

財団法人土地総合研究所第120回講演会講演資料
場所:霞ヶ関ビル33F望星の間

都心のヒートアイランド現象について

平成18年7月13日

独立行政法人建築研究所
上席研究員 足永靖信

1

ヒートアイランドに係わる昨今の情勢

- ・2001年10月、環境省が、ヒートアイランド現象は都市の熱大気汚染であるとの見解を公表
- ・2001年12月、内閣府の総合規制改革会議
重点項目の一つとして「ヒートアイランド現象の解消」を明記
- ・2002年3月「規制改革推進3ヶ年計画(改定)」の閣議決定
環境省・国土交通省・経済産業省等関係省庁からなる総合対策会議の設置
- ・2004年3月、ヒートアイランド対策関係府省連絡会議で「ヒートアイランド対策大綱」を決定
- ・2004年7月、国土交通省「ヒートアイランド現象緩和のための建築設計ガイドライン」を通知

2



Mean Temperature of each Month, on an average of observations continued from 1807 to 1816.

Mo.	In the Country.	In London.	London warmer.
1. Jan.....	34·16°	36·20°	2·04
2. Feb.....	39·78	41·47	1·69
3. Mar.....	41·51	42·77	1·26
4. April....	46·89	47·69	0·80
5. May.....	55·79	56·28	0·49
6. June.....	58·66	59·91	1·25
7. July.....	62·40	63·41	1·01
8. Aug.....	61·35	62·61	1·26
9. Sept....	56·22	58·45	2·13
10. Oct....	50·24	52·23	1·99
11. Nov....	40·93	43·08	2·15
12. Dec....	37·66	39·40	1·74

By this Table, the reader who makes daily observations on the temperature for a month may compare his mean result with a fixed standard.

リュークハワード
 ロンドンのヒートアイランド現象を発見(1820)
 引用) H. E. Landsberg: The urban climate

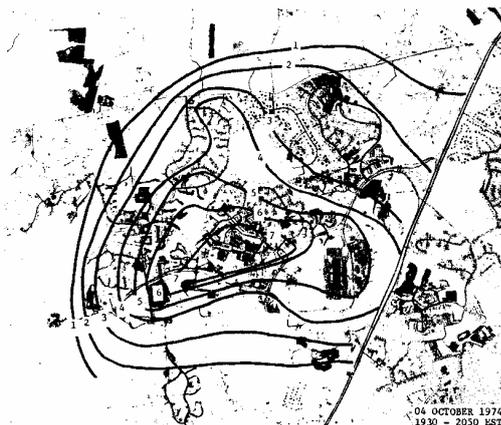


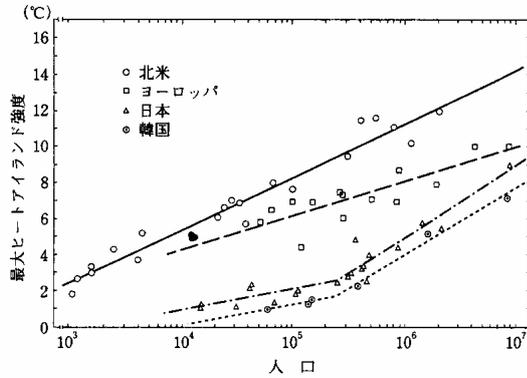
Fig. 5.8 Maximum heat island at Columbia, Maryland, in 1974 when town had grown to 20,000 inhabitants. (From Landsberg, 1975.)

気温の等温線を描くと都心を中心とした同心円状の分布を描くことから、ヒートアイランド(熱の島)と称される

ヒートアイランド現象は、世界各地でその存在が報告され、我が国でも数多くの観測例がある。

ヒートアイランドの観測例

引用) H. E. Landsberg: The urban climate



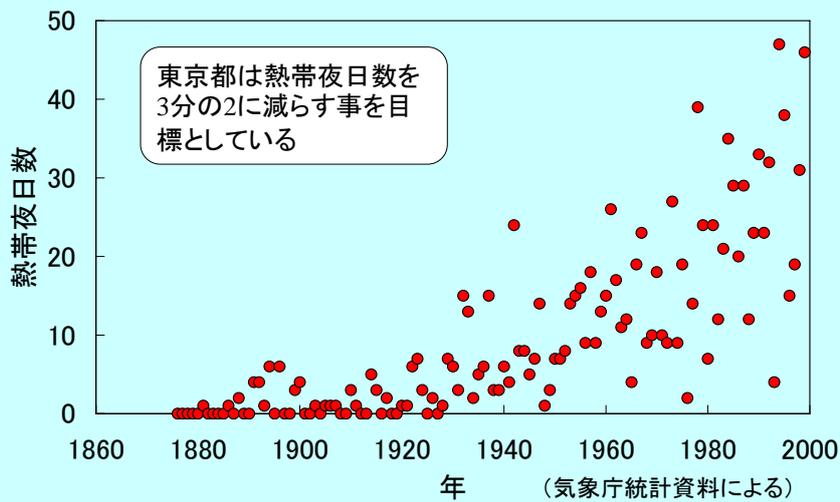
・ヒートアイランド強度とは、都市と郊外の気温差の最大値であり、ヒートアイランドを表す代表的な指標である。

・ヒートアイランドが認められる最小の人口規模について、Chandlerは2500人としたが、新潟県虫野という地域(600人)など集落レベルの発生が確認されている

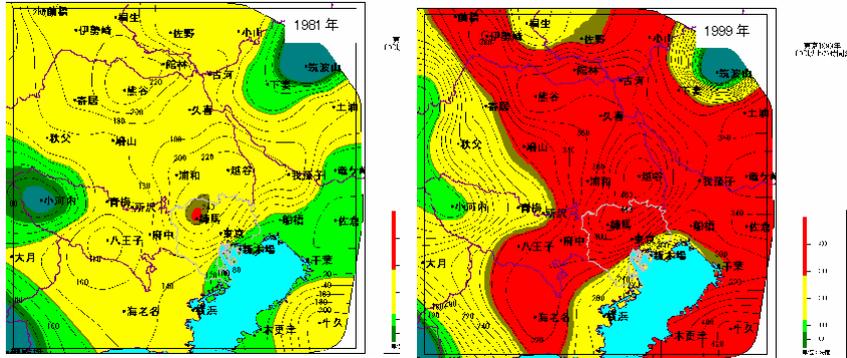
図2.3-3 人口とヒートアイランド強度の関係

出典:都市環境学事典(朝倉書店, 1998)

ヒートアイランド強度



東京の熱帯夜日数・100年

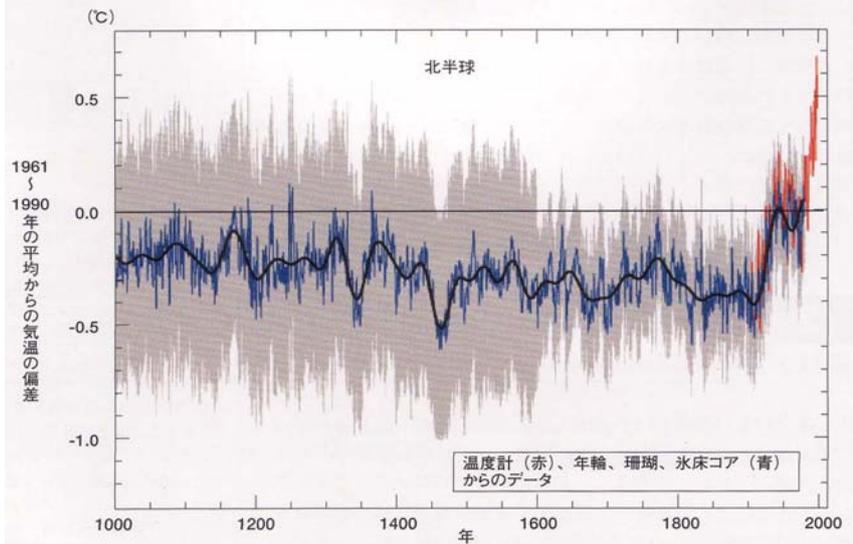


30°Cを越える延べ時間数

→練馬、越谷などでこの20年間で倍増

出典: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、ヒートアイランド実態解析調査検討委員会、平成13年3月

7



北半球の気温変化・1000年

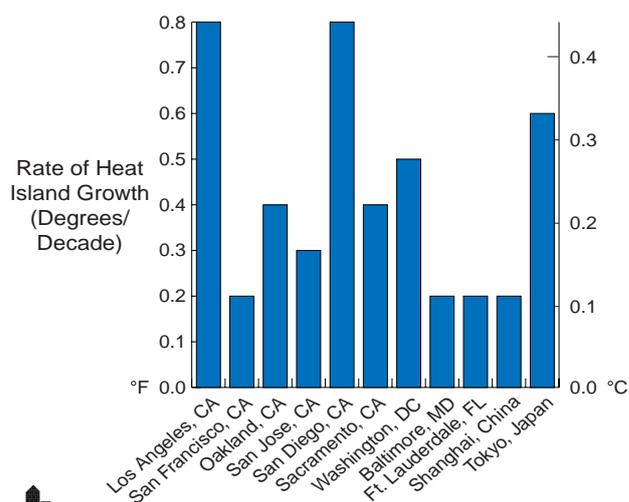
出典:地球温暖化研究の最前線、総合科学技術会議地球温暖化イ
 ニシヤティブ気候変動研究分野報告書、2003.3

8

日本の大都市の平均気温(年, 1月, 8月),
日最高気温(年平均値)及び日最低気温(年
平均値)の100年当りの上昇量(気象庁)

地点	使用データ 開始年	100年あたりの上昇量(°C/100年)				
		平均気温			日最高気温 (年平均)	日最低気温 (年平均)
		(年)	(1月)	(8月)		
札幌	1901年	+2.3	+2.8	+1.5	+0.8	+4.1
仙台	1927年	+2.3	+2.8	+1.6	+0.7	+3.1
東京	1901年	+2.8	+2.8	+2.8	+1.9	+3.8
名古屋	1923年	+2.6	+3.6	+1.9	+0.9	+3.8
京都	1914年	+2.5	+3.2	+2.3	+0.5	+3.8
福岡	1901年	+2.5	+1.8	+2.1	+1.8	+4.0
大都市平均		+2.5	+3.2	+1.8	+1.0	+3.8
中小規模の 都市平均		+1.8	+1.5	+1.1	+0.7	+1.4

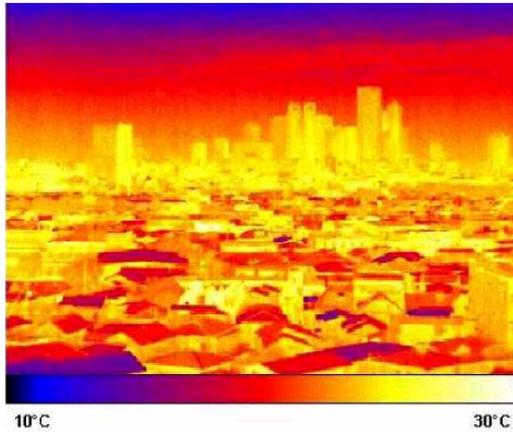
9



世界の主要都市の気温上昇(LBNL)



10



Cooling Buildings in a Warming Climate

Sophia Antipolis (Côte D'Azur), France
21-22 June 2004

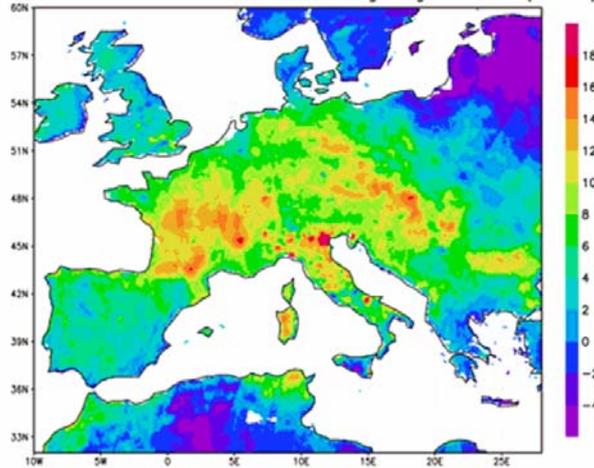
A Future Buildings Forum Event
Co-hosted by ADEME and the International Energy Agency

