

目次

0	はじめに	
0 - 1	背景	1
0 - 2	本ガイドラインの使い方	1
1	東京の熱環境の現状	
1 - 1	ヒートアイランド現象とは	2
1 - 2	東京の年平均気温の推移	2
1 - 3	熱帯夜日数の推移	2
1 - 4	ヒートアイランド現象観測網 (METROS) による実態解明	3
2	熱環境マップ及び東京モデル	
2 - 1	ヒートアイランド現象の要因	5
2 - 2	熱環境マップ	8
2 - 3	東京モデル (地域特性格別対策メニュー)	
2 - 3 - 1	熱環境マップ (5 類型) の地域特性に基づく対策メニュー	10
2 - 3 - 2	課題地域 (類型 及び 類型) における対策メニュー	13
3	建物用途別対策メニュー	
3 - 1	オフィス・商業における対策	15
3 - 2	工場・倉庫における対策	16
3 - 3	集合住宅における対策	17
3 - 4	戸建住宅における対策	18
3 - 5	道路における対策	19
4	ヒートアイランド対策に関する技術情報	
4 - 1	屋上緑化によるヒートアイランド現象緩和効果	21
4 - 2	壁面緑化によるヒートアイランド現象緩和効果	26
4 - 3	高反射率塗料・保水性建材によるヒートアイランド現象緩和効果	30
4 - 4	高反射率塗料によるヒートアイランド現象緩和効果に関するフィールド実験	35
5	参考	

0 はじめに

0-1 背景

気象庁の観測によると、平成 16 年 7 月 20 日の大手町の気温が観測史上最高の 39.5 を記録するなど、平成 16 年夏は記録的な猛暑となり、また近年、熱帯夜日数も 30 日を超える状況が続いており、東京における 2 つの温暖化（地球温暖化とヒートアイランド現象）の進行が顕著となっています。このような背景の中で、ヒートアイランド現象への意識は益々高まっていますが、ヒートアイランド現象の詳細メカニズム、地域における熱環境の状況、また対策技術手法等に関する情報は未だ十分ではありません。

東京都では、平成 15 年 3 月に「ヒートアイランド対策取組方針」を取りまとめ、全庁的な連携のもと、屋上緑化、保水性舗装等のヒートアイランド対策を実施しています。また、今後においては、都で設定した 4 箇所の「ヒートアイランド対策推進エリア」（都心エリア、新宿エリア、大崎・目黒エリア及び品川駅周辺エリア）にて、国・区等と連携し、集中的な対策を推進することとしています。

しかしながら、ヒートアイランド対策は幅広い主体が取り組む問題であり、公共施設での率先対策のみならず、東京の大半を占める民間建築物やその敷地における対策が不可欠です。

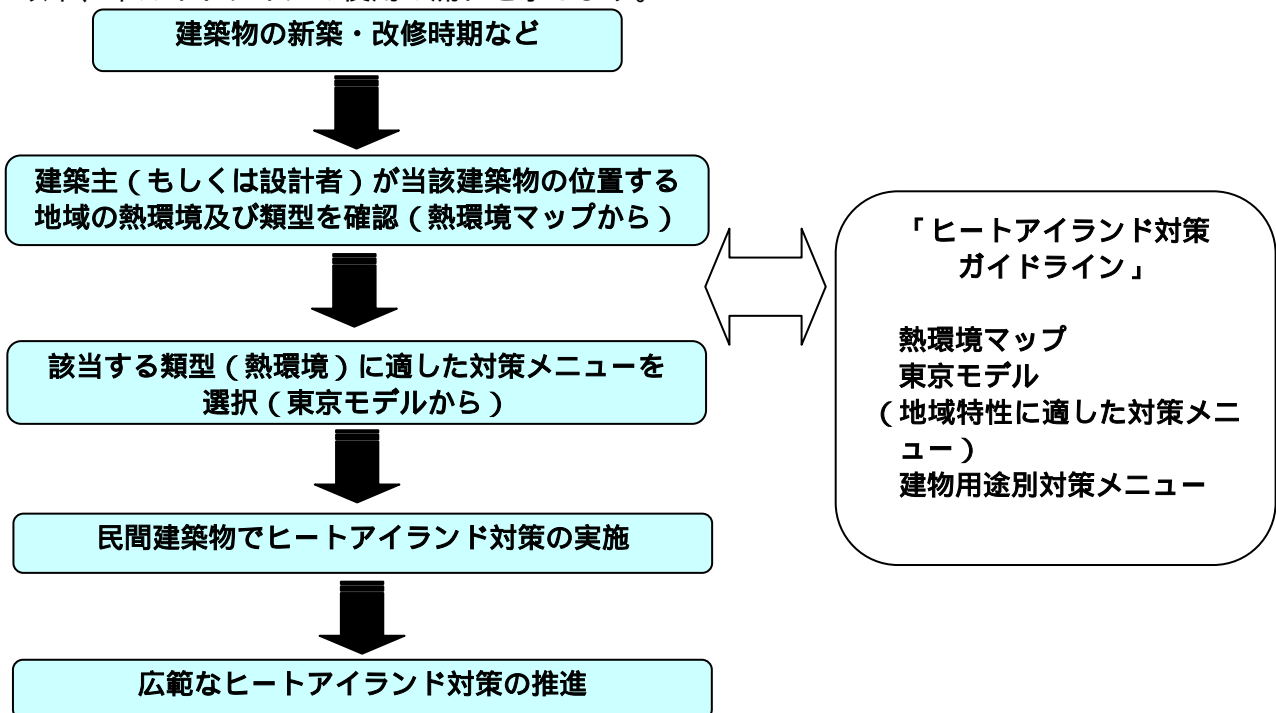
そこで、これまでの調査・観測等を踏まえ、東京都区部における熱環境の状況や各地域に適した対策技術を「ヒートアイランド対策ガイドライン」として取りまとめ、広く公表することとしました。

今後、建築主・設計者の皆様においては、建物の新築・改修時に本ガイドラインをご活用いただき、地域の熱環境を把握した上で、地域に適した対策技術を選択し、設計内容にヒートアイランド対策を取り込んでいただきたいと思います。皆様の対策の積み重ねにより、広範なヒートアイランド対策が着実に進むことを期待しています。

0-2 本ガイドラインの使い方

本ガイドラインは、地域の熱環境の状況を地図上で示した『熱環境マップ』、熱環境マップ上の各類型の地域特性に適した対策メニューを示した『東京モデル』、及び建物用途別の対策メニューにより構成されています。

以下、本ガイドラインの使用の流れを示します。



1 東京の熱環境の現状

1-1 ヒートアイランド現象とは

ヒートアイランドとは、都市部にできる局地的な高温域のことで、郊外に比べ都心部ほど気温が高く、等温線が島のような形になることからこの名前が付いており、文字通り「熱い島」(ヒートアイランド)とされています。

1-2 東京の年平均気温の推移

現在東京では、過去100年間に、地球温暖化に伴う気温上昇(全世界平均0.6)の約5倍にあたる、約3.0の気温上昇が観測されています(図1-1)。

他の大都市の平均気温の上昇が2.5、中小規模の都市では1.0であることから、東京におけるヒートアイランド現象の進行は明らかです(表1-1)。

平成16(2004)年においては、年平均気温が観測史上最高の17.3を記録し、真夏日¹⁾日数も過去最高の70日を、また真夏日の連続日数も1995年の37日を塗り替え、40日を数えるなど、地球温暖化やヒートアイランド現象の進行が顕著となっています。

1-3 熱帯夜日数の推移

大手町で観測された熱帯夜²⁾の日数は、5年移動平均でその推移をみると、1975年頃までには15日前後で推移していましたが、特に1980年以降顕著な増加を示し、ここ数年30日を超える状況になっています(図1-2)。

また、平成16(2004)年においては、熱中症搬送人数が7月、8月で892人を数えるなど、都民の健康への影響も懸念されることから、東京におけるヒートアイランド対策は喫緊の課題といえます。

1) 真夏日：一日の最高気温が30以上の日

2) 熱帯夜：一日の最低気温が25以上の日

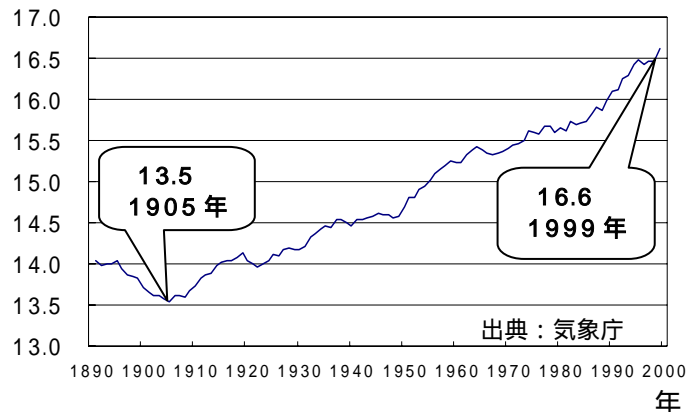


図1-1 東京の年平均気温の推移(11年移動平均)

表1-1 日本の大都市の平均気温(出典：気象庁)

地点	100年当たりの上昇量(/100年)		
	平均気温		
	(年)	(1月)	(8月)
札幌	+2.3	+3.0	+1.5
仙台	+2.3	+3.5	+0.6
東京	+3.0	+3.8	+2.6
名古屋	+2.6	+3.6	+1.9
京都	+2.5	+3.2	+2.3
福岡	+2.5	+1.9	+2.1
大都市平均	+2.5	+3.2	+1.8
中小規模の都市平均	+1.0	+1.5	+1.1

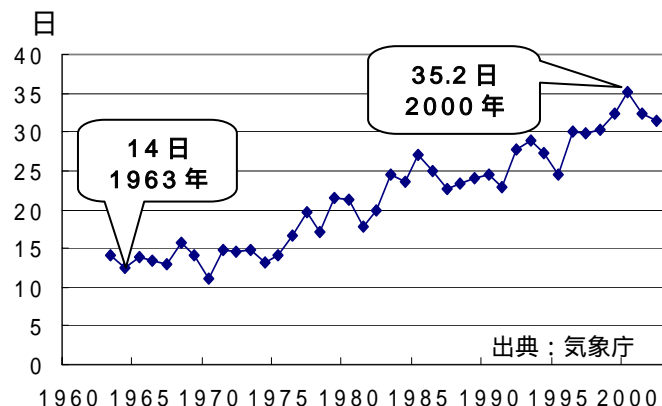


図1-2 熱帯夜日数の推移(5年移動平均)

1-4 ヒートアイランド現象観測網(METROS)による実態解明

ヒートアイランド現象は、局地性の高い現象であるので、ヒートアイランド現象の精確な把握や、気温上昇、集中豪雨等の発生要因を解明するためには、多数の地点における詳細な気象データが必要です。

そこで、東京都環境科学研究所は、平成 14 (2002) 年夏より東京都立大学 (現：首都大学東京) と共同で都内 120 地点に気象観測機器を設置し、気温や風などの連続観測を行っています。多数の観測点を設置したことで、観測密度が高まり、都区部におけるヒートアイランド現象の詳細な実態が明らかとなりました。

気温や熱帯夜日数の地域の分布傾向は、平年並みの暑さの平成 14 (2002) 年、冷夏となった 15 (2003) 年、及び猛暑となった 16 (2004) 年においても、ほぼ同様に認められました。気象条件は各年で異なることから時間割合・日数等に差は生じているものの、現象の分布は類似した傾向を示しており、ヒートアイランド現象の地域差が明らかになりました。(図 1-3 ~ 図 1-8 参照)

(1) 昼間の気温分布(気温30 以上の時間割合の分布)

気温30 以上の時間割合(%)分布は、区部中央部から北部にかけて多い傾向が認められました。これらの原因として、区部中央部では、主に、地表面のコンクリート化やアスファルト化、緑地の減少といった「地表面被覆の人工化」や、建物、自動車などからの「人工排熱の発生」により、高温化がもたらされたものと考えられます。北部は、内陸であることから日中、高温となりやすいと考えられますが、南風による区部中央部付近からの高温空気の移流も無視できない原因の一つと推察されます。

一方、一部を除く東京湾沿岸部と区部東部および西部は、気温30 以上の時間割合が相対的に少ない傾向が認められました。これらの原因としては、東京湾沿岸部や区部東部および西部は、東京湾から海風が浸入しやすいことや、人工排熱が都心に比べ小さいこと、さらには、緑地が多く存在すること等により高温になりにくいものと考えられます。

(2) 夜間～早朝にかけての気温分布(熱帯夜日数の分布)

日最低気温が25 を下回らない熱帯夜の日数は、区部中央部から東よりの地域と東京湾に沿った南部沿岸部にかけて多い傾向が認められました。一方、西部や東部は、相対的に少ない傾向が認められました。区部中央部等の熱帯夜日数の多い地域は、「地表面被覆の人工化」により、日中蓄えられた熱が夜間に放出されることと、夜間も続く「人工排熱の発生」により、気温が下がりにくくなっているものと考えられます。

平成 16 年

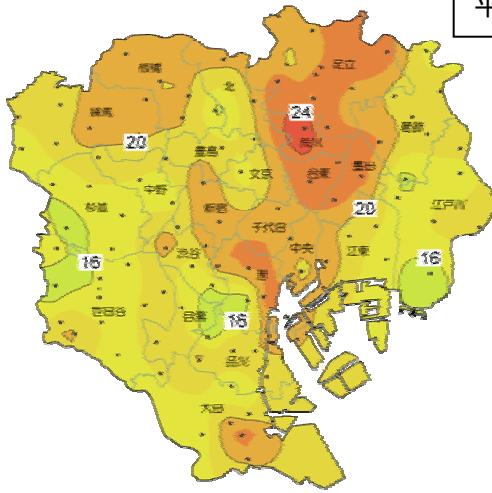


図 1-3 気温 30 以上の時間割合(%)
(2004 年 7 月 20 日~9 月 30 日)

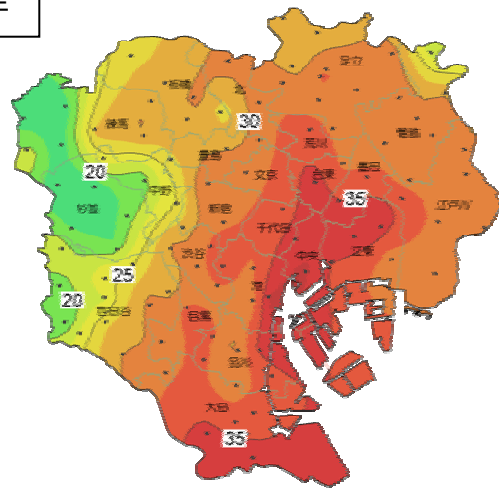


図 1-4 熱帯夜日数の分布(日)
(2004 年 7 月 20 日~9 月 30 日)

平成 15 年

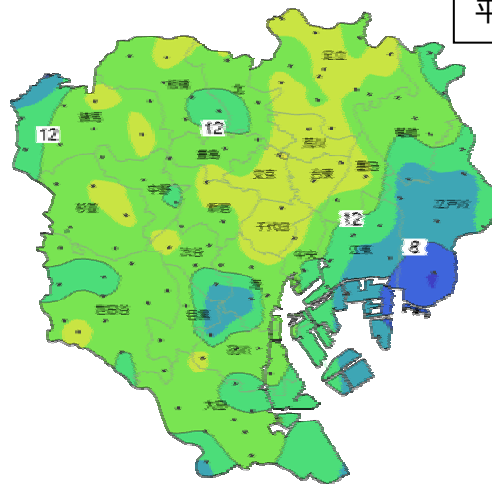


図 1-5 気温 30 以上の時間割合(%)
(2003 年 7 月 20 日~9 月 30 日)

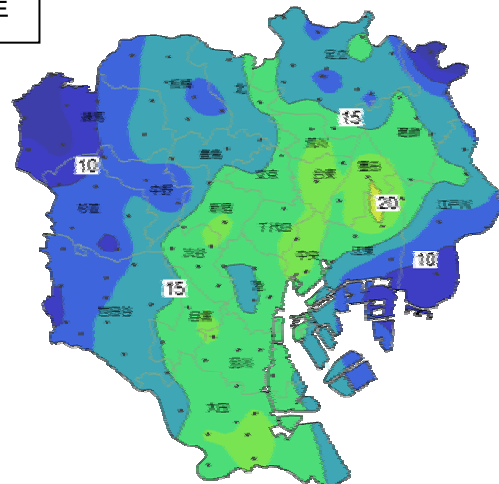


図 1-6 熱帯夜日数の分布(日)
(2003 年 7 月 20 日~9 月 30 日)

平成 14 年

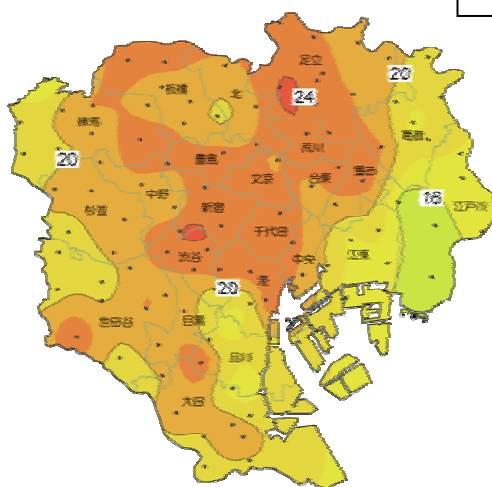


図 1-7 気温 30 以上の時間割合(%)
(2002 年 7 月 20 日~9 月 30 日)

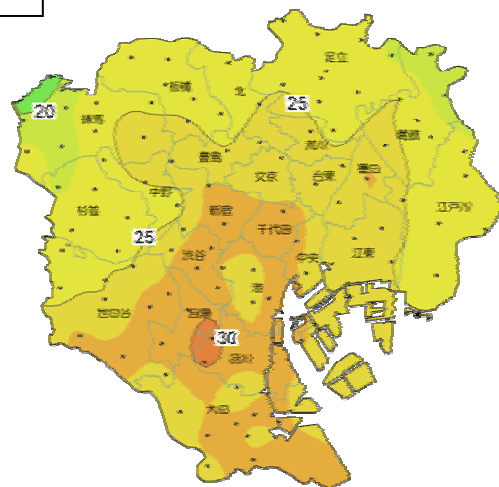


図 1-8 熱帯夜日数の分布(日)
(2002 年 7 月 20 日~9 月 30 日)

2 熱環境マップ及び東京モデル

2-1 ヒートアイランド現象の要因

ヒートアイランド現象を形成する主な要因としては、以下の3点が挙げられます。

緑や水面といった自然面の減少、道路（アスファルト）や建物（コンクリート等）等の人工被覆面の増加

エアコンや自動車等から排出される人工排熱の増加

都市形態（建物幅、建物高さ等）の変化

ここで、地表面被覆や都市形態等と熱特性の関係については、同じ気象条件（気温、湿度、風速など）のもとでは、概ね次のような特徴があります。

自然的被覆に比べアスファルトのような人工的被覆は、昼間に対流顕熱⁴⁾が多く放出され、また熱伝導で内部に蓄積されやすいために夜間の熱放出が大きくなります。

一方、裸地・草地の割合が大きい地表面については、昼間に蒸発潜熱⁵⁾が多く放出され、人工的被覆に比べ地表面温度の上昇が抑えられます。

また、天空率⁸⁾が小さく、建物が建て詰まった都市形態の場合、地表面と大気の熱交換が行われにくいこと、都心部等のように業務系の高容積の建物が多い地域では、低層の住宅地などに比べて建物による人工排熱が大きいことが想定されます。

以上の考え方にに基づき、ヒートアイランド現象を形成する要因として、表2-1の17項目を設定し、都区部における各要因の分布を整理しました。

主要な項目について、500mメッシュごとに地図上にプロットしたマップを図2-1～図2-4に紹介します。

表2-1 各メッシュの地域要因

	項目
人工排熱	建物排熱
	地冷排熱
	自動車排熱
	鉄道排熱
	事業所排熱
	人工排熱（顕熱） ⁶⁾
	人工排熱（潜熱） ⁷⁾
地表面被覆	水面面積率
	裸地・草地面積率
	樹木面積率
	アスファルト面積率
	建物面積率
建物形態	平均建物幅
	平均建物高さ
	天空率
建物用途	事務所他延床割合
	住宅延床割合

