

東京都における壁面緑化の普及実態調査および パネル設置型壁面緑化の温熱環境評価

渋谷圭助・宗 芳光・佐藤澄仁*

キーワード：壁面緑化，ヒートアイランド，東京都区部，温熱環境評価，サーモカメラ

緒 言

東京には近年，ヒートアイランド現象が顕在化し，熱帯夜が増加している。

東京都ではヒートアイランド対策の1つとして，「東京における自然の保護と回復に関する条例」を改正し，一定規模以上の建築物に対して建築物上の緑化を義務付けているなど，緑化の推進を図っている。この条例の施行により，屋上緑化や壁面緑化が普及し始めている。しかし，屋上緑化の普及実態は把握されているが，壁面緑化の普及実態は十分に把握されていない。

また，屋上緑化の温熱環境評価については，これまでに多くの知見が報告されている。しかし，壁面緑化の温熱環境評価については登攀型壁面緑化のみが報告され（沖中ら，1994；野島ら，1993；梅干野・山下，1981；梅干野ら，1985），近年増加している「壁面基盤造成型緑化」（植物が植栽された植栽基盤を壁前に設置するタイプの壁面緑化工法。以下「パネル設置型

壁面緑化」) に関しては，まだ十分な検証がなされていない。

そこで本研究では，ヒートアイランド対策の基礎資料，都市景観に合った緑の普及の参考とするため，東京都における壁面緑化の普及実態調査およびパネル型壁面緑化の温熱環境評価を実施したので報告する。

調査方法

1．東京都における壁面緑化の実態把握調査

(1) 調査対象

東京都区部において1地区につき概ね1km²の規模で10カ所の合計10km²を対象とした。「東京の土地利用（東京都都市計画局，1996）」から，公共用地および農地を除いた区部の土地利用比率を算出し，商業業務地区を2カ所，住宅地区を7カ所，工場地区を1カ所とした。10カ所は区部で任意に選定した。調査地点を図1に示す。

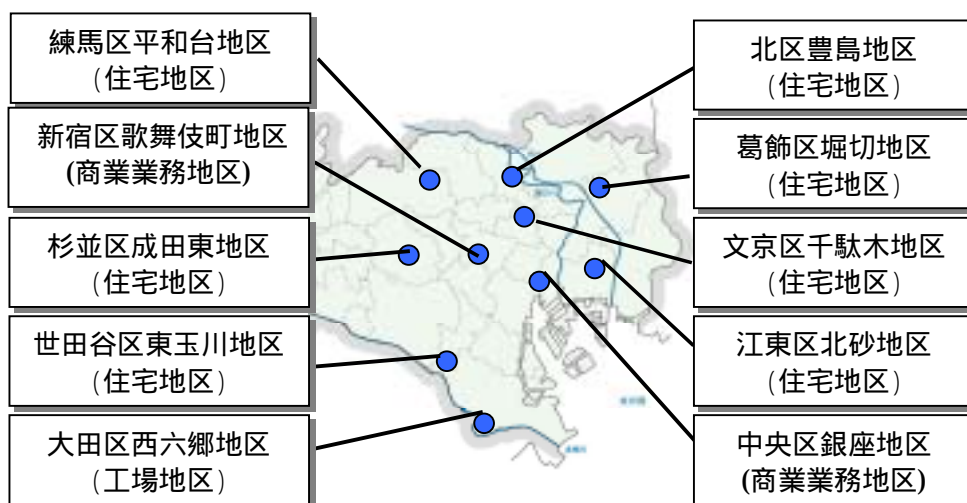


図1 街区調査の対象地区

* 東京都小笠原亜熱帯農業センター

	評価5			評価1	
密度評価	5	4	3	2	1
健康評価	5	4	3	2	1
管理評価	5	4	3	2	1

評価4(1項目が4以上)
評価3,2は全体(評価ポイントの合計で判定)

