

地域の気候（その4・ヒートアイランド）

1. ヒートアイランドとは？

都市部の気温が周囲の郊外に比較して島状に高くなる現象のことを、「ヒートアイランド（Heat Island）」と呼ぶ。都市域で気温が上昇している様子を、等温線で示すと、ちょうど海洋中の島を等高線で表現した場合に似ていることによる。

環境省による報告書（参考 URL [7] ～ [10] を参照。）では、ヒートアイランド現象を「地表面の熱収支が変化して引き起こされる熱大気汚染」と位置づけている（傍点は、辻原）。

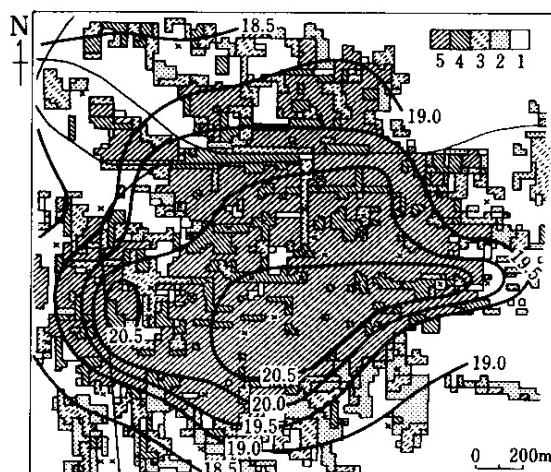


図 大垣市における気温分布と家屋密度（出典：参考文献 [1], p.17）

家屋密度は、 $1 < 5\% < 2 < 20\% < 3 < 40\% < 4 < 60\% < 5$ 、気温分布は 1956 年 9 月 24 日 20 時の自動車による観測値。

最も高温な地域は、都心部の人口が集中している繁華街に現れる。ただし高層ビル街では、日中の太陽高度が低いと、地上はビルの日陰になって気温が上がらず、かえって周辺よりも低温になり、クールアイランドを生じることがある。

ヒートアイランドが最も顕著に見られるのは、静穏で晴れた夜である。日中は、都市内外の気温差が小さくなり、最高気温の分布図ではヒートアイランドがほとんど見られない場合がある。さらに、一般に、気温差は冬に大きく、夏に小さい。

風が弱いときには、都市の気温と建築密度（例えば、建ぺい率）との間には、密接な関係があり、建て込んでいるところほど気温が高い。

都市内の気温分布は風の影響を強く受ける。無風時には都心部が最も高温であるが、風があ

ると高温域は全体に風下側にずれる。ずれの距離は風速が強いほど大きく、限界風速を越えるとヒートアイランドは壊れて、都市内外の気温差はなくなる。

なお、ヒートアイランドの強さの指標として、都市と郊外の地上付近の気温差の最大値 DT_m （ヒートアイランド強度）を用いる。

2. 都市化の段階とヒートアイランド

19 世紀のロンドンでは、1807～1816 年のデータから、都市域が周辺のルーラル（郊外）地域と比べて高温になることが明らかにされた。

ヒートアイランドのタイプは、都市化に伴い、以下のように進化している。

表 都市化の段階とヒートアイランドの出現（出典；参考文献 [2], p.40）

都市化の段階	人間系からの熱流入	自然系の改変			都市温度の出現	ヒートアイランドのタイプ
		大 気	地表面	大 地		
0	流入なし	変化なし	変化なし	変化なし	なし	—
I	冬の夜に大気へ流入	少々変化	変化	ほとんど変化なし	冬の夜（大気）	1 次的
II	四季を通じて大気へ流入（とくに冬に大）	変化大	人工的改変大	地下水位低下	冬と夏の夜（大気） 夏季（大地）	貯熱型
III	四季を通じて大気への流入大	変化大	人工的改変大	地下水位低下大	四季を通じて夜も昼も（大気） 夏季（大地）	熱汚染型（大気） 非熱汚染型（大地）
IV	四季を通じて大気、大地への流入大	変化大 人工空間の拡大	人工的改変大	地下水位低下大 人工空間の地下への拡大	四季を通じて夜も昼も（大気、大地）	熱汚染型