IEA(国際エネルギー機関)が
開催した国際
会議のサー
キュラー

(2004年6月)

11

AMSR-E 10V 2003 minus 2002 during Aug.10-15 (Kelvin)



ヨーロッパを襲った熱波(2003年と2002年の放射温度差)

地球観測研究センターHPから

12

【ヒートアイランド、何が問題か】

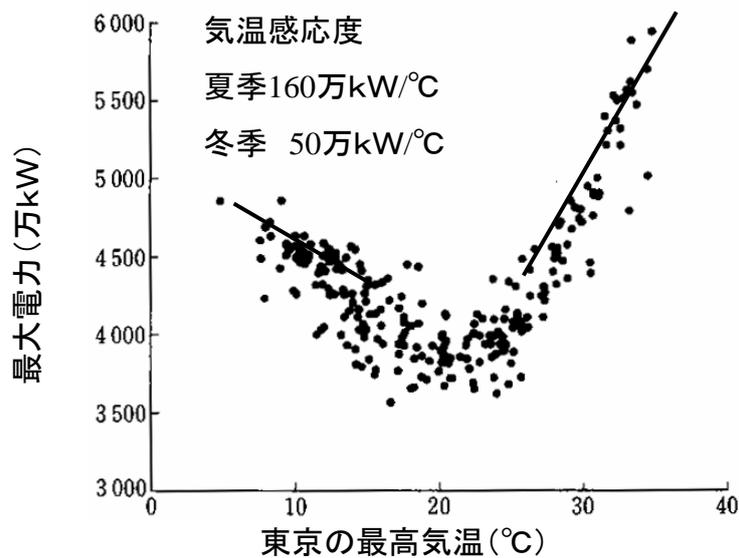
夏季の気温上昇1°Cの重み

～気温感応度・160万kWで試算～

- 電子力発電で賄う → 中型原子炉2基分
- 火力発電所を新設 → 3,000億円
- 都民の電力料金 → 1シーズン20億円

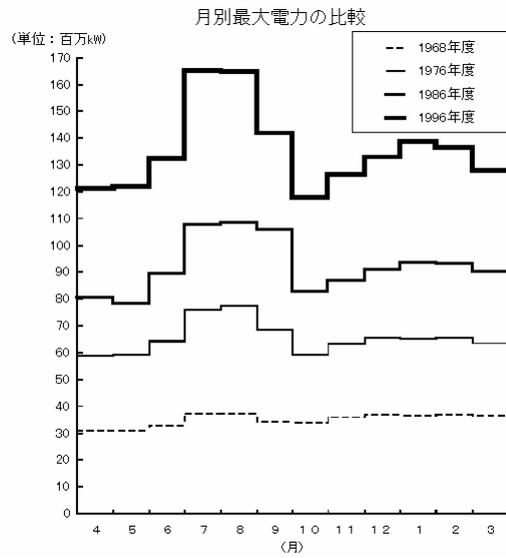
* 東京都の環境保全費(公園、清掃等) 310億円

13

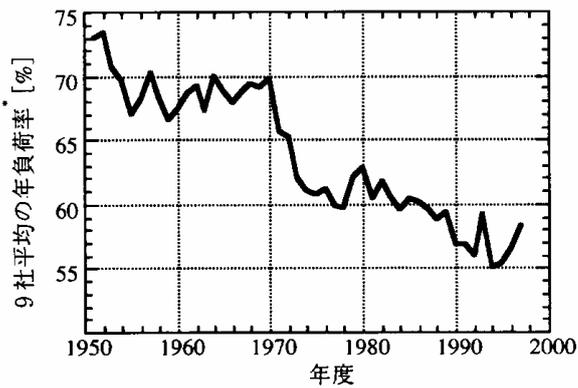


東京の最高気温と東京電力管内
最大電力の関係(酒井ら、1999)

14



電気事業審議会基本政策部会電力負荷平準化対策検討小委員会 中間報告
<http://www.enecho.meti.go.jp/dayori/hokoku/t71216d4.html> 15



* 最大3日平均電力に対する
 年平均電力の百分率

図 1-1 戦後の我が国における年負荷率の推移
 (電気事業連合統計委員会, 1964-1998)

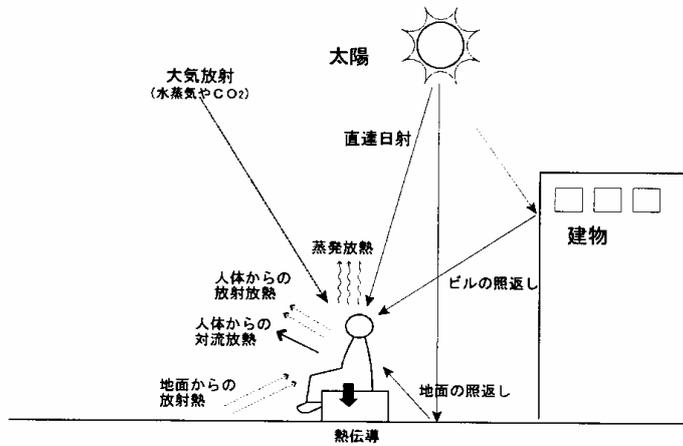


図1-14 屋外における人体の熱授受

平成11年度ヒートアイランド現象抑制のための対策手法報告書、ヒートアイランド現象抑制手法検討委員会、平成12年3月

SET*(標準新有効温度)→アメリカ空調学会のスタンダード

SET* [°C]	温熱感覚		生理現象	健康状態
	[温冷感]	[快適感]		
40~45	・限界	・限界	・体温上昇 ・体温調節不良	・血液の循環不良
35~40	・非常に暑い ・暑い	・非常に不快	・激しい発汗 ・血流による圧迫感の増加	・ヒートショックの危険増加
30~35	・暖かい	・不快		・脈拍が不安定
25~30	・やや暖かい ・何とも無い ・やや涼しい	・快適	・発汗、脈拍の変化による体温調節 ・生理的中立	・正常
20~25				
15~20	・涼しい	・やや不快	・放熱量が増加し衣服または運動が必要	
10~5	・寒い ・非常に寒い	・不快	・手足の血管収縮、ふるえ	・粘膜や皮膚の乾燥による苦情の増加
5~10				・体の抹消部分への血液の循環不良による筋肉痛

[出典]中山昭雄編、温熱生理学(理工学社)



年齢別の熱中症死亡者数(1968-2003) 中井誠一

19

熱中症は20年で倍増

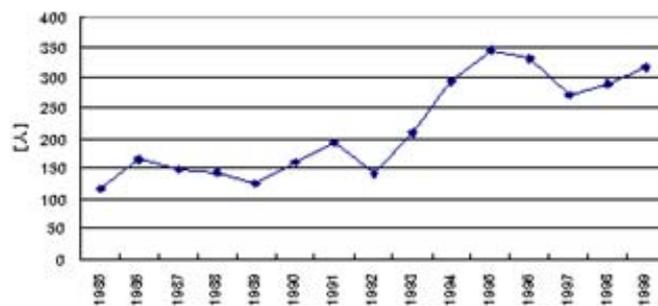


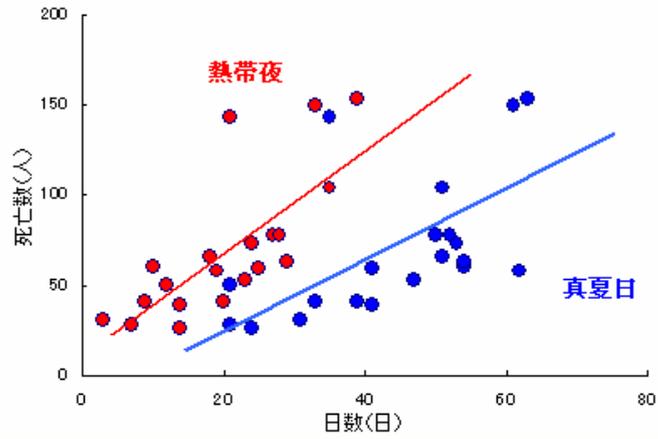
図 3-2 熱中症の搬送人員数(3年移動平均)

出典) 東京消防庁提供資料より作成

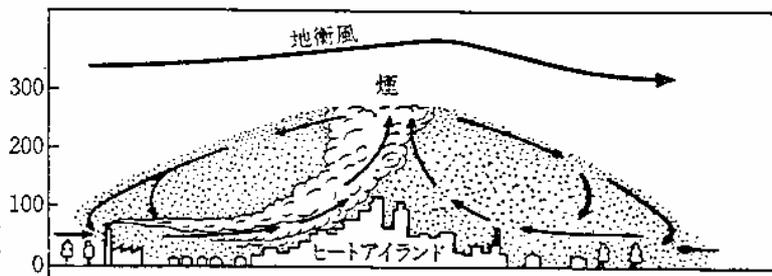
出典:平成12年度 ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方
について、ヒートアイランド実態解析調査検討委員会、平成13年3月

20

図 熱中症の死亡数と真夏日・熱帯夜の発生した日数との関係(東京都)



21



ヒートアイランド循環のモデルBach(1974)

ヒートアイランド循環の中では、そこで発生した汚染質が滞留しダストドームを形成する

22

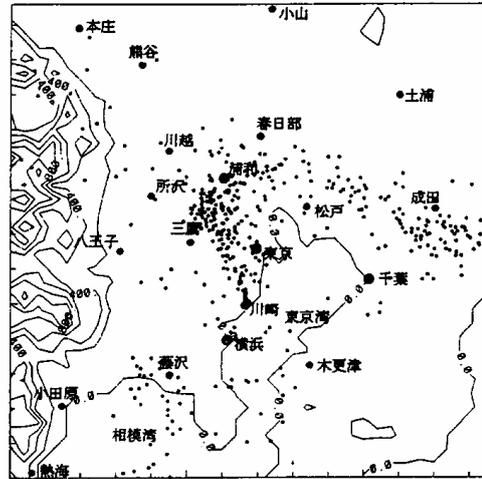
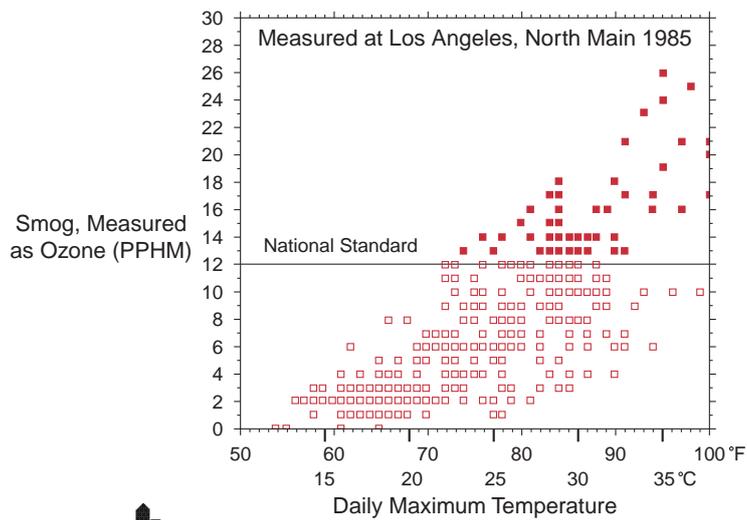


図-13.粒子の水平分布 (case2[現状],15:00) 注9)

川崎を発生源とした飛粒子の数値シミュレーション 持田ら(1997)



大気汚染と気温の関係 (LBNL)