図2 総合評価の基準

「密度」は壁が見えない状態を「5」、ほとんど壁を覆っていない状態を「1」

「健康」は病害虫等による被害無を「5」、病害虫等による被害甚を「1」

「管理」は剪定・誘引等の管理良を「5」、剪定・誘引等の管理無を「1」

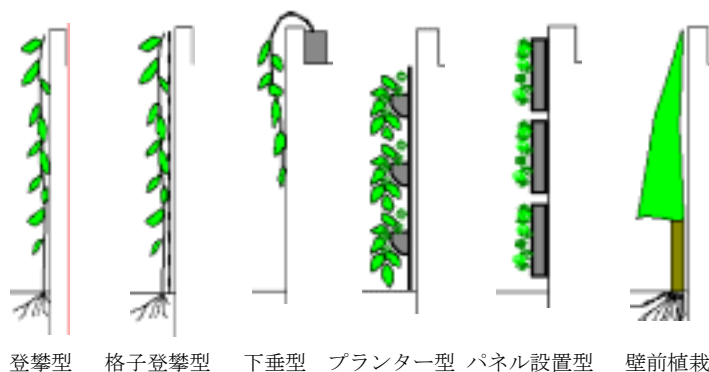


図3 壁面緑化の形態区分

(2) 調査項目

2003年8月から9月において壁面緑化の「所在」, 「建物用途」, 「壁面積」, 「緑化面積」, 「緑もしくは植栽基盤が壁面を覆う割合(以下、被覆率)」, 「方位(8方向)」, 「緑化形態」, 「樹種」, 「総合評価」について踏査を行った。「総合評価」は、「密度(葉)」, 「健康」, 「管理」を5段階で相対評価し、図2に示す基準で分類し緑の質の指標とした。「緑化形態」は、図3に示すとおり、登攀型、格子登攀型、下垂型、プランター型、パネル設置型、壁前植栽(支持体有)、壁前植栽(支持体無)の7つに区分した。

調査対象とした壁面緑化は公道から確認できることを原則とし、後述する(a)または(b)を満たすものとした。また、調査基準を合わせるために調査員を現地に集め、半日間、目合わせを行った。

- (a) 壁面を緑化するという明確な意思が感じられるもの
- (b) 高さ1m以上で連続する1㎡以上が同一植物によって覆われているもの

2. パネル設置型壁面緑化の温熱環境評価

(1) 調査の概要

本調査は2003年7月に東京都新河岸処理場(東京都板橋区、現東京都新河岸水再生センター)内の西側壁面で行った。計測は2003年7月29日～9月30日に実施した。このうち、真夏日と熱帯夜を記録した9月10～11日について結果を取りまとめた。なお、灌水は前日(9月9日)

の8:00に10mmを行った後に全試験区で停止した。

(2) 試験区

1) 緑化区① 下垂型壁面緑化

調査対象壁面に既存の下垂型壁面緑化を使用した。壁面上部に設置したL×W×H=100cm×40cm×50cmのプランター型に黒土、東京都下水道局製のスラジライトおよびコンポストを7:2.5:0.5で混合した用土を充当し、ヘデラ・カナリエンス(*Hedera canariensis* Willd., 以下カナリエンス)を10株/㎡で植栽した。計測時には壁面の上部150cmを覆うように下垂し、デジタル画像からピクセル数の比によって算出した被覆率は57.5%であった。

2) 緑化区② パネル設置型壁面緑化(ピートモスブロック)

壁面前面約10cmにカナリエンスを植栽したピートモス培地から構成されるパネルを設置した。パネルは、L×W×H=30cm×20cm×4cmのユニットの複合化により構成した。カナリエンスの植栽密度は、33株/㎡とした。設置は実際に用いられている手法(壁面側はアルミ製パンチングメタルの背面板により壁面からの完全な隔離を確保し、前面はステンレスワイヤーで剥落を抑制)によった。被覆率は100%であった。

3) 緑化区③ パネル設置型壁面緑化(ヤシ繊維マット)

