

クレジット:

UTokyo Online Education 学術俯瞰講義 2017 大岡龍三

ライセンス:

利用者は、本講義資料を、教育的な目的に限ってページ単位で利用することができます。特に記載のない限り、本講義資料はページ単位でクリエイティブ・コモンズ 表示-非営利-改変禁止 ライセンスの下に提供されています。

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

本講義資料内には、東京大学が第三者より許諾を得て利用している画像等や、各種ライセンスによって提供されている画像等が含まれています。個々の画像等を本講義資料から切り離して利用することはできません。個々の画像等の利用については、それぞれの権利者の定めるところに従ってください。

気候変化と建築とエネルギー

Influence of Climate Change, Building, and Energy

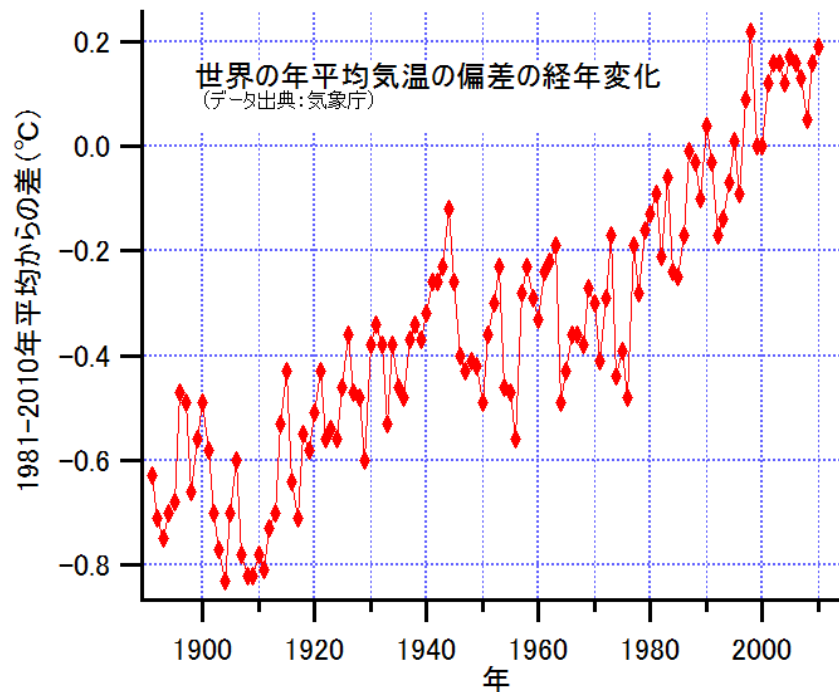
東京大学生産技術研究所
大岡 龍三



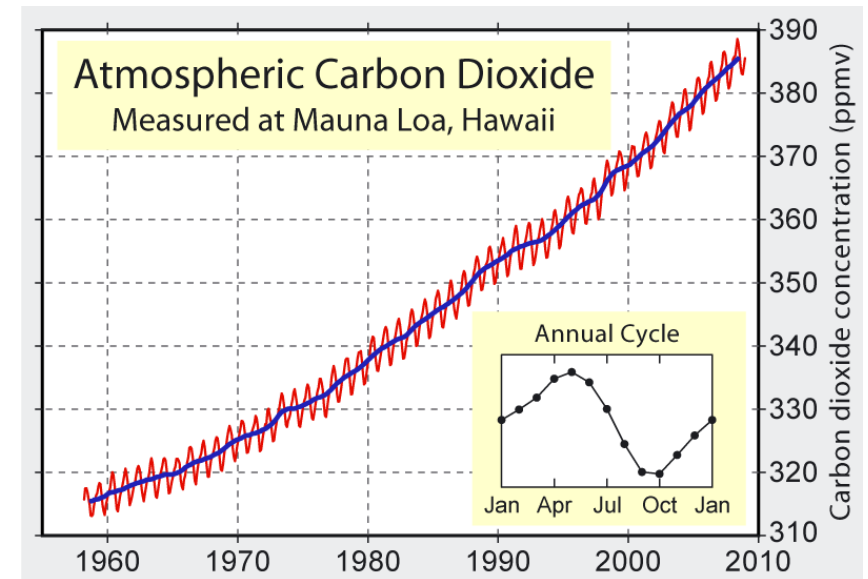
2017年4月27日

2017年Sセメスター学術俯瞰講義「地球と社会の未来を拓く」

気候変動(地球温暖化)

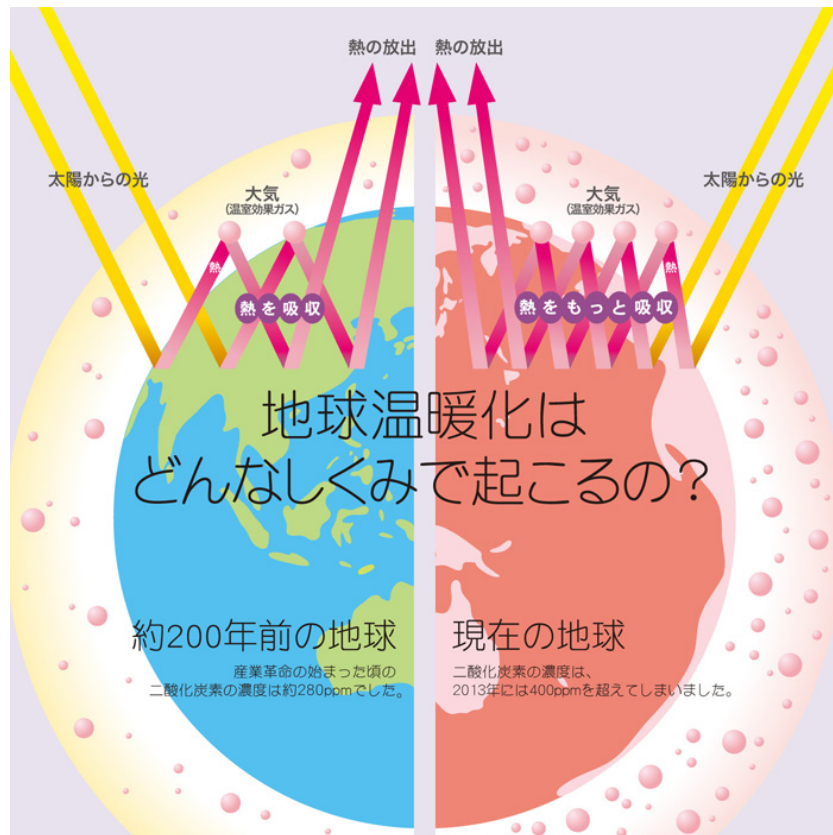


(出典) Photo by S-kei, from Wikipedia
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:GlobalMeanTemperatureChangeSince1891-JP.png#/media/File:GlobalMeanTemperatureChangeSince1891-JP.png>
CC0 1.0
(最終閲覧日: 2017年5月10日)