4) 対流顕熱：日射などにより暖められた地面や建築物などから周囲の大気に放出される熱。

5) 蒸発潜熱：地面に含まれていた水分が大気中に蒸発するときに、周囲から奪う熱。

6) 人工排熱（顕熱）：空冷式空調機器の室外機や自動車などから直接大気に放出される熱。

7) 人工排熱（潜熱）：水冷式空調機器の室外機などから水蒸気の形で放出される熱。

8) 天空率：地上の一定の位置から見上げたときの、見える空の割合を数値化したもの。

地域要因のマップ例

建物面積率

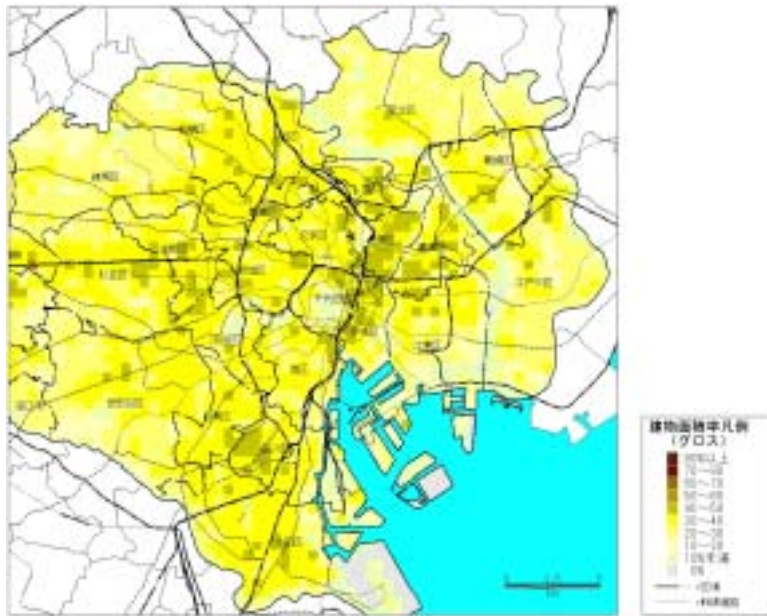


図 2-1 建物面積率

裸地・草地面積率

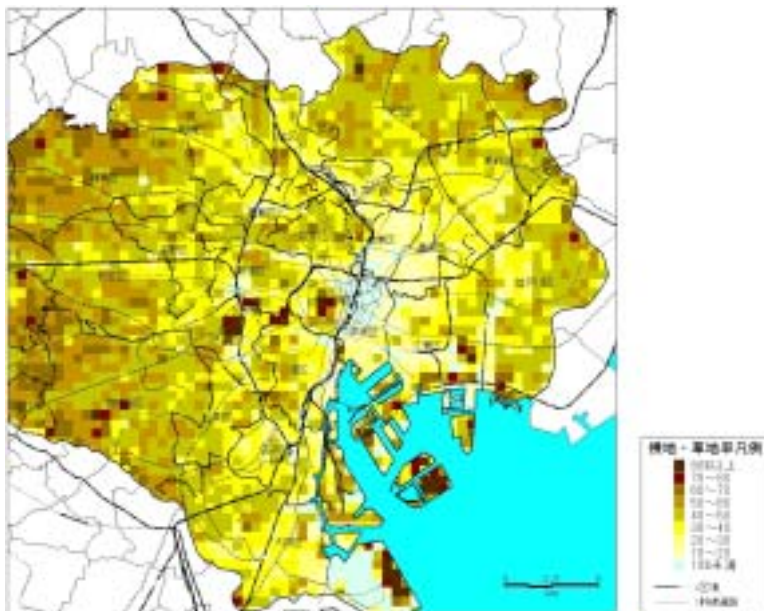


図 2-2 裸地・草地面積率

アスファルト面積率

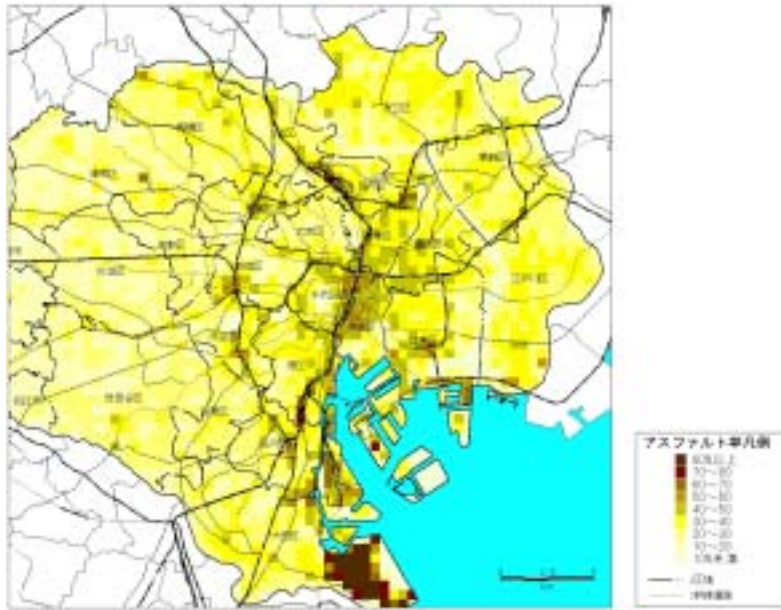


図 2-3 アスファルト面積率

人工排熱分布（顕熱：13時）

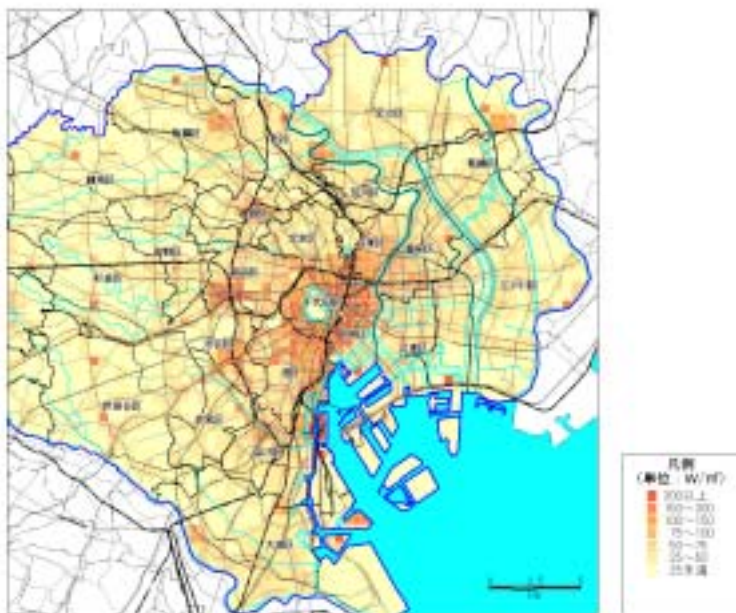


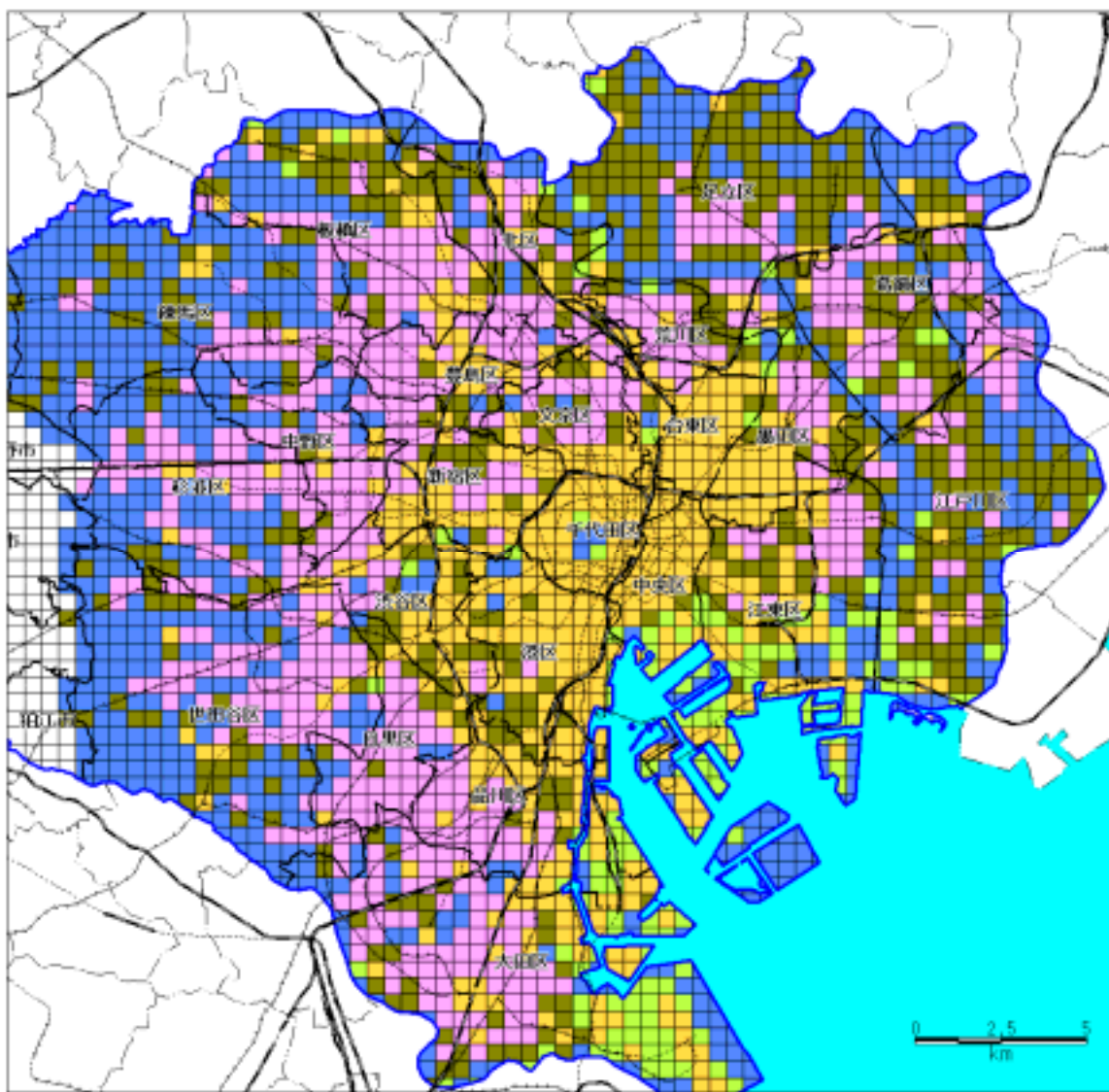
図 2-4 人工排熱分布（顕熱：13時）

注) 人工排熱分布図は、「『平成 12～14 年度ヒートアイランド対策手法検討調査』(尾島俊雄委員長：環境省)をもちに『平成 15 年度都市における人工排熱抑制によるヒートアイランド対策調査』(村上周三委員長：国土交通省・環境省)において独立行政法人建築研究所足永研究室の監修のもとで作成した人工排熱データ」を元に作成されたものである。

2 - 2 熱環境マップ

2 - 1 から、各地域がどのような地域要因を持っているか明らかになりましたが、実際の地域は、各要因が複雑に絡み合っているため、それらを総合的に評価し、各地域の特性を類型化することでわかりやすく示すこととしました。

そこで、各メッシュにおいて、地表面被覆の各割合（%）、人工排熱の各排熱量（ W/m^2 ）及び種類、建物形態をもとに、主成分分析を行い、各メッシュがどのような地域に該当するのか分類を行い、東京都区部を図 2-5 のように類型 1 ～ 類型 5 の 5 種類の地域に分類しました。



【 類型 1 】業務集積地域、【 類型 2 】住宅密集地域、【 類型 3 】裸地、緑の比較的多い地域
【 類型 4 】開放的な環境の地域、【 類型 5 】混在地域

図 2-5 東京都区部の地域類型（5 類型）

さらに、UCSS⁹⁾シミュレーションを用いて、各地域の大気熱負荷量を算出したところ、類型 1（業務集積地域）と類型 2（住宅密集地域）においては、他地域と比べ、相対的に大気への熱負荷が大きいこと、この 2 類型についてはさらに、大気熱負荷量やその特性に基づき、類型 1 から 3 種類を、類型 2 から 2 種類を課題地域として抽出し、他の 3 類型と併せて 10 種類の地域に分類しました。この 10 種類の地域分布を示した「熱環境マップ」を図 2-6 に示します。

本類型化により、各地域の熱環境の特徴の分布（大気へ与える影響）が、色分けした図から一目でわかるようになりました。

9) UCSS：独立行政法人建築研究所足永研究室が開発した都市気候予測システム（Urban Climate Simulation System）の略称で、都市気候シミュレーションプログラムを都市 GIS（地図情報システム）と合わせてシステム化したもの。

熱環境マップ

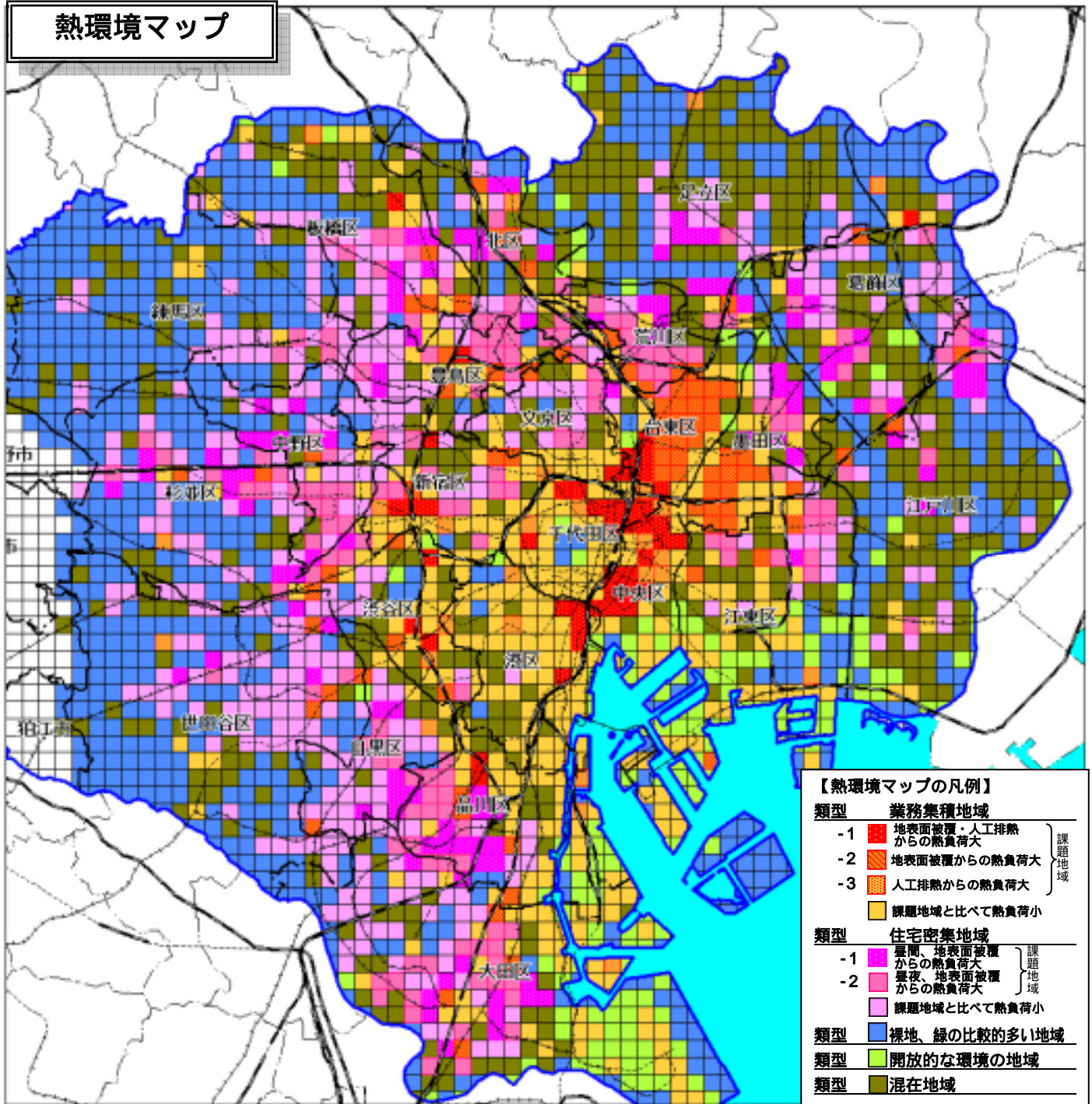


図 2-6 熱環境マップ(10 類型)

各類型の特性の詳細は、表 2-3 にて紹介しています。

注) 本マップの作成に際しては、独立行政法人建築研究所足永研究室が開発した都市気候予測システム UCSS により算出したデータ等を元に、各地域の特性を把握し、類型化を行っています。

2 - 3 東京モデル(地域特性格別対策メニュー)

2 - 3 - 1 熱環境マップ(5類型)の地域特性に基づく対策メニュー

これまでの観測・分析等から、都区部におけるヒートアイランド現象の実態、また、その原因は、各地域における地域要因(地表面被覆、人工排熱、都市形態)により生じていることが明らかとなり、熱環境マップの作成により、それら要因の地域分布がわかるようになりました。

今後、東京都都区部におけるヒートアイランド対策を進めるに当たっては、各地域要因に応じた対策を実施していくことが効率的であり、そのため熱環境マップの各類型に基づく対策メニューを設定することとしました。

【ヒートアイランド対策のメニュー】

本ガイドラインでは、これまでの研究成果等を踏まえ、以下のようなヒートアイランド対策技術を設定し、地域特性に基づく対策メニューの検討を行いました。

表 2-2 ヒートアイランド対策メニュー

対策メニュー	敷地緑化 (地上部緑化)	敷地の草地・裸地化
		敷地の樹木緑化
		道路緑化
	建築物上緑化	屋上緑化
		壁面緑化
	屋根面への高反射率塗料の適用	
	保水性舗装	
	人工排熱の削減	建物等の排熱の削減
		交通排熱の削減

【対策メニュー設定の考え方】

ヒートアイランド現象の要因とされる、地表面被覆、人工排熱及び都市形態に関連する、熱環境マップ5類型ごとの諸データの平均値を用いて、各類型の地域特性を5参考に示す図 5-1 ~ 図 5-11 のグラフに整理しました。

これらのグラフに見られるように、各類型間の特性には大きな差が生じています。例えば、建物面積率やアスファルト面積率に着目すると、建物面積率が小さい地域では、建物上の対策は限られ、またアスファルト面積率の大きな地域では、地表面での自然被覆化が有効となるなど、各類型の特性が異なることで、その地域で期待される対策メニューも異なると考えられます。

そこで、各類型における地域特性と対策メニュー実施可能量(対策余地)との関係を検討し、以下に示す基準に基づき、各類型に適したヒートアイランド対策メニューを設定しました(検討過程は、参考5参照)。

ただし、本評価は、5類型内における各対策技術の実現可能性に基づく有効性を相対的に比較することを目的としており、一つ星()評価であっても、その類型においてその対策効果がないというわけではありません。

(対策余地による評価基準)

被覆対策(壁面以外)	被覆対策(壁面)	排熱対策
: 対策可能割合 10%以上	: 対策可能面積 120 m ² /ha 以上	: 排熱量 20W/m ² 以上
: 対策可能割合 5%以上 ~ 10%未満	: 対策可能面積 60 m ² /ha 以上 ~ 120 m ² /ha 未満	: 排熱量 10W/m ² 以上 ~ 20W/m ² 未満
: 対策可能割合 5%未満	: 対策可能面積 60 m ² /ha 未満	: 排熱量 10W/m ² 未満

: 対策余地が大きく見込めるメニュー

: 対策余地が見込めるメニュー

: 量的制約があるが、一定の対策余地が見込めるメニュー

【東京モデルの一覧(熱環境マップ5類型における対策メニュー)】

各類型の地域特性を踏まえた検討を行った結果(5参考参照)、各類型では、以下のような対策が有効と考えられ、各類型に適した対策メニューを表2-3の東京モデル一覧表に整理しました。

類型 (業務集積地域)

本地域では、様々な対策により熱環境の改善を図っていく必要がありますが、建物敷地の草地・裸地化、保水性舗装、建築物上緑化(屋上緑化、壁面緑化)、屋根面への高反射率塗料の適用、建物等や交通の排熱の削減による対策の効果が高いと考えられ、次いで、敷地の樹木緑化も効果が期待できます。

本地域は、建物の平均高さが高い地域ですが、建築物上緑化(屋上緑化や壁面緑化)については歩行者の快適性改善の観点から、地表付近での実施がより有効です。道路舗装面における幹線道路比率の高い地域でもあるため、非幹線道路に加えて、今後も幹線道路に対する保水性舗装対策が必要となります。