壁面前面約15cmにカナリエンスを植栽したヤシ繊維マットを設置した。ヤシ繊維マットはL×W×H=40cm×40cm×8cmで、カナリエンスの植栽密度は、31株/

表1 地区別の調査結果

対象地区名	土地利用区分	地区面積 (km ²)	地区内 建物数 (件)	壁面緑化 建物数 (件)	壁面緑化 壁面数 (件)	壁面 緑化率 ^a (%)	壁面緑化 全壁面積 (m ²)	壁面緑化 面積 (m ²)	被覆率 ^b (%)
新宿区歌舞伎町地区	商業業務地区	0.922	2,575	16	22	0.62	2,004	1,184	59.1
中央区銀座地区	商業業務地区	0.928	2,696	4	6	0.15	2,234	421	18.8
練馬区平和台地区	住宅地区	1.158	3,638	21	24	0.58	468	244	52.2
北区豊島地区	住宅地区	0.908	4,687	55	68	1.17	2,577	838	32.5
葛飾区堀切地区	住宅地区	1.097	5,299	36	41	0.68	2,071	806	38.9
杉並区成田東地区	住宅地区	0.923	4,153	73	88	1.76	2,736	1,371	50.1
江東区北砂地区	住宅地区	1.054	6,463	54	62	0.84	4,204	1,344	32.0
世田谷区東玉川地区	住宅地区	0.927	4,131	96	109	2.32	4,661	1,768	37.9
文京区千駄木地区	住宅地区	1.008	5,315	14	18	0.26	772	533	69.0
大田区西六郷地区	工場地区	1.079	4,441	15	18	0.34	870	367	42.2
全 体		10.004	43,398	384	456	0.88	22,597	8,877	39.3

a) 壁面緑化率：壁面緑化建物数／地区内建物数×100

b) 被覆率：壁面緑化面積／壁面緑化全壁面積×100

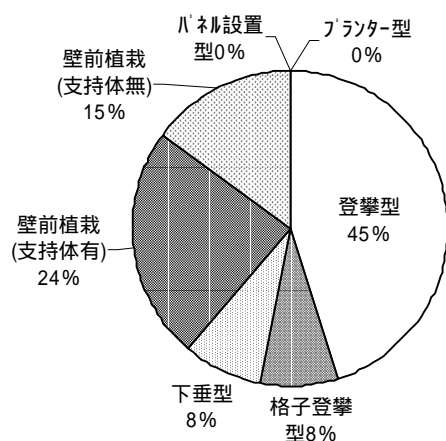


図4 緑化形態の割合

m²とした。設置は実際に用いられている手法（10cm角のステンレス網の専用ケースに収め、ステンレス製のフックで足場に固定）によった。被覆率は100%であった。

4) 対照区 無被覆壁面

被覆されていない壁面を使用した。構造物本体は打ち放しの厚さ40cmの鉄筋コンクリート造であり、表面は無処理で、背後に梁等の構造物が無い、均質な部位を使用した。

(3) 調査項目

壁面温度、葉面温度、壁面貫熱流量、サーモカメラによる面的温度、調査地域を代表する気温、風向風速、雨量および蒸発散量とした。蒸発散量は緑化区②および③

について実施した。それぞれの緑化パネルの一部を1時間ごとに電子天秤に載せ、得られた計測値およびユニットの面積から1m²あたりの蒸発散量を算出した。

結果および考察

1. 東京都における壁面緑化の実態把握調査

表1に示すとおり、壁面緑化は約10km²で8,877m²、384件で、地区内建物数に対する壁面緑化された建物数の割合（以下、壁面緑化率）は0.88%であった。「壁前植栽」を除く壁面緑化率は0.54%となる。地区別の壁面緑化率は世田谷区東玉川地区で2.32%、杉並区成田東地区で1.76%と城西地区の住宅地区で高かった。被覆率は中央区銀座地区で18.8%と低かった。

緑化形態は「登攀型」が45%、「壁前植栽（支持体有と無の合計）」が39%であった（図4）。「プランター型」および「パネル設置型」は大田区西六郷地区の国土交通省の緑化実験で使用中の各1件が確認されたが、本調査では普及実態を把握するのが目的のためカウントしなかった。複数の緑化形態を組み合わせた事例は7%と少なかった。

使用された植物は「ナツツタ」が31%で最も多く、次いで「ヘデラ類」が18%で、つる性植物が全体の54%を占めた。「ナツツタ」は全緑化面積のうち44%を占めた（表2）。これは台東区（台東区、2001）、新宿区