冬季高温化のリスク

- ・デング熱の感染リスク
(媒介種の越冬)
- ・生態系の変化 等

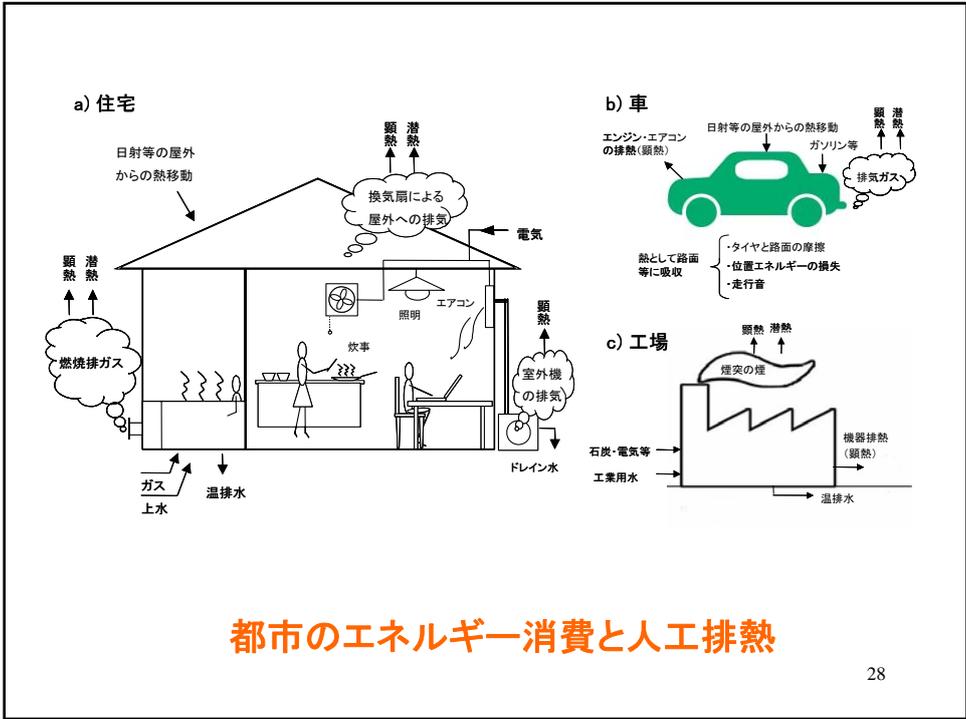
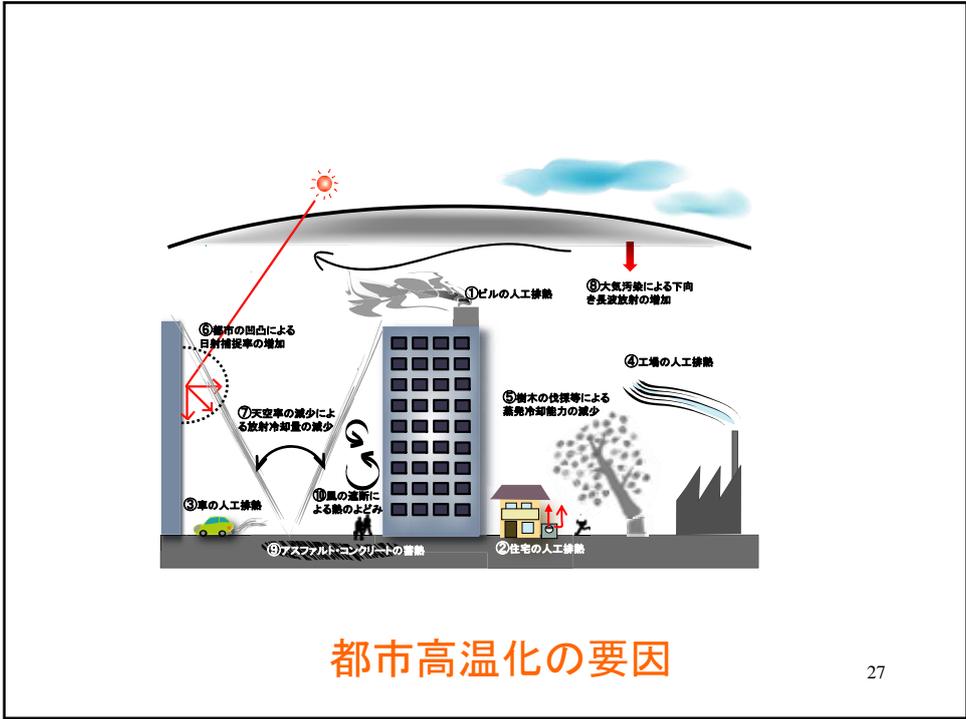
25

ヒートアイランドの功罪

- ・ 冷房負荷(-)
 - ・ 暖房負荷(+)
 - ・ 熱中症(-)
 - ・ 脳卒中(+)
 - ・ 感染症(-)
 - ・ 大気汚染(-)(+)
 - ・ 生態系(-)?
 - ・ 集中豪雨(-)?
- 
- ・ 地域
 - ・ 季節
 - ・ 主体

環境省の方で現在、因果関係と評価の視点を整理中

26



<標準体重1kgあたりの摂取エネルギー量の表>

軽い	1時間程度の歩行・他のほとんどは座って作業 自宅にいる高齢者・主婦など	25～30キロカロリー
中程度	2時間程度の歩行・立位での作業が比較的多い 営業職・店員・小さい子供のいる主婦など	30～35キロカロリー
やや重い	一日の大半を歩行・立位 農業・漁業従事者・建築作業員など	35～40キロカロリー
重い	一日のうち数時間は激しい運動をする 激しいトレーニング・農繁期の農業従事者など	40キロカロリー ～

標準体重(kg) = 身長(cm) × 身長(cm) × 0.0022

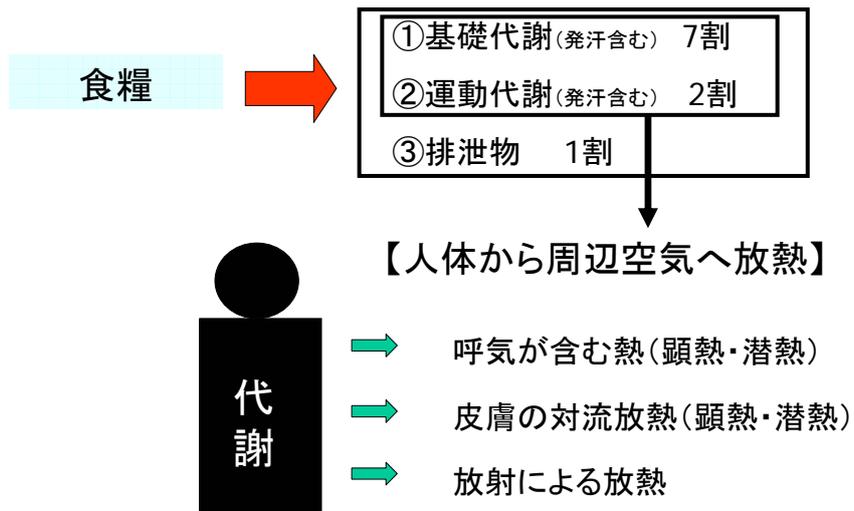
一日の摂取カロリー(kcal) = 標準体重(kg) × 標準体重1kgあたりの摂取エネルギー量(kcal)

170cmの標準体重は63kg

事務職の場合1日に必要なエネルギーは約2,000kcal

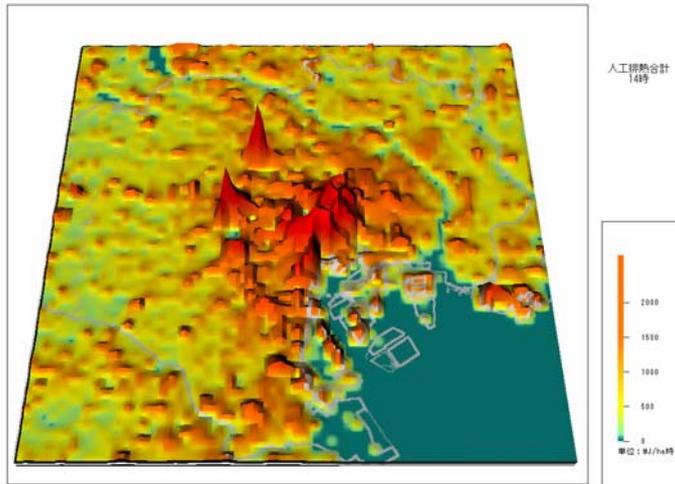
29

摂取したエネルギー量の行方



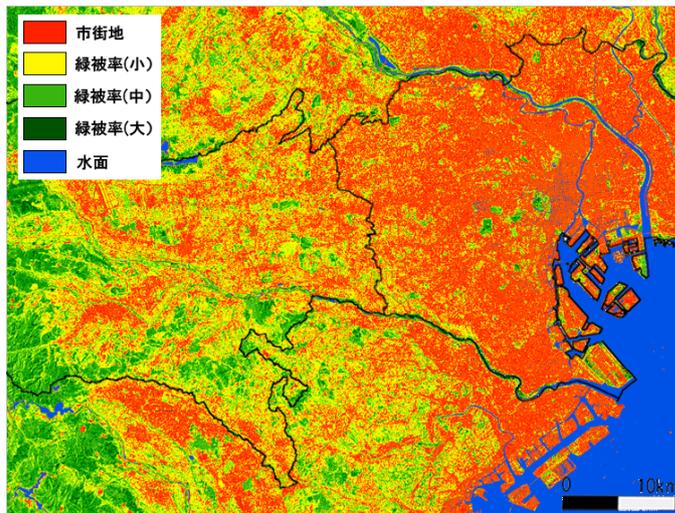
人が1人存在することは100Wの電球1つに相当する発熱

30



東京23区における人工排熱分布
 (環境省: 夏期14時の建物、道路交通、工場の顕熱)

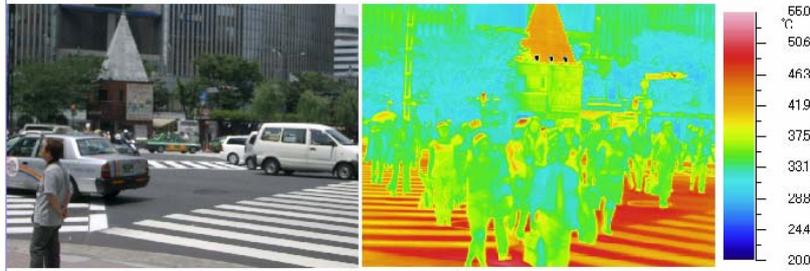
31



ランドサット衛星から見た東京

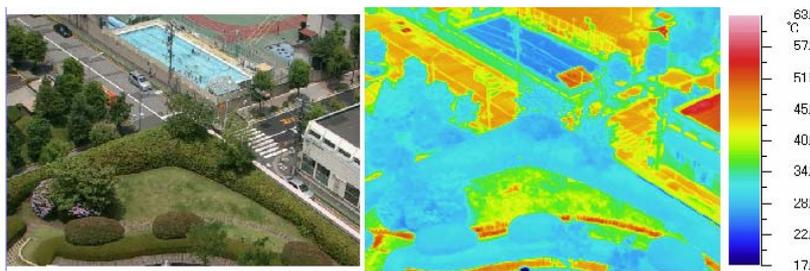
(作成: 宮崎ひろ志研究室、衛星データ提供: Space Imaging / 宇宙開発事業団)