(出典) Photo by Nils Simon, from Wikimedia Commons
CC-BY 3.0

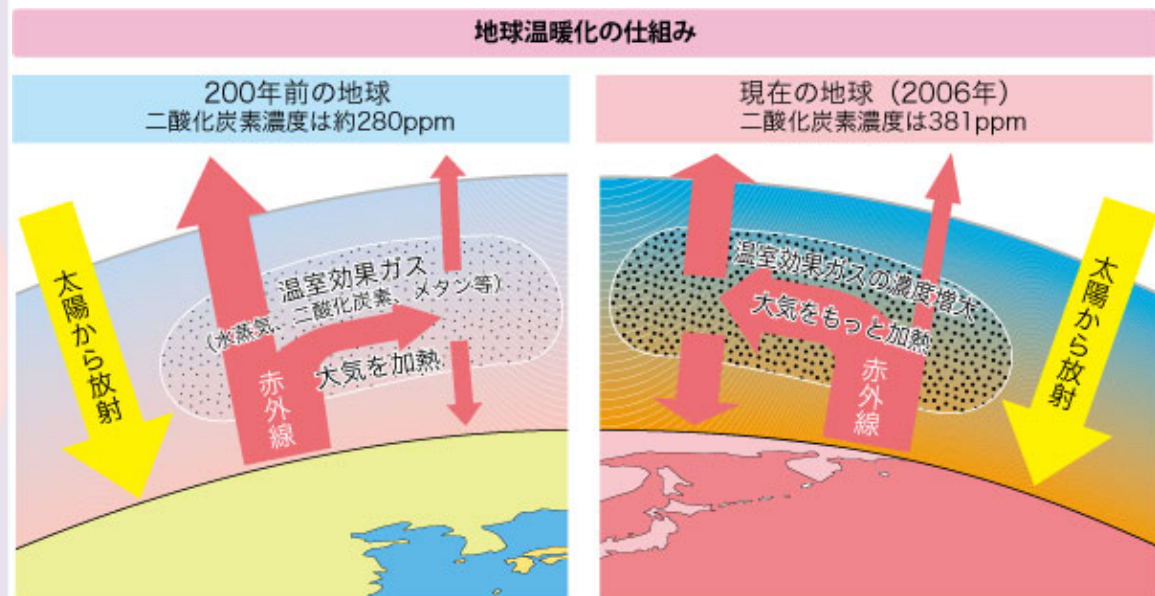
地球温暖化のメカニズム



(出典) 全国地球温暖化防止活動推進センターすぐ使える図表集: 温室効果ガスと地球温暖化メカニズム

http://www.jccca.org/chart/chart01_01.html

(最終閲覧日: 2017年5月10日)



資料: 気象庁資料を基に農林水産省で作成

(出典) 農林水産省 <http://www.maff.go.jp/>

平成19年度 食料・農業・農村白書 (平成20年5月16日公表)

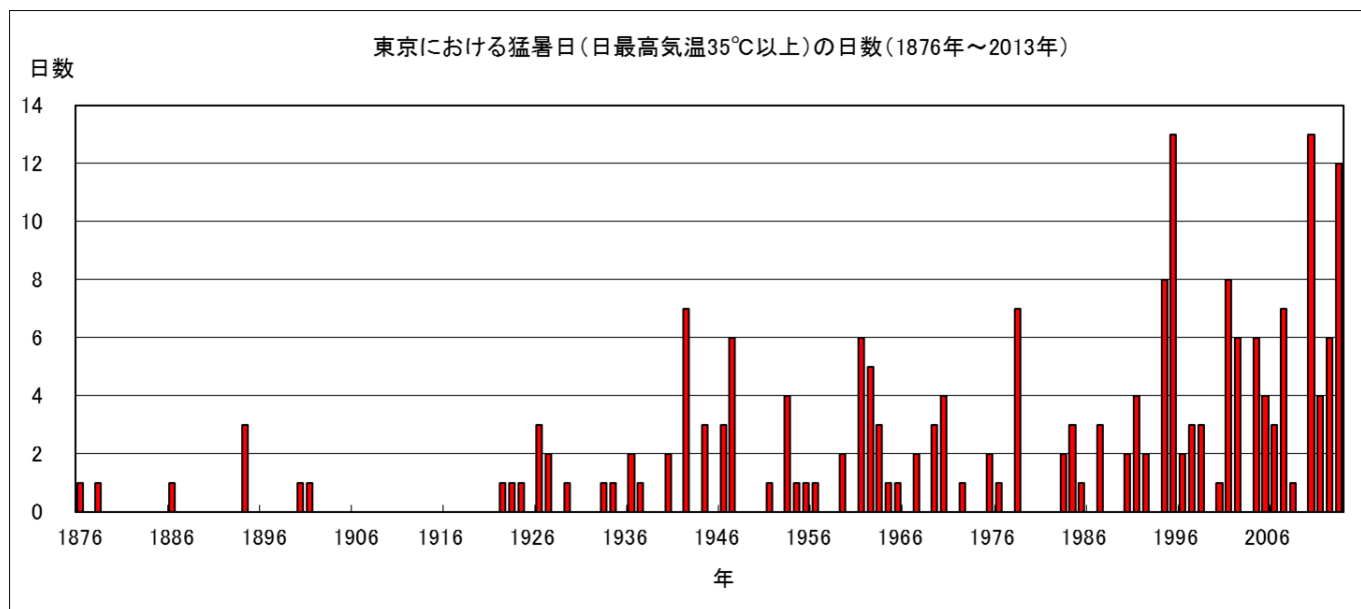
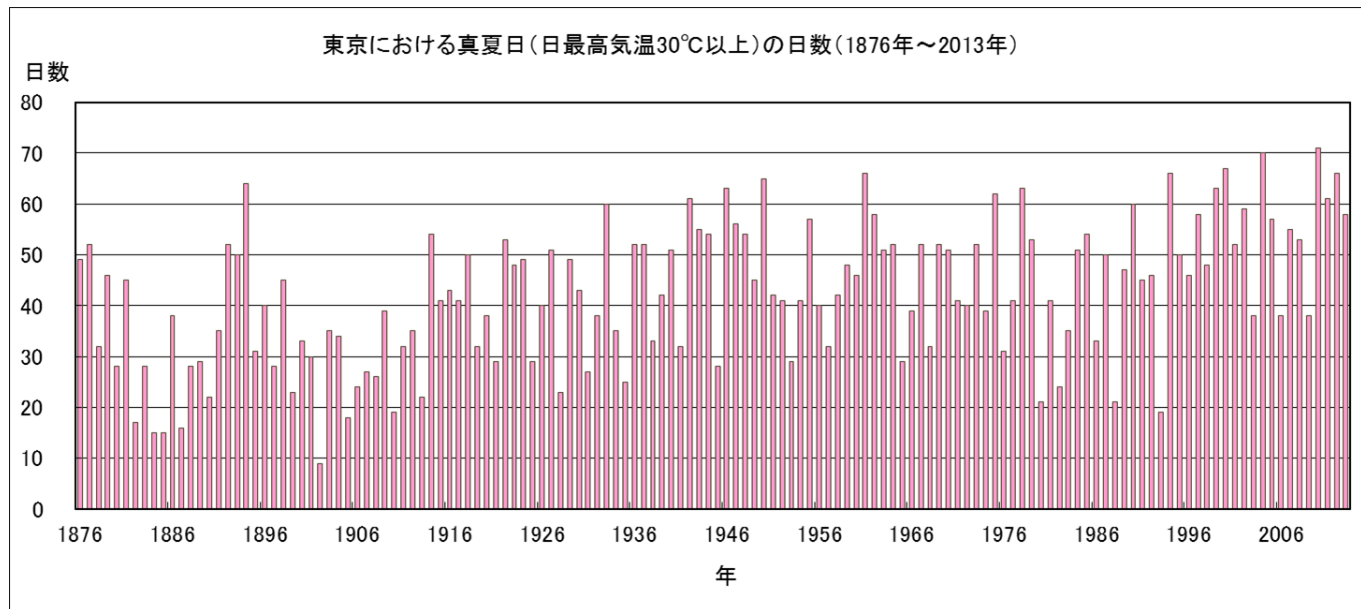
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h19/index.html