表2 地区別の調査結果

順位	樹種	使用件数 (件)	使用率 ^a (%)	緑化面積 (㎡)	占有率 (%)
1位	つる性植物(ナツツタ)	119	31.0	3,907	44.0
2位	つる性植物(ヘデラ・カリエンス)	36	9.4	496	5.6
3位	つる性植物(ヘデラ・ヘリクス)	33	8.6	234	2.6
4位	針葉樹(クロベ属)	28	7.3	306	3.4
5位	針葉樹(ビャクシン属)	26	6.8	339	3.8
6位	つる性植物(オオイトビ)	13	3.4	405	4.6
	常緑高木(ツバキ)	13	3.4	434	4.9
8位	つる性植物(ノウゼンカズラ)	8	2.1	79	0.9
	常緑低木(ツゲ)	8	2.1	66	0.7
その他	上記以外(同定は45種)	128	33.3	2,611	29.4
	全 体	384	—	8,877	100.0

a) 使用率の合計は、複数の樹種を使用している場合があるので100%にならない。

表3 地区別の評価

対象地区名	総件数	平均点 ^a			
		密度	健康	管理	総合評価
新宿区 歌舞伎町地区	16	3.5	3.1	2.7	3.1
中央区 銀座地区	4	3.0	3.0	2.8	2.8
練馬区 平和台地区	21	3.6	3.4	2.5	3.2
北区 豊島地区	55	3.3	3.0	2.6	2.9
葛飾区 堀切地区	36	3.0	2.8	2.1	2.4
杉並区 成田東地区	73	3.3	2.9	2.6	2.8
江東区 北砂地区	54	3.0	3.2	2.6	2.9
世田谷区 東玉川地区	96	3.3	3.1	3.0	3.2
文京区 千駄木地区	14	3.5	3.1	2.9	3.1
大田区 西六郷地区	15	3.2	2.7	1.9	2.3
全 体	384	3.3	3.0	2.6	2.9

a) 5段階で相対評価した平均値

(新宿区, 2000), 杉並区(杉並区, 2003), 港区(港区, 2002)の調査と同様の傾向であった。

都市景観に合った壁面緑化の指標とする「総合評価」は、5点満点評価で平均**2.9**となった。大田区西六郷地区は**2.3**, 葛飾区堀切地区は**2.4**と、平均を下回った(表3)。いずれも「管理」の評価が低く、「総合評価」を下げる要因となった。

緑化形態においては「下垂型」の評価が高かった。「壁前植栽」については、常緑の高木および低木が用

いられていたが、支持体の有無は「総合評価」に関係なかった(表4)。

樹種においては常緑植物である針葉樹「クロベ属」、低木「ツゲ」、つる性植物「ヘデラ類」および「オオイトビ」で「総合評価」が高かった。一方、落葉のつる性植物「ナツツタ」や「ノウゼンカズラ」で「総合評価」が低かった(表5)。

被覆率においては、管理されずに建物全体を植物が覆っている事例も多く存在するが、被覆率が**80%**を超

表4 緑化形態別の評価

緑化形態	総件数	平均点 ^a			
		密度	健康	管理	総合評価
下垂型	31	3.5	3.3	3.1	3.4
壁前植栽(支持体有)	62	3.2	3.1	3.1	3.2
壁前植栽(支持体無)	98	3.3	3.1	2.8	3.1
登攀型	185	3.3	3.0	2.3	2.7
格子登攀型	34	2.7	2.8	2.8	2.5
プランター型	0	—	—	—	—
パネル設置型	0	—	—	—	—

a) 5段階で相対評価した平均値

表5 主要な樹種別の評価

樹種	総件数 ^a	平均点 ^b			
		密度	健康	管理	総合評価
針葉樹(クハヒ属)	26	3.5	3.2	3.4	3.7
常緑低木(ツゲ)	8	3.5	3.4	3.6	3.6
つる性植物(オイチビ)	12	3.8	3.3	3.1	3.5
つる性植物(ヘデラ・カリエンシス)	30	3.5	3.4	3.0	3.4
つる性植物(ヘデラ・ヘリックス)	22	3.5	3.0	2.8	3.2
針葉樹(ヒヤクシ属)	25	3.2	3.0	2.7	3.1
常緑高木(ツバキ)	13	2.6	3.2	3.2	3.0
つる性植物(ナツツタ)	111	3.2	2.9	2.2	2.6
つる性植物(ノゼンカズラ)	8	2.6	3.0	2.1	2.1