32



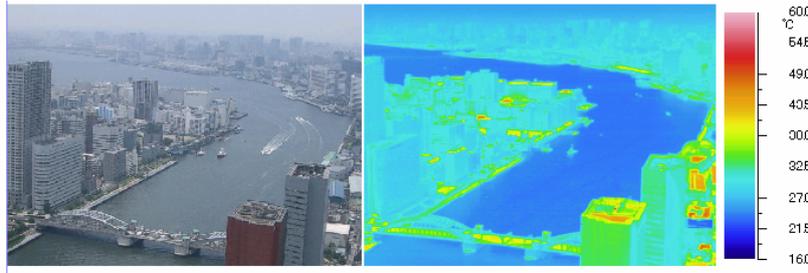
アスファルト舗装の高温化

33



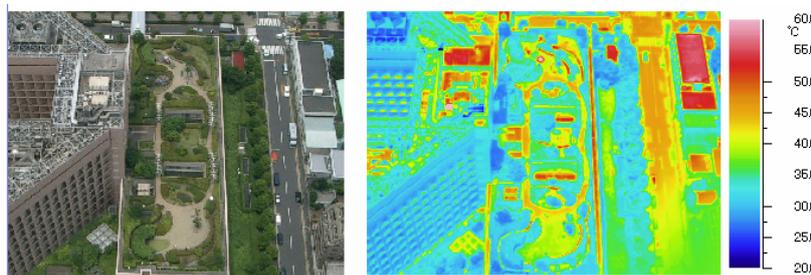
緑地による表面温度の低減効果

34



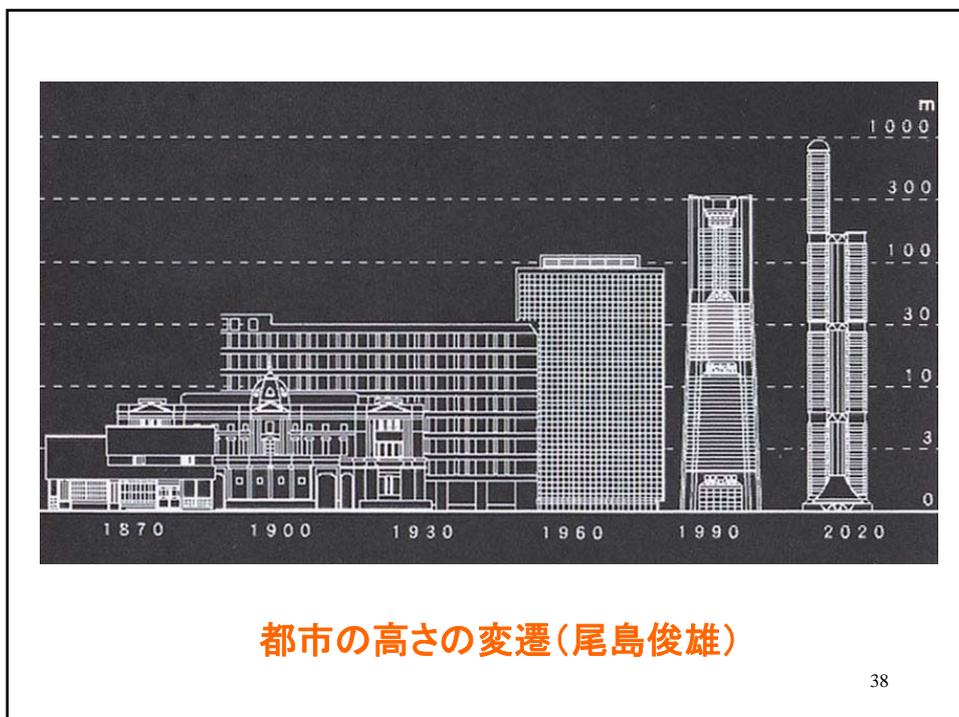
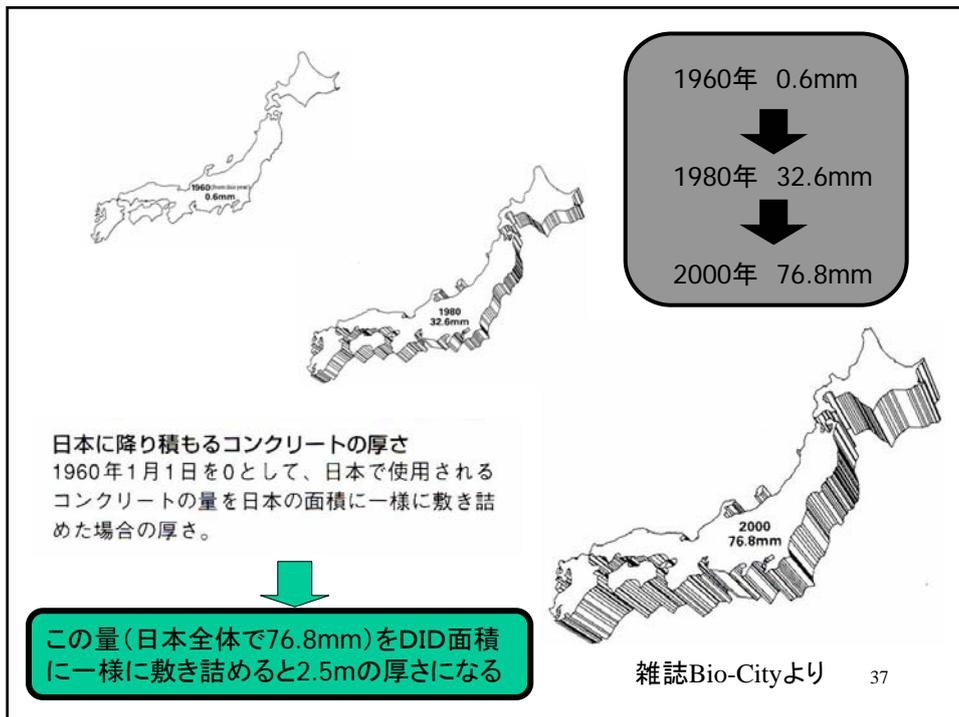
河川による表面温度の低減効果

35

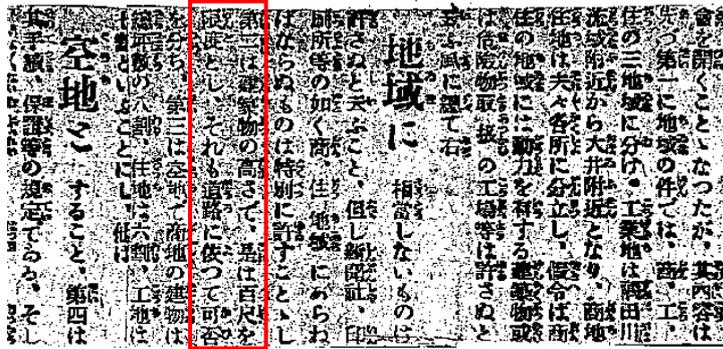


屋上緑化による表面温度の低減効果

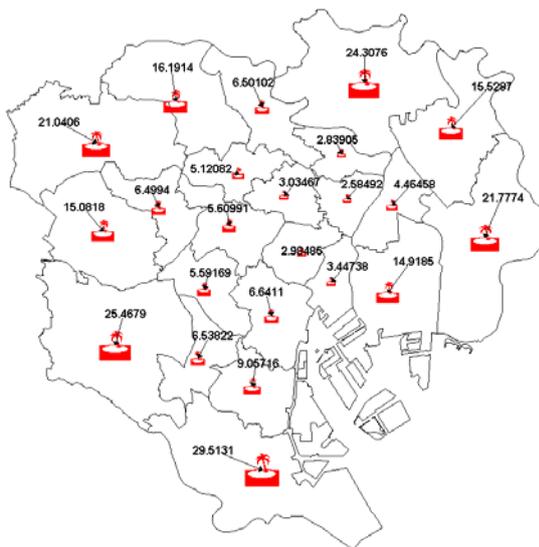
36



市街地建築法 ～百尺制限～



市街地建築法の制定を知らせる当時の新聞
時事新報 1919.11.10 (大正8)



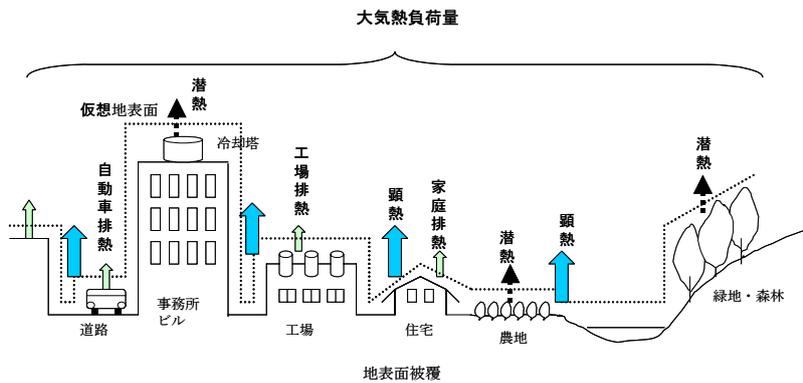
緑、水の喪失面積は、23区全体の面積の約4割に相当

東京で失われた緑・水 ～1930年と現在の区毎の比較～

単位: km²

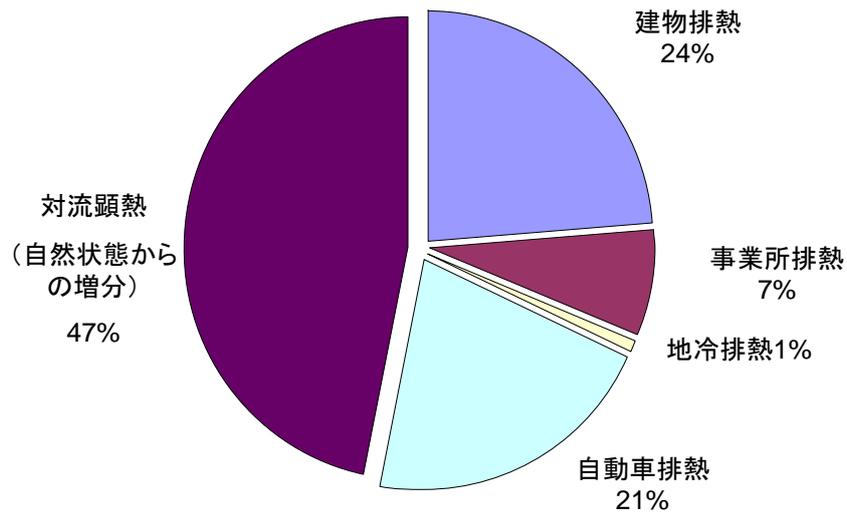
ヒートアイランド対策の指標 → 大気熱負荷量

対象地域における地物の対流放熱量と人工排熱のが大気を加熱すると考え、これらを総和した量



出典：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、ヒートアイランド実態解析調査検討委員会、平成13年3月

41



東京23区の顕熱発生 (環境省)

42

東京23区において

◎宅地面積が占める割合

→56.6%

◎宅地面積に対する建物の延べ床面積

(ネット容積率)

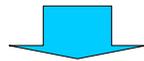
→156.3%



(出典)東京の土地 2002(土地関係資料集)