3. ヒートアイランドの原因

ヒートアイランドの形成は、結局のところ、熱収支と水収支の改変に起因するが、実際には、以下のような様々な要因が複雑に絡み合っている。

- 1) 都市域におけるエネルギー消費に伴う燃焼熱
- 2) 細塵その他の大気汚染物質による温室効果
- 3) 都市建造物による摩擦係数の増加に伴う上空大気の熱交換の減少

- 5) 都市の構成物質の熱容量の大きさがもたらす蓄熱効果
- 6) 不透水面の増加による蒸発散量の減少
- 7) 天空比や大気汚染による放射収支の変化

これらを、別の視点から、まとめたものが、次の表である。熱的に正の偏差をもたらす熱収支（次ページの「図 都市大気の熱バランス」を参照。）項の改変と、その原因である都市化の特徴に分けられている。

表 ヒートアイランドの原因（出典；参考文献 [2], p.48）

プラスの熱的異常値を引き起こす熱収支項の変化	熱収支変化の原因となる都市化の特徴
A キャノピー層	
1 短波長放射の吸収の増加	キャニオン幾何——表面積と複合反射の増大
2 天空からの長波長放射の増加	大気汚染——多い吸収と再放射
3 長波長放射損失の減少	キャニオン幾何——天空率の減少
4 人工熱源	建物や自動車などからの熱の排出
5 顕熱流束の増加	建築物質——熱アドミタンスの増大
6 蒸発散の減少	建築物質——不透水性の増大
7 全乱流熱輸送量の減少	キャニオン幾何——風速の減少
B 都市境界層	
1 人工熱源	煙突などからの排出
2 下層からの顕熱流の増大	キャノピーヒートアイランド——キャノピー層や屋根からの熱流速の増大
3 顕熱流の増大：上層からの取込み	ヒートアイランド、ラフネス——乱流による取込みの増大
4 短波長放射の吸収の増大	大気汚染——エアロゾルの吸収増大

また、環境省による報告書（参考 URL [7] ~ [10] を参照。）では、ヒートアイランドの原因を、特に次の2点にまとめている。

1) 地表面被覆の変化

裸地や草地が減少し、アスファルトのような人工的な被覆が増加。木造建築物が減少し、コンクリート造建築物が増加。「緑」の減少。

2) 人口排熱の増大

東京 23 区のエネルギー消費などによる人口排熱は増加傾向にあり、そのうち、空調など建物に起因する建物排熱が約 50%、自動車排熱が約 40%、工場排熱が約 10%を占めている。

補足

- ・都市キャニオン（もしくは、ストリートキャニオン）: 都市の建物の間の空間のこと。
- ・天空率：与えられた平面上の1点における天空の立体角投射率のこと（下図を参照。）。

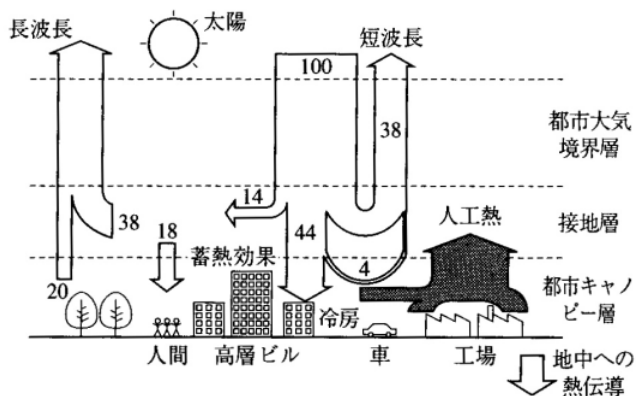


図 都市大気の熱バランス

(出典：参考文献 [3], p.64)