a) 混植の事例を除く

b) 5段階で相対評価した平均値

表6 植物による壁面の被覆率別の総合評価

被覆率	総件数	総合評価 ^a					平均点
		5	4	3	2	1	
0- 10%	44	3	7	8	25	1	2.7
11- 20%	69	2	24	10	32	1	2.9
21- 30%	41	2	8	10	20	1	2.8
31- 40%	32	0	9	9	14	0	2.8
41- 50%	43	2	11	11	16	3	2.8
51- 60%	15	0	6	1	8	0	2.9
61- 70%	29	2	8	7	11	1	3.0
71- 80%	25	0	8	3	14	0	2.8
81- 90%	29	3	12	5	9	0	3.3
91-100%	55	5	23	10	15	2	3.3
不明	2	0	0	1	1	0	2.5
合計	384	19	116	75	165	9	2.9

a) 総合評価の算出については図2参照

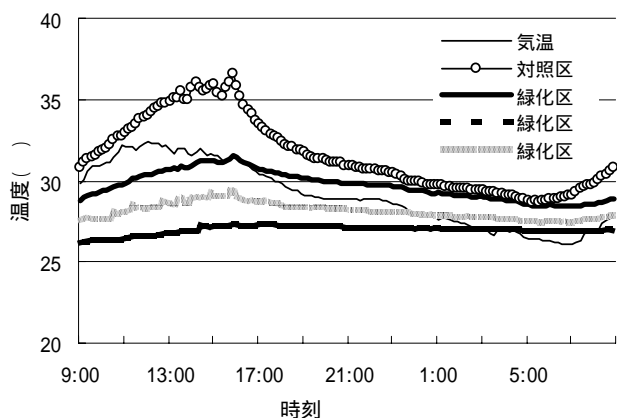


図5 壁面表面温度の推移

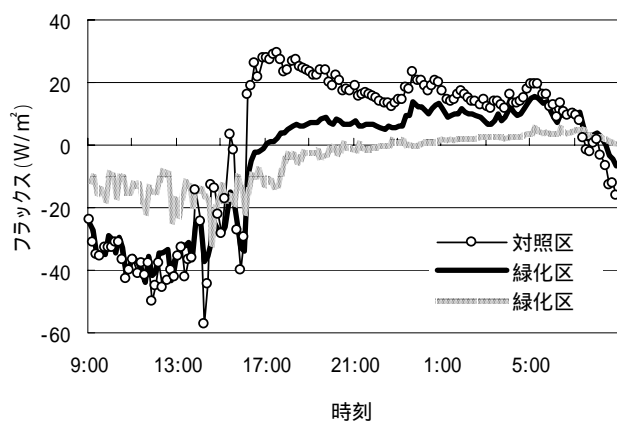


図6 貫熱流量の推移

貫熱流量の計測に関しては、対照区、緑化区①および②について示した。

プラス側は壁面から外部に熱が流れている（放射されている）ことを示し、マイナス側は外部から壁面に熱が流れている（吸収されている）ことを示す。

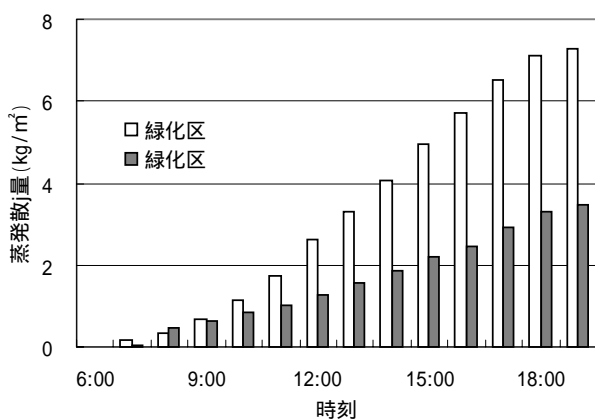


図7 緑化工法別の蒸発散量

えると「総合評価」が高くなる傾向を示した（表6）。

以上の結果から、東京都内の壁面緑化率は**0.88%**で、普及実態を把握することができた。都市景観に合った壁面緑化を形成する要因は管理と葉の密度であった。

「下垂型」の「総合評価」が高かった理由として、「下垂型」に使用された植物の多くは、ヘデラ・カナリエンシスに代表されるように伸張方向が下向きに一定している特徴を有していることが考えられる。このような植物には、剪定・誘引等の維持管理作業を多く必要としないため、少ない管理量で一定程度の景観を維持したと考えられた。「オオイタビ」は葉の密度の高さが「総合評価」の高さにつながった。また、「ナツツタ」は使用率、緑化面積、壁面の被覆率が高く、「総合評価」が高い事例もあるものの、管理を放棄したものが多く、「総合評価」を下げた。都市景観に合った壁面緑化を普及するためには、管理が容易な下垂型の植物を使用すること、または、頻繁に植物を管理することが重要であると考えられた。

2. パネル設置型壁面緑化の温熱環境評価

壁面の表面の温度は、対照区が最も高く、緑化区②が最も低く推移した。緑化区①は対照区と緑化区②の中間を推移した。緑化区③は緑化区①と緑化区②の中間を推移した。対照区の壁面表面は日夜を通じて気温より高く推移した（図5）。