さらに、この地域では、都市再生緊急整備地域などを中心に今後も市街地の更新が図られる可能性があります。市街地再開発事業等による建物・敷地の更新時には、必要な草地・裸地面の確保や樹木緑化、屋上緑化等を予め取り込んでいくことが重要です。

類型 (住宅密集地域)

本地域では、保水性舗装、屋根面への高反射率塗料の適用、建物等の排熱の削減による効果が高いと考えられます。次いで、敷地の草地・裸地化や樹木緑化、屋上緑化、壁面緑化や交通の排熱の削減も効果が期待できます。

住宅密集地域では建物密度が高いため、密集住宅市街地整備促進事業等による建物・敷地の更新の際には、積極的に草地・裸地面の確保を図っていく必要があります。また、開放的な南面では、庇や簾等の活用などにより建物内部への日射の侵入を防ぐなどの工夫も効果があると考えられます。なお、有効な壁面緑化を行うためには隣接建物と密接していない日当たりの良好な壁面への実施が必要です。

さらに、空地が少ない地域でもあるため、校庭の芝生化等の実施も有効であると考えられます。

類型 (裸地、緑の比較的多い地域)

本地域では、保水性舗装対策の効果が高く、次いで、屋根面への高反射率塗料の適用も効果が期待できると考えられます。

元々、本地域は舗装面割合が低く、建物密度も低い地域であるため、現状を改善するような対策もさることながら、むしろ現在の熱環境を今後も悪化させないことが肝要です。農地の宅地化や土地の細分化などの進行に対して草地・裸地や樹木を保全していくことが大切です。

建物密度が高くない地域であるため、庇や簾等の活用などにより建物内部への日射の侵入を防ぐなどの工夫も効果があると考えられ、壁面の対策についても対象面積としては大きくないものの、壁面緑化による「緑のカーテン」などで日射遮蔽効果や断熱効果を高めるなど身近なレベルでの対策も可能であると思われます。

類型 (開放的な環境の地域)

本地域も現状改善型の対策の適用には対策量に限りがありますが、敷地の草地・裸地化、壁面緑化、屋根面への高反射率塗料の適用、建物等の排熱削減などの効果が期待できます。

主に湾岸や川沿いに多く分布し、現状では建物密度が低く天空率も大きい開放的な環境です。

また、海風の入口にあたるため、運輸・港湾系の土地利用から住宅や商業施設等への転換がなされる場合、海風を阻害しないよう、建物密度や都市形態に対する配慮が必要です。

類型 (混在地域)

本地域では、保水性舗装、屋根面への高反射率塗料の適用の効果が高いと考えられ、次いで、敷地の草地・裸地化や樹木緑化、屋上緑化、壁面緑化、建物等や交通の排熱の削減など、他類型の中間的な性格を有する地域ですので複合的な対策の効果が期待できます。

2 - 3 - 2 課題地域(類型 及び類型)における対策メニュー

【課題地域における対策メニュー設定の考え方】

前述の 5 類型の中で、類型 (業務集積地域) 及び類型 (住宅密集地域) においては、他の 3 類型と比べ相対的に熱負荷が大きいことから、熱負荷の特性に応じて詳細に分類し、類型 から 3 地域を、類型 から 2 地域を課題地域として抽出しています。これら課題地域については、今後、より率直的な対策を進めていく必要があります。

そこで、課題地域に適した対策メニューを検討するため、UCSS⁹⁾の簡易シミュレーション(各地域の現況における地表面被覆や都市形態、人工排熱等の地域特性を条件とする均一街区を設定)を、

各課題地域の現況ケース

各課題地域の対策余地に、表 2-4 に示す各種ヒートアイランド対策(シミュレーションの設定上、樹木緑化は敷地緑化に、交通排熱は排熱削減に集約)を最大限実施した最大対策ケース

の 2 ケースで実施しました。

対策効果の評価については、大気を暖めるか否かを表し、直接的でわかりやすい指標として、大気熱負荷量を用い、2 ケースによる顕熱削減量の差の大きさに基づき評価し、各地域に適した対策メニューを設定しています。

なお、5 類型の対策メニュー同様、課題地域に設定されたメニュー以外が対策効果がないというわけではありません。

表 2-4 シミュレーションの設定内容

対策種類	設定内容	
	現況ケース	最大対策ケース
敷地緑化 (樹木緑化含む)	各地域の平均	対策ケースは、建物と道路鉄道を除く敷地の舗装面をすべて裸地・草地化した場合
屋上緑化	0(なし)	屋上面積のうち、耐火建物の屋上面積(相当)の 50%を緑化した場合
壁面緑化	0(なし)	壁面積のうち、耐火建物の壁面積(相当)の 20%を緑化した場合
屋根の高反射率化	0.1	屋根の平均反射率 = 0.4 の場合(屋上面積の 50%を高反射率化(0.7, 残り 50%は 0.1) 屋上緑化との併用はなし)
保水性舗装	保水性舗装なし	道路面積の 70%(幅員 13m未満の割合に相当)を保水性舗装 = 裸地・草地化とした場合
排熱削減	各地域の平均	建物等排熱について排熱削減率 15%の場合

(顕熱削減量による評価基準)

評価	顕熱削減量(日平均: W/m^2)
: 対策効果が大きく見込めるメニュー	$10W/m^2$ 以上
: 対策効果が見込めるメニュー	$5W/m^2$ 以上 ~ $10W/m^2$ 未満
: 一定の対策効果が見込めるメニュー	$5W/m^2$ 未満

表 2-5 東京モデル一覧表（課題地域における対策メニュー）（：対策効果が大きく見込めるメニュー、：対策効果が見込めるメニュー、：一定の対策効果が見込めるメニュー）

類型	主な地域	地域特性	有効な対策	対策メニュー*					
				敷地緑化**	屋上緑化	壁面緑化	屋根高反射率化	保水性舗装	建物等の排熱削減
類型 (業務集積地域)	類型 -1  神田駅周辺、上野駅南～御徒町駅周辺、新橋駅周辺、銀座駅周辺、築地駅周辺、三田駅周辺、五反田駅周辺、渋谷駅周辺、新宿区歌舞伎町、高田馬場駅周辺、御茶ノ水駅周辺	昼夜を問わず、地表面被覆からの熱負荷が大きく、また、昼間、建物等から排出される人工排熱（顕熱）が大きい地域 ・舗装面積割合が 55%と最も高く、建物も合わせた人工被覆面積割合が 90%を超えて最も高い ・昼間 160W/m ² 前後の人工排熱（顕熱）を排出しており、類型 の中で 2 番目に大きい ・耐火壁面積割合が最も高い	主に、被覆対策と人工排熱対策が求められ、建物や舗装面に熱をためない対策や建物等からの排熱を抑制する対策が有効						
	類型 -2  台東区東上野～西浅草、両国駅～押上駅周辺、入谷駅周辺、三ノ輪駅周辺、北千住駅周辺、亀戸駅周辺、大久保駅～新大久保駅周辺、戸越駅周辺、大井町駅南周辺、下北沢駅周辺、三軒茶屋駅周辺	昼夜を問わず、地表面被覆からの熱負荷が大きい地域 ・建物面積割合が高く、人工被覆面積割合も 90%弱で、類型 課題地域の中では、2 番目に大きい ・類型 の中では、平均建物高さが最も低く、建物幅も最も小さいため、地面に対する日陰が生じにくい	主に、被覆対策が求められ、建物や舗装面に熱をためない被覆対策が有効						
	類型 -3  六本木駅周辺、飯田橋駅周辺、八丁堀駅周辺、新宿御苑前駅北周辺、表参道駅南周辺、高井戸駅周辺、世田谷区八幡山、江東区夢の島、大田区京浜島	昼夜を問わず、建物等からの人工排熱（顕熱）が大きい地域 ・類型 の中では、建物面積割合が小さい ・昼間 280W/m ² 前後の人工排熱（顕熱）を排出し、夜間においても 160W/m ² 前後を排出しており、類型 の中で最も大きい	主に、人工排熱対策が求められ、建物等からの排熱を抑制する対策が有効						
類型 (住宅密集地域)	類型 -1  西大井駅周辺、中延駅周辺、西小山駅西周辺、品川区西品川、阿佐ヶ谷駅南周辺、小岩駅南周辺、町屋駅周辺、十条駅北周辺、粕谷駅周辺	昼間、地表面被覆からの熱負荷が大きい地域 ・全類型の中では、建物面積割合が最も高いが、屋上耐火割合が最も小さい（非耐火建築物割合が大きい） ・人工排熱（顕熱）の排出割合が小さい ・平均的建物規模が比較的小さい	主に、被覆対策が求められ、建物や地表面に熱をためない被覆対策が有効						
	類型 -2  武蔵小山駅～不動前駅周辺、旗の台駅周辺、大久保駅西周辺、新宿区富久町～市谷台町、祐天寺駅南周辺、新中野駅～中野新橋駅周辺、西巢鴨駅周辺、三河島駅周辺、京成曳舟駅周辺、大島駅周辺	昼夜を問わず、地表面被覆からの熱負荷が大きい地域 ・建物面積割合が高く、また類型 の中では、屋上耐火割合が最も高い ・人工排熱（顕熱）の排出割合が小さい ・平均的建物規模が比較的小さい	主に、被覆対策が求められ、建物や地表面に熱をためない被覆対策が有効 特に夜間まで熱を蓄積する耐火建築物での対策が有効						

* 本対策メニューは、独立行政法人建築研究所足永研究室が開発した都市気候予測システム(UCSS:Urban Climate Simulation System)を用い、各対策メニューを実施した場合の顕熱削減量を算出し、その対策効果の大きさに基づき設定しています。

** 本シミュレーション検討時には、敷地の樹木緑化は敷地緑化に含んで検討しています。

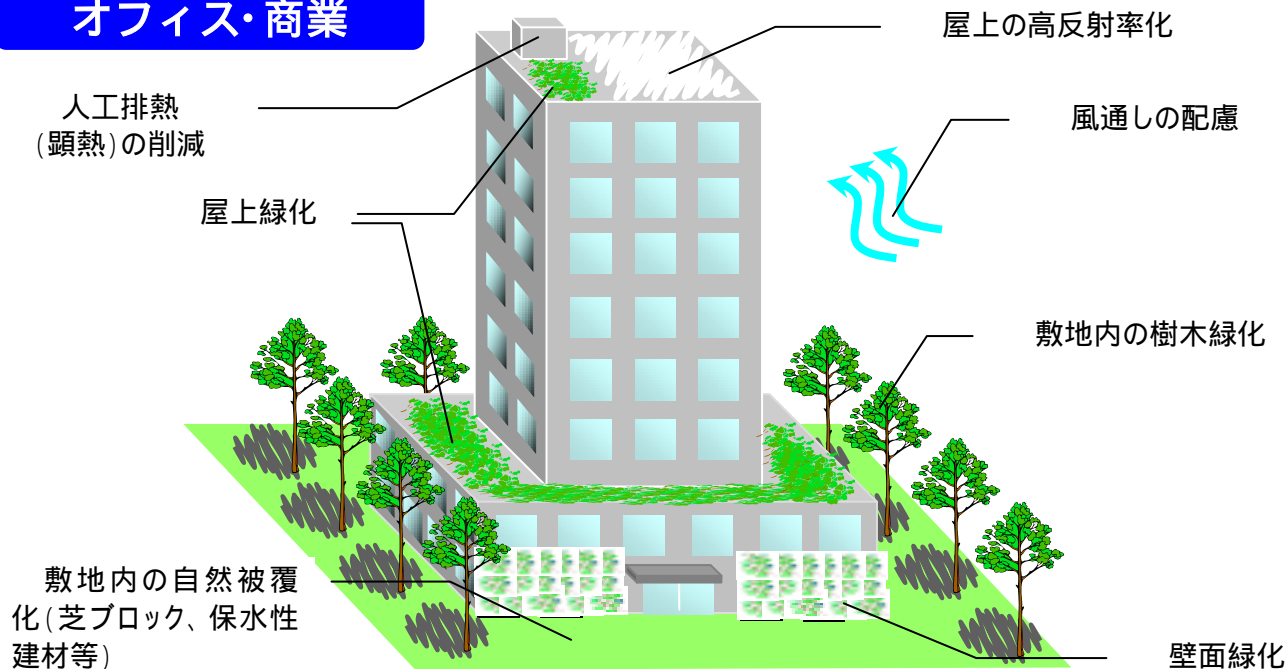
3 建物用途別対策メニュー

実際の都市は、様々な用途・形態の建築物によって構成されています。ヒートアイランド対策を着実に推進していくためには、個々の建物にて可能な限りの対策を積み重ねていくことが重要です。

そこで、主要な建物用途として、オフィス・商業、工場・倉庫、集合住宅、戸建住宅の4種類を設定し、各建物に応じた対策メニューを道路周辺対策と併せて取りまとめました。

3-1 オフィス・商業における対策

オフィス・商業



熱環境マップによると、類型に見られるような都心部や郊外の拠点に、オフィス等が集中しています。これらの地域は、コンクリートやアスファルトといった人工被覆面に覆われ、また大量のエネルギー消費に伴う人工排熱を放出していることから、相対的に熱負荷の高い地域となっています。

従って、これらの地域では、様々な対策を幅広く実施していく必要がありますが、本地域では高層化に伴う空地が創出されているという特徴があることから、これらの空間を活かした対策が有効です。具体的には以下のような対策が考えられます。

【オフィス・商業における対策メニュー】

高層化に伴い創出される地上の空地において、可能な限り自然的被覆に近い材料（保水性建材、芝ブロック等）を使用して、地表面温度上昇を抑制

高層化に伴い創出される地上の空地において樹木緑化（樹冠の大きなもの）を実施することで、木陰を創出し、地表面温度上昇を抑制するとともに、歩行者の熱環境を改善

可能な限り、低層部屋根面に屋上緑化を実施し、屋上表面温度上昇を抑制（室内の省エネルギー化にも寄与）

高層部屋上面では、屋上緑化に併せて、反射率の高い塗料等により、蓄熱を抑制し屋上表面温度上昇を抑制（室内の省エネルギー化にも寄与）

コンクリート・タイル等の人工被覆壁面に蓄積された熱による、歩行者への影響を抑制するため、壁面緑化の実施により、その輻射熱を緩和（室内の省エネルギー化にも寄与）

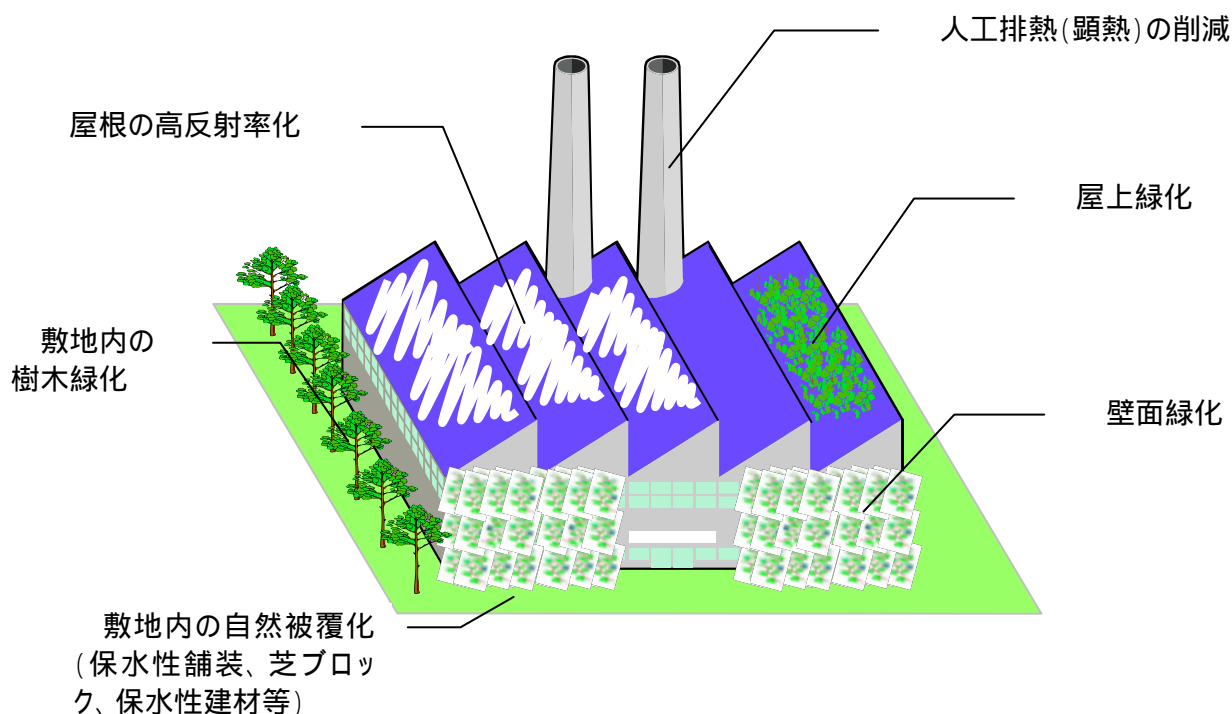
設備の省エネ化及び外部からの熱の侵入を抑制することにより、人工排熱を削減

人工排熱（顕熱）を可能な限り抑制し潜熱化するとともに、高い位置から排出し、地上や歩行者への影響を緩和

新築時においては、夏の主風向の通風を妨げない建築物の形状・配置に配慮

3 - 2 工場・倉庫における対策

工場・倉庫



熱環境マップ（人工排熱分布等）によると、主に類型 及び類型 に工場等の事業所が集中して見られます。一般的に工場の屋根は、折半鋼板やスレートによるものが多く、これらの素材は、日中、日射熱を吸収し、高温になります。また、場内敷地の大半は、アスファルト等の人工面に覆われており、敷地全体から顕熱が放出されています。さらに、屋根表面が高温化することにより、室温の上昇も顕著となり、空調負荷が高まり、多くのエネルギーを使用することになります。

そこで、工場においては、広大な面積を活用した被覆対策と省エネ化を併せた対策が有効であり、具体的には、以下のような対策が考えられます。

【工場・倉庫における対策メニュー】

鋼板・スレート屋根等へ反射率の高い塗料等を実施（あるいは、できるだけ白色に近づける努力。ただし、眩しさによる近隣への影響は考慮。）し、蓄熱を抑制し屋根表面温度上昇を抑制（室内の省エネルギー化にも寄与）

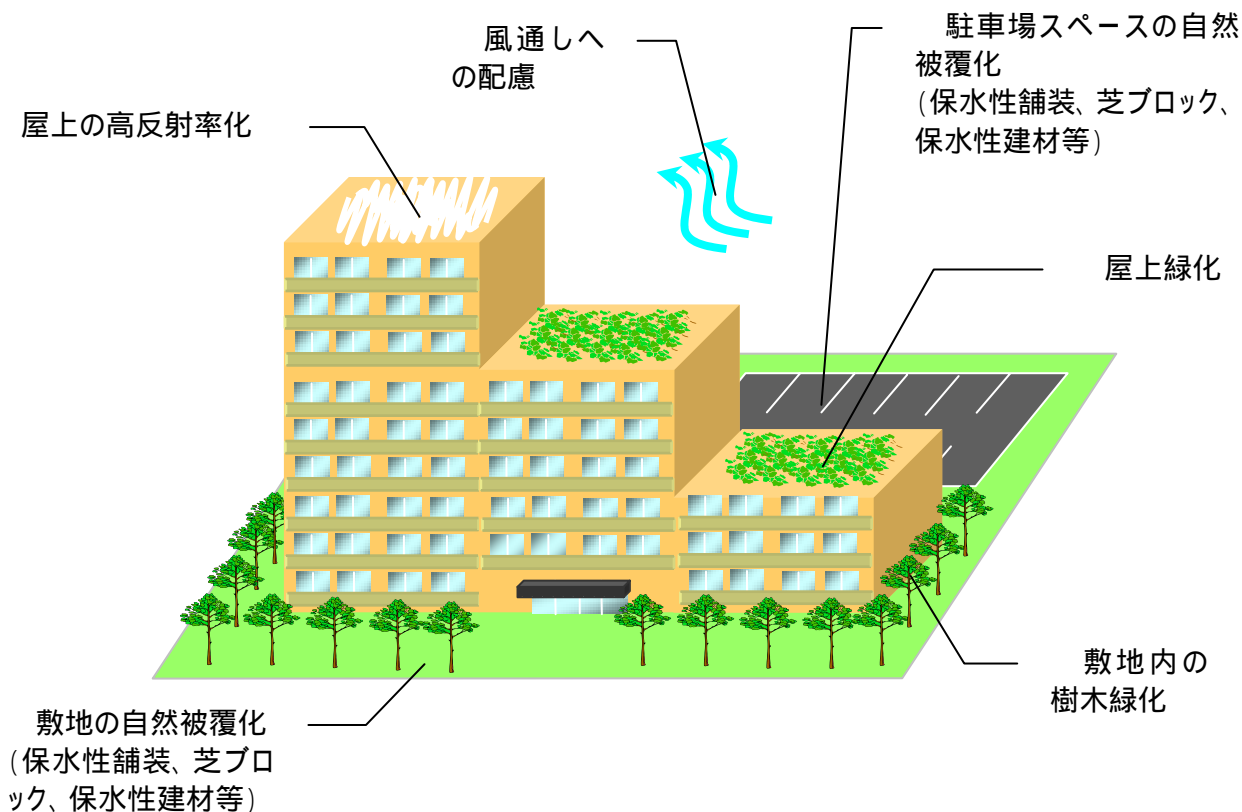
屋根面に屋上緑化（条件により薄層・軽量タイプ）を実施し、屋根表面温度上昇を抑制（室内の省エネルギー化にも寄与）