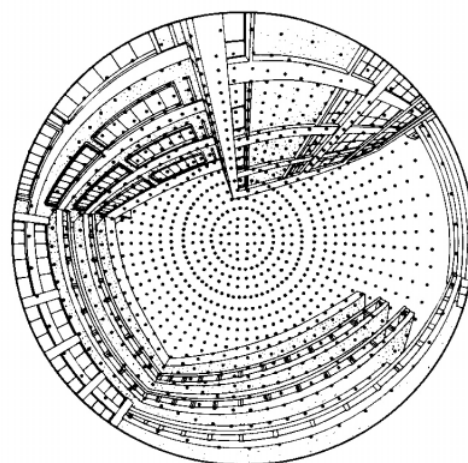


図 天空率の測定

(出典：参考文献 [4], p.54)

ヒートアイランドが発生すると、都市の中心部では上昇気流が発生し、周辺地域からは弱い風が吹き込み、郊外・近郊域との間で循環流が形成されることがある。この下図のような循環はヒートアイランド循環と呼ばれている。

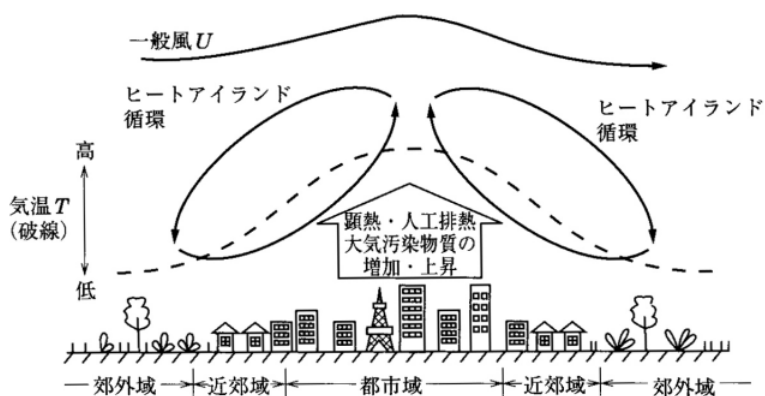


図 ヒートアイランドの構造 (出典：参考文献 [5], p.161)

4．ヒートアイランドと都市の規模

都市の規模とヒートアイランドとの関係を知ることは今後の都市の大気環境を維持するうえで重要である。しかし、都市の規模を決定するのは自然的、社会的ならびに人文的にみても困難なことである。都市の構造や機能などはさまざまで、工業都市と商業都市では都市活動の中心は異なるからである。しかし、一般に都市の規模を人口数で表すことが多いのは、人口数に応じた人間活動の水平的もしくは鉛直的空間が保たれているため、都市のエネルギーの排出量が人口に比例するからであると考えられるからである。

Oke は北米とヨーロッパの都市について、最大ヒートアイランド強度と人口の対数との関係を1次式で表した（下の図を参照）。興味深いことは、回帰式の傾きが北米とヨーロッパで異なることである。つまり、都市を成り立たせている文化や風土によってヒートアイランドも異なることである。さらに、福岡は、日本の都市では、人口30万人程度の都市を境に回帰直線が異なることを明らかにした。また韓国の都市でも日本と同様な傾向がみられた。