(1) 地球温暖化対策の加速化 ア 地球温暖化による食料生産への影響

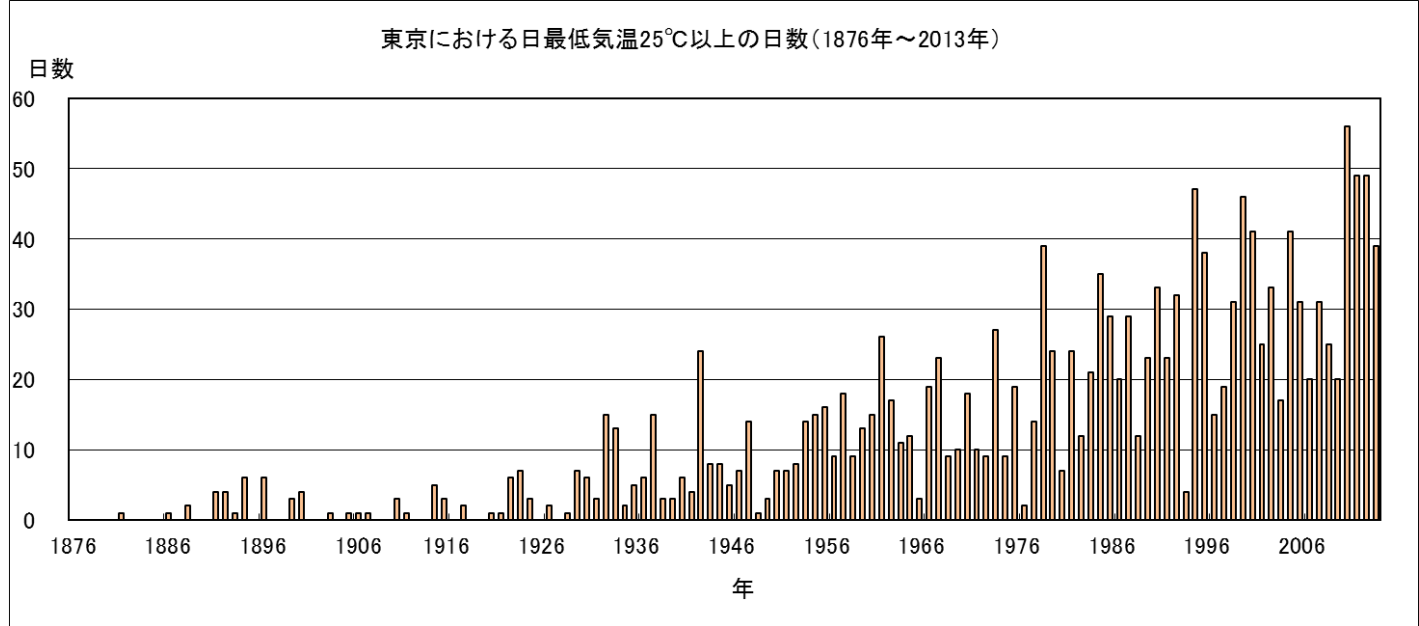
http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h19_h/trend/1/t1_1_2_01.html

図1-34 地球温暖化の仕組み

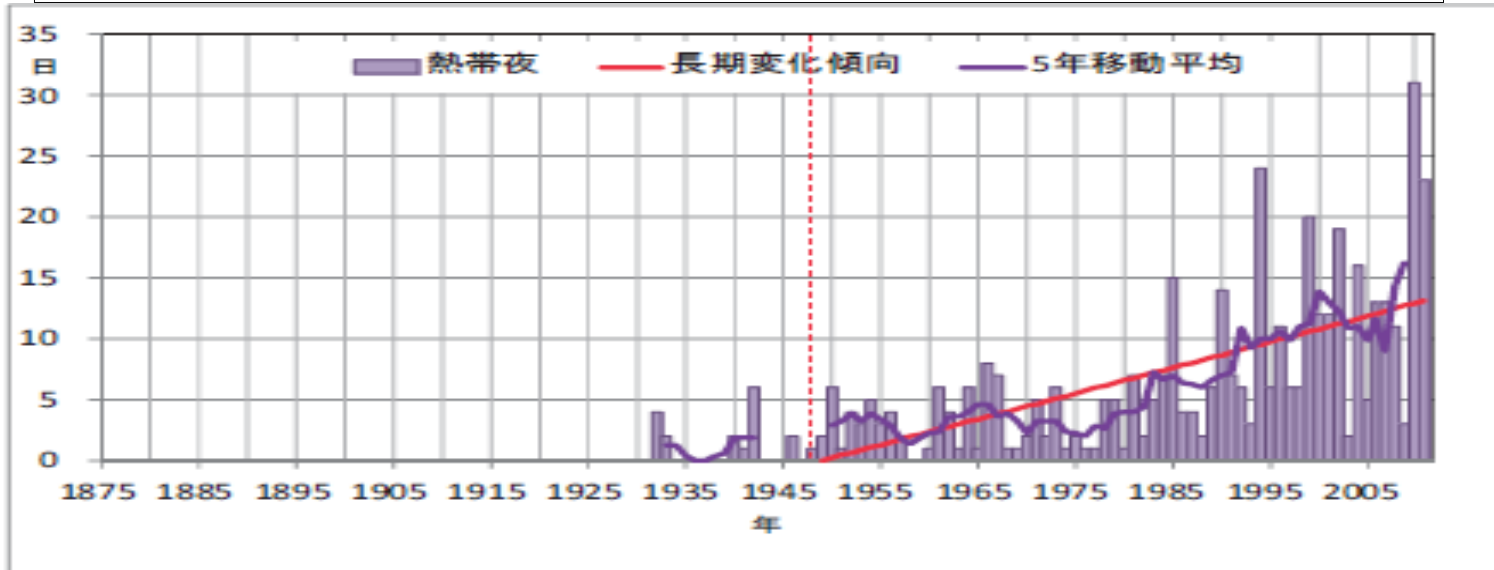
(最終閲覧日: 2017年5月10日)



(出典) 東京管区気象台 <http://www.jma-net.go.jp/tokyo/>
 東京における雷日数や真夏日等の日数の変化
http://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/tokyo/kikou/t_ts/t_ts.html
 (最終閲覧日: 2017年5月10日)



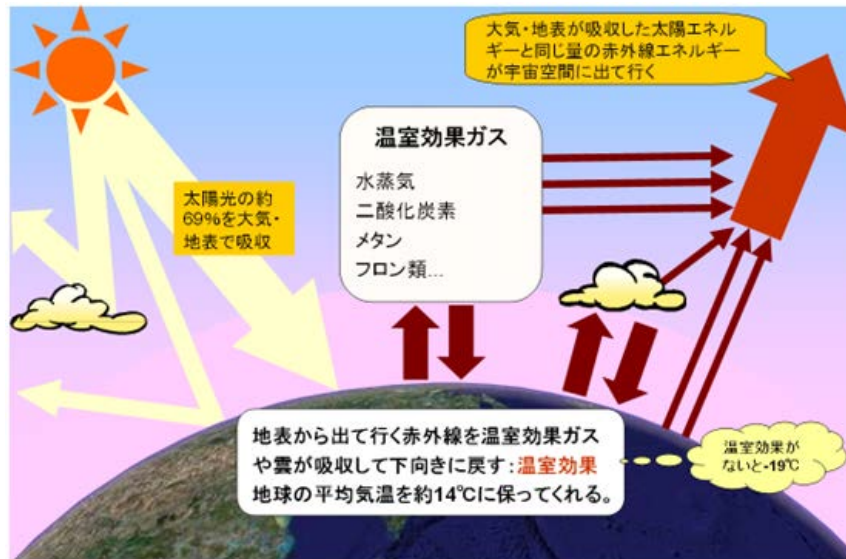
(出典)東京管区气象台
<http://www.jma-net.go.jp/tokyo/>
 東京における雷日数や真夏日等の日数の変化
http://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/tokyo/kikou/t_ts/t_ts.html
 (最終閲覧日:2017年5月10日)



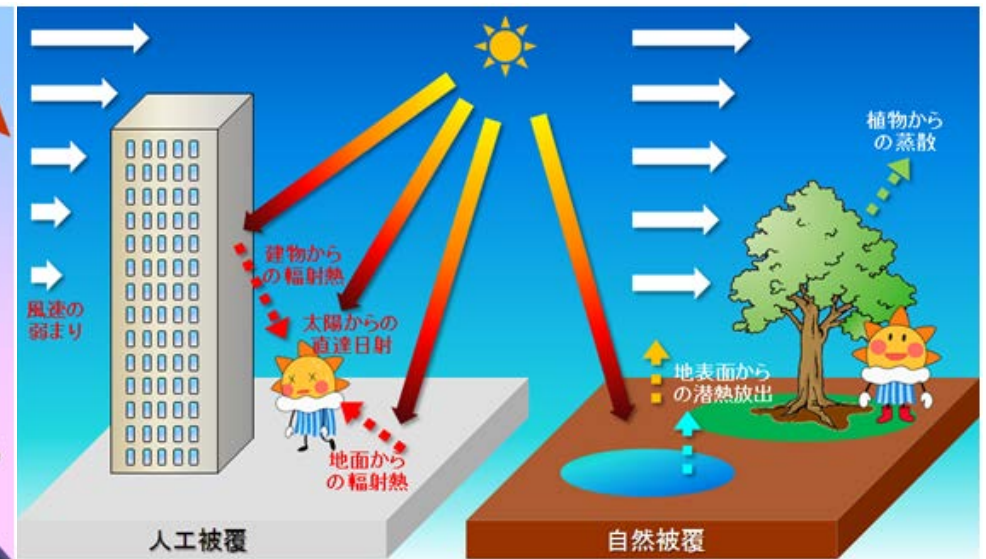
福井市の例

(出典)東京管区气象台 <http://www.jma-net.go.jp/tokyo/>
 気候変化レポート 2015 ー関東甲信・北陸・東海地方ー
https://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/kikouhenka/index.html
 福井地方气象台(福井市)における長期変化
https://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/kikouhenka/data/47616.html
 福井地方气象台(福井市)における気温日数の長期変化