43

- 東京23区の地表面の半分以上を宅地が占有している。
- また、人工排熱の約半分を建築関連が占めている。

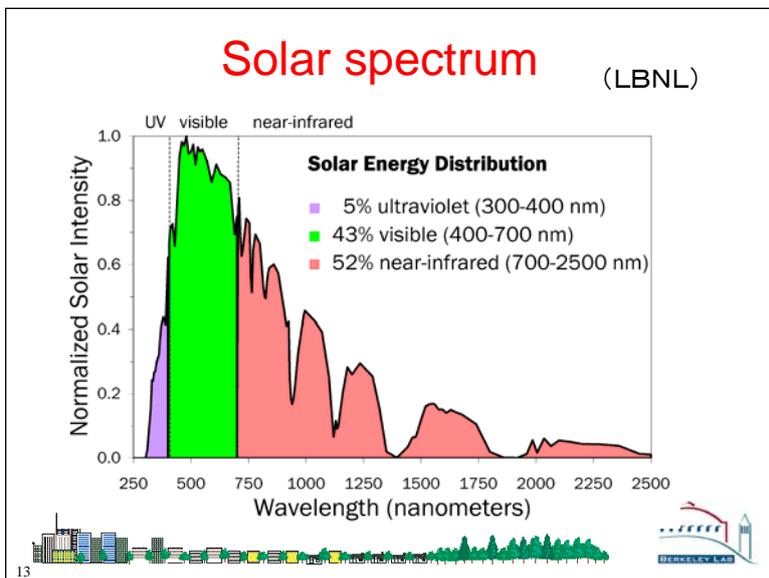


ヒートアイランドの発生において建築の寄与は極めて大きい。

44

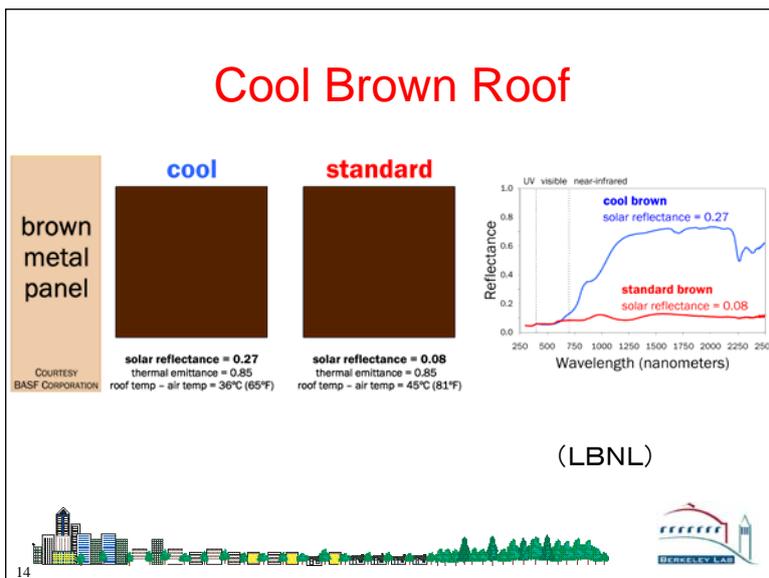
Solar spectrum

(LBNL)



45

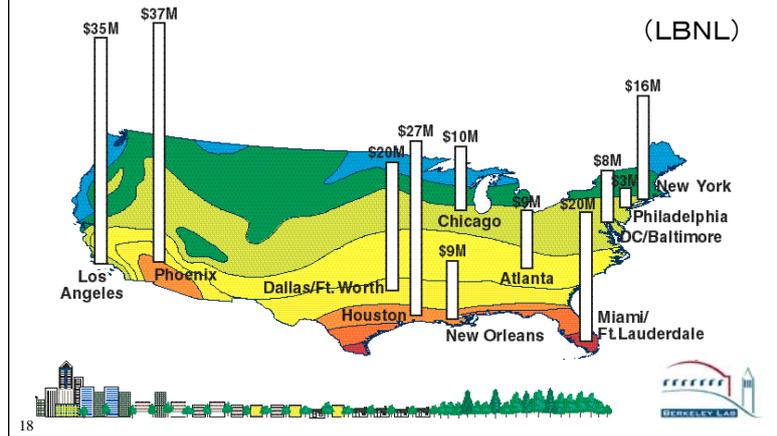
Cool Brown Roof



(LBNL)

46

Potential National Savings from Changing Roof Reflectivity



47

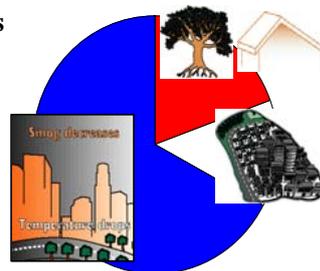
Potential Savings in LA

(LBNL)

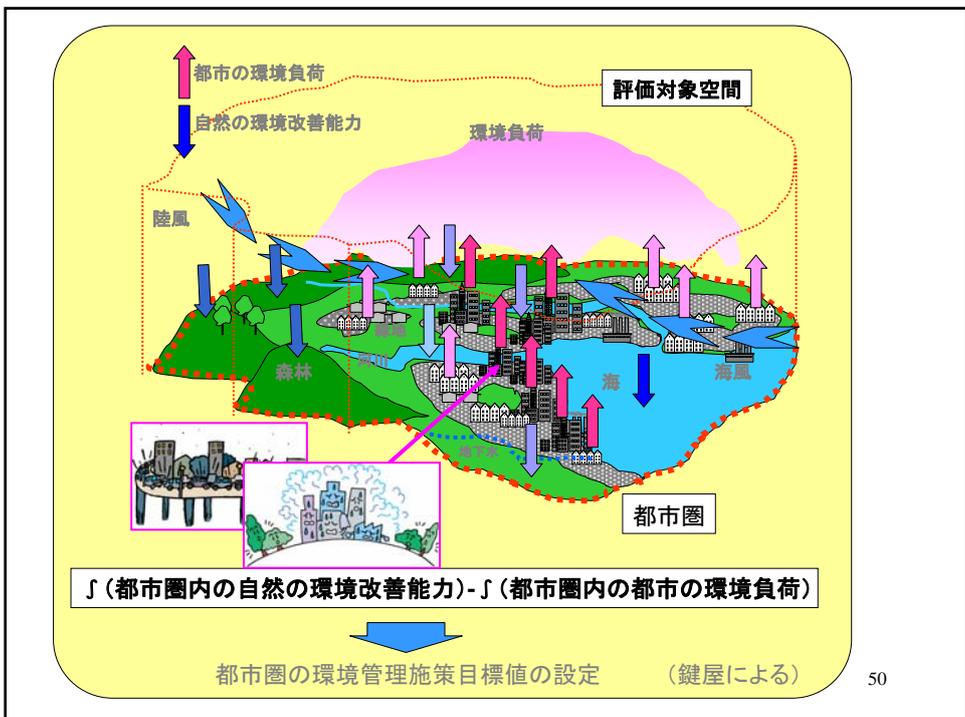
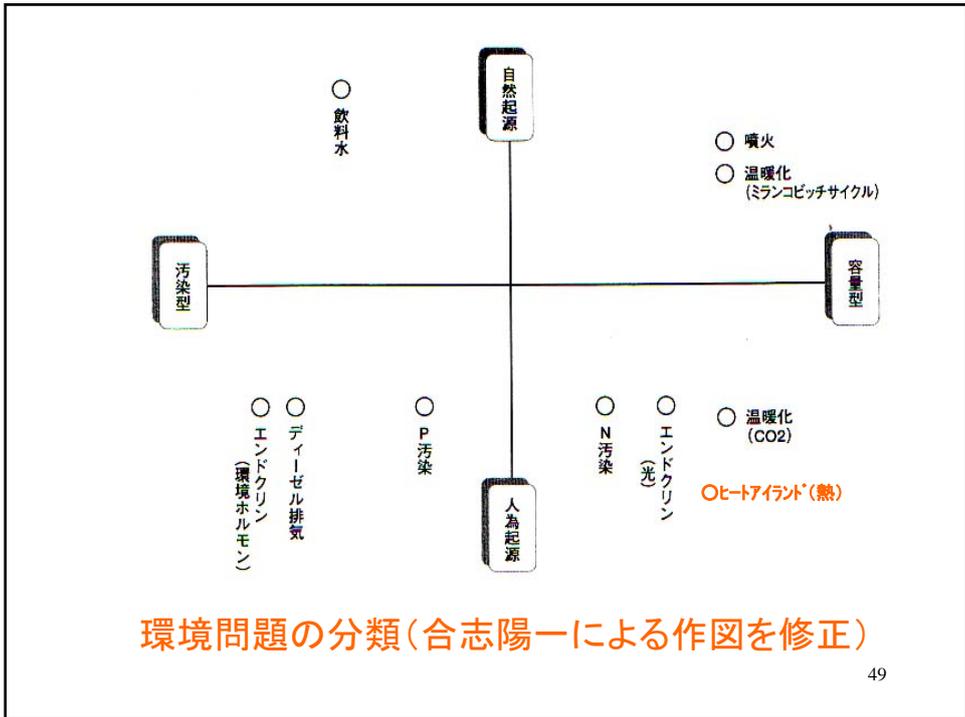
- Savings for Los Angeles

- Direct, \$100M/year
- Indirect, \$70M/year
- Smog, \$360M/year

- Estimate of national savings: \$5B/year

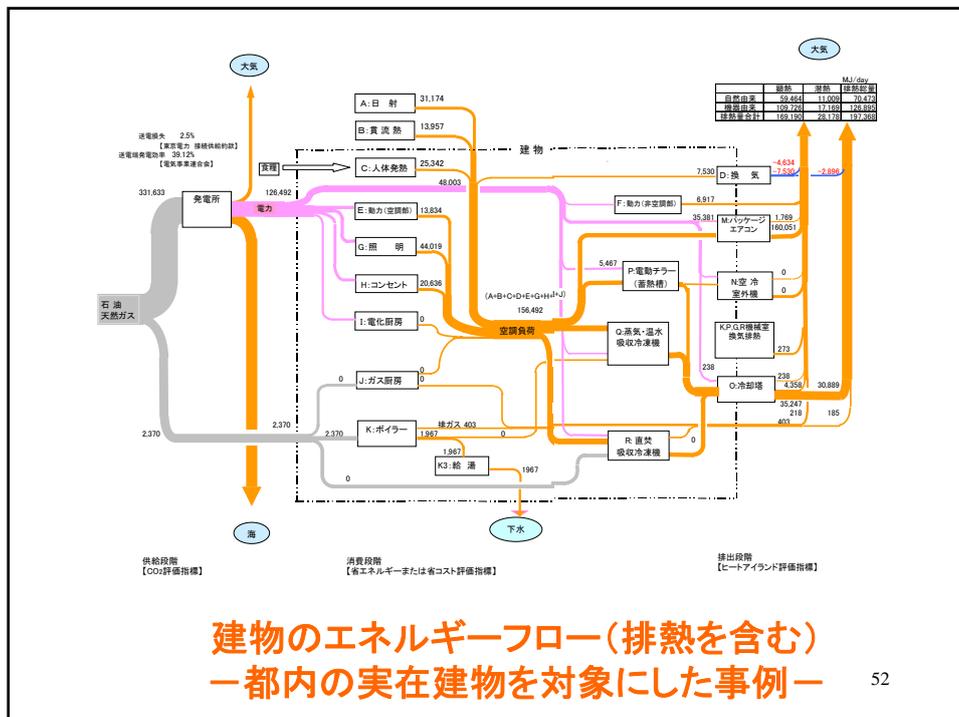
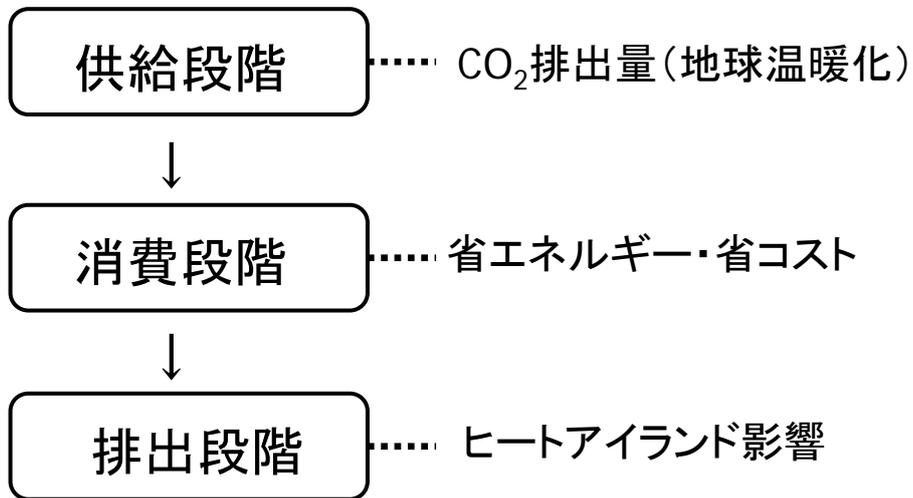