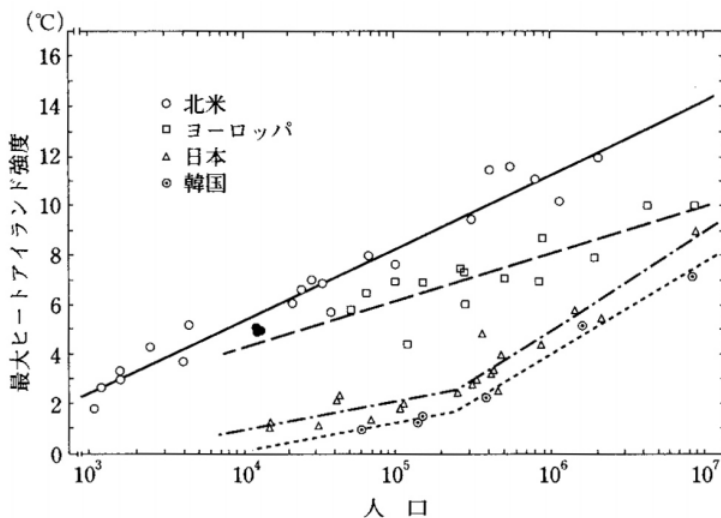


図 最大ヒートアイランド強度と人口との関係（出典：参考文献 [2], p.50）

5．風によるヒートアイランドの移動と拡散

都市に形成されるヒートアイランドの強度や出現地域は、一般風の風速 U や周囲の地理的条件の影響を受けて変化する。都市ヒートアイランドが生じ得る一般風の最大風速 U_c （限界風速という。 $U > U_c$ では、ヒートアイランド現象は生じない。）について、以下のような、その強さと都市規模の関係を示した表がある。

表 ヒートアイランドが生ずる限界の風速（出典：参考文献 [5], p.163）

都市(国名)	人口(観測年)	一般風の限界風速 U_c (m/s)
ロンドン (イギリス)	8 500 000 (1956～61)	12
モントリオール(カナダ)	2 000 000 (1967～68)	11
ブレーメン (ドイツ)	400 000 (1933)	8
ハミルトン (カナダ)	300 000 (1965～66)	6～8
リーディング (イギリス)	120 000 (1951～52)	4～7
熊谷 (日本)	50 000 (1956～57)	5
パロアルト (アメリカ)	33 000 (1951～52)	3～5

また、海風などの局地風が卓越する地域では、ヒートアイランドの出現地域は時間によって異なる。そのような事例として、首都圏の夏季の気温分布例を示す。下図に示すように、午前8時に都心部に生じていたヒートアイランドが、午後3時にはより内陸部に移動していることがわかる。これは、都心部が風上からの海風によって冷却されたために内陸の気温が相対的に高くなること、また、都心部からの熱輸送が原因であると考えられる。

このように、ヒートアイランドを移動させ、拡散させるために「風の道」を利用することは大いに効果があると考えられる（先週の配付資料「地域の気候（その3・クリマアトラス）」も参照のこと。）

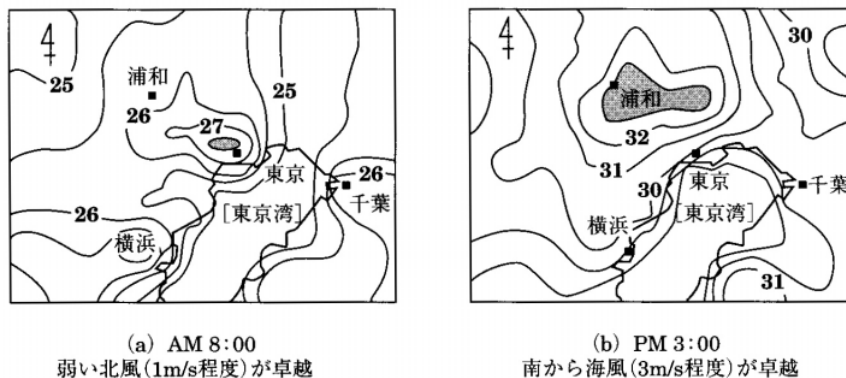


図 夏季の都心部とその周辺の気温分布パターン（囲中の数字は気温）

（出典：参考文献 [5], p.163）

6. ヒートアイランドの問題点

・冬季：

気温が上昇して暖房負荷が軽減し、好都合である反面、都市上空に逆転層が形成されて、都市の上空に蓋をしたような状態になり、大気汚染質が滞留して、呼吸器系の疾病が心配となる。

・夏季：

高温のために屋外活動に支障が生じ、また住宅の夜間の冷房が必要となる地域では、冷凍機の長時間運転がさらなる廃熱量増大をよび、イタチごっこで気温上昇を促進させる。

気温上昇は、相対湿度低下を招き、さらに土壌からの水分蒸発量が増大するので、植物にとっては過酷な乾燥状況になり、適切な散水がないと緑被の低減を招く。

夏季における1の気温上昇は東京都全体で160万kWの電力需要の増加を招くと言われており、この電力量は原子炉1基分の発電容量に相当する。また、建設省の試算によると7～9月の気温が1下がると冷房用の電力料金は日本全体で年間200億円削減されることが分かっている。さらに、ローレンスバークレー研究所は、アメリカ主要都市でヒートアイランド緩和策を講じた場合の省電力による経済効果を500億円程度と推定している。