熱の移動を示す貫熱流量の計測から、日中は壁面の内部に熱が流入し、夜間は壁面内部から外部に熱が放出されていることが確認された。緑化区②では日夜を通じて、熱の移動が小さい結果となった（図6）。

蒸発散量は緑化区②と③の間に差がみられた（図7）。蒸発散量は潜熱量と比例し、顕熱量と反比例するため、温熱環境緩和効果の大きな指標の1つとなる。緑化区②と③の間にみられた蒸発散量の差は、①基盤の保水性、通気性、通水性等によって蓄熱性などによる差異、②植物の葉枚数、葉面積等によって植物の生育状態による差異、③用いた植物と植栽基盤との相性、などで生じたものと考えられた。

サーモカメラによる観察では、緑化区①では植物による被覆がある部分と被覆がない部分との温度差が大きかった。植物による被覆のある部分は常に被覆がない部分より温度が低かった。緑化区②は面的に大きな温度差は見られなかった。緑化区③には格子状の高温

度帯が見られた。対照区では、夜間における上部と下部との温度差がみられた（図8）。

以上の結果から、下垂型壁面緑化およびパネル設置型壁面緑化には温熱環境緩和効果があることが認められた。特にパネル設置型壁面緑化は、夜間における熱の放出を抑制する効果や、投影面積が0である壁面から高い蒸発散量を確認したことから、高いヒートアイランド対策効果を有していることを示している。

一方、壁面緑化による温熱環境緩和効果は工法の違いによって差異がみられた。パネル設置型壁面緑化は、壁面温度、貫熱流量の結果から、下垂型壁面緑化と比較して温熱環境緩和効果が大きいことが確認された。これは、緑化区①の被覆率が低かったことが原因と考えられることから、壁面緑化の温熱環境緩和効果には、植物もしくは植栽基盤による壁面の被覆程度が大きく影響することが確認された。さらに、本調査におけるサーモカメラ観察で、緑化区③に観察された格子状の高温帯は、ユニットを保持し、連結する金具と、ユニットの隙間に合致していたことから、パネル設置型壁面緑化による温熱環境緩和効果は、基盤を保持する設備にも影響を受けると考えられた。

壁面緑化による温熱環境緩和効果を高めるためには、被覆率を高めることが重要である。そして被覆率を高めるためには、葉の密度の高かったオオイタビのような植物を使用することや、適した植栽間隔、誘引方法を決定・選択すること、パネル設置型壁面緑化を導入することが効果的であると考えられた。

摘 要

都内の10km²には**384 (8,877 m²)**の壁面緑化がみられ、壁面緑化率は**0.88%**であった。ナツツタやヘデラ・ヘリックスといったつる植物が広く使用されていた。管理が容易な植物を使用することが都市景観の向上に寄与する。下垂型壁面緑化およびパネル設置型壁面緑化には温熱環境緩和効果があることが認められた。壁面緑化による温熱環境緩和効果は、工法の違いや被覆の程度に影響する。