地球温暖化とヒートアイランドの違い



地球温暖化のメカニズム



ヒートアイランドのメカニズム

(出典)

気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

知識・解説 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menuknowledge.html>

ヒートアイランド現象

ヒートアイランド現象と地球温暖化は違うのですか？

http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/himr_faq/03/qa.html

図1 ヒートアイランド現象の仕組みの概念図

図2 地球温暖化の仕組みの概念図

(最終閲覧日: 2017年5月10日)

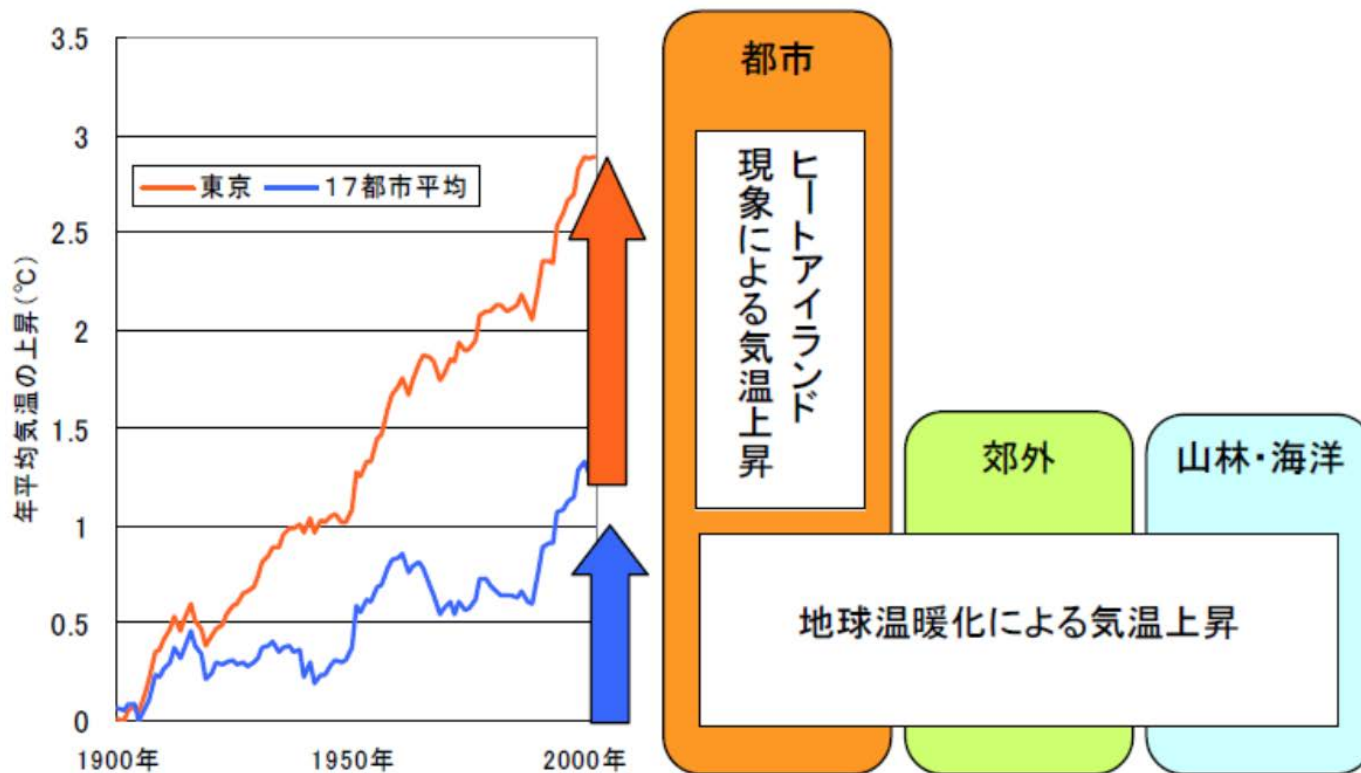


図2-1 ヒートアイランド現象と地球温暖化の関係

*) 17都市とは、日本の年平均気温を算出するのに用いられる地点(網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、長野、水戸、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬、石垣島)

(出典)環境省 <http://www.env.go.jp/index.html>
 平成15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/h16-04/index.html>
 2. 都市における気温上昇による環境影響項目の抽出
<http://www.env.go.jp/air/report/h16-04/chpt02.pdf>
 図2-1 ヒートアイランド現象と地球温暖化の関係
 (最終閲覧日:2017年5月10日)

Climate Change 2013: The Physical Science Basis

Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assessment Report

気候変動に関する新たな科学的知見：IPCC 第5次評価報告書 第1作業部会

木本 昌秀

東京大学大気海洋研究所

LA, Ch 11, IPCC AR5 WG1

© Yann Arthus-Bertrand / Altitude

(出典)IPCC <http://www.ipcc.ch/index.htm>
第1作業部会の報告『気候変動2013 - 自然科学的根拠』
<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> p1

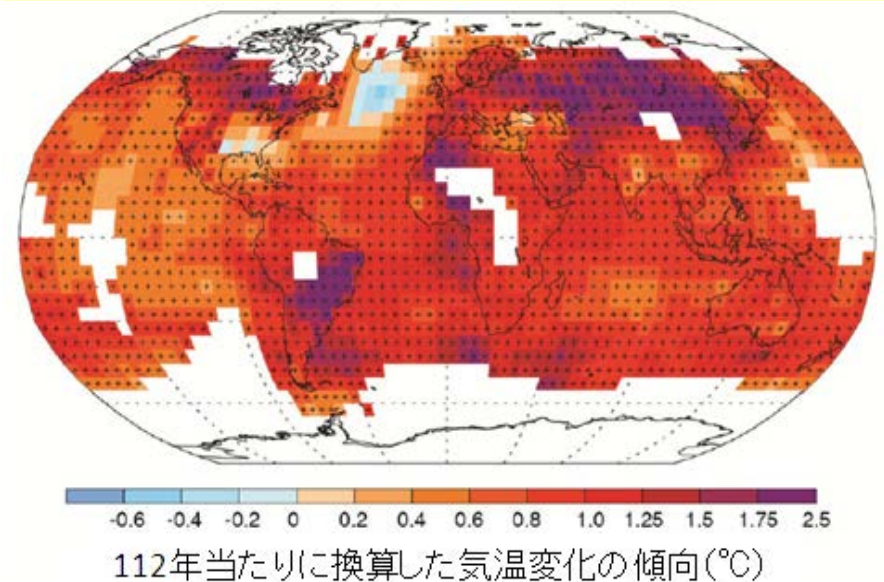
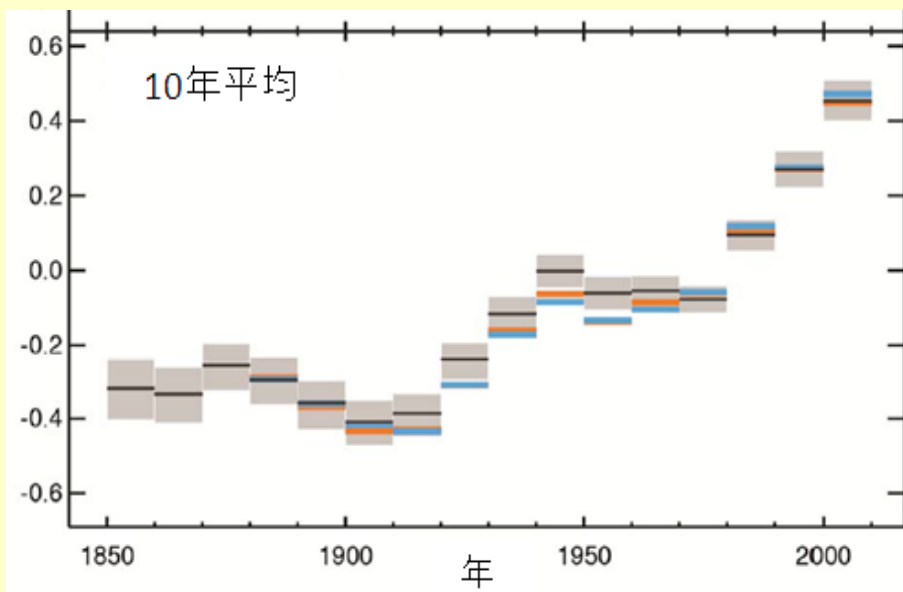
主要な知見