48



都市のエネルギーフロー(排熱を含む)

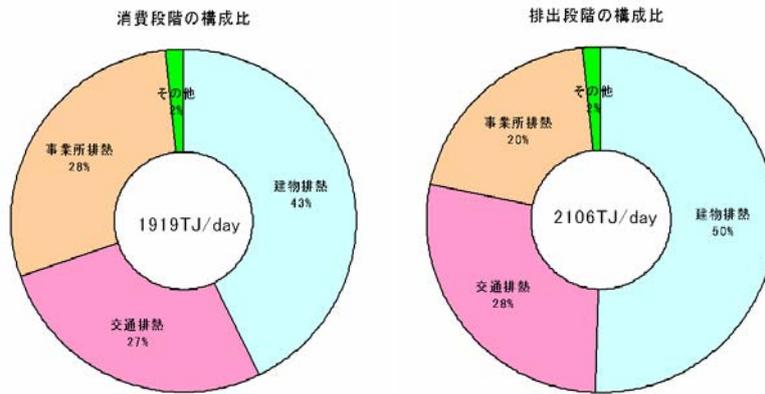
～使ったエネルギーの行方～



建物のエネルギーフロー(排熱を含む) — 市内の実在建物を対象にした事例 —

東京23区の人工排熱源の構成比

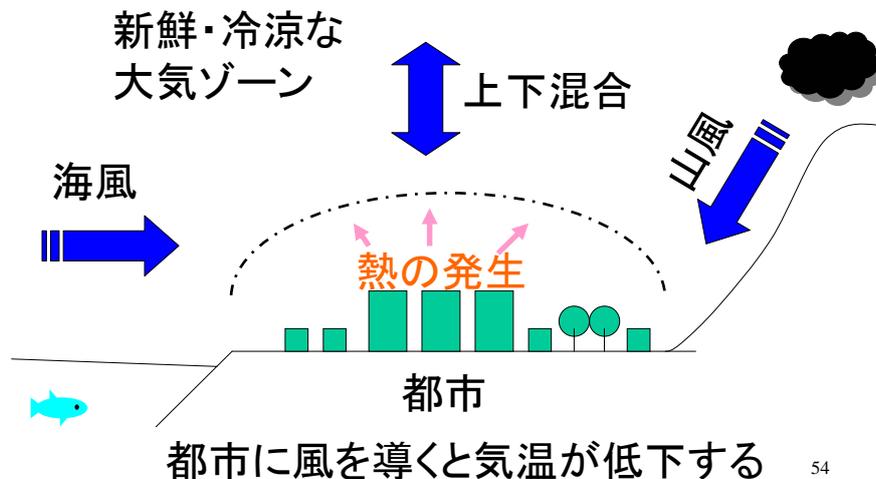
(消費段階・排熱段階) 国土交通省・環境省



2,000[TJ]の人工排熱量は、夏期日射量(8月平均の23区日総量)の1割(快晴日日射)～2割(8月平均日射)に相当する

53

都市における熱の発生と風の役割



54

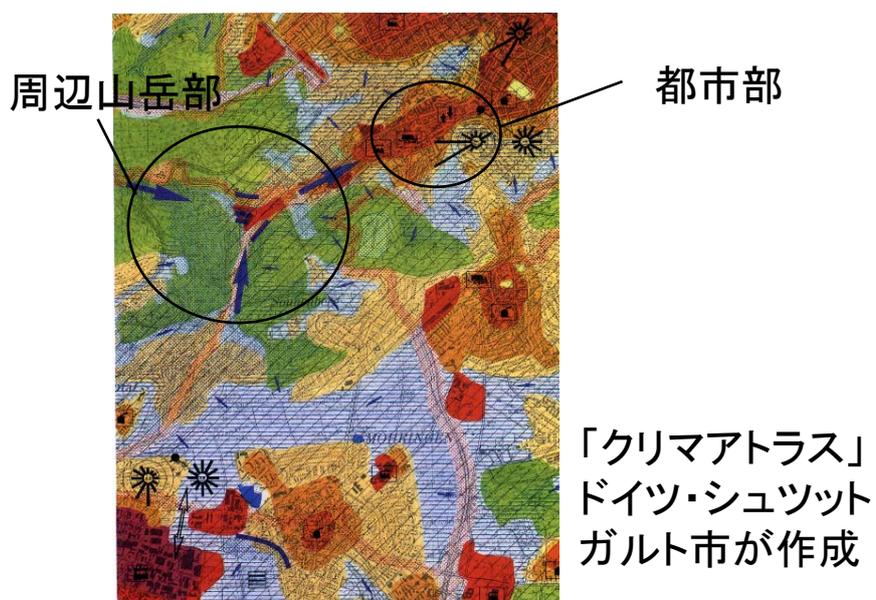
- 風の道とは

Luftleitbahn VDI3787(1997)

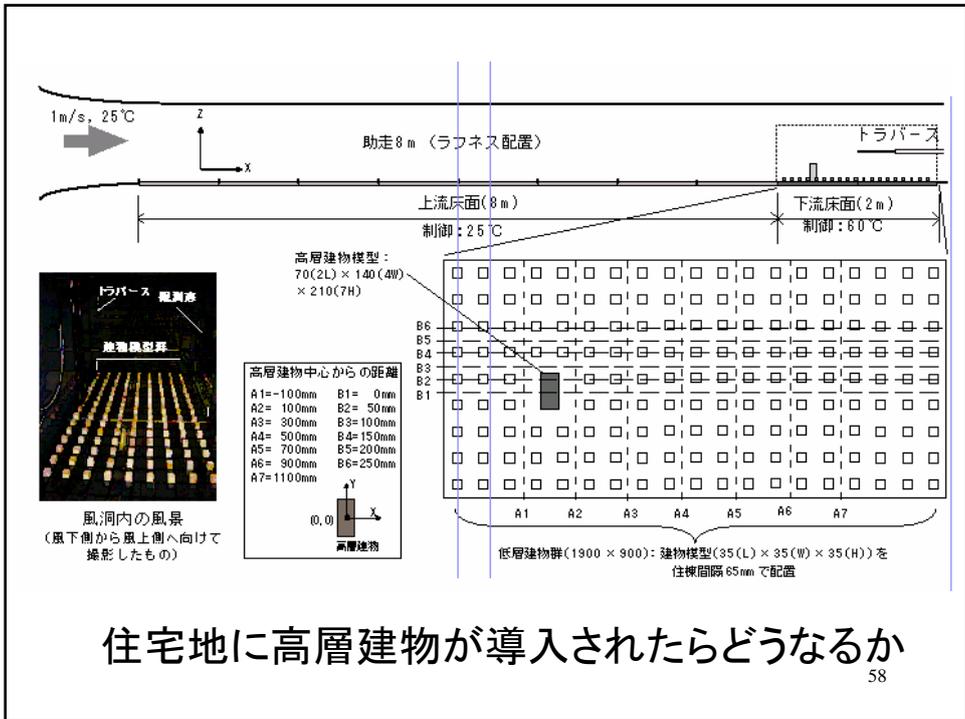
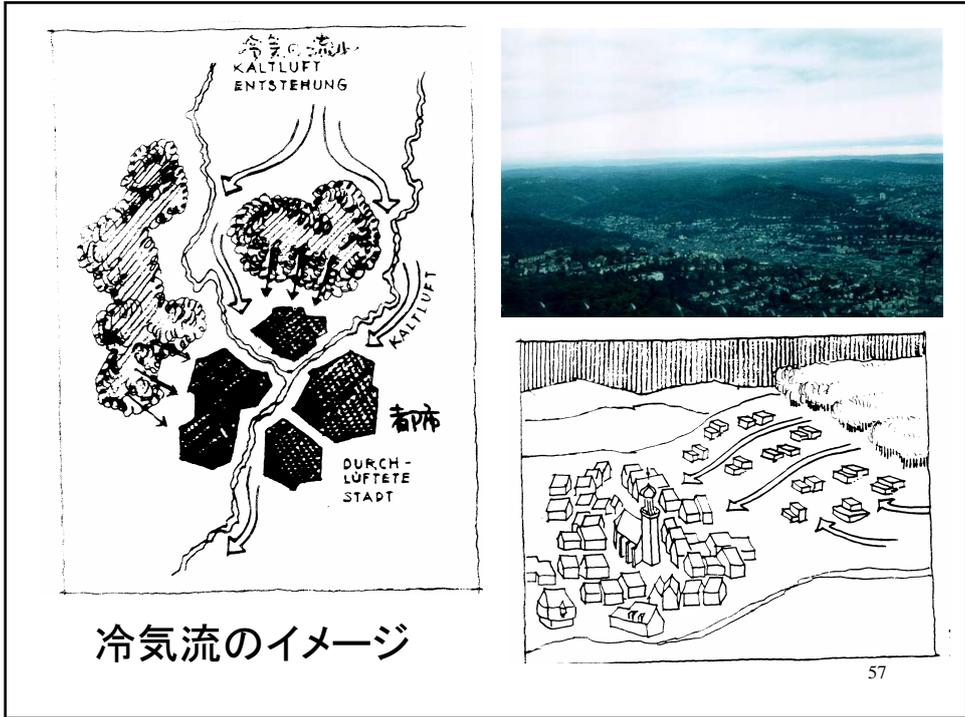
方向或いは表面構造の性質やその幅から地表付近の大气運搬に優先される土地。風の通り道ないし換気路と称される。