7. ヒートアイランドと地球温暖化

下の表のように、主な都市のここ数10年間の気温の経年変化を見ると、上昇傾向にあり、1年あたりの気温上昇率にすると0.01～0.04の値になる。地球温暖化はここ100年で約0.6進んだと言われており（IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第3次報告書）、それをはるかに上回るスピードである。

表 日本各都市の気温上昇率（1961～1997の気象庁の観測データから）
（出典：『Epistula』第29号（独立行政法人建築研究所のHPからダウンロード可））

都市名	気温上昇率（ /年）
札幌	0.0306
仙台	0.0129
新潟	0.0246
東京	0.0297
名古屋	0.0311
大阪	0.0263
広島	0.0425
高松	0.0342
福岡	0.0289
那覇	0.0226

8. ヒートアイランドの抑制策

環境省による平成14年度版報告書（参考URL[9]を参照。）では、ヒートアイランド対策として、下図のような「都市の熱管理」が示されている。

「熱」という視点で都市を捉え直し、都市の熱、すなわち大気熱環境と対策・施策を適切にコントロールしようとするものである。

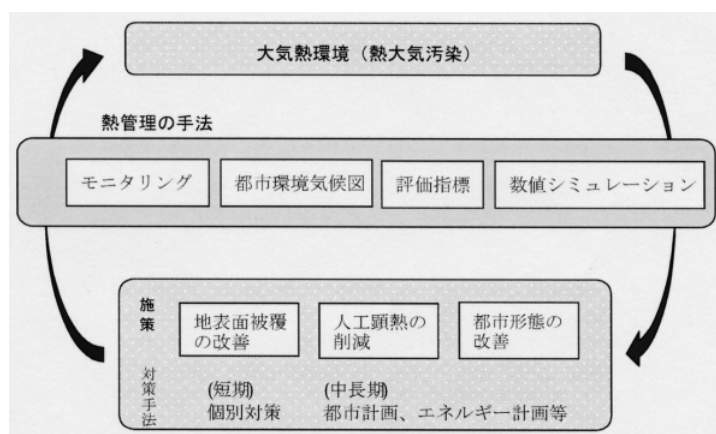


図 都市の熱管理の概念図（出典：参考URL[9], p.66）

また、以下のような個別の対策が考えられる。

1) 都市からの廃熱量の抑制

冬季深夜の廃熱量抑制には、住宅の断熱気密化による暖房負荷削減が効果的

2) 地表面の緑地面積の拡大（クールスポット効果の利用）

樹木からの水分蒸発作用や日陰は、周囲の温度を低下させ、夏季の都市部の高温化を抑制

都市のクールスポットは、風下の市街地に涼風を提供し、空調負荷を軽減

3) 保水性ブロックの利用

多孔質の保水性セラミックブロック舗装による保水の水分蒸発によって、大気冷却効果を期待

4) 建物の屋根面の温度上昇の抑制

ビルの屋上緑化、太陽電池パネルの設置などにより、屋上の温度上昇を抑制し、大気の加熱や屋内への熱の流入を抑制

透水性舗装と保水性舗装

透水性舗装は、元来洪水対策などを目的として雨水を地下に浸透させるために開発されたものである。一般にはアスファルトやコンクリートが材料であり、雨水浸透のために数mm～1cm程度の空隙がある。そのような大きな空隙では舗装材料内での毛管現象による水分の保持は生