(出典) IPCC <http://www.ipcc.ch/index.htm>
第1作業部会の報告『気候変動2013 - 自然科学的根拠』
<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> p2

気候システムの温暖化には疑う余地がない。

気候システムに対する人間の影響は明白である。

気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の大幅かつ持続的な削減が必要であろう。

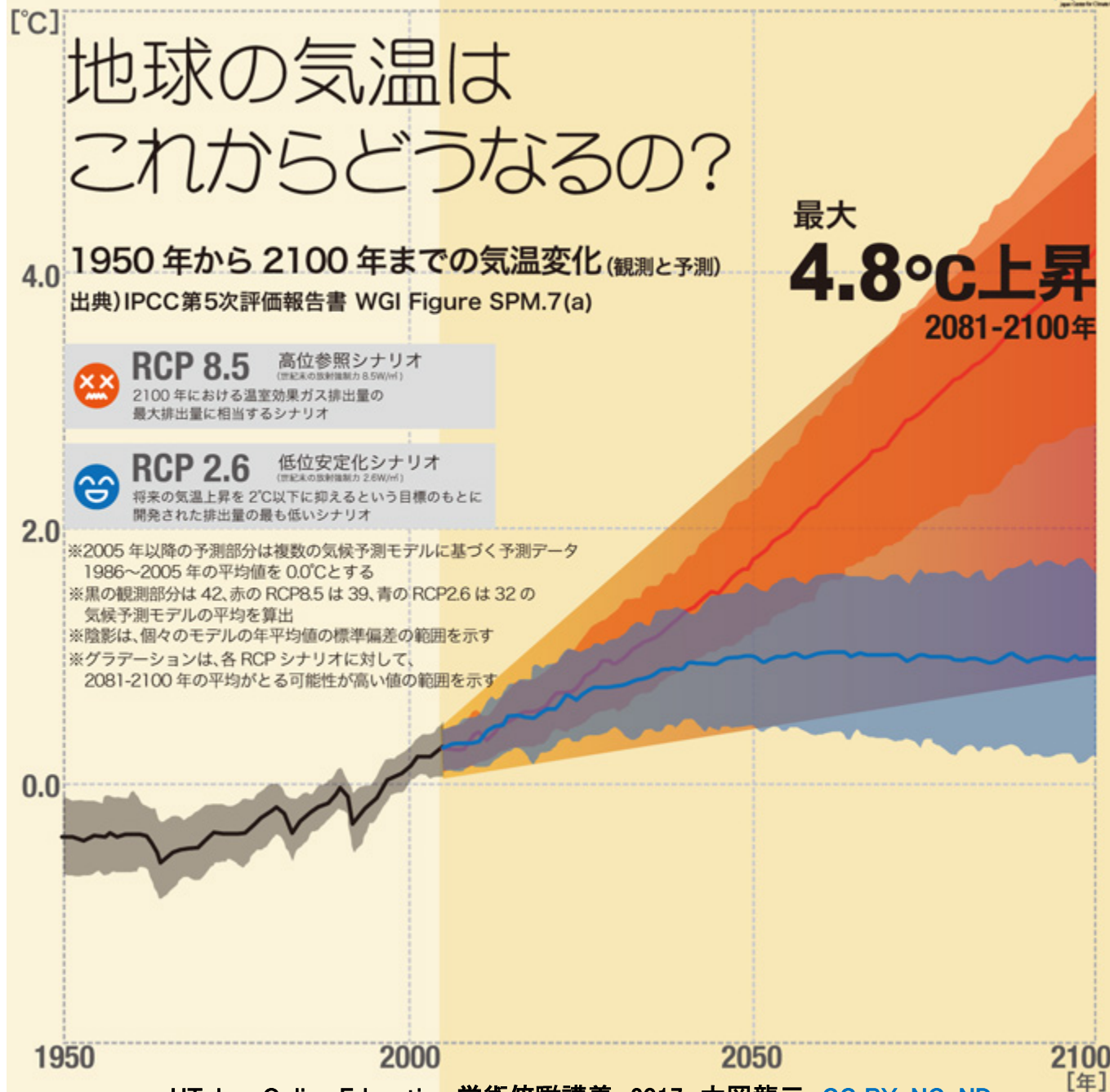


(IPCC 2013, Fig. SPM.1)

気候システムの温暖化には疑う余地がなく、1950年代以降、観測された変化の多くは数十年～数千年間で前例のないものである。

地球の表面では、最近30年の各10年間は、いずれも各々に先立つ1850年以降のすべての10年間を上回って高温であった。

北半球では、1983～2012年は過去1400年において最も高温の30年間であった可能性が高い(中程度の確信度)。



(出典)
全国地球温暖化防止活動推進
センターすぐ使える図表集
<http://www.jccca.org/chart/>
1950~2100年までの気温変化
(観測と予測)
http://jccca.org/chart/chart02_03.html
(最終閲覧日: 2017年5月10日)



(出典)

一般社団法人 日本貿易会「いま地球が危ない！」図：地球温暖化の影響

<http://www.jftc.or.jp/kids/eco-hint/pdf/common/intro.pdf>

(最終閲覧日：2017年5月10日)

保存方程式(輸送方程式)を解く

力(運動量)の保存方程式(ニュートンの運動方程式)

$$ma = m \frac{dv}{dt} = F$$

流体の運動量の保存方程式(流体の運動方程式)

$$\rho \frac{du}{dt} = F = -\frac{dp}{dx} - fv$$

熱(温度)の保存方程式(熱(温度)の輸送方程式)

$$\rho C_p \frac{d\theta}{dt} = Q$$

u, v : 速度 p : 圧力 θ : 温度 ρ : 密度 C_p : 比熱
 m : 質量 F : 力 Q : 発熱量

スーパーコンピュータにより計算可能



提供: 海洋研究開発機構

海洋研究開発機構 横浜研究所



提供: 海洋研究開発機構

地球シミュレータ



理化学研究所 計算科学研究機構

Photo by J o ,from Wikipedia

https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:RIKEN_AICS_20120810-001.jpg#/media/File:RIKEN_AICS_20120810-001.jpg
CC BY-SA 3.0



スーパーコンピュータ: 京

[https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%AC_\(%E3%82%B9%E3%83%BC%E3%83%91%E3%83%BC%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%83%94%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%BF\)#/media/File:K_computer_S0071267.JPG](https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%AC_(%E3%82%B9%E3%83%BC%E3%83%91%E3%83%BC%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%83%94%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%BF)#/media/File:K_computer_S0071267.JPG)

気候変化に対して建築は どのように対応するべきか？

緩和対策 (Mitigation) v.s. 適応対策 (Adaptation)