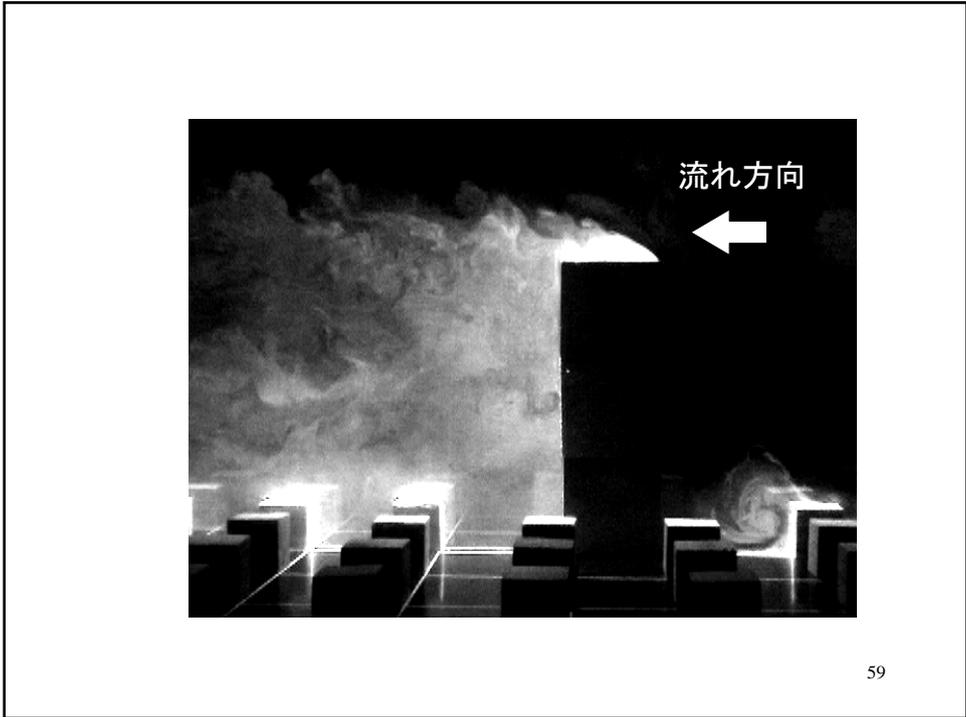
風の誘導路、風を誘導する道と翻訳

55

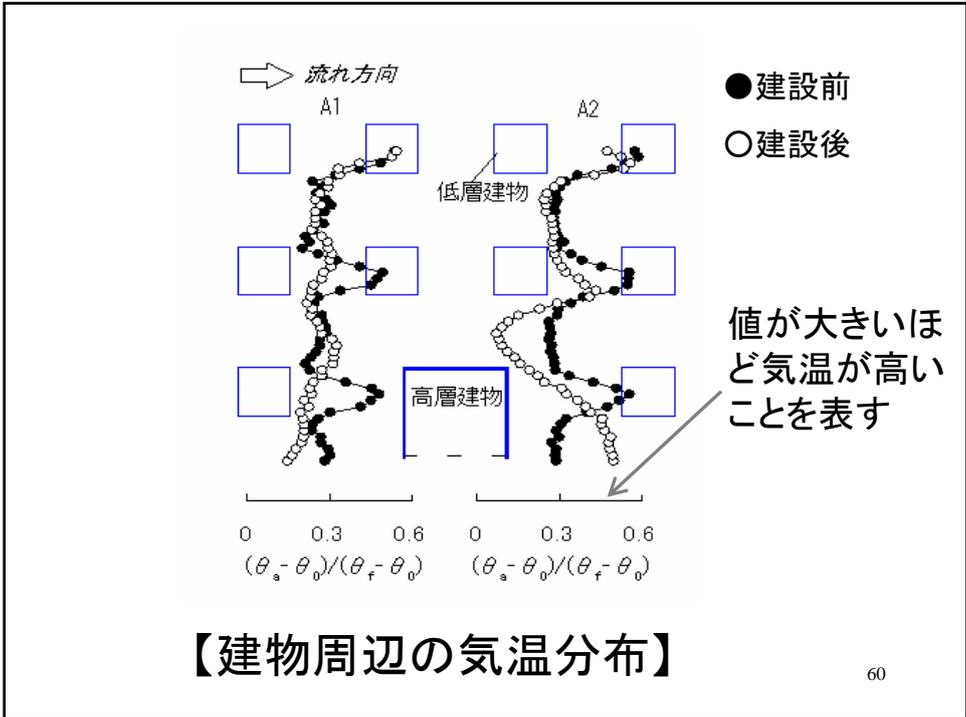


56

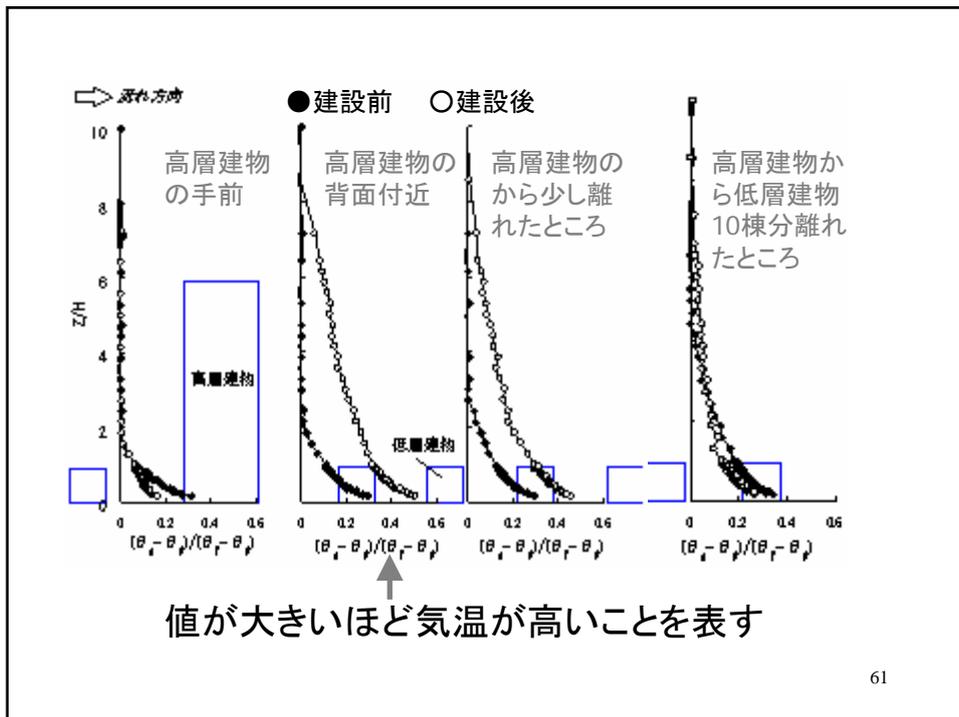




59

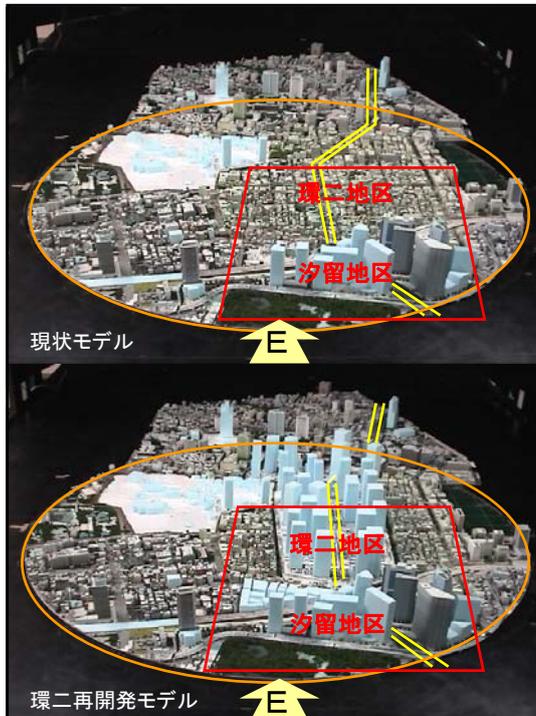


60





汐留・環状二号線新橋周辺再開発地域



風洞実験による風環境調査

(尾島俊雄研究室と共同)

調査エリア：
港区 汐留・環状二号線新橋周辺
(都市再生緊急整備地域)

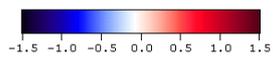
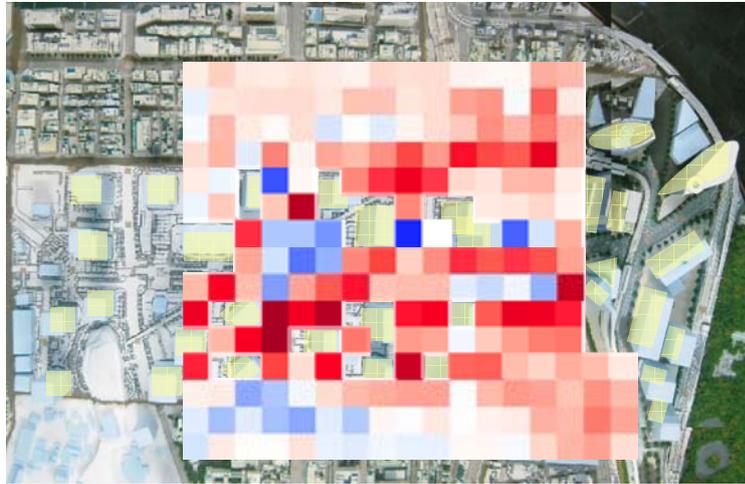
各モデルの想定年時と都市形態