じず、気候緩和効果は期待できない。

一方、セラミックブロックでは空隙は数 μm 程度（セラミックを高温処理して作成すると自然にこの程度の細かい空隙ができる）であるため、毛管現象による水分の保持が可能であり、気候緩和効果が期待できる。このように、毛管現象による保水力の維持が可能か否かの観点から、透水性舗装と保水性舗装は区別される。また、このセラミックブロックは、産業廃棄物を焼却した石灰灰が主原料となっており、資源再利用の観点からも着目されている。ブロックの厚さは5cm程度であり、保水量には限界はあるが、一度散水すると、数日間保水を維持できる。

9. ビデオ

NHK スペシャル『ヒートアイランド・東京に何が起きているか』（2002年6月29日（土）放送）

10. 参考文献（〔〕内は、熊本県立大学附属図書館所蔵情報）

- [1] 『都市の風水土 都市環境学入門』（福岡義隆編著，朝倉書店，1995年4月，¥3,675，ISBN:4-254-16332-0）〔開架2 ,519||F 82000220148 ,0000221369 ,0000221370〕
- [2] 『都市環境学事典』（吉野正敏・山下脩二編，朝倉書店，1998年10月，¥16,800，ISBN:4-254-18001-2）〔参考2 ,518.8||To 72 ,000215322〕，〔開架2 ,518.8||To 72 ,0000233012〕
- [3] 『ブルーボックス B-1199 ヒートアイランド 灼熱化する巨大都市』（齋藤武雄，講談社，1997年12月，¥903，ISBN:4-06-257199-4）〔開架2 ,408||Bu 1||B-1199 ,0000268444〕
- [4] 『建築設計資料集成 1 環境』（日本建築学会編，丸善，1978年6月，¥7,875，ISBN:4621023136）〔開架2 ,525.1||KE 41||1 ,0000157165 ,0000166428〕〔書庫 ,525.08||KE3||1A ,0000086850〕
- [5] 『大気圏の環境』（有田正光編著，東京電機大学出版局，2000年1月，¥2,940，ISBN:4-501-61760-8）〔開架2 ,519.3||A 77 ,000263277〕
- [6] 『ヒートアイランド』（尾島俊雄，東洋経済新報社，2002年8月，¥1,575，ISBN:4-492-80070-0）〔開架2 ,519||O 35 ,000268295〕
- [7] 『気候学・気象学辞典』（吉野正敏・浅井富雄・河村武・設楽寛・新田尚・前島郁雄編著，二宮書店，1985年10月，¥12,800，ISBN:4-8176-0064-0）〔参考2 ,451.033||Ki 22 ,0000236451〕
- [8] 『新版 気象ハンドブック』（朝倉正・関口理郎・新田尚編著，朝倉書店，1995年11

月，¥31,500，ISBN：4-254-16111-5）〔参考2，451.03611Ki 58，000249283〕

11. 参考 URL

[1] 配付資料のダウンロード

<http://www.pu-kumamoto.ac.jp/m-tsuji/kougi.html/chiiki.html/chiikikan.html>

[2] 国立環境研究所のホームページ

<http://www.nies.go.jp/index-j.html>

[3] 国立環境研究所地球環境研究センターのホームページ

<http://www-cger.nies.go.jp/index-j.html>

[4] 国立環境研究所地球環境研究センターの一ノ瀬俊明先生のホームページ

<http://www-cger.nies.go.jp/ichinose/>

[4] 独立行政法人建築研究所の出版物に関するホームページ

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/index.html>

[5] NHK スペシャル『ヒートアイランド・東京に何が起きているか』に関するホームページ

<http://www.nhk.or.jp/special/libraly/02/I0006/I0629s.html>

[6] 環境省環境管理局のホームページ

<http://www.env.go.jp/air/index.html>

[7] 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）

<http://www.env.go.jp/air/report/h14-01/index.html>

[8] 平成 13 年度ヒートアイランド対策手法調査検討業務報告書

<http://www.env.go.jp/air/report/h14-02/index.html>

[9] 平成 14 年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書

<http://www.env.go.jp/air/report/h15-02/index.html>

[10] ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査報告書（概要）

<http://www.env.go.jp/air/report/h15-01/index.html>

[11] 気候変動に関する政府間パネルのホームページ（英語）

<http://www.ipcc.ch>