人間生活環境への問題点

温暖化

エネルギー

大気汚染

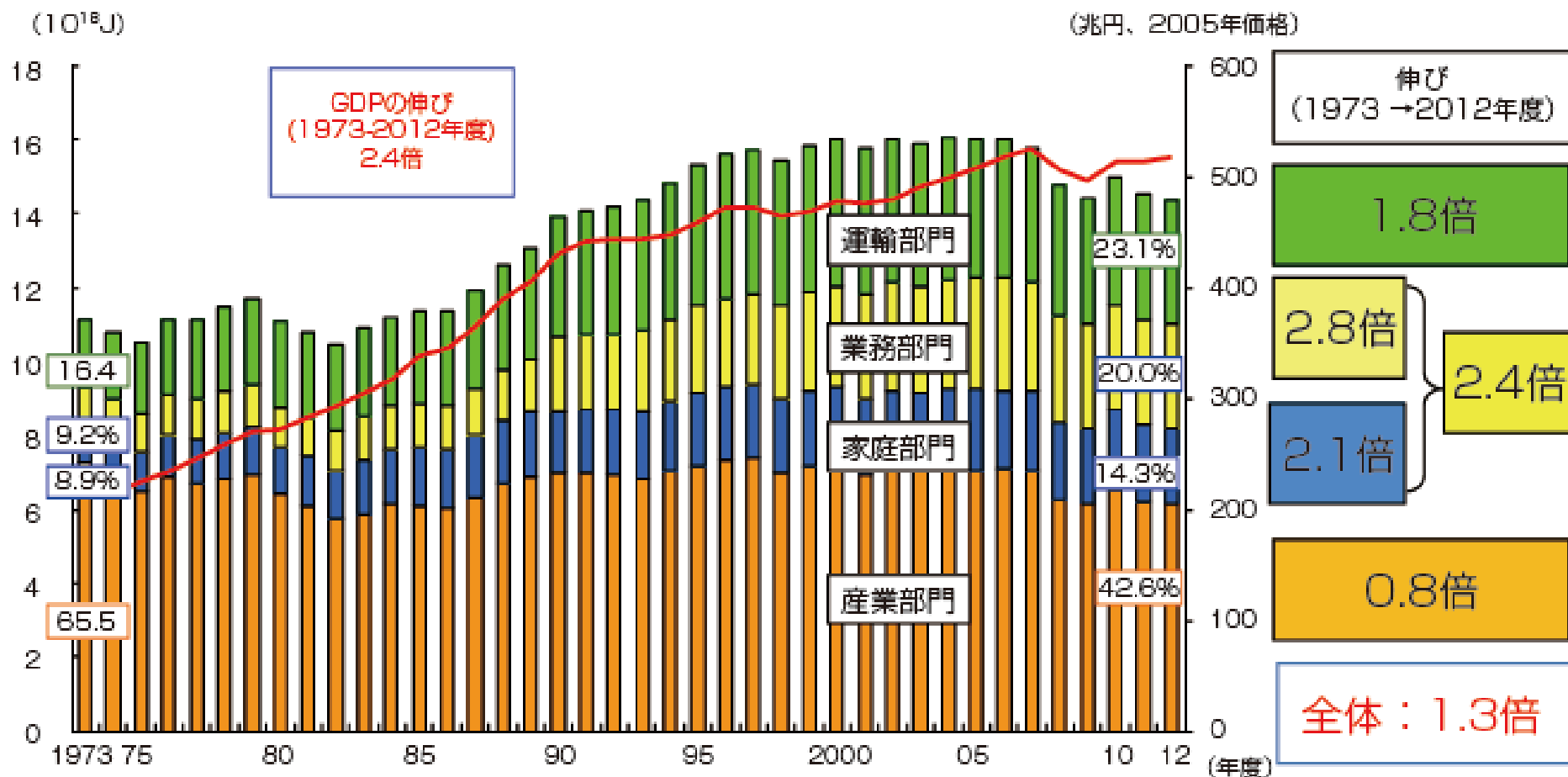
集中豪雨

食料



建築と地球環境問題

(出典)「平成25年度エネルギーに関する年次報告」
<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2014pdf/>
第2部 エネルギー動向 1章国内エネルギー動向
http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2014pdf/whitepaper2014pdf_2_1.pdf
P140【第 211-1-1】最終エネルギー消費と実質 GDP の推移

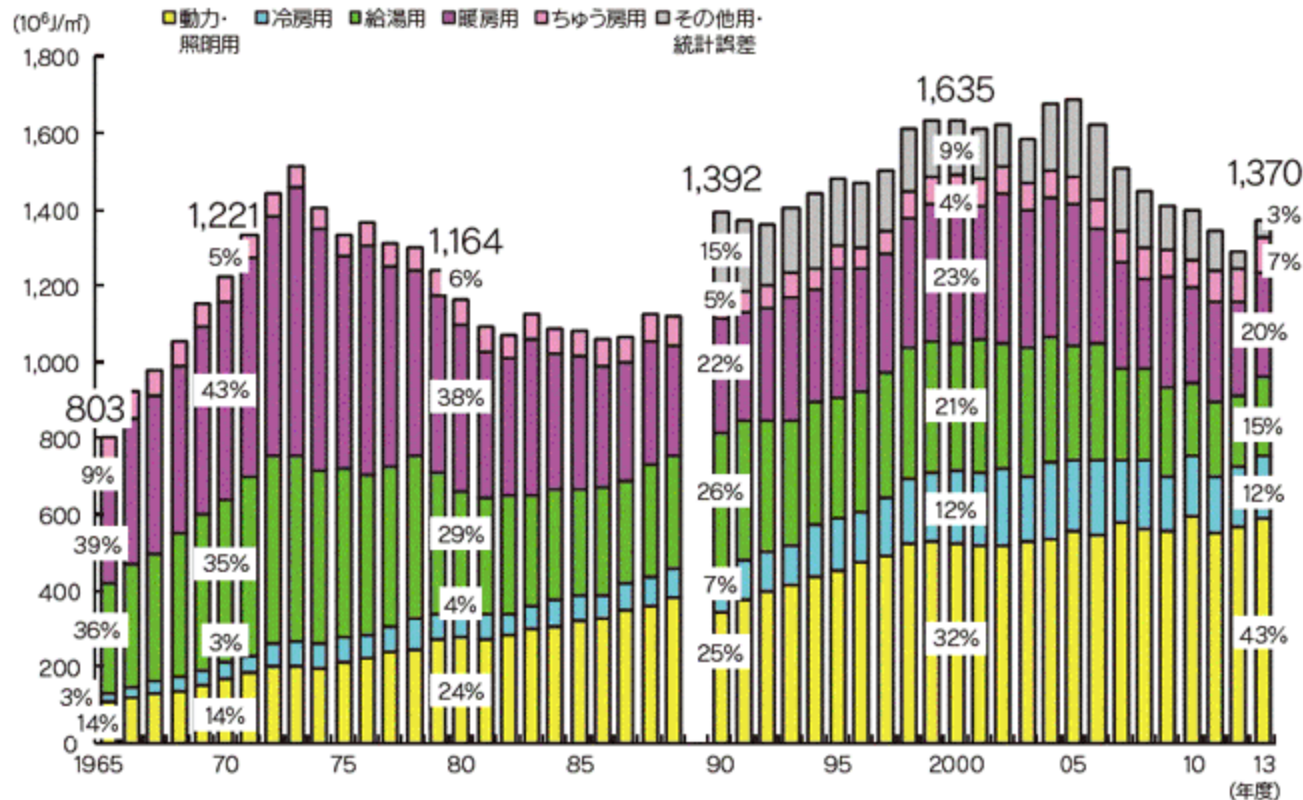


日本におけるエネルギー消費量の変化

建築で利用しているエネルギーは全エネルギーの約3割(業務部門+家庭部門)



建築と地球環境問題



業務他部門エネルギー消費原単位の推移

空調(冷房+暖房)で32%を占める。

(出典)「平成26年度エネルギーに関する年次報告」
<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2015pdf/>
第2部 エネルギー動向 1章国内エネルギー動向
http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2015pdf/whitepaper2015pdf_2_1.pdf
P115【第 212-1-9】業務他部門エネルギー消費原単位の推移



気候に適応した建築



Photo by Steve L. Martin, from Wikipedia
<https://de.wikipedia.org/wiki/Lauf%C3%A1s#/media/File:Laufaufas.jpg> CC BY 2.0



Photo by Andreas Gruschke, from Wikipedia
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%BB%84%E5%9C%9F%E9%AB%98%E5%8E%9F#/media/File:Loesswohngen_Yulin.jpg CC BY-SA 2.0 DE



<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A4%E3%82%B0%E3%83%AB%E3%83%BC#/media/File:Igloo.jpg>



Photo by Simm, from Wikipedia
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AE%E3%83%A%E3%82%B7%E3%83%A3#/media/File:la_Santorini-2009-1.JPG CC BY-SA 3.0



Photo by Fabienkhan, from Wikipedia
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A4%E3%82%BA%E3%83%89#/media/File:Yazd_from_ChaqMaq.jpg CC BY-SA 2.5



[https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B2%E3%83%AB_\(%E5%AE%B6%E5%B1%8B\)#/media/File:Mongolia_Ger.jpg](https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B2%E3%83%AB_(%E5%AE%B6%E5%B1%8B)#/media/File:Mongolia_Ger.jpg)