	想定年時	再開発	
		汐留地区	環二地区
過去モデル	1995年	なし	なし
現状モデル	2005年	あり	なし
環二再開発モデル	2025年	あり	あり

相対的な風速の増加

結果の分析

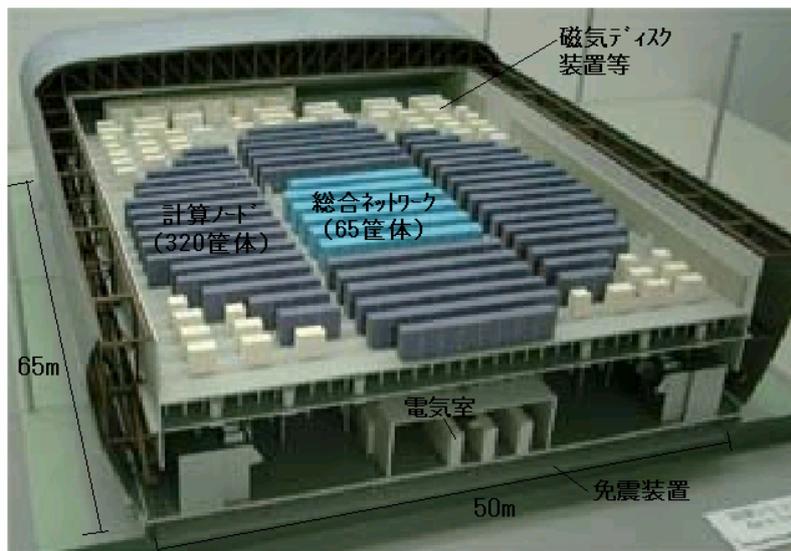
現状・環二再開発モデルの比較



- 風速の増加した所
- 風速の減少した所

現状モデルと環二再開発モデルの風速(スカラー量)比較

65



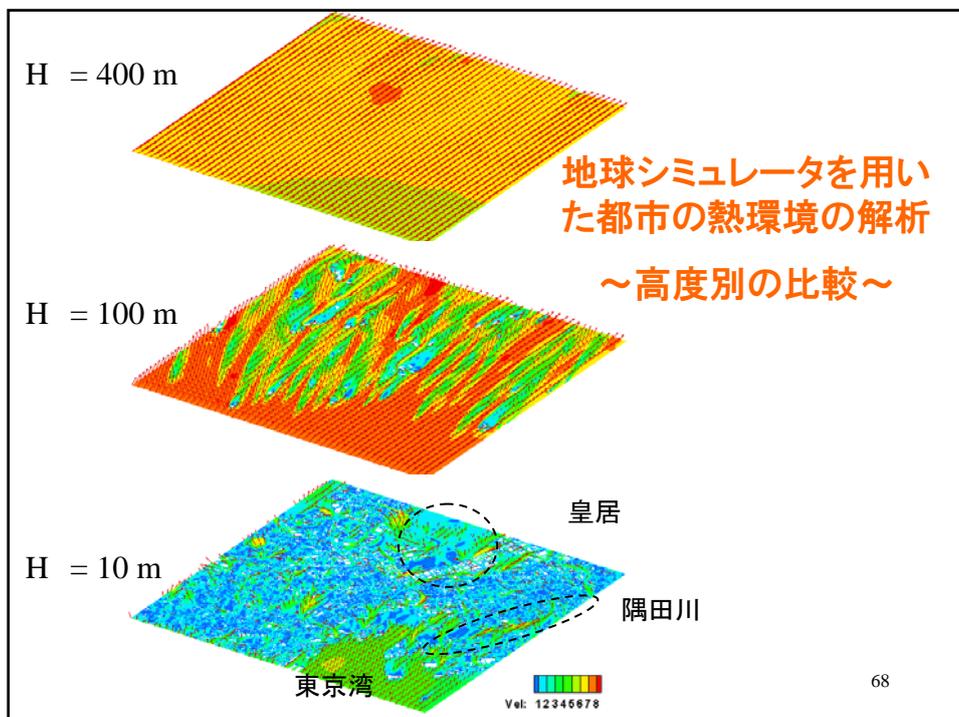
地球シミュレータ

66

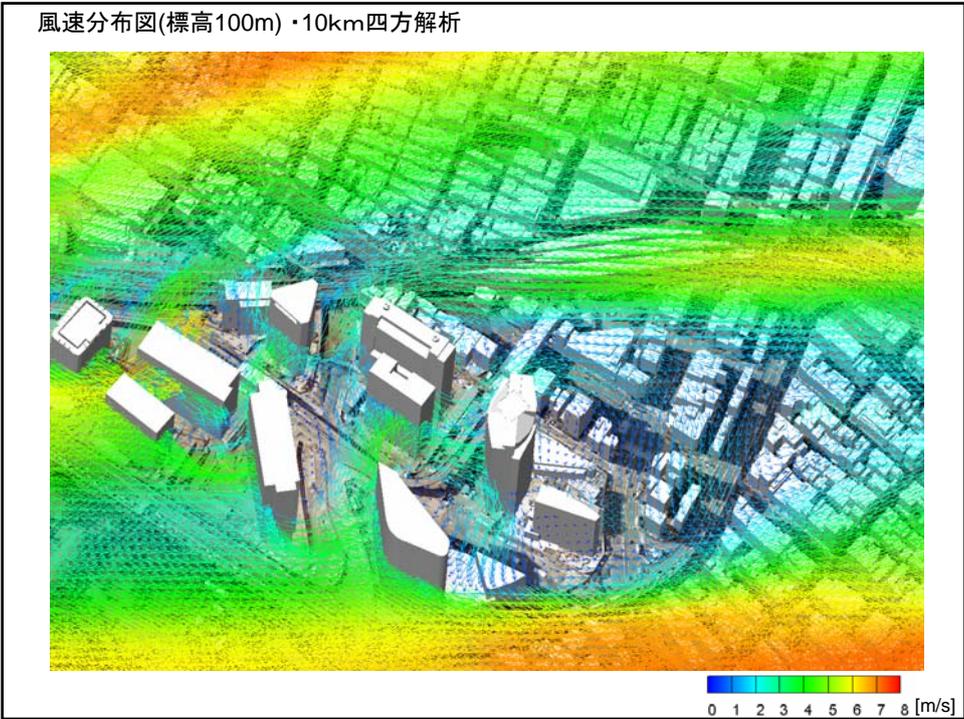
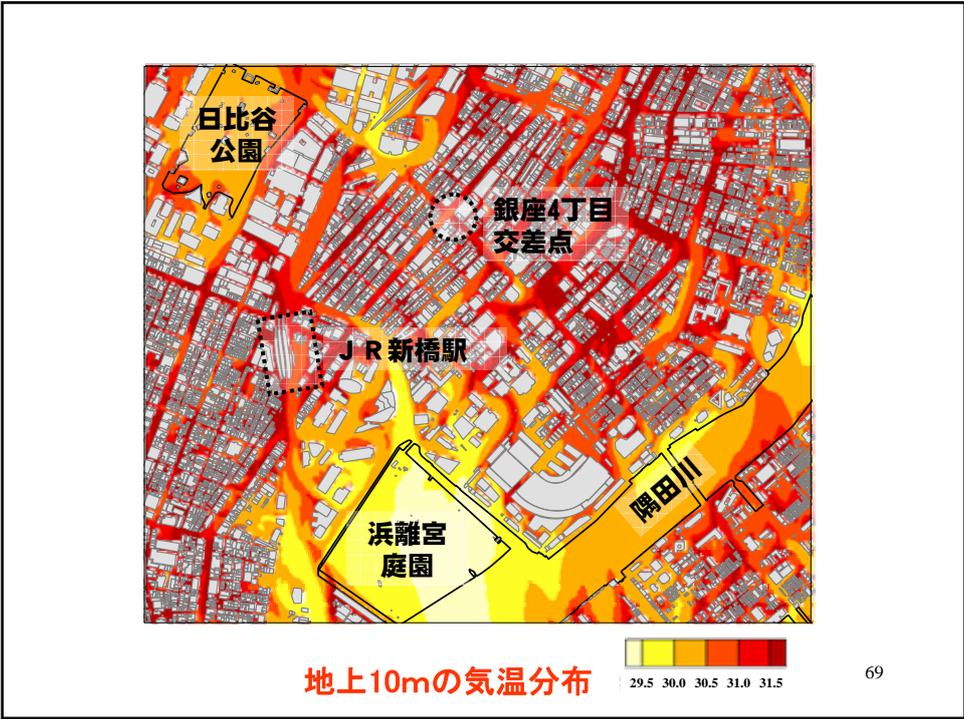
コンピュータ	年	演算速度 (MFLOPS)	記憶容量 (WはWordを表す)
ENIAC	1946	3.3×10^{-4}	20W
CDC6600	1964	1.0	32kW
CDC7600	1968	4.0	65kW
CRAY-1	1976	160.0	8MB
VPP800	1998	1.0×10^6	2×10^6 MB
SX-5	1998	1.0×10^6	1×10^6 MB
SR8000	1998	1.0×10^6	1×10^6 MB
地球シミュレータ	2001	40.0×10^6	10×10^6 MB
BlueGene/L	2006	280.6×10^6	

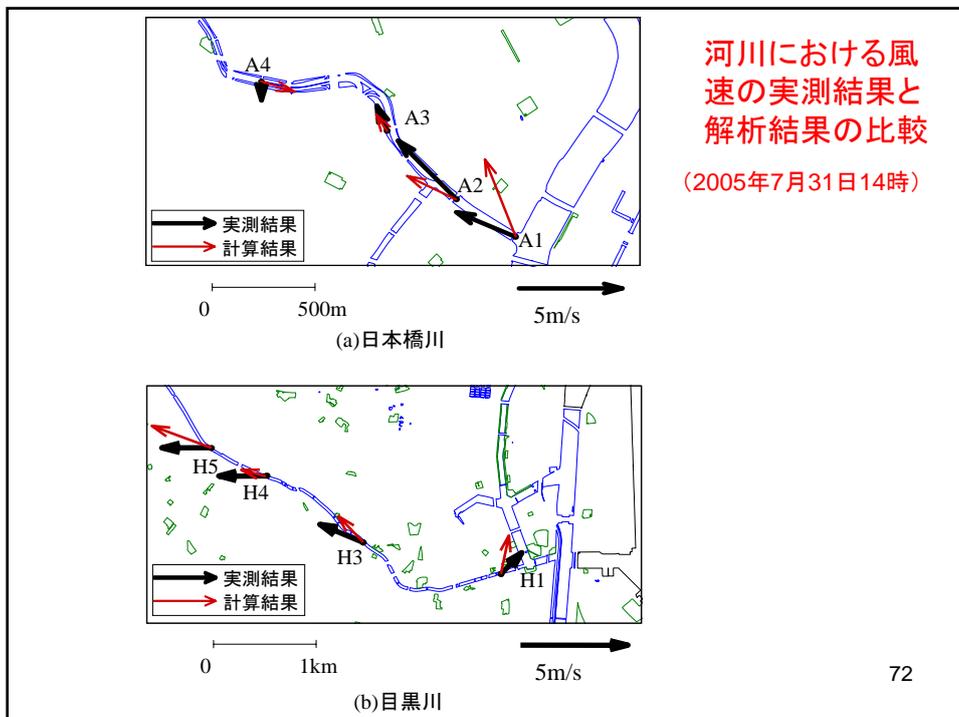
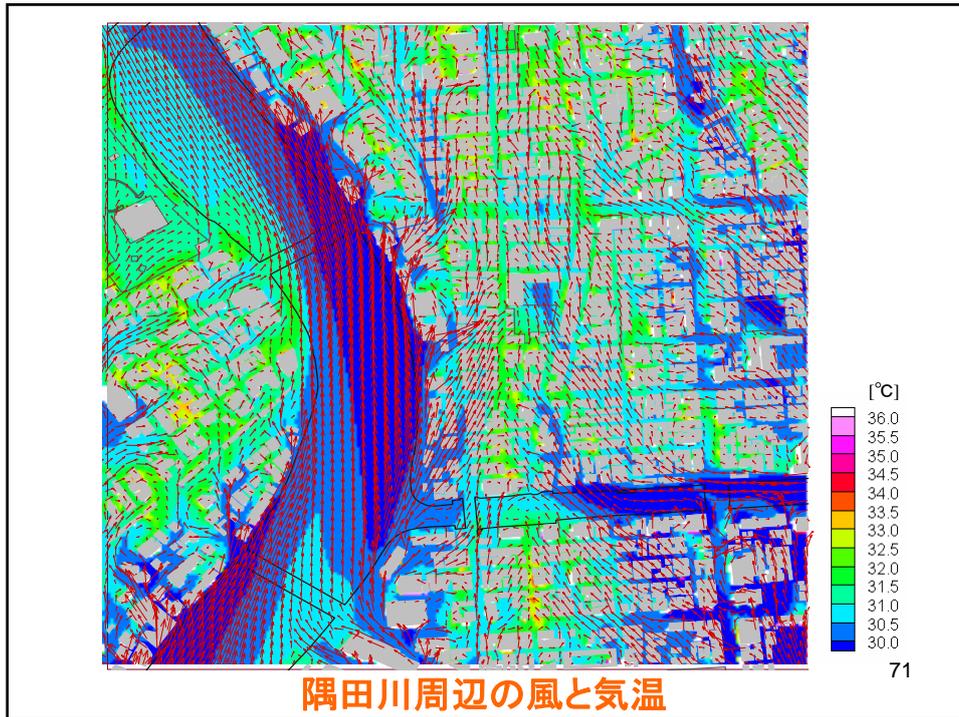
コンピュータの発達

67



68





Urban agglomeration	Population (in millions)				Growth rate (percentage)	
	1975	1999	2000	2015	1975-2000	2000-2015
1 Tokyo	19.8	26.4	26.4	26.4	1.2	0.0
2 Mexico City.....	11.2	17.9	18.1	19.2	1.9	0.4
3 Bombay.....	6.9	17.5	18.1	26.1	3.9	2.4
4 São Paulo.....	10.0	17.5	17.8	20.4	2.3	0.9
5 New York.....	15.9	16.6	16.6	17.4	0.2	0.3
6 Los Angeles.....	8.9	13.0	13.1	14.1	1.5	0.5
7 Shanghai.....	11.4	12.9	12.9	14.6	0.5	0.8
8 Lagos.....	3.3	12.8	13.4	23.2	5.6	3.7
9 Calcutta	7.9	12.7	12.9	17.3	2.0	1.9
10 Buenos Aires	9.1	12.4	12.6	14.1	1.3	0.7
11 Dhaka	2.2	11.7	12.3	21.1	6.9	3.6
12 Karachi.....	4.0	11.4	11.8	19.2	4.3	3.2
13 Delhi.....	4.4	11.3	11.7	16.8	3.9	2.4
14 Osaka.....	9.8	11.0	11.0	11.0	0.4	0.0
15 Beijing.....	8.5	10.8	10.8	12.3	0.9	0.9
16 Jakarta.....	4.8	10.6	11.0	17.3	3.3	3.0
17 Metro Manila.....	5.0	10.5	10.9	14.8	3.1	2.1
18 Rio de Janeiro.....	7.9	10.5	10.6	11.9	1.2	0.8
19 Cairo.....	6.1	10.3	10.6	13.8	2.2	1.7

世界のメガストラクチャー(国連HABITAT)

73

ソウル市の大規模な清溪川復元事業

- ☞過去には都市内河川(延長約11km)
- ☞1960年代には覆蓋道路工事
(約6kmの高架道路完成)
- ☞工事の長さ: 約6km
- ☞工事の期間: 2003. 7. 1 – 2005. 9.30
- ☞都市内の大規模清流・親水空間・高価値
ビオトープとして復活させようという
市民の動き
- ☞ソウル市政府は今回高架道路の約6km に渡る
撤去と大規模な清流の復元事業を決定

74

清溪川復元前後の様子- Kyanggyo付近



復元 前



復元 後

75

清溪川復元前後の様子- Seongdong区役所



復元 前



復元 後

76



77



78



79



生活の質(QOL)
は経済効率に優
先するか

本来の姿を失った都市河川(日本橋川)

(美しい景観を創る会HPから)

80

総括

- ・ヒートアイランド現象の実態、原因・影響について説明を行い、関連する研究トピックをいくつか紹介した。
- ・近年は国、自治体による対策の取り組みが見られるが、それに加えて個々の建物における対策がどうしても必要である。
- ・都市生活の質を向上させることがヒートアイランド対策の本来の目的。両者を結びつける都市計画の進展に期待したい。

81