引用文献

- 沖中健・野島義照・小林達明・瀬戸裕直（1994）つる性植物の被覆がコンクリート建物の壁面温度に及ぼす影響，千葉大学園芸学部学術報告，第48号：125-134.
- 環境省（2001）平成12年度ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方について報告書（増補版）ヒートアイランド実態解析調査検討委員会，東京，115-131.
- 新宿区（2000）新宿区みどりの実態調査第5次
- 杉並区（2003）平成14年度みどりの実態調査報告書
- 台東区（2001）台東区緑の実態調査報告書
- 東京都環境局（2001）緑化計画の手引き，東京都環境局自然環境部（編），49.
- 東京都環境局（2002）東京都環境基本計画，東京都環境局総務部（編），53-60.
- 東京都都市整備局（1996）東京の土地利用，東京都都市整備局都市づくり政策部（編）
- 都市緑化技術開発機構（1999）環境共生時代の都市緑化技術，屋上・壁面緑化技術の手引き，東京，115-130.
- 野島義照・沖中健・小林達明・坊垣和明・瀬戸裕直・倉山千春（1993）壁面緑化による建築物の壁面温度の上昇抑止効果の実証的研究，造園雑誌56(5)：115-120.
- 梅干野晃・茶谷正洋，八木幸二（1985）ツタの西日遮へい効果に関する実験研究，日本建築学会計画系論文報告集，第351号：11-17.
- 梅干野晃・山下富大（1981）ツル植物による植栽スクリーンの日射遮へい効果，日射透過率と表面温度について，日本建築学会建築環境工学論文集：141-146.
- 港区（2002）平成13年度緑の実態調査報告書

Summary

Keisuke Shibuya, Yoshimitsu Soh and Sumito Satoh (2007) : Block Survey of Wall Covered with Plant in the City of Tokyo and Evaluation of Thermal Environment of Wall Greening System.

Key words : Wall Covered with Plant, Heat Island, City of Tokyo, Evaluation of Thermal Environment, Thermal Camera

There were 384 (8,877 m²) walls which covered with plant on 10 km² in the city of Tokyo, and the green wall rate in the city of Tokyo was 0.88%. Vines, for example *Parthenocissus tricuspidata* and *Hedera helix*, were widely used. The factor of thinking better of the landscape in urban area was one of the easily management of plants. The three wall greening systems, a wall covered with hanging climbers and two types of self-contained living wall, mitigated the thermal environment. However its degree can be depended on the greening method and the greenery occupancy rate of wall.

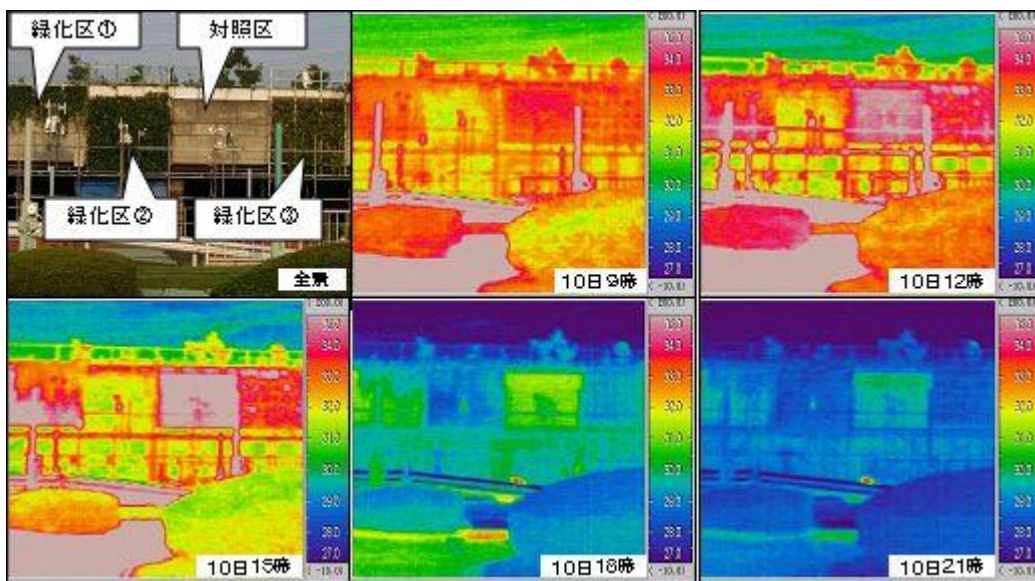


図 8 サーマカメラによる表面温度観測