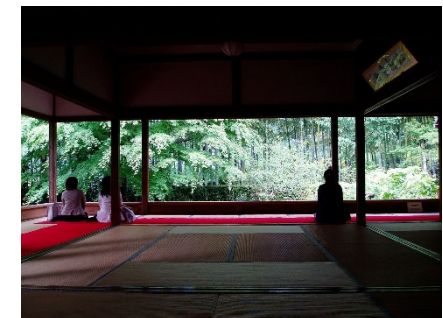
Photo by Peter Ruckstuhl, from Wikipedia
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%88%E3%83%A9%E3%82%B8%E3%83%A3%E6%97%8F#/media/File:Tana_Toraja.jpg CC BY-SA 3.0



Photo by Merbabu, from Wikipedia
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B4%E4%B8%8A%E7%94%9F%E6%B4%BB%E8%80%85#/media/File:RIAU_WEB.jpg CC BY-SA 3.0



土木学会附属土木図書館
 伊藤清忠 景観デザイン・フォトライブラリー



https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%92%8C%E5%AE%A4#/media/File:%E5%AE%9D%E6%B3%89%E9%99%A2_02.JPG



1. 研究背景・目的・手法
2. GCMの力学的ダウンスケーリング
3. バイアス補正による将来気象データの試作
4. 近未来気象データを用いた建築熱負荷計算
5. まとめと課題

1. 研究背景・目的・手法

■ 研究背景

建築設計では、建築熱負荷計算により省エネ性や居住性が評価されます

建築熱負荷計算には気象データが必要です

現在使用されている気象データは過去と現在の観測値に基づくため、過去と現在の気候に適応した建築が設計される

しかし現在気候変動が進行している

21世紀末には世界平均地上気温は1.5℃上昇

将来の気候において快適な居住性を維持(適応策)し、
建築のライフサイクルにわたる省エネ(緩和策)を実現するには

現在と将来の気候に適した建築設計が必要

■ 研究目的

建築熱負荷計算のための将来気象データの作成

■ 本論内容

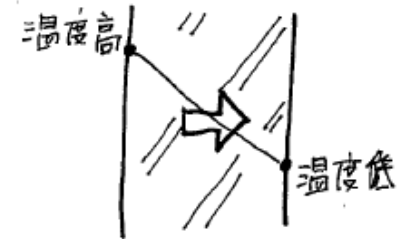
- ・ 将来気象データ作成の新しい手法を提示し将来気象データを試作
- ・ 将来の建築熱負荷計算を行い、気候変動の建築熱負荷への影響評価、既往の手法との比較



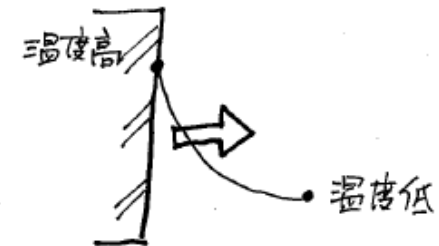
著作権等の都合により、
ここに挿入されていた画像を削除しました。

有限会社イカラシホーム
家造りコンセプト高性能住宅について
「住宅の熱収支」

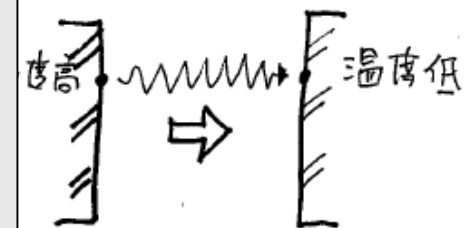
<http://www.ikarashi-home.com/concept.html>



熱伝導



対流



放射

1. 研究背景・目的・手法

■現在の建築熱負荷計算のための気象データについて

- ・観測データを基に作成
- ・気温、湿度、日射など各気象要素の時系列データ

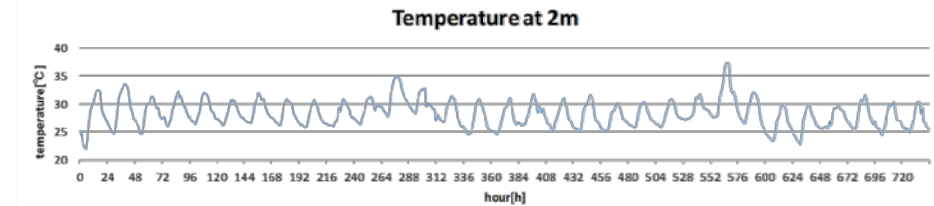


図 1ヶ月間の気温の時系列データ

建築熱負荷計算のための気象データは3種類

①数十年間の気象データセット

数十年間分の気象データ

- ▶ 数十年間の熱負荷計算によりライフサイクルにわたるエネルギー消費量を算定

②標準気象データ(Standard Weather Data)

数十年間を代表する1年間の気象データ

- ▶ 標準的な一年間の熱負荷計算により年間のエネルギー消費量を算定

③設計用気象データ(Design Weather Data)

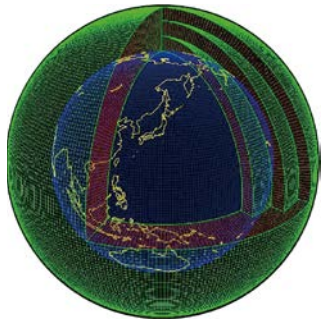
数十年間のうち厳しい気象条件を示す気象データ

- ▶ 厳しい日を想定した熱負荷計算により最大熱負荷を算定

1. 研究背景・目的・手法

■ 将来気象データについて

全球気候モデルによる将来予測



・ 全球気候モデル (GCM: Global Climate Model)