建物敷地や駐車スペース等において、可能な限り自然的被覆に近い材料（保水性舗装、保水性建材、芝ブロック等）を使用して、地表面温度上昇を抑制

日当たりのよい場所へ壁面緑化を実施し、室内への日射の侵入を抑制し、室内の省エネ化を促進

3 - 3 集合住宅における対策

集合住宅



熱環境マップによると、類型 Ⅱ では対流顕熱が大きく、大気への熱負荷が高い地域となっています。これは、住宅等の建物が密集し、建物の表面やその敷地といった人工被覆面において、日中日射による蓄熱が大きく、これらの熱が夜間になっても放出され続けていることから発生しています。

そこで、これらの地域では、被覆対策が中心となり、具体的には以下のような対策が考えられます。

【集合住宅における対策メニュー】

屋上面に反射率の高い塗料等を実施（あるいは、できるだけ白色に近づける努力。ただし、眩しさによる近隣への影響は考慮すること。）し、蓄熱を抑制し屋上表面温度上昇を抑制（室内の省エネルギー化にも寄与）

屋上緑化（条件により薄層・軽量タイプ）を実施し、屋上表面温度上昇を抑制（室内の省エネルギー化にも寄与。マンション管理組合等による維持管理を適切に行う仕組みが必要）

簾等を窓面に設置することにより、室内への日射の侵入を抑制

建物敷地や駐車スペース等において、可能な限り自然的被覆に近い材料（保水性建材、保水性建材、芝ブロック等）を使用して、地表面温度上昇を抑制

敷地内に樹木緑化（樹冠の大きなもの）を実施することで、木陰を創出し、地表面温度上昇を抑制するとともに、歩行者の熱環境を改善

新築時においては、夏の主風向の通風を妨げない建築物の形状・配置に配慮

3 - 4 戸建住宅における対策

戸建住宅



熱環境マップ（類型 ）やその対策メニューにも示されるように、戸建住宅を中心とした地域では、元々敷地内の自然も多く、都心部のような地域と比べると熱環境上良い地域と言え、対策を実施する場所は限られているといえます。

しかし、他地域同様、屋根等の建物の一部に蓄積された熱、また生活の中で日常的にエネルギーを使用することにより排出される人工排熱は、少なからず大気へ熱負荷を与えており、全く対策が必要ないというわけではありません。

例え、小さな要因であっても、それらが広域的に積み重なることで、ヒートアイランド現象は生じており、現在のヒートアイランド現象もそのような過程でうまれてきたものです。

そこで、戸建住宅においては、まずは現状より悪化させないことが優先となります。その上で、身近な対策を徐々に取り入れることで、熱環境の更なる向上を図っていくことが期待されます。

具体的には、以下のような対策が考えられます。

【戸建住宅における対策メニュー】

雨水や風呂の水を活用した「打ち水」の実施

ヘチマやキュウリなど、つる性植物を使った「緑のカーテン」や簾を窓面に設置することにより、室内への日射の侵入を抑制

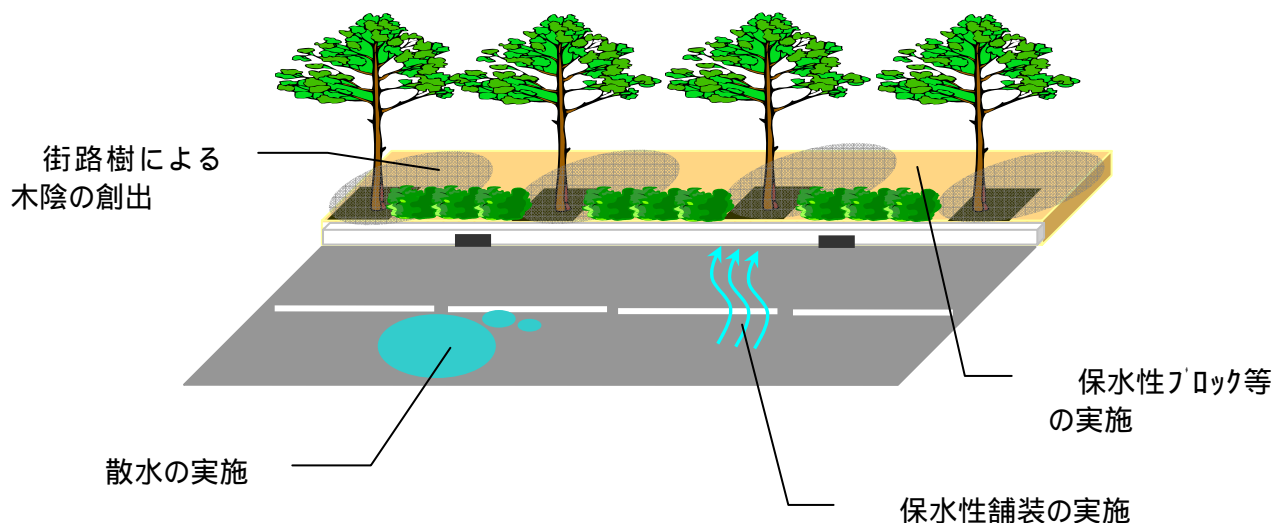
建物敷地内の自然面を保全するとともに、敷地内や駐車スペース等において、可能な限り自然的被覆に近い材料（保水性建材、芝ブロック等）を使用して、地表面温度上昇を抑制

現存する樹木を保全するとともに、敷地内に樹木緑化（樹冠の大きなもの）を実施することで、木陰を創出し、地表面温度上昇を抑制

屋根面に反射率の高い塗料等を実施（あるいは、できるだけ白色に近づける努力。ただし、眩しさによる近隣への影響は考慮すること。）し、蓄熱を抑制し屋根表面温度上昇を抑制（室内の省エネルギー化にも寄与）

3 - 5 道路における対策

道路



熱環境マップによると、類型 を除く他類型の舗装面積は各々約 25% ~ 40%を占めており、その中の大部分は、道路面積が占めています。

従って、建築物建物敷地における対策に併せて、道路における対策を実施していくことが重要です。さらに、道路での対策を推進することにより建物敷地間のネットワーク化が図られるなど、相乗効果も図られます。

ただし、街路樹等の対策については、歩道スペースに余裕がない地域では、実施が困難であり、また街路樹による虫の発生や落葉管理等の課題もありますが、木陰の創出等により歩行者環境の改善にも直接寄与できる対策もあることから、可能な限りの対策を推進していく必要があります。

具体的には、以下のような対策が考えられます。

【道路における対策メニュー】

歩道部に街路樹を実施することで木陰を創出し、歩行者への影響を緩和（落葉等のメンテナンス等、周辺の協力が不可欠）

歩道部に保水性建材等を使用し、地表面温度上昇を抑制

車道部に保水性舗装を実施し、道路表面温度上昇を抑制（耐久性や騒音対策等の検討も必要）

道路面に貯留雨水や下水道再生水を散水し、保水性舗装の効果や引き出し、道路表面温度上昇を抑制
今後の開発の動向を踏まえ、遮熱性舗装を実施し、道路表面温度上昇を抑制

4 ヒートアイランド対策に関する技術情報

近年、本ガイドラインで示される様々なヒートアイランド対策技術の開発が進んでおり、都では、これらの対策技術の普及および技術開発の促進を図るため、平成 15 年度より、各技術のヒートアイランド対策効果について実験・調査等を行っており、その結果については、シンポジウムやプレス発表で随時公表をしてきました。

この度、本ガイドラインの策定に併せて、これまでの結果を取りまとめましたので、今後各対策技術を導入する際は、是非参考にしてください。

調査結果目次

- 4 - 1 屋上緑化技術によるヒートアイランド現象緩和効果（平成 15 年度）
（東京都環境局環境科学研究所基盤研究部 03-3699-1331）
- 4 - 2 壁面緑化技術によるヒートアイランド現象緩和効果（平成 15 年度）
（財団法人東京都農林水産振興財団 東京都農林総合研究センター（旧東京都産業労働局農業試験場） 042-528-0526）
- 4 - 3 高反射率塗料、保水性建材によるヒートアイランド現象緩和効果（平成 15 年度）
（東京都環境局都市地球環境部計画調整課 03-5388-3567）
- 4 - 4 高反射率塗料によるヒートアイランド現象緩和効果に関するフィールド実験（平成 16 年度）
（東京都環境局都市地球環境部計画調整課 03-5388-3567）

4 - 1 屋上緑化によるヒートアイランド現象緩和効果

調査の目的

屋上緑化については、これまで数々の調査研究が行われ、屋上緑化がヒートアイランド現象に効果があることはよく知られています。しかし、樹木緑化など厚い土壌を用いた緑化施設は、荷重や防水などの問題により、既存建築物への普及は困難な状況にありました。

既存建物も含め、屋上緑化を広く普及するためには、新たな緑化施設、軽量で薄い土壌を用いた緑化施設が必要となり、近年、軽量、薄層、ローコストな屋上緑化の開発が進み、既存建築物での利用が可能になってきました。

そこで、都ではこの薄層屋上緑化に着目し、本技術によるヒートアイランド対策効果の調査を行いました。

調査の概要

屋上に施工した緑化試験体を対象に、外界条件や蒸発散量、放射率、室内環境などを測定し、測定データを用いて緑化試験体ごとの熱収支と断熱・省エネルギー効果の算出を行いました。

(1) 屋上緑化熱収支観測調査

設置場所：東京都環境科学研究所（江東区新砂）

測定期間：平成15年8月～10月

環境科学研究所屋上部分

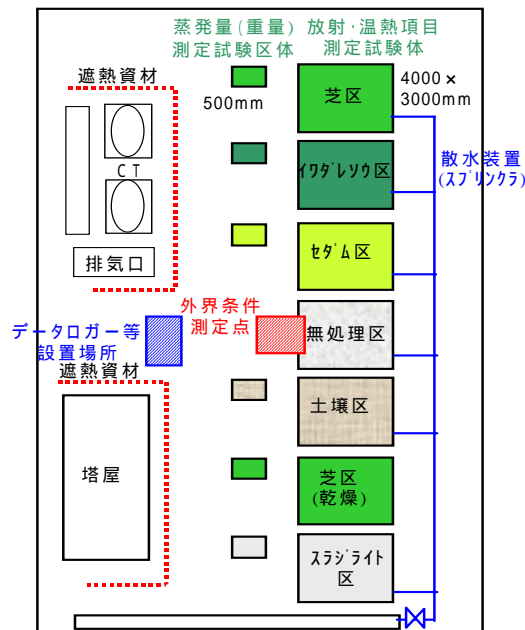


表 4-1 試験区リスト

試験区 (植物の種類)	土壌の種類	土壌厚
芝区 (コウライシバ)	人工軽量土壌 (ピバソイル)	80mm
イワダレソウ区 (ヒメイワダレソウ)	人工軽量土壌	80mm
セダム区 (メキシコマンネングサ)	人工軽量土壌	50mm
無処理区 (なし)	人工軽量土壌	
土壌区 (なし)	人工軽量土壌	80mm
芝乾燥区 (コウライシバ)	なし	80mm
スラジライト区 (コウライシバ)	下水汚泥 (スラジライト)	75mm

図 4-1 設置概要 (環境科学研究所)

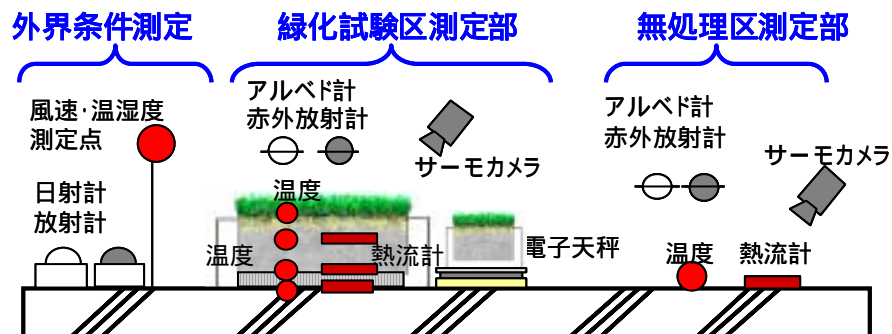


図 4-2 測定項目と測定点

(2) 階下への断熱・省エネルギー効果調査

設置場所：財団法人東京農林水産振興財団東京農林総合研究センター（旧産業労働局農業試験場）江戸川分場（江戸川区鹿骨）

測定期間：平成 15 年 8 月～10 月

試験区：3 種類（ヤブラン土厚 130mm 区・ヤブラン土厚 200mm 区・無処理区，
土壌は人工軽量土壌）

農業試験場屋上部分

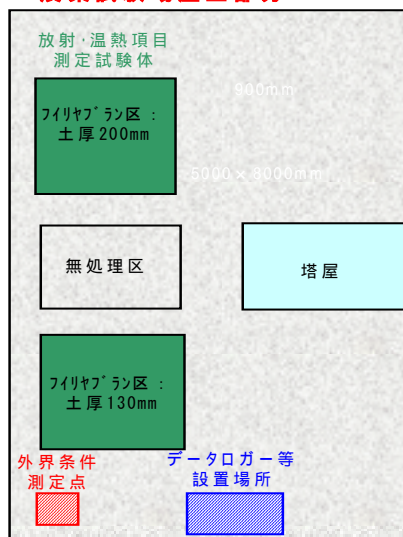


図 4-3 設置概要（農業試験場）

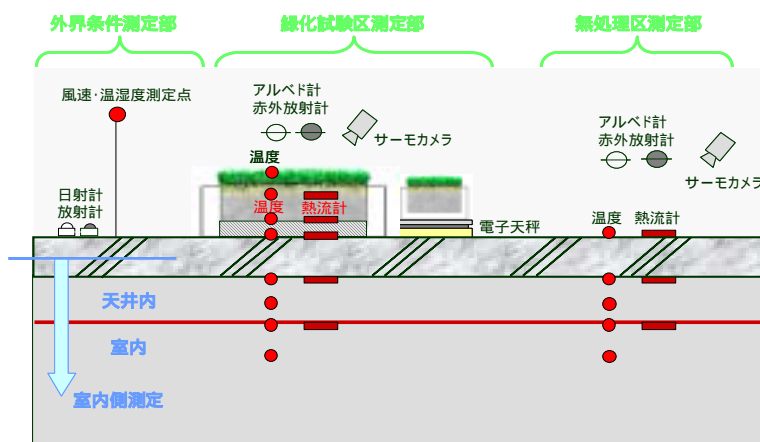


図 4-4 測定項目と測定点



熱流計・熱電対設置状況（土壌中）



正味放射量設置状況(ヤブラン 200mm 区)



熱流計・熱電対設置状況（天井内）



熱流計・熱電対設置状況（室内）

写真 4-1 測定機器設置状況

屋上緑化の温度低減効果

< 熱収支観測調査 >

屋上緑化区と緑化しない区画の7種類の試験区の熱収支を測定したところ、晴天となった9月14、15日の12時のデータと比較すると、緑化しない区画では、大気を直接暖める熱（顕熱）が約400 W/m²、階下に伝わる熱（伝導熱）が約200 W/m²となりました（図4-5）。一方、芝を植栽した区画では、植物や土壌からの蒸発散に伴う潜熱が約400 W/m²発生したため、顕熱が約100 W/m²（緑化しない区画の1/4程度）に、また、伝導熱も約100 W/m²（緑化しない区画の1/2程度）となりました（図4-6）。

上記の調査時においては、屋上緑化を行った場合、日射による正味放射の多く（2/3程度）が潜熱によって消費され、屋上緑化が大気や建築物の温度上昇を相当程度緩和する効果を有することが確認された。

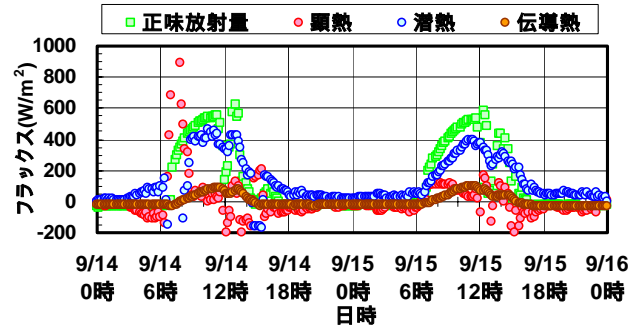
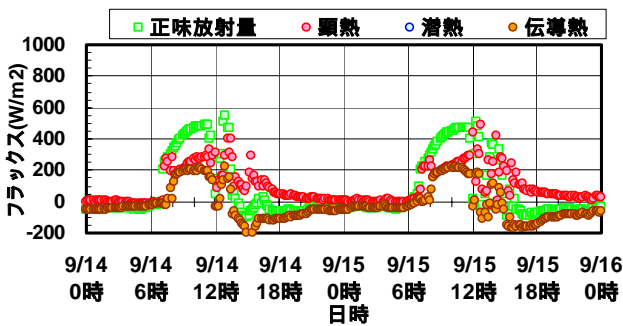


図 4-5 熱収支各項の経時変化(緑化しない区画)

図 4-6 熱収支各項の経時変化(芝を植栽した区画)

< 断熱・省エネルギー効果調査 >

屋上緑化区（土厚130mm区、土厚200mm区）と緑化しない区画の屋上表面温度と階下天井の表面温度などを測定したところ、表面温度は、9月12日12時のデータでは、緑化区が約30であったのに対し、緑化しない区画は約55となり、25程度の差がみられました（図4-7）。また、本調査の建物屋上には断熱処理がされていましたが、階下天井温度でも1～3程度の差がみられました（図4-7）。

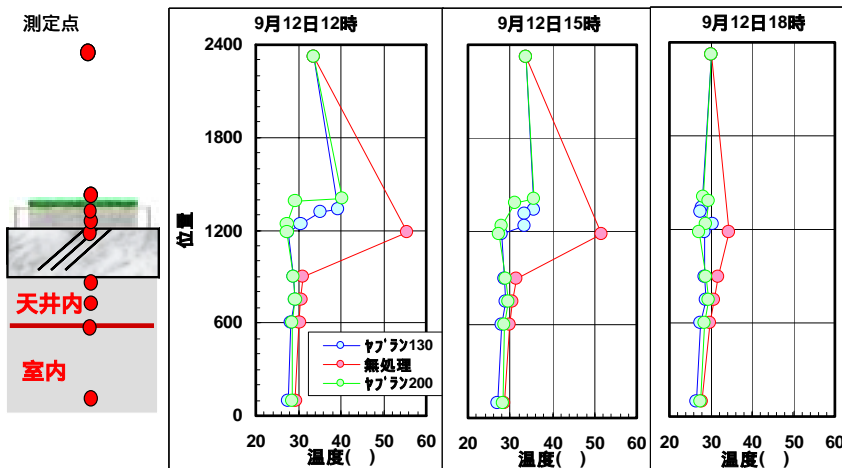


図 4-7 温度の測定断面と断面温度分布

< 屋上緑化の表面温度上昇緩和効果(サーモカメラによる熱画像) >

表面温度は、無処理区が最も高く 60.0 であったのに対して、定期的に灌水を行っていた時期には、緑化区は 30.0 ~ 35.0 でした(図 4-8)。

灌水頻度を減少させた時期には、緑化区は 35.0 ~ 45.0 であり、灌水を行っていた時期に比べ、表面温度が 5.0 程度高く、植物の種類による差も 10 に広がっていました。

