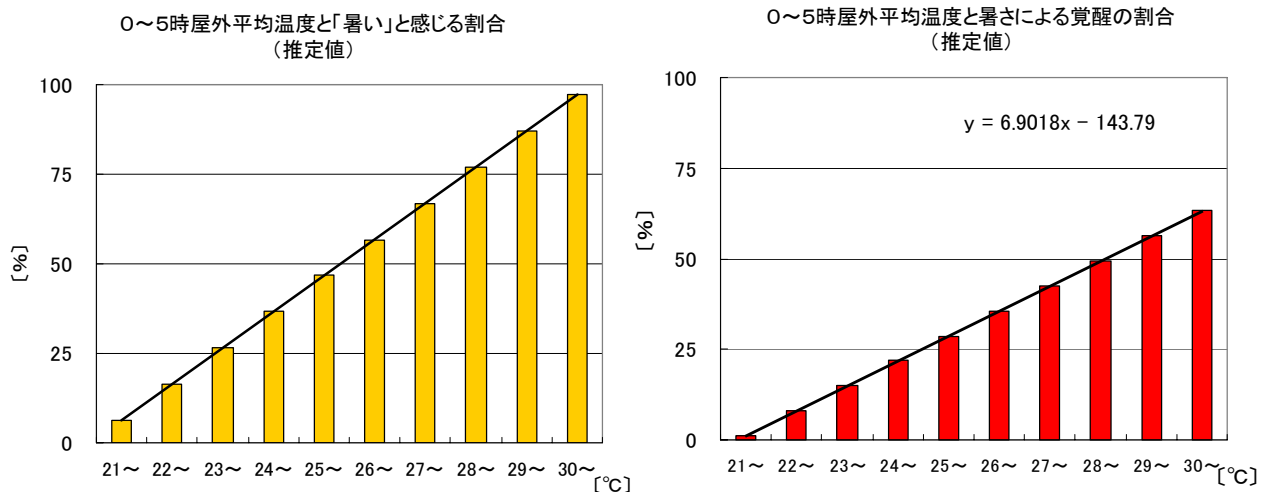


図 3-22 0~5時屋外平均気温と暑さの感覚及び覚醒の関係

また、入眠・睡眠維持の得点を悪くする0~5時の平均室内温度で30に相当する屋外気温は0~5時屋外平均で27.5である。この数字は、ヒートアイランド現象による睡眠障害に及ぼす影響の閾値として用いることができると考えられる。

3.6 課題の整理

調査の結果、夜間の屋外気温が睡眠時の温冷感や覚醒に及ぼす影響が明らかとなった。調査を実施した夏は特に暑く、東京(大手町)では8月の熱帯夜が22日、日最低気温の平均値が25.9となっており、暑さで覚醒する割合は解析対象データの約3割にのぼるなど、暑さにより睡眠が障害

されている状況を把握することができた。

今後は下記に示すような点で、今回、得られた知見を充実させていくことが期待される。

### 1) 調査対象地域、調査実施年の充実

今回の調査は関東圏のみで実施した。結果の解析においては対象地域を3つに分けて冷房使用の状況を調べたが、冷房の使い方(使用時間、設定温度など)が異なるなど、地域によって違いが見られた。また、家屋構造の違いが睡眠に及ぼす影響は大きいことも分かった。そのため、気候がほぼ同一の範囲において、ライフスタイル調査を追加するなどして、家屋構造等の種々の条件を詳細に分析できるような方式で、同様の調査を実施することにより、今回得られた知見を充実させていくことが期待される。

また、上述のように調査を実施した2007年の夏は非常に暑い状況が続いた。そこで、平均的な暑さのときや逆に比較的涼しい夏などについても調査を実施することにより、人の暑さへの馴化等を考慮した知見を充実させることも期待される。

### 2) 冷房の使用が睡眠等に及ぼす影響の調査

今回の調査では、就寝前や就寝中に寝室の冷房を使用する割合は解析対象データの6割以上となっていた。ただし、冷房を使用しているにもかかわらず、途中で冷房が切れるなどにより就寝中の室温変化が冷房を使用しない場合に比べて大きくなっており、同様の室内気温(0~5時平均室内気温)で、冷房を使用しない場合よりも暑いと感じる人の割合や、途中で覚醒する人の割合が高くなっている状況が見られた。ただし、今回の調査では冷房の生起や停止を直接捉えていたわけではなく、アンケートへの回答などにより把握したため、データの信頼性が十分でない面がある。

また、就寝時、暑すぎる室内気温を下げるために窓を閉めて冷房を使用するものと考えられるが、屋外気温は時間とともに低下し、明け方には冷房を使用している室内気温より低くなっている状況が確認された。防犯上や騒音等の観点から窓を閉めて冷房を使用している場合も想定されるが、十分に温度の低下した外気を積極的に寝室に取り入れることにより、CO<sub>2</sub>の排出につながる冷房の使用を減らすことが可能と考えられる。