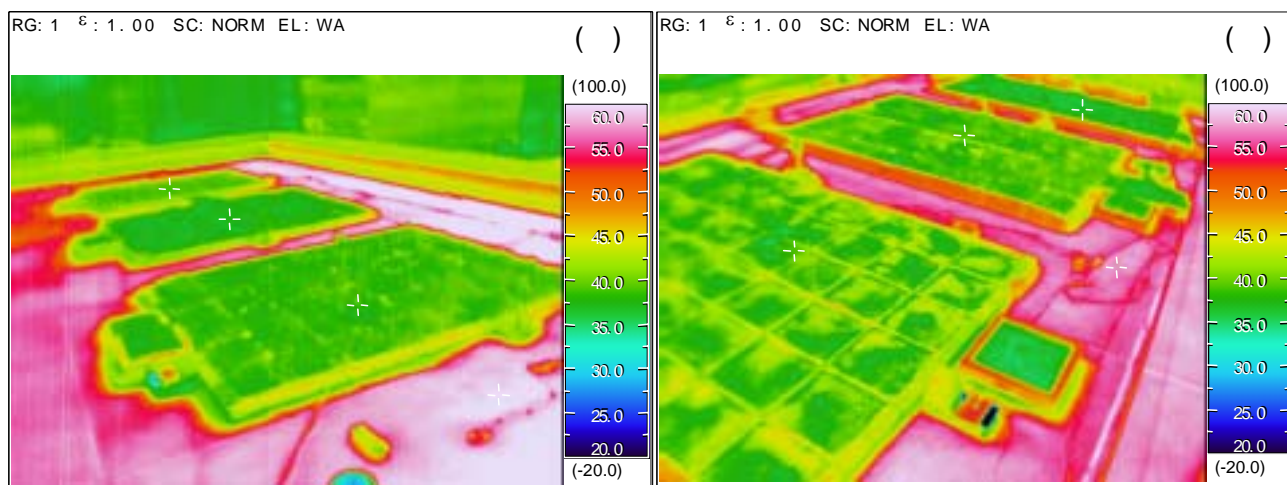


図 4-8 表面温度上昇緩和効果測定状況(2003年8月)

植物の違いや散水条件によるヒートアイランド緩和効果への影響

ヒートアイランド緩和効果に影響を及ぼす蒸発効率について、芝^{*1}、セダム^{*2}、イワダレソウ^{*3}の3種類の植物を用いて測定しました(図 4-9)。

芝やイワダレソウを植栽した区画では、定期的に散水を行った時期^{*4}(8月下旬)の蒸発効率が0.3 ~ 0.6、散水頻度を減らした時期^{*5}(9月中旬)でも0.2以上の蒸発効率を維持しました。

一方、セダムを植栽した区画は、定期的に散水を行った時期は蒸発効率が0.4程度となりましたが、散水頻度を減らした時期には0.1以下となるなど、植物の種類や散水状況により蒸発効率に違いがみられました。

散水頻度を減らした時期で比較すると、芝は平均してセダムの2倍程度、イワダレソウは平均してセダムの4倍程度、蒸発効果が生じる結果となりました。

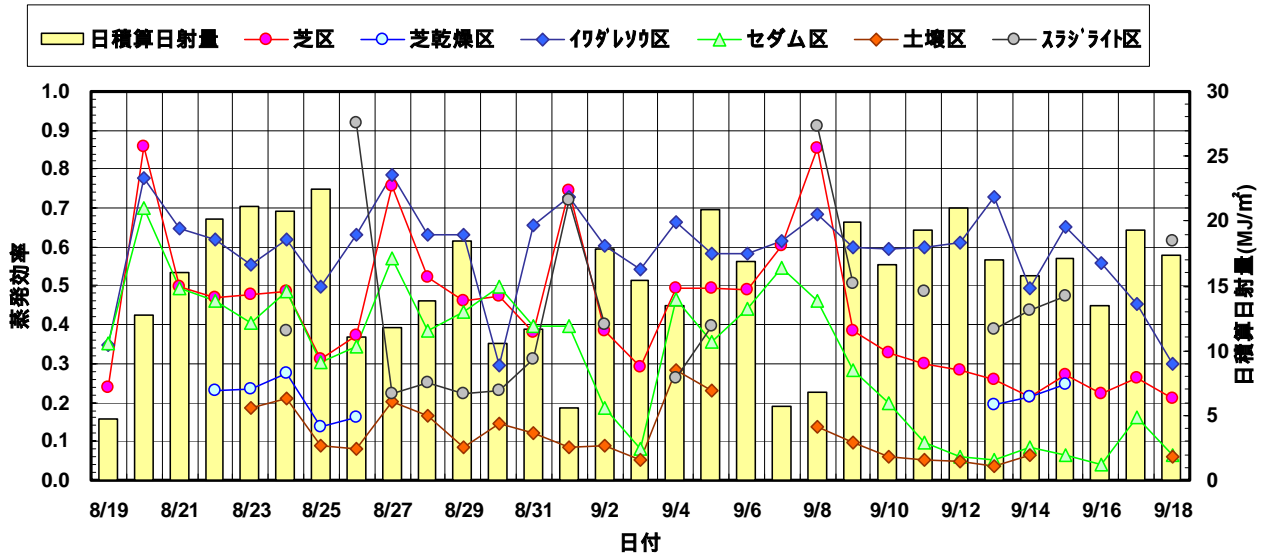


図 4-9 日積算の日射量と蒸発効率
蒸発散量の測定が行えなかった日は部分的に測定データがない。

注)

- * 1 芝：イネ科。多年草。花期は5～7月。耐乾性に優れている。
- * 2 セダム：ベンケイソウ科。小型多肉植物の総称。花期は5～6月。耐乾性に優れている。
- * 3 イワダレソウ：クマツヅラ科。多年草。花期は7～9月。耐暑性・耐寒性に優れている。
- * 4 定期的に散水を行った時期：1日1回5mm散水
- * 5 散水頻度を減らした時期：3日1回5mm散水

参考文献)

- 石丸仁・増田信也(2002)：雨水保水型屋上緑化への取組について，平成14年東京都土木技術研究所年報，359-364。
- 岩屋隆夫(2005)：無灌水を指向した屋上緑化システムの熱特性と降雨貯留特性，緑化に関する調査報告(その32)，東京都建設局，90-103。
- 佐藤澄仁(2002)：屋上緑化植栽と維持管理技術について，緑化に関する調査報告(その29)，東京都建設局，67-78。
- 渋谷圭助(2005)：マット植物の開発について，緑化に関する調査報告(その32)，東京都建設局，104-109。
- 竹垣敏郎(2005)：雨水保水型薄層屋上緑化への取組について，都市公園，No.168，28-32。
- 竹垣敏郎・難波研二・増田信也・石丸仁(2003)：雨水保水型屋上緑化の取組について(その2)，平成15年東京都土木技術研究所年報，279-284。
- 三坂育正・石井康一郎・横山仁・山口隆子・成田健一(2005)：軽量・薄層型屋上緑化技術のヒートアイランド緩和効果の定量評価に関する研究，日本建築学会技術報告集第21号，195-198。
- 山口隆子・横山仁・石井康一郎(2005)：軽量薄層型屋上緑化システムにおけるヒートアイランド緩和効果，ランドスケープ研究，68(5)，509-512。
- 山口隆子・横山仁・石井康一郎・三坂育正(2005)：屋上緑化のヒートアイランド緩和効果(その2)，2005東京都環境科学研究所年報，239-241。
- 横山仁・山口隆子・石井康一郎(2004)：屋上緑化のヒートアイランド緩和効果 - 軽量薄層型屋上緑化に関する検討 - ，2004東京都環境科学研究所年報，3-23。

4 - 2 壁面緑化によるヒートアイランド現象緩和効果

調査の目的

これまで、建物屋上を覆う「屋上緑化」が主な対策として注目を浴びており、建物の壁を植物で覆う「壁面緑化」は、施工事例は未だ少なく、情報も不足していました。

そこで、本調査では、ヒートアイランド対策としての「壁面緑化」を普及する際に必要な基礎情報を得るために、都内における壁面緑化の現況調査を通じて、都内の壁面緑化の現状や先進事例について調査することとしました。

また、壁面緑化のヒートアイランド緩和効果を定量的に評価するため、実測による調査を実施しました。

調査の概要

(1) 都内における壁面緑化の街区調査

調査内容

区部 10 地区、計 10km²を対象に、緑化面数、面積、使用樹種、葉密度、健康状態、管理状態等について現地調査

壁面緑化の定義

下の3つの条件を全て満たすもの

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

壁面緑化の形態：

壁面登攀、格子登攀、壁面下垂、プランター、ユニット植栽、壁前植栽

調査時期：平成 15 年 8 月から 9 月

調査対象：地区内建築物数 43,398 件（うち、壁面緑化建物数 384 件）

商業業務 2 地区、住宅 7 地区、工場 1 地区
の計 10 箇所(約 1km²/箇所)

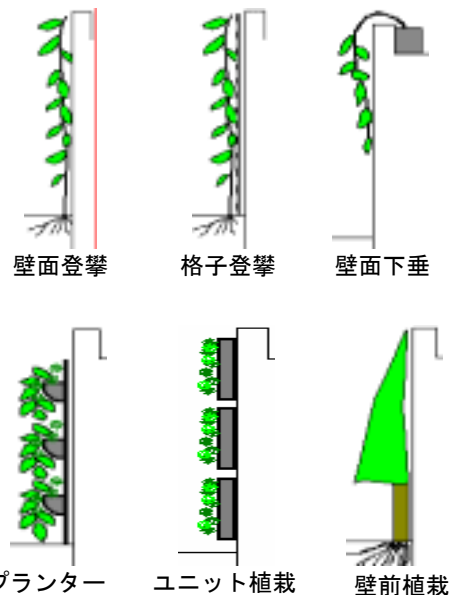


図 4-10 壁面緑化の形態

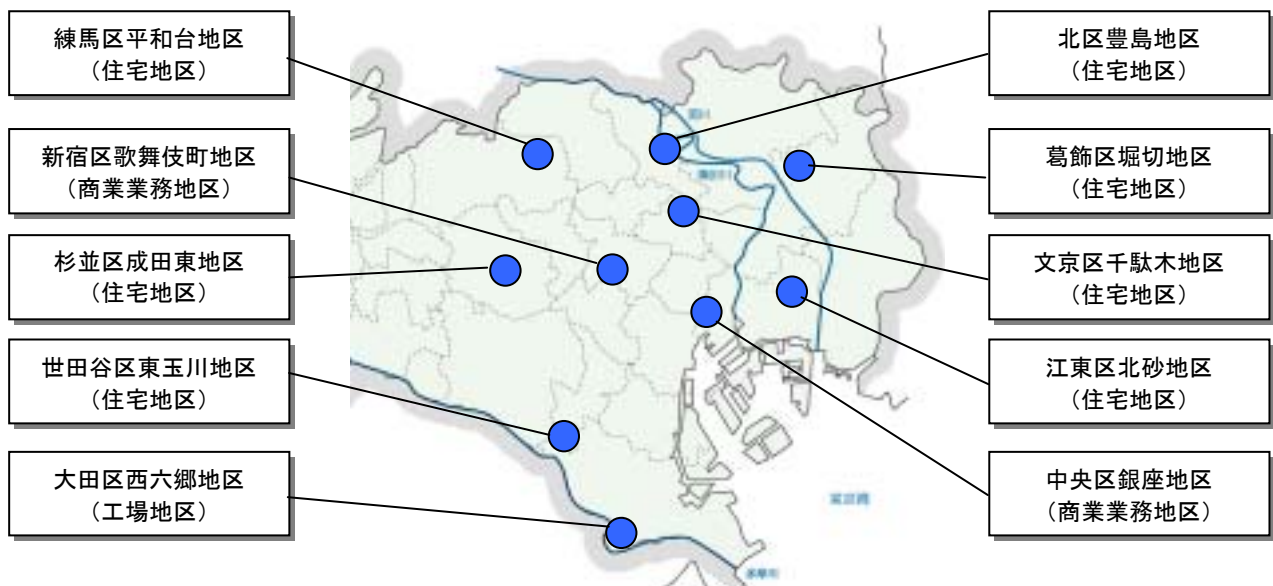


図 4-11 街区調査の対象地区

(3) 壁面緑化環境緩和効果測定調査

調査期間：平成 15 年 7 月 1 日～9 月 30 日（集中計測期間^{*1}：平成 15 年 8 月 26 日～9 月 12 日）^{*1}精度の高い計測を行った期間

場 所：下水道局新河岸処理場（板橋区高島平）処理施設の西側壁面

試 験 区：各試験区とも縦=2.0m、横=3.0mの同じ条件で計測しました（写真 4-2）

- ・ 下垂型緑化壁面区（つる性植物を壁の前面に垂らした状態の試験区）
- ・ ユニット型緑化壁面区（つる性植物を植えたパネル(植栽基盤)を壁前面に設置した試験区）
- ・ 対照区（植物で被わなかったコンクリート剥きだしの試験区（比較用））

供試植物：ヘデラ・カナリエンシス（通称：アイビー）

測定項目：壁面温度、日射量、アルベド、放射収支量、貫流熱量、植栽基盤重量、気温、雨量、風向、風速



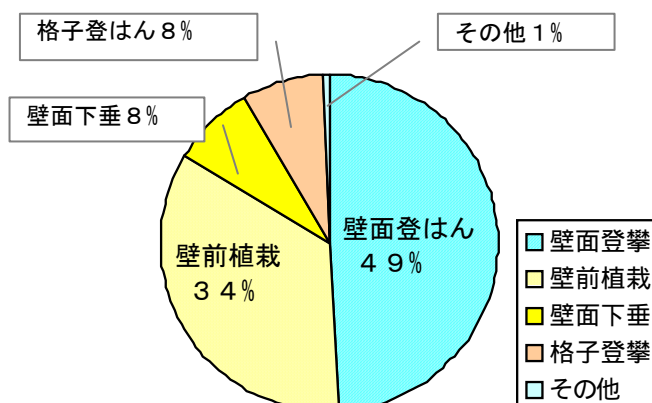
写真 4-2 サーマカメラによる壁面温度分布の推移

都内の壁面緑化の現状

壁面緑化が確認された建物は、調査対象 10 地区の合計で 384 件、壁面緑化されている壁面数は 458 件で、地区内建物数に対する割合（壁面緑化率）は 0.88% でした。

都内で行われている壁面緑化の実態調査では、調査件数 384 件のうち、壁面登はん（地面から伸びるツタ状の植物を壁面にはわせる）と壁前植栽（壁面の前に樹木等を植える）が 8 割を占めており、植物種で見るとナッツツタが最も多く使われていました。多くの事例が見られる壁面登はんや壁前植栽は、低廉な工法であり管理コストも低く、住宅地からオフィス街まで広く取り入れられています。

ユニット植栽は、散水装置等を設置するため経費や管理コストが比較的高いが、蒸発散量が大きいため高い温度低減効果が期待されます。



グラフ：都内の壁面緑化の形態

表 4-2 街区調査結果

地区名	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※ (%)
新宿区歌舞伎町	0.922	2,575	15	21	0.58%
中央区銀座	0.928	2,696	4	6	0.15%
練馬区平和台	1.158	3,638	21	24	0.58%
北区豊島	0.908	4,687	55	68	1.17%
葛飾区堀切	1.097	5,299	37	42	0.70%
杉並区成田東	0.923	4,153	73	88	1.76%
江東区北砂	1.054	6,463	54	62	0.84%
世田谷区東玉川	0.927	4,131	96	109	2.32%
文京区千駄木	1.008	5,315	14	18	0.26%
大田区西六郷	1.079	4,441	15	20	0.34%
全 体	10.004	43,398	384	458	0.88%

※壁面緑化率=壁面緑化建物数/地区内建物数×100

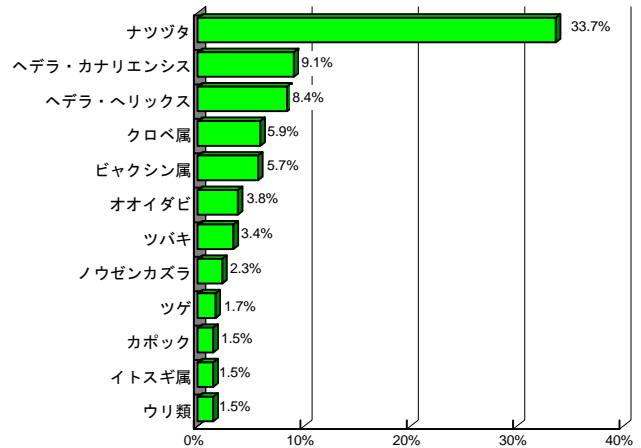


図 4-12 使用樹種



写真 4-3 事例



写真 4-4 事例



写真 4-5 事例

壁面緑化のヒートアイランド緩和効果

都内の施設において壁面緑化の試験区を設置し、壁面表面の熱量を測定し、さらにサーモカメラで撮影を行いました。本調査から、以下のようなことがわかりました。

壁面を緑化することで、日射による熱伝導（壁面への熱が伝わる現象）は大幅に抑制されました（図 4-13）。

ユニット型緑化工法は、日射を効果的に遮り、壁の蓄熱を抑制する効果が高いことがわかりました。日中の壁面表面温度をコンクリート壁面と比較すると、15 時過ぎに最大となり、約 10 度の低減が見られました（図 4-13）。

緑化しない壁面は、壁の温度が終日高く、夜間は日中に蓄えられた熱が壁から周囲に放射されました。一方、緑化された壁面では、一日の壁の温度差は小さく、夜間の熱放射は少なくなることがわかりました（写真 4-6）。

植物等の蒸発散に伴う潜熱は、最大 600W/m²（ユニット植栽）となっており、壁面緑化においても屋上緑化と同じような温度低減効果を有することが確認できました（図 4-14）。

図 4-13 は、計測期間中、真夏日で熱帯夜となった日の壁面表面温度の推移です。パネル型緑化壁面区の温度変化が小さいのに対して、対象区（緑化していない壁面）の温度は大きく変化していることがわかります。

（グラフの見方のポイント）

下垂型壁面緑化区

夕方～夜間は、壁面温度は、気温より低く推移しています。

ユニット型壁面緑化区

一日を通じて、壁面温度は気温より低く安定しています。

対照区（緑化なし）

一日を通じて、壁面は気温より暑くなっています。

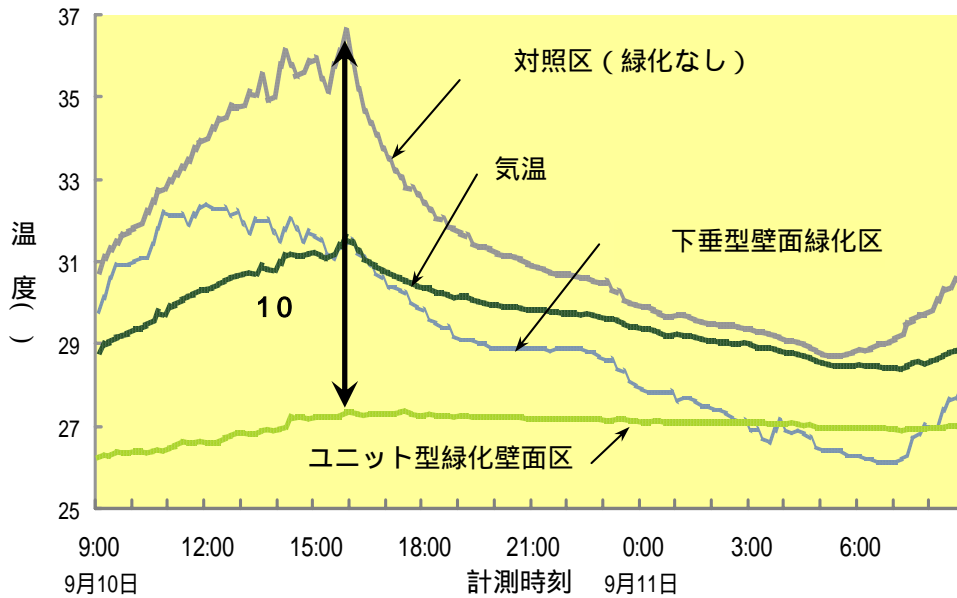


図 4-13 壁面表面温度の推移

また、写真 4-6 は、サーモグラフィー（表面温度を測る特殊カメラ）で壁面表面の温度を画像として捉えたものです。緑化された壁面の表面温度は、一日を通じて比較的低温、一方、対照区（無緑化区）は、日射のない夜間も冷えることはありません。

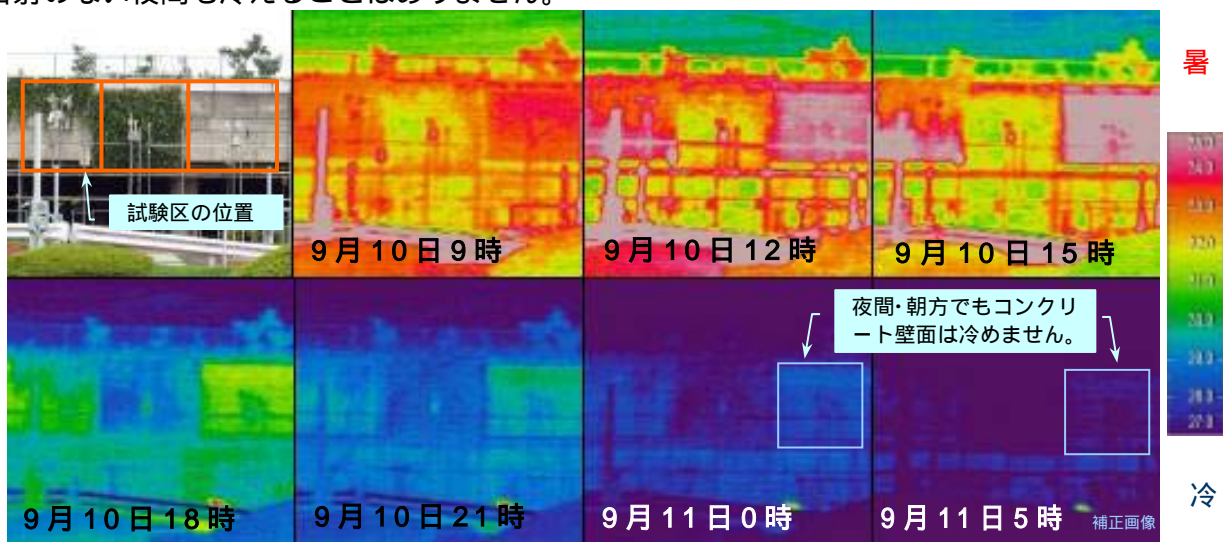


写真 4-6 サーモグラフィの様子

左から緑化区、緑化区、対照区と試験区が並ぶ壁面の表面温度が時間経過とともに推移した様子

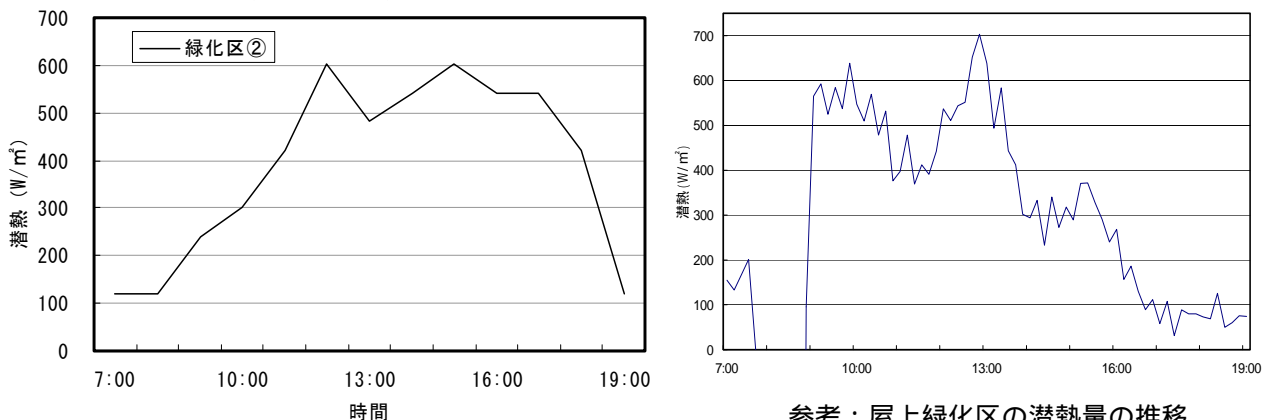


図 4-14 緑化区（ユニット植栽）の潜熱量の推移
（9月10日 新河岸水再生センター）

参考：屋上緑化区の潜熱量の推移
（9月10日 東京都環境科学研究所）
*注 気象状況、植物の種類、散水頻度等が図2とは異なる。

4 - 3 高反射率塗料・保水性建材によるヒートアイランド現象緩和効果

調査の目的

建築資材・塗料製品では、現在、熱負荷の低減やそれに伴う省エネルギー効果を表示する製品が登場していますが、これらには確立された試験方法がなく、製品性能の統一的な比較及び評価を行うことが困難となっています。

本調査では、これらの製品性能について同一条件下で試験を行うことで一定の水準を明らかにし、新たなヒートアイランド緩和技術として普及を図ることを目的としています。

(一般公募について)

高反射率塗料・保水性建材は、業界全体では発展途上の分野であるため、本調査では一般から広く製品を集める目的で以下のように公募を行いました。

(公募概要)

募集製品：熱負荷の低減やそれに伴う省エネルギー効果のある高反射率塗料及び保水性建材

募集製品数：各 20 社

公募期間：平成 15 年 11 月 27 日～平成 15 年 12 月 10 日

仕様：高反射率塗料：溶融亜鉛メッキ鋼板（厚さ 1 mm）に塗布

・分光反射率測定用 50mm×50mm

・太陽光による温度測定用 300mm×300mm

黒色（N1）、灰色（N6）、白色（N9.5）

保水性建材：150mm×150mm、白色又は最も淡色のもの

(公募結果)

高反射率塗料：21 製品を対象、保水性建材：19 製品を対象

試験方法について

(1) 高反射率塗料

分光反射率の測定

JIS R 3106（板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法）に従って行いました。

試験条件は以下のとおりで、測定には写真 4-7 の分光光度計を用いました。

- ・入射角：8 度
- ・波長域：300～2500nm

太陽光による表面温度測定

屋外に設置した架台上に、塗布面を上向きとした試験片を縦横列に設置し、1 時間毎の表面温度変化を測定しました（写真 4-8）。

(2) 保水性建材（蒸発効率の測定）

電子天秤に設置した試験体上面をハロゲンライトによって照射（常時 800W に一定）し、試験体内部の水分を蒸発させ、その際の温度上昇及び質量変化を測定した。

試験体は、上下面を除く 4 側面を断湿し、試験体全体を水没させて飽和状態とした後、水から取り出して測定を開始した。

試験体の温度は、試験体上面の端部に T 熱電対を取り付け測定し、その後、試験体を電子天秤に設置し、試験体上面からの水蒸気の蒸発量に伴う質量変化を測定した（写真 4-9）。

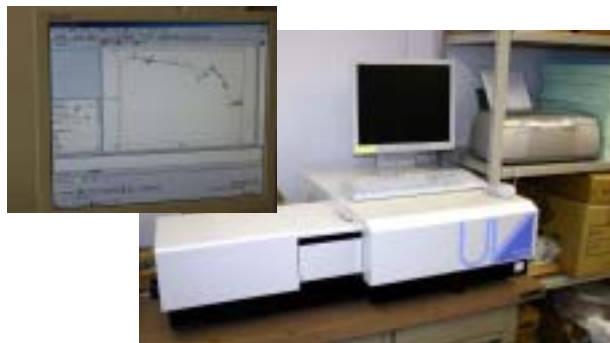


写真 4-7 分光反射率の測定実施状況



写真 4-8 太陽光による表面温度測定実施状況



高反射率塗料のヒートアイランド現象緩和効果

(1) 日射反射率の測定

分光光度計を用いて測定した、可視及び近赤外線の波長域(300~2,500nm)の分光反射率からJISの計算方法に基づいて日射反射率を算出して、各社の日射反射率性能について比較しました。

白色の高反射率塗料では、製品毎の反射率のばらつきは小さく、標準塗料*との比較でも大きな差はみられませんでした。灰色・黒色では、製品毎の反射率のばらつきが大きくみられました(図4-17)。

*標準塗料：量販店などで取り扱っている一般に入手しやすい塗料

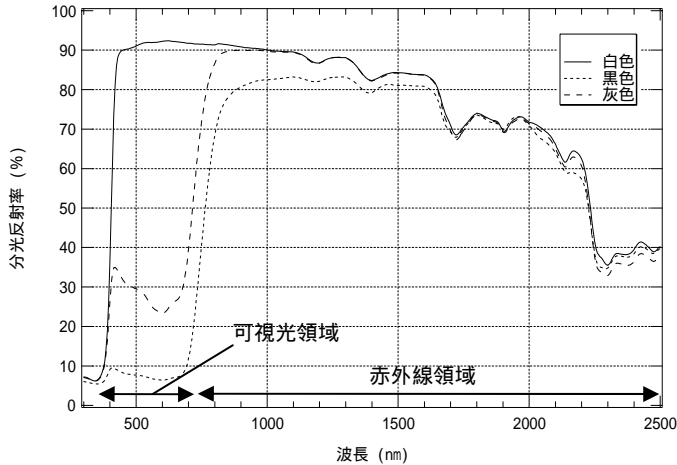


図 4-15 高反射率塗料の分光反射率のイメージ

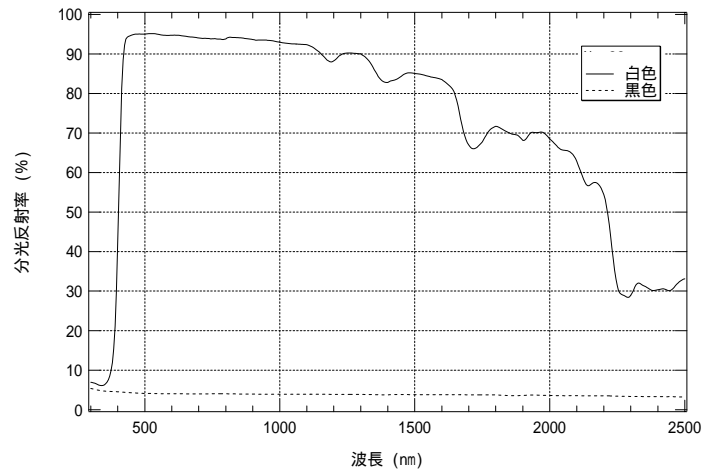


図 4-16 標準塗料の分光反射率のイメージ

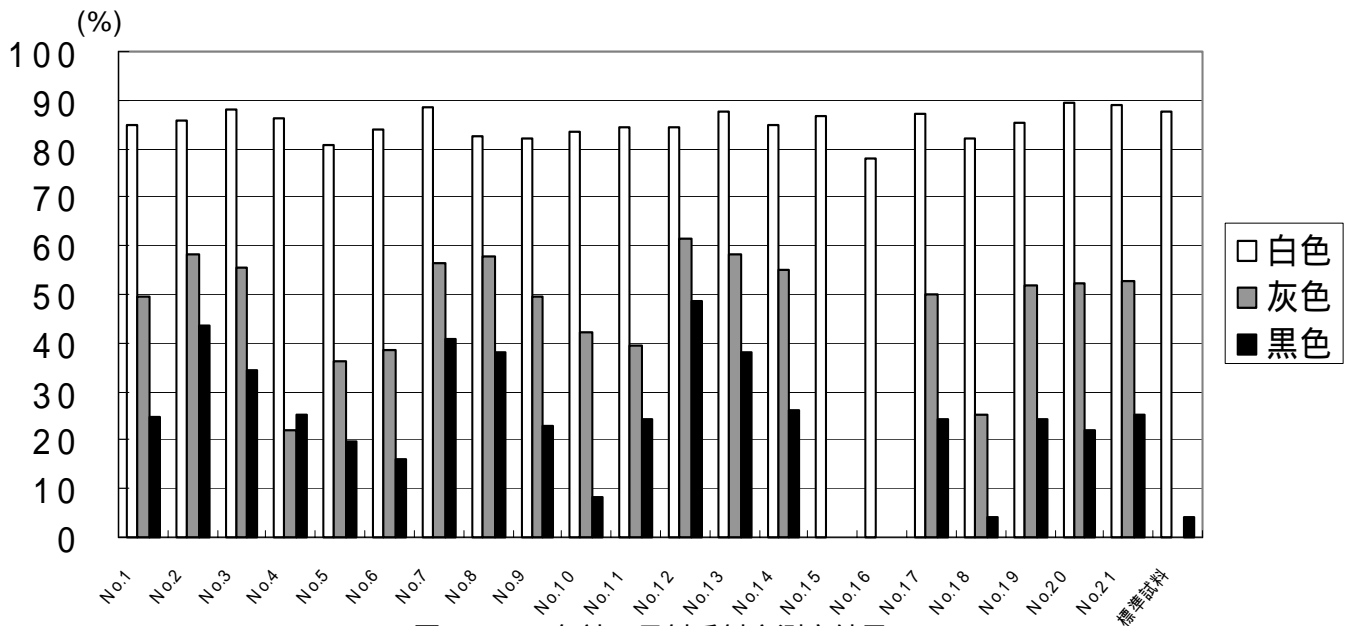


図 4-17 各社の日射反射率測定結果

(2) 太陽光による表面温度測定

太陽光を光源とした表面温度測定を行った結果、各色とも、日射反射率の高い製品で概ね表面温度が低くなりました。

黒色塗料では、標準塗料と比べて最大約 20 の表面温度上昇抑制効果がみられましたが、製品毎で温度差に大きなばらつきが見られました。(図4-18)

(3) 高反射率塗料の評価

標準塗料と比較して日射反射率の高い高反射率塗料には、表面温度の上昇を抑制する性能を有することが確認されました。

日射反射率に基づき評価をすると、黒色塗料ほど標準塗料との性能差が顕著に現れ、表面温度上昇抑制効果もより顕著に現れることが確認されました。

日射反射率と表面温度上昇抑制効果との間の相関関係が明らかとなったことで、日射反射率の測定により、高反射率塗料製品の表面温度上昇抑制効果を概ね把握できる試験方法が確立されました。長期暴露による製品の劣化等が、高反射率塗料の性能（反射性能の耐久性）にどれほどの影響を与えるかについては、引続き調査が必要とされます。

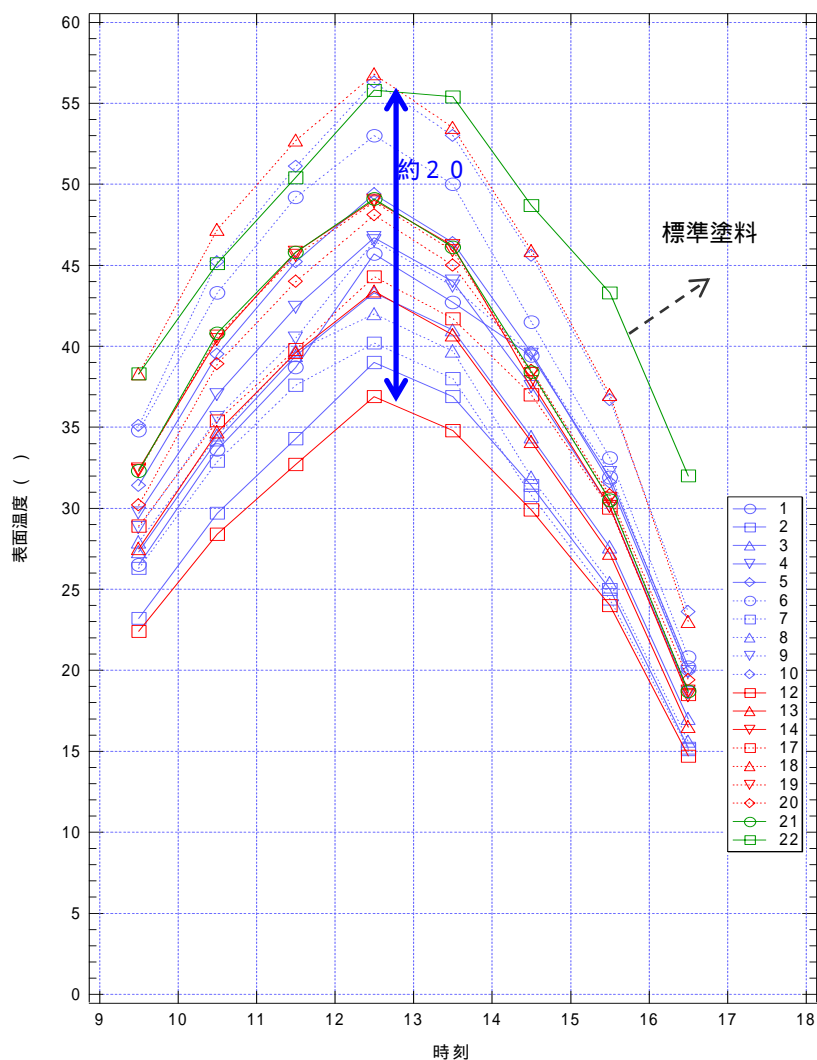


図 4-18 表面温度变化測定結果（黒色塗料）

保水性建材のヒートアイランド現象緩和効果

(1) 蒸発効率測定時における表面温度変化の測定

試験体全体を水没させて飽和状態とした後 (図 4-19) 試験体上面からハロゲンライト 800Wを照射し、試験体上面の端部に設置した測定点による表面温度の変化を、各試験体の表面温度が定常状態になるまで測定を行いました。

No.7 社や No.1 社のように、35 ~ 40 付近において表面温度の上昇が一時停滞し、表面温度上昇を抑制する製品がある一方で、表面温度上昇を抑制しないで終局温度(蒸発速度がほぼ収束している 40 時間後の表面温度と設定)に到達してしまう製品も見られました。(図 4-20)

温度上昇の停滞が見られた試験体は、試験開始前の体積含水率が大きいものに多く見られ、温度上昇の停滞が見られなかったものは、試験開始前の体積含水率が小さいものに多く見られました。

中には、体積含水率が大きいですが、温度上昇を抑制する効果が小さい傾向を示すものもありました。

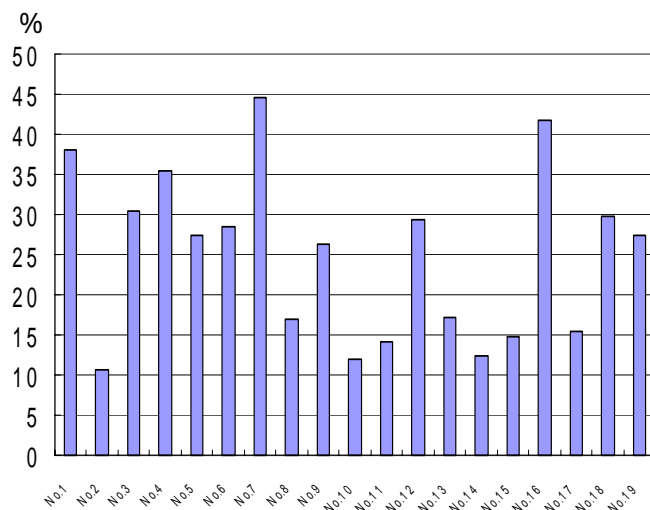


図 4-19 試験前の体積含水率

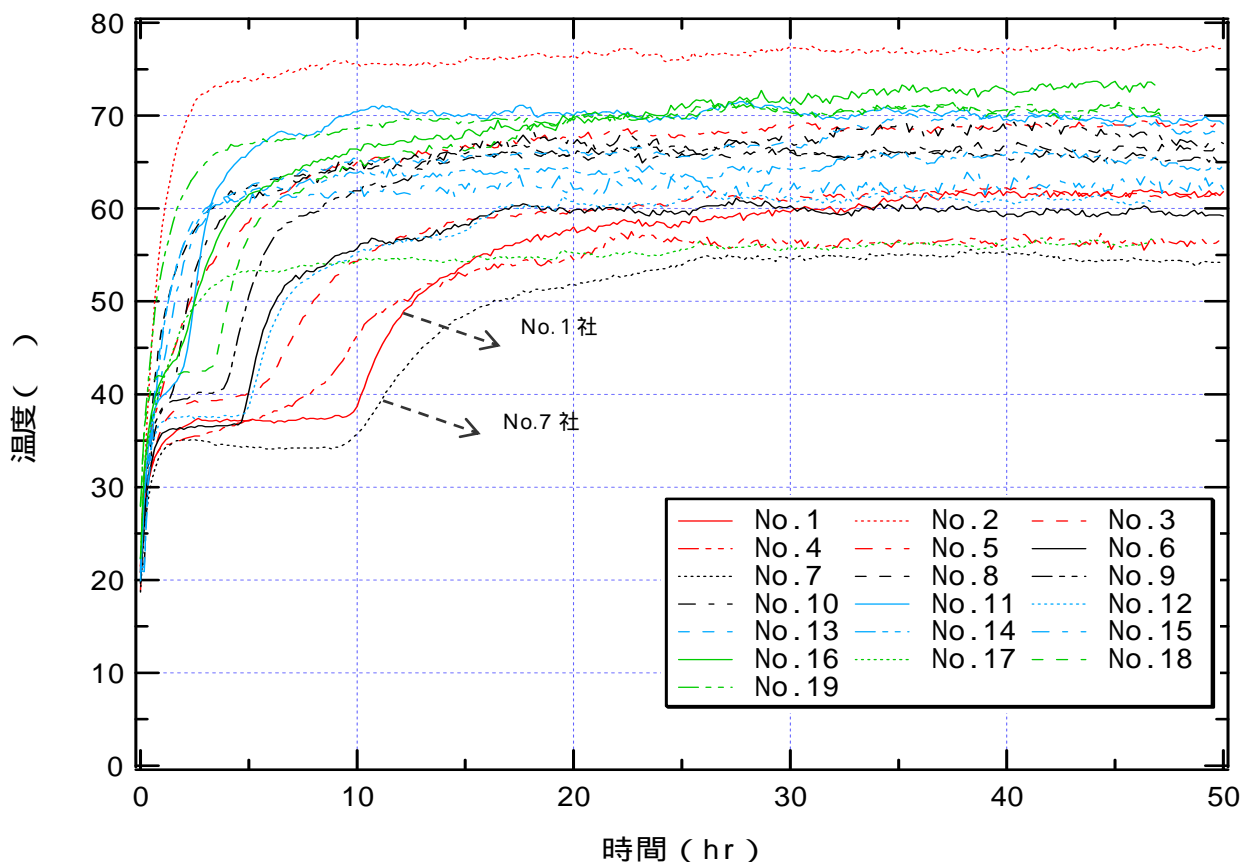


図 4-20 表面温度の経時変化

(2) 蒸発効率測定時における蒸発速度変化の測定

蒸発による質量減少量の経時変化から蒸発速度(g/hr/m^2)を算出しました。

図 4-20 で温度上昇の停滞が見られた試験体は、蒸発速度をある程度一定に維持し、温度上昇に停滞が無く終局温度に達してしまうものは蒸発速度が短時間で急激に減少する傾向を示しました。(図 4-21)