そこで、睡眠の質の改善や地球温暖化対策の検討を詳細に行うため、今後は冷房の生起や停止を直接捉えるような仕組みを組み込んだ調査を実施することが期待される。

### 3) 住棟間の気温に及ぼす影響の把握

寝室内気温の対比として、今回の調査では寝室の窓の外の気温(住棟間の気温)を屋外気温として測定した。窓を開けた場合に期待される流入外気の温度という意味では適切と考えられるが、気象庁で測っているアメダス等の測定データと比べると場所によっては1~2高くなっている状況がみられた。

夜間は、風が弱く、近傍の人工的な排熱や、天空率の低下による天空放射の阻害、周辺の建物や地表面の被覆への蓄熱による影響などにより住棟間の気温が決まってくるものと考えられる。そこで、住棟間の夜間外気温および周辺の建物状況等をより詳細に調査することで、アメダス気温と住棟間の気温を推定できるようなモデルを構築することが可能になると考えられる。このことによりアメダス気温を活用することで、現地実測をおこなわなくても、簡便にかつ比較的精度の高い睡眠影響の定量的把握が可能となると考えられる。

## 【文献】

- 1) 例えば、「大阪市ヒートアイランド対策推進計画 平成 17 年 3 月 大阪市」では、市政モニター電話アンケートの結果から「昼間の真夏日より夜間の熱帯夜のほうが不快であると思っていることがわかった」としている。
- 2) 白川修一郎、鍛冶恵、高瀬美紀：「中年期の生活・睡眠習慣と睡眠健康」平成 7 年度～平成 9 年度文部省科学研究費補助金（基盤研究(A)）「睡眠習慣の実態調査と睡眠問題の発達の検討（主任研究者 堀忠雄）」研究報告書。P 58-68, 1998.
- 3) 山本由華史、田中秀樹、高瀬美紀、山崎勝男、阿住一雄、白川修一郎（1999）「中高年・高齢者を対象とした OSA 睡眠感調査票（MA 版）の開発と標準化」脳と精神の医学 10、401-409

## 【表 3 - 1 で整理した文献】

- 松本一弥、肝付邦憲、松井和子、古見耕一（1985）「夏季の睡眠環境が夜間睡眠とその後の疲労回復に及ぼす影響」労働科学 vol.61 NO.8 375-384
- 宮沢モリエ、磯田憲生、梁瀬度子（1985）「近畿地区における睡眠環境の調査」人間-熱環境系シンポジウム報告集 131-134
- 神田清子、太田紀久子、土屋純、瀬戸正子（1993）「睡眠中の体動に及ぼす室温の影響 夏季と秋季の比較」日本看護科学会誌 vol.13 NO.3 216-217
- 戸羽理香、前田亜紀子、山崎和彦、飯塚幸子（2000）「入眠と覚醒に伴う生理機能の変化」実践女子大学生活科学部紀要第 37 号、80-85
- 大中忠勝（2001）「睡眠時の体動からみた寝室の快適温熱環境の上限」人間-生活環境系シンポジウム報告集 272-275
- 川島庸、垣鍔直、井上義美（2003）「睡眠時の冷房条件が心理・生理反応に及ぼす影響に関する実験的研究 室温を 28 一定とした時の湿度の違いの影響」日本建築学会講演梗概集 D-2 環境工学 2 467-468
- 久保博子、磯田憲生、清水克浩、杉崎智子、熊谷登、木野真由美（2004）「夏季における室温変化が終夜睡眠時の人体におよぼす影響」人間-生活環境系シンポジウム報告集 173-176
- 久保博子（2004）「住環境学の立場から見た睡眠環境に関する研究」快適性を考えるシンポジウム 26th 3-9
- 北堂真子、梁瀬度子、久保博子（2004）「暑熱環境下の夜間睡眠における微気流の冷却効果」人間工学 vol.40 特別号 384-385
- 都築和代（2004）「暑熱環境における気流が青年の睡眠と体温調節に及ぼす影響」日本建築学会講演梗概集 D-2 環境工学 2 547-548
- 酒井潔、三谷一憲（2005）「名古屋市内の住宅における寝室の温熱環境」日本衛生学会誌 vol.60 38-49
- 羽原宏美、鳴海大典、下田吉之、水野稔（2005）「一般住戸を対象とした実態調査に基づく冷房発停の生起要因に関する検討」日本建築学会環境系論文集 NO.589 83-90
- 兜真徳、本田靖、等々力英美（2005）「国内 3 都市における夏季の日最高温度と個人別曝露温度」日本公衆衛生雑誌 vol.52、NO.9 775-784
- 新井潤一郎（2005）「温熱環境制御による快眠誘導」計測自動制御学会温度計測部会資料 25-32
- 後藤和貴子、石田明子、久保博子、杉崎智子（2006）「体温サーカディアンリズムを考慮した室温変化が夏季終夜睡眠に及ぼす影響」人間-生活環境系シンポジウム報告集 93-96
- 都築和代、佐古井智紀、水野一枝（2006）「季節の睡眠温熱環境が高齢者の睡眠と体温調節に及ぼす影響」人間-生活環境系シンポジウム報告集 225-228