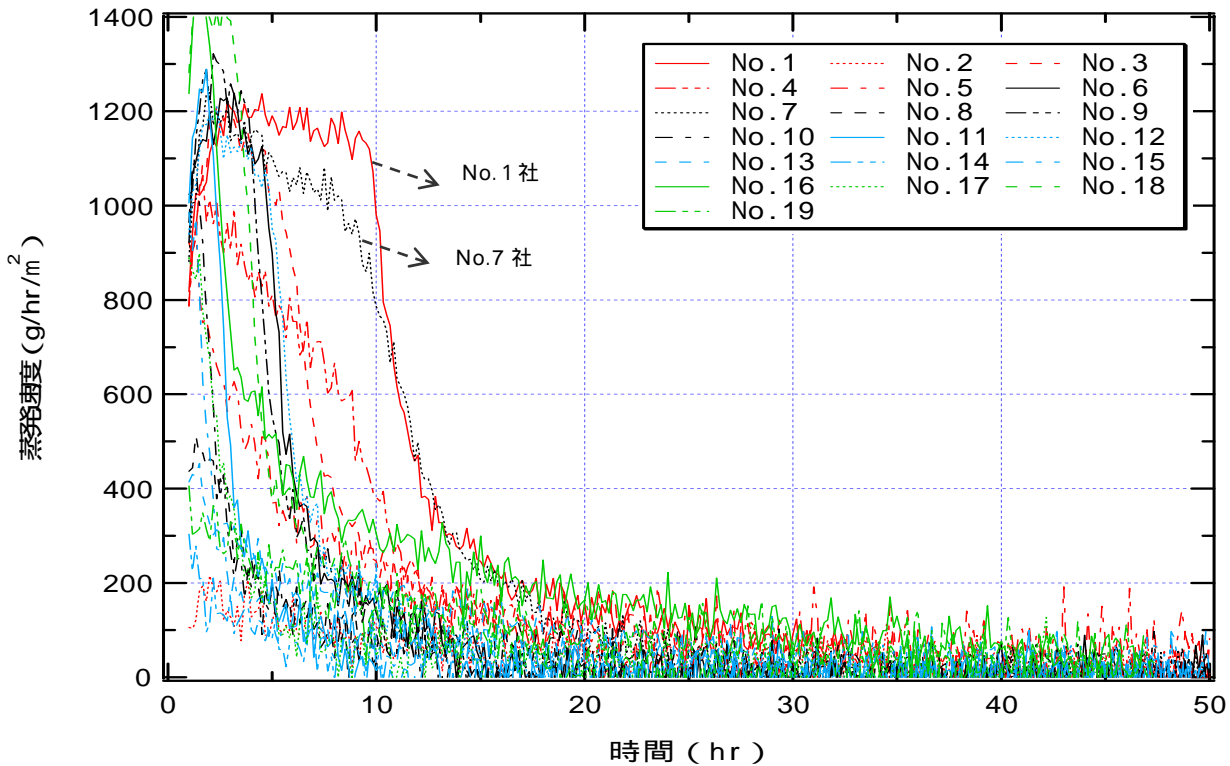


図 4-21 蒸発速度の経時変化

(3) 保水性建材の評価

本調査の条件下（ハロゲンランプの値を常に一定の800W^{*}に設定）においては、20%以上の体積含水率を保ち、かつ蒸発速度を長時間にわたり、一定に維持する保水性建材には、表面温度の上昇を抑制する性能があることが確認され、性能の高いもので10時間程度、抑制効果がみられました。

体積含水率及び蒸発速度の測定により、保水性建材の表面温度上昇抑制効果を概ね把握できる試験方法が確立されました。

*ハロゲンライト800W：日中（正午頃）の太陽日射量と近似

4 - 4 高反射率塗料によるヒートアイランド現象緩和効果に関するフィールド実験

実験目的

平成 15 年度調査では、一定の水準を満たす高反射率塗料に、表面温度上昇を抑制する効果を有することを確認しました。

引き続き、平成 16 年度では、本塗料を実際のフィールドに施工し、室内への環境緩和効果も併せて、高反射率塗料によるヒートアイランド現象緩和効果を確認することしました。

なお、本実験は、産・学・公の共同実験とし、各者の役割は図 4-22 のとおりです。

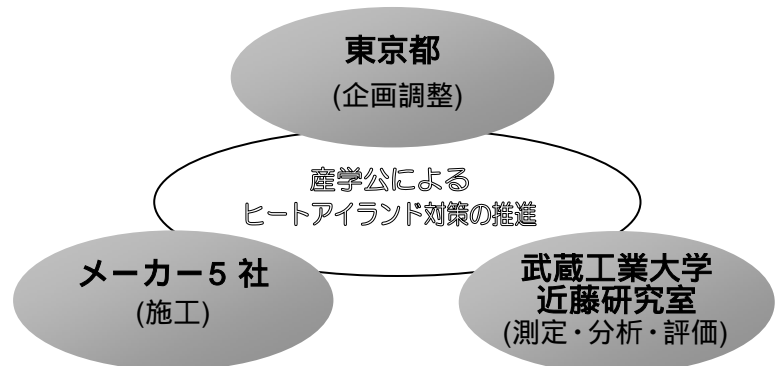


図 4-22 産・学・公の役割分担

実験概要

実験場所

足立区内の旧学校施設の屋上面（アスファルト防水：コンクリート平板仕上げ）及び階下の室内（4 教室分）

実験内容

図 4-23、4-24 のような、7 試験区（1 区画：約 35 m²）を用意し、5 種類の高反射率塗料（グレー：N6）を施工した 5 区画、標準塗料を施工した区画、及び既存区画の計 7 つの試験区を用意し、以下のとおり、屋上面及び室内の温度測定を行いました。

なお、測定時は窓全面をカーテンで覆って行いました。

- ・ 測定期間 平成 16 年 8 月 4 日～平成 16 年 8 月 25 日
- ・ 測定項目 屋 上：日射量、外気温湿度、表面温度、放射熱画像
天 井 裏：空間温度、表面温度
室 内：空間温度、表面温度、グローブ温度 等

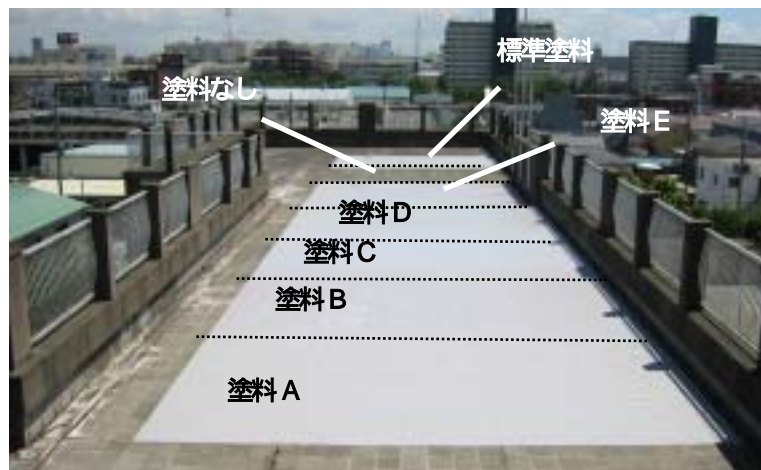


図 4-23 旧学校施設屋上面

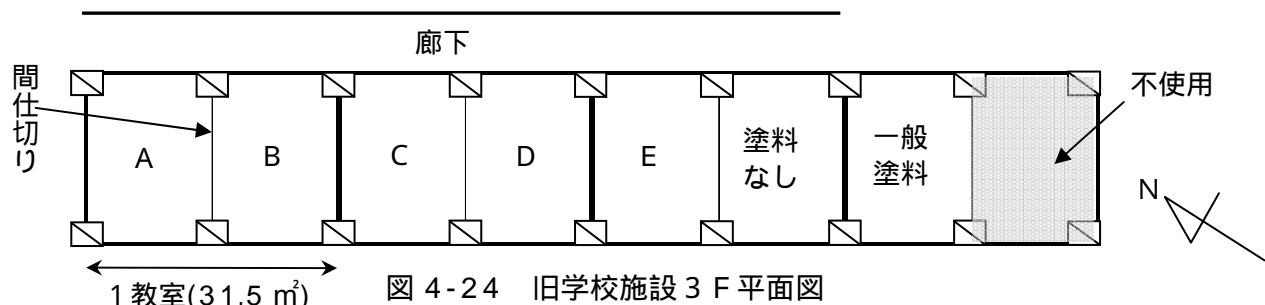


図 4-24 旧学校施設 3 F 平面図

ヒートアイランド現象緩和効果

図 4-25、4-26 のとおり、コンクリート平板表面に直接高反射率塗料を施工したところ、何も塗布しない（既存）試験区及び標準塗料を塗布した試験区では、表面温度が約 62℃、約 58℃ になるのに対し、高反射率塗料を塗布した試験区では 47℃ 程度であり、最大約 15℃ の建物屋上面温度上昇を低減する効果が確認されました。

日没後においても、高反射率塗料施工区は、既存区及び標準塗料区と比べ 1～3℃ 表面温度が低くなっており、日中の蓄熱低減効果も確認されました。

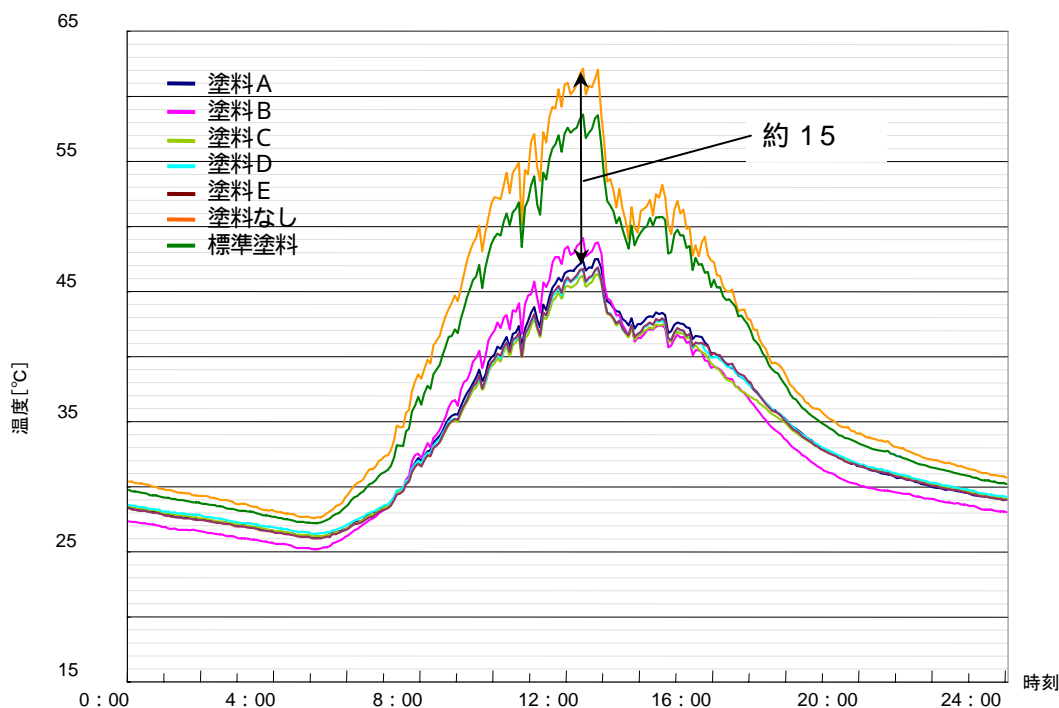


図 4-25 屋上表面温度（平成 16 年 8 月 13 日）

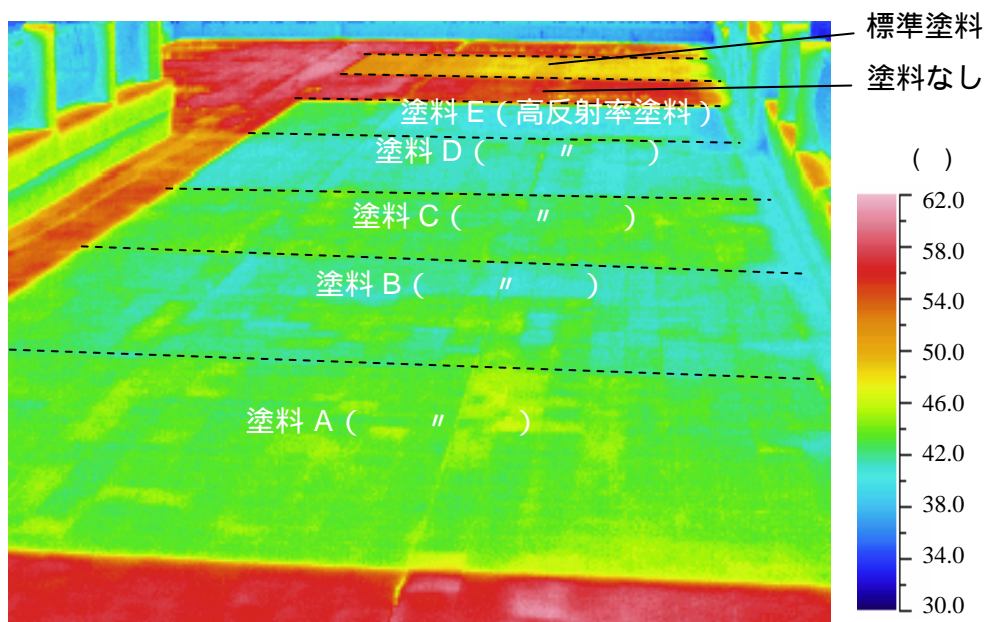


図 4-26 表面温度上昇緩和効果測定状況（平成 16 年 8 月 13 日）

室内熱環境緩和効果

図 4-27、4-28 のとおり、日中、建物屋上面への蓄熱を抑制することにより、天井裏表面温度上昇が最大 5℃ 低減され、その結果、室内への熱負荷が軽減され、室温が約 1.5℃ 程度低減されることが確認されました。

本結果は、夜間においても持続し、夜中 12 時においても約 1℃ の室温上昇低減効果が確認されました。

なお、室内温度では、塗料なしよりも標準塗料を塗布した部屋の方が、最高温度が高い値を示しています。これは、塗料なしの部屋は隣室の塗料 E を塗布した部屋の影響を、また標準塗料を塗布した部屋は、左右とも塗料なしの部屋の影響を受けたことが大きいと思われる。

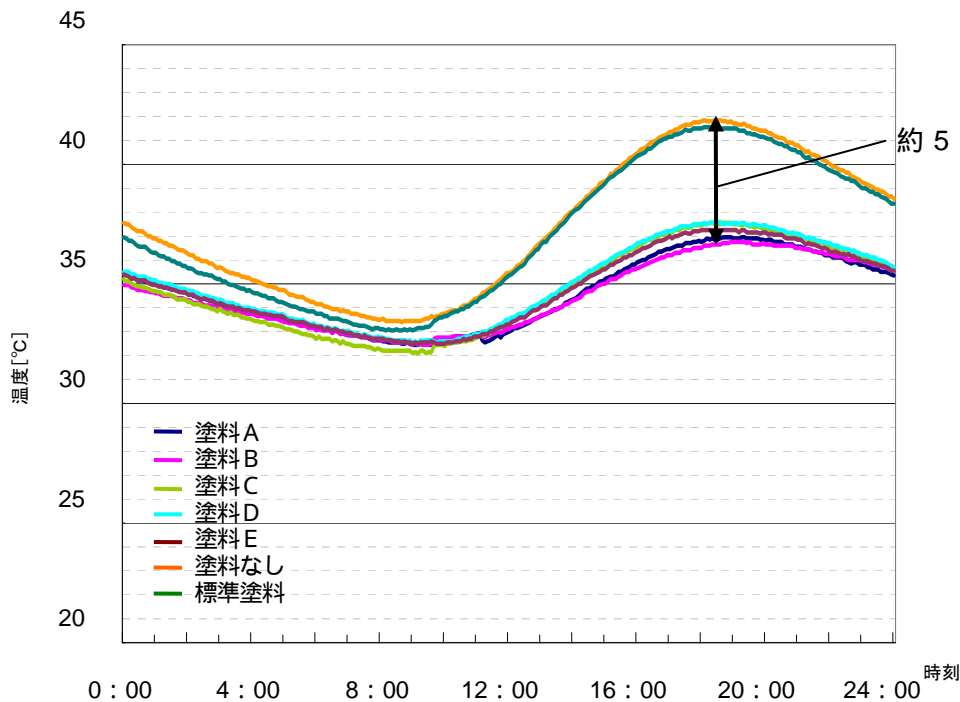


図 4-27 屋根裏表面温度 (平成 16 年 8 月 20 日)

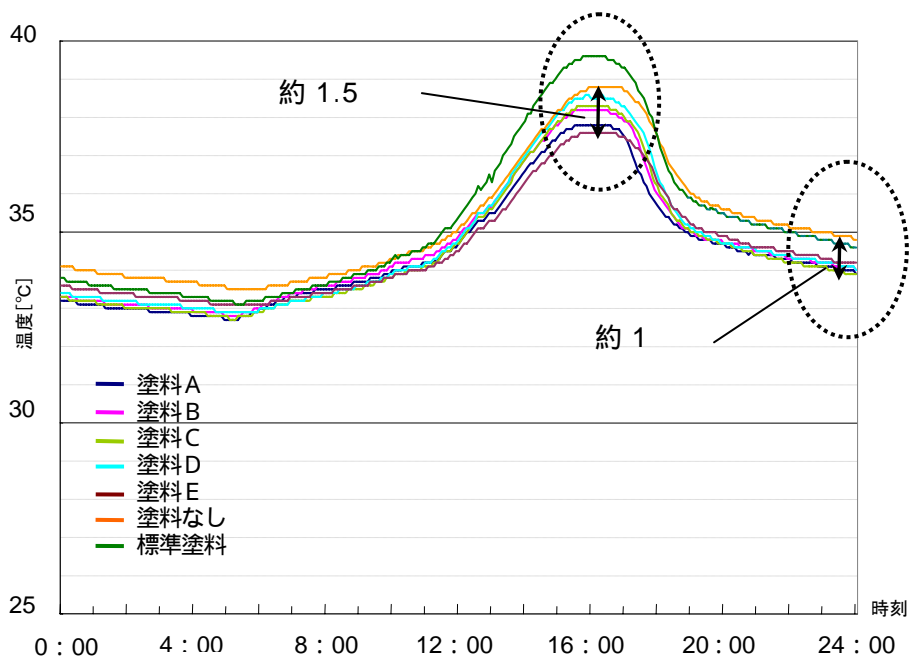


図 4-28 室内温度 (平成 16 年 8 月 20 日 床上 1.1m)

5 参考

熱環境マップ5 類型の地域特性に基づく対策メニューの設定に当たっては、以下のような検討を行いました。

(1) 敷地緑化等

建物敷地の舗装面に対する草地・裸地化（草本緑化を含む）や建物敷地における樹木緑化、敷地周辺の道路緑化などの対策は、建物敷地における草地・裸地面からの潜熱の発生、建物敷地や道路舗装面における樹木による日影の創出等によって、表面温度の上昇が抑制され、ヒートアイランド現象の緩和効果が期待されます。

敷地の草地・裸地化～建物敷地の舗装面積割合が大きいほど対策効果大～

敷地の草地・裸地化対策については、建物敷地の舗装面積割合が大きい地域ほど裸地・草地へ転換可能な割合が大きいため、効果が大きいと考えられます。図 5-1 を見ると、類型 1 の地域は舗装面積率が約 40%と大きく、建物敷地の舗装面積は地域全体の 11%を超えており、草地・裸地化による効果が最も期待できます。一方、類型 2 の地域はもともと草地・裸地面積割合が高いこともあり舗装面積の割合が小さく、さらに舗装面積に占める建物敷地の割合も小さいため、むしろ現在の自然被覆面を保全していくことが重要です。なお、類型 3 の地域は舗装面積の割合が 30%近くあるが、主に湾岸や河川沿いなどに分布していることもあり、建物敷地の割合は相対的に小さいという特徴がみられます。

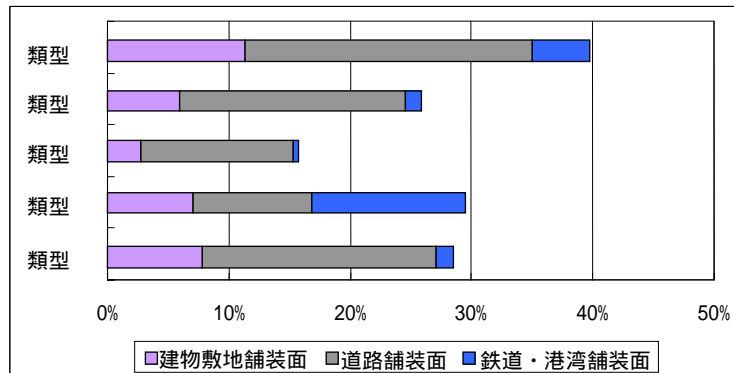


図 5-1 各地域の舗装面積率の内訳

敷地樹木化～建物敷地割合が大きいほど対策効果大～

敷地の樹木緑化対策については、建物敷地の割合が大きい地域ほど対策余地が大きいと考えられます。図 5-2 は建物敷地面積と建物面積を合わせた各地域の宅地面積率の内訳で、住宅密集地域である類型 1 が最も宅地化した地域で宅地面積率が約 70%、建物敷地の割合は約 35%とその半分を占めています。類型 2 の地域は建物敷地の割合が約 25%と宅地面積の半分以下で類型 3 の地域（約 28%）よりも小さくなっています。

東京都の自然保護条例の規定を考慮し、各地域の建物敷地の最大 30%（総合設計等の場合）程度を樹木緑化対策の導入対象と捉え、さらに図 5-3 に示す建物敷地において既に樹木緑化された割合を除いた緑化余地を推定した場合、類型 1 の地域でも樹木緑化可能な対象割合は 10%に満たないと想定されます。なお、図 5-3 の各地域の樹木緑化面積率のうち、「道路以外」が建物敷地や道路を除く空地において既に緑化されている割合に相当しますが、類型 2 の地域は既に樹木緑化されている建物敷地の割合は相対的に大きいことが予想されます。逆に類型 3 や類型 4 の地域ではそれらの割合はあまり大きくないと考えられることから、建物敷地における樹木緑化の余地が大きいと考えられます。

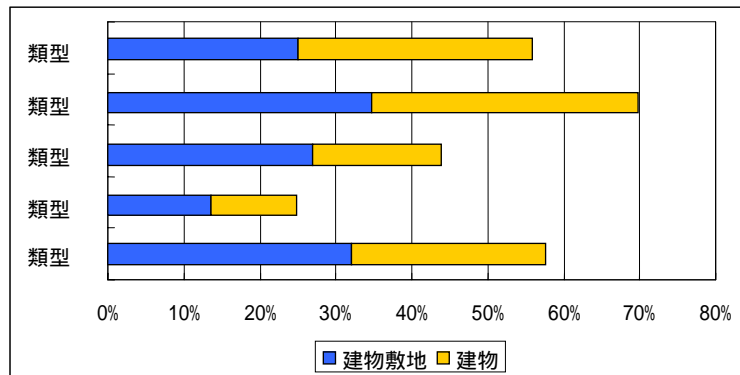


図 5-2 各地域の宅地面積率の内訳

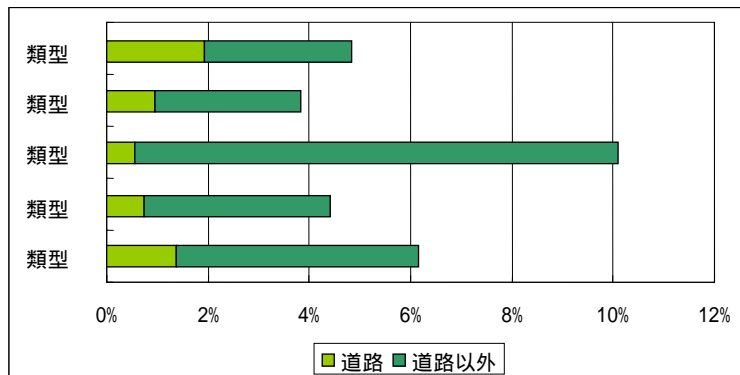


図 5-3 各地域の樹木緑化面積率の内訳

道路緑化～歩道面積割合の大きいほど対策効果大～

道路緑化対策については、現状の街路樹の樹勢拡大（樹冠の投影面積を拡大する）か、新たに街路樹緑化を進めていくという2通りのアプローチが考えられますが、いずれにしても歩道が設置されるような道路幅員の広い幹線道路等において実施される対策です。例えば、幅員 25mの幹線道路における標準断面の場合を例にして考えた場合、歩道の面積割合は道路面積の約 36%に相当しますが、図 5-4 において最も幹線道路面積率が大きい（約 8%）類型の地域でも道路緑化対策の可能な対象は 3%に満たないことになり、さらに既に道路緑化されている分を割り引いて考えますと、地域全体の面積から見た道路緑化の対策余地はあまり大きくないと想定されます。

しかし、道路緑化対策は地域全体から見た面積割合は大きくないものの、道路空間において日影を創出し、舗装面の表面温度の上昇を抑制するなどの効果が期待されるため、歩行環境等の改善の面からも対策を着実に実施していく必要があります。

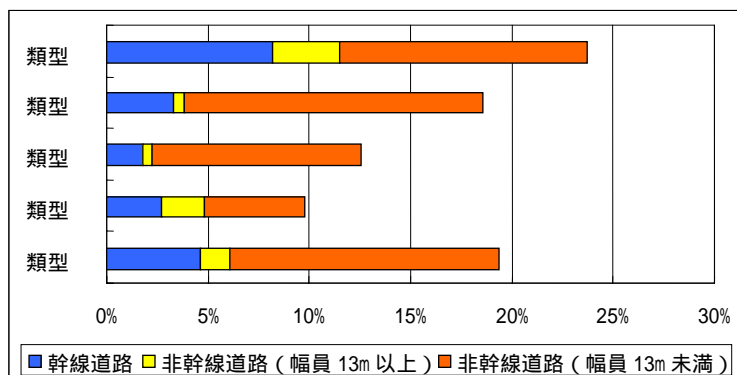


図 5-4 各地域の道路面積率の内訳

(2) 建築物上の緑化

屋上緑化や壁面緑化などの建築物上の緑化対策により、建物屋上や壁面の表面温度の上昇が抑制され、また、断熱効果により建物内部の温度上昇が抑制され、空調負荷の軽減にも寄与すると期待されます。

屋上緑化～耐火建物面積割合の大きいほど対策効果大～

屋上緑化対策については、近年、薄層・軽量の屋上緑化技術の開発が進んできていますが、一般的には、導入に伴う建物上の荷重増加に耐え得る建物構造が必要なことを勘案すると、耐火建物面積の割合

が大きい地域ほど導入可能性が高いと想定されます。東京都の自然保護条例の規定により、一定規模以上の新築建物については屋上面積の20%以上について緑化誘導が図られていますが、ここでは対策の導入可能性を既存の建物も含め、屋上面積(=建物面積)の半分程度と仮定して検討しました。

図5-5を見ると、類型の地域は耐火建物面積の割合が20%以上と他の地域と比べて大きいため、屋上緑化の導入可能面積も地域全体面積の10%以上と大きいと考えられます。一方、住宅密集地域である類型の地域は、類型の地域よりも建物面積の割合は大きいものの非耐火建物が多いため、耐火建物面積割合は12%程度に留まっています。もともと建物面積割合が小さい類型や類型の地域では、屋上緑化対策を導入できる耐火建物の面積割合は小さくなっています。

屋上緑化を実施する建物の高さとその効果の関係については、平均建物高さが高い類型の地域では、前述のように耐火建物構造の占める割合が大きいため、屋上緑化の導入可能性は高いと考えられます。前述のとおり、屋上緑化には、植物による蒸散効果や被覆面の温度上昇を抑制する効果がある他、室内の省エネルギー化にも寄与します。一方で、高層建物など地表から高い位置で屋上緑化が実施される場合には、地表レベルでの気温や体感温度の低減効果に直接つながりにくい面もあると考えられます。他方、平均建物高さが低い類型のような地域で屋上緑化を実施することで地表付近の気温や体感温度の低減効果が期待できますが、当該地域は非耐火建物構造や傾斜屋根の割合が多いと考えられ、そうした建物構造や屋根形状では屋上緑化の適用が難しいという面があります。

壁面緑化～耐火建物壁面積割合が大きいほど対策効果大～

壁面緑化対策については、屋上緑化と同様、耐火建物における適用が多いと考えられ、図5-6を見ると、平均建物高さが高い類型の地域は耐火壁面積が大きく、壁面緑化の導入可能性が高いと考えられます。しかしながら、屋上緑化同様、高層建物上部での壁面緑化は、地表レベルでの気温や体感温度の低減評価に直接つながりにくい面もあると考えられますので、壁面からの輻射熱を軽減し、歩行者の温熱環境を改善する地表付近での対策が期待されます。次いで耐火建物壁面積が大きいのは類型や類型の地域ですが、類型の約半分程度に留まっています。なお、建物密度が高い地域においては、隣接建物相互の間隔が小さくほとんど陽が当たらない壁面等への壁面緑化の適用には注意が必要です。

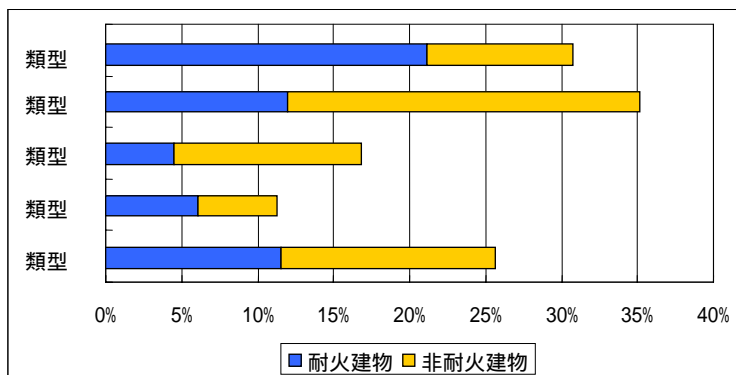


図 5-5 各地域の建物面積率の内訳

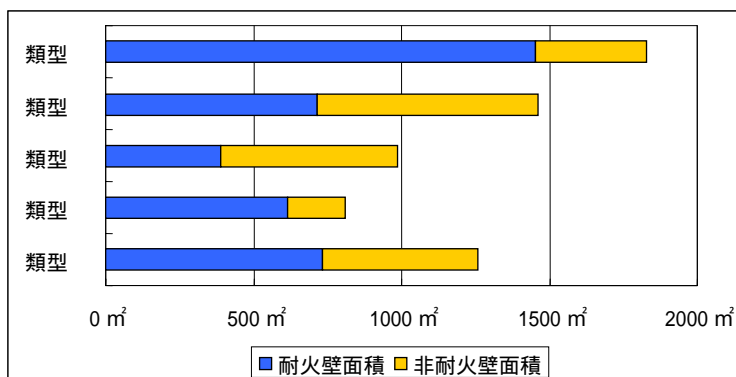


図 5-6 各地域の平均建物壁面積の内訳

(3) 屋根面への高反射率塗料の適用～屋根面積割合が大きいほど対策効果大～

屋根面に対する高反射率塗料の適用により、太陽光のうち高いエネルギー量を占める近赤外線領域を効率的に反射することで、貫流熱による建物内部の温度上昇の抑制や屋根面での蓄熱の抑制による夜間

の大気への放熱を緩和する効果が期待されます。屋上緑化の場合と異なり建物構造や屋根形状による制約が少ない対策であるため、傾斜屋根の多い低層の住宅地域でもある程度実施が期待できると考えられます。屋根面積の割合（＝建物面積率）が大きい地域ほど対策導入の可能性が高いと考えられ、ここでは最大屋根面積の半分程度を限度として屋根面への高反射率塗料の適用行われると想定すると、図 5-5 において建物面積率が 25%を超えている類型 や類型 、類型 などの地域は、対策面積の割合が地域全体面積の 10%を超えており、対策効果が期待できます。

(4) 保水性舗装～非幹線道路面積割合が大きいほど効果大～

保水性舗装を実施することで、降雨や散水等により舗装材に保水された水分が太陽熱によって蒸発することにより潜熱が発生し、道路舗装面の表面温度の上昇を抑制する効果が期待されます。しかし、保水性舗装は耐久性の検証や低騒音と比較すると、騒音低減効果がやや少ない等の問題から重交通道路への適用には一定の制約があるため、非幹線道路あるいは交通量が少なくない幹線道路で実施されることが多いと考えられます。幹線道路の交通量の多寡については、道路ネットワーク整備の進捗等による影響もあると考えられるほか、5つの地域の平均的な数値のみから各地域でどの程度幹線道路に対する保水性舗装が実施されるか一律に評価することは難しいため、ここでは幅員の大きくない非幹線道路のみを保水性舗装対策の可能な対象として検討することとしました。

前出の図 5-4 より、運輸・港湾系土地利用の割合が大きい類型 の地域を除いた4つの地域では、幅員 13m未満の非幹線道路の舗装面積割合は地域全体面積の 10%を超えており、これらの道路における保水性舗装の実施による効果が期待できます。

なお、前述のように幹線道路に対して保水性舗装化できる部分は限定されますが、これまで丸の内、新宿等の都心部で先行的に対策が実施されており、面積の大きい道路から実施した方が効率的であるという点も踏まえ、今後も継続的に実施していくことが期待されます。

人工排熱削減～排熱量の大きい地域ほど効果大～

都市機能を保つために大量に投入されたエネルギーは最終的には熱となり環境中に排出されていますが、都心部などでは日射と同程度の人工排熱を出している地区もあり、こうした人工排熱（顕熱）を削減することでヒートアイランド現象の緩和に寄与するものと考えられます。人工排熱の削減対策については、現状で大きな排熱を排出している地域で実施した方がより効果が高いと考えられますが、図 5-7～図 5-11 により、類型 の地域は他の地域に比べて人工排熱が大きく、特に建物等による排熱の割合が高いため、建物等の排熱を削減することにより大気への熱負荷の軽減が期待できます。

なお、交通排熱の削減については、道路や鉄道の広域的なネットワークの問題もあり、特定の地域における対策メニューとして評価しづらい面がありますが、自動車からの排熱を抑制するためには、公共交通の利用促進や交通需要管理（TDM）施策が有効と考えられます。

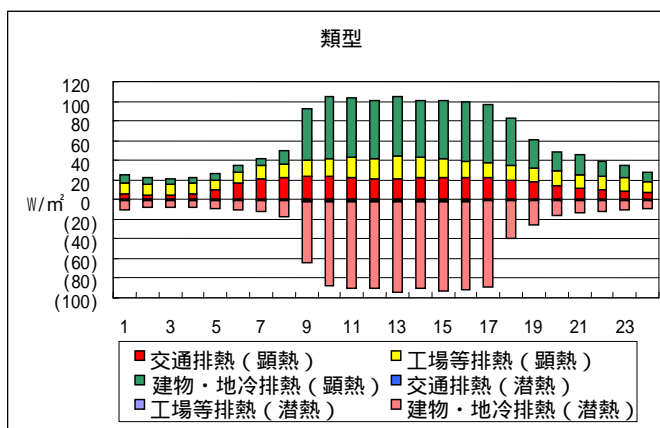


図 5-7 類型 における人工排熱の時間変動

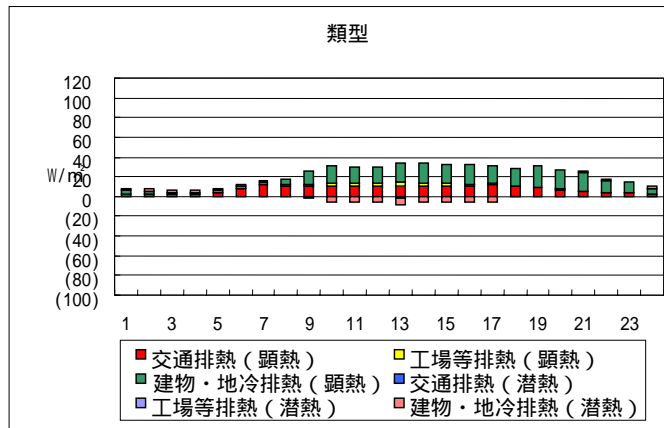


図 5-8 類型 における人工排熱の時間変動

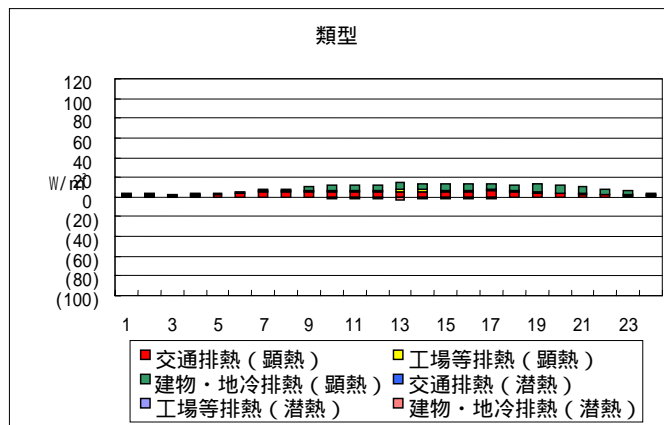


図 5-9 類型 における人工排熱の時間変動

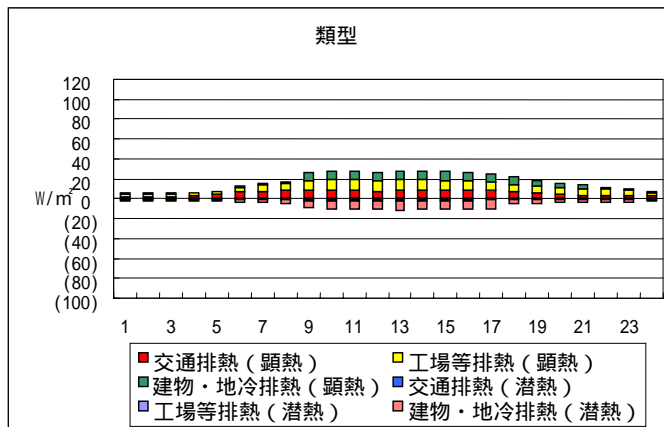


図 5-10 類型 における人工排熱の時間変動

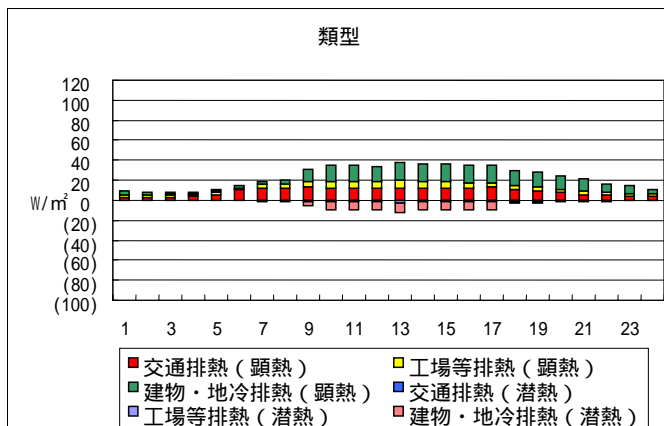


図 5-11 類型 における人工排熱の時間変動