全球気候モデルとは、**地球全体を解析領域**とし、
全球スケールの**気候変動**の予測が可能な数理モデル

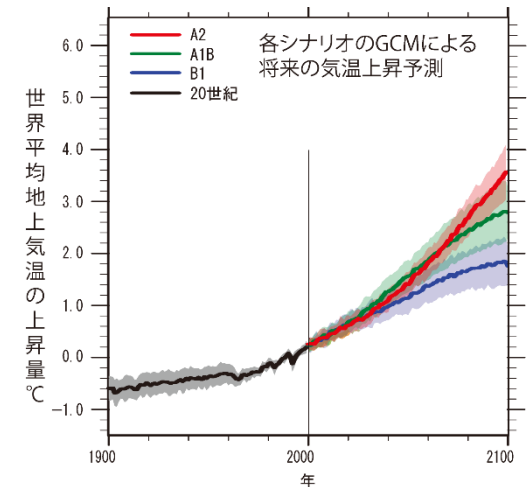


図 GCMにより予測される気温上昇

建築熱負荷計算のための将来気象データ作成の既往手法

Morphing Method 曽我(2009), CIBSE

GCMが予測する気候変動の情報を用いて、現在の観測値に基づく気象データを変形することで将来を模した気象データを作成する

現在の観測値 + GCMが予測する気候変動成分 (平均値の上昇、標準偏差の変化) ➡ 将来気象データ

メリット: 観測値が基になるため信頼性が高い

デメリット: GCMによる将来予測のうち平均値や標準偏差などの情報しか考慮されない/
日々の擾乱は現在の観測値に基づく

MIROC4h 気候変動の局所性

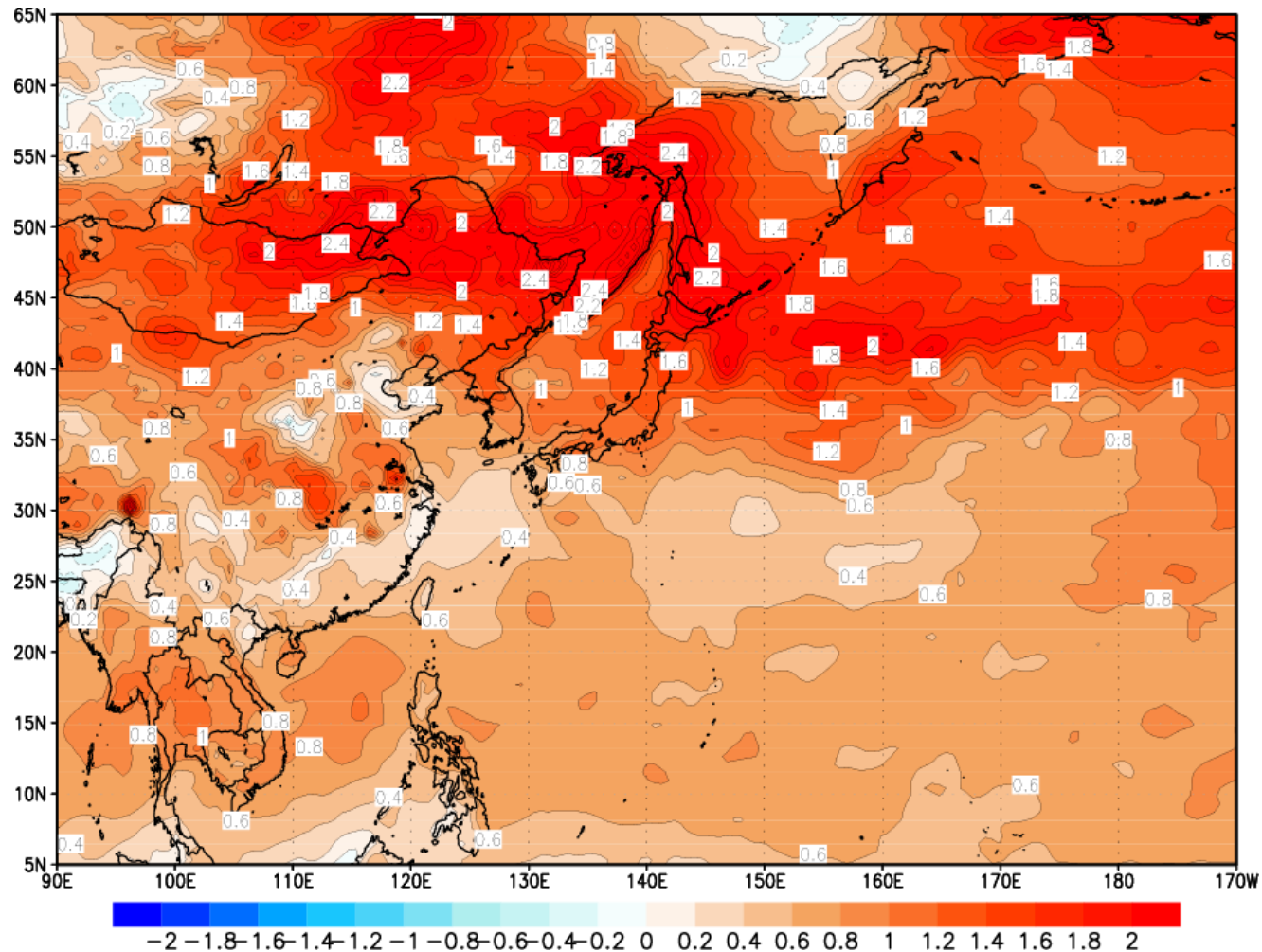


図. MIROC4hの未来(2001-2010)と現在(2026-2035)の2m気温(21:00)の差

	最低	最高	平均
気温上昇[°C]	-0.555	3.441	0.993

MIROC4h 気候変動の局所性

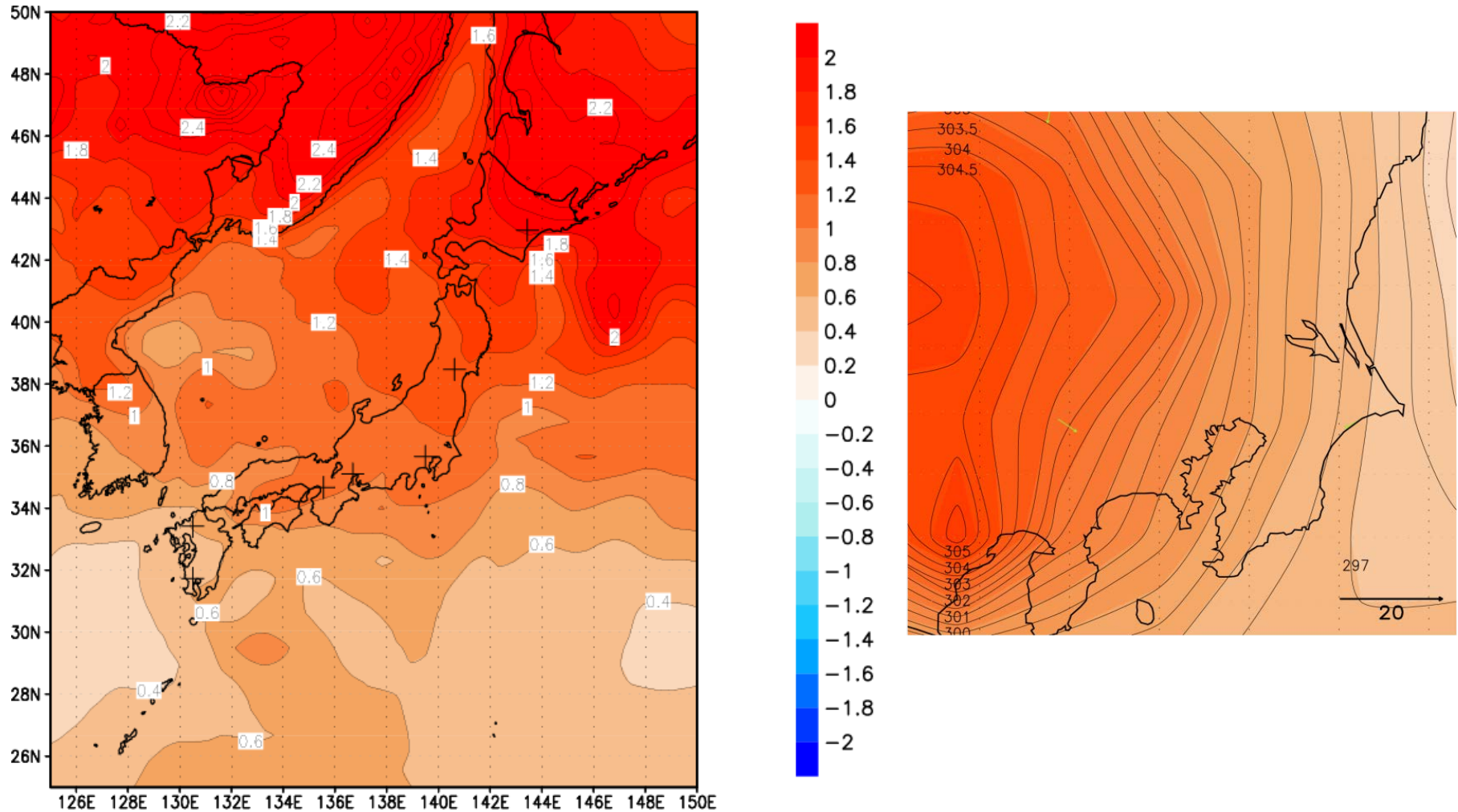


図. 日本の未来(2001-2010)と現在(2026-2035)の2m気温(21:00)の差

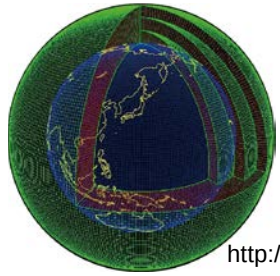
	帯広	仙台	東京	名古屋	大阪	福岡	鹿児島
気温上昇[°C]	2.07	1.33	1.05	1.08	1.09	0.61	0.54

1. 研究背景・目的・手法

■本研究の手法 (力学的ダウンスケーリングによる)

2種類の気候モデル(GCMとRCM)を活用し、建築熱負荷計算用の将来気象データを作成する

- ・ 全球気候モデル (GCM: Global Climate Model)



GCMによる将来の気候データ

- ・ 全球スケールの気候変動を反映
- ・ 解像度が粗い

<http://venus.iis.u-tokyo.ac.jp/>

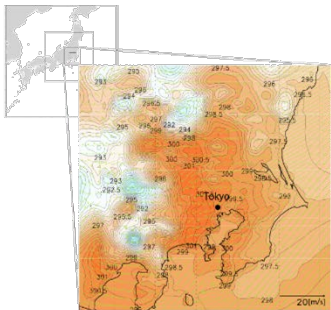
MIROC4h

東大大気海洋研究所
木本研よりご提供



建築熱負荷計算ではより高解像度な(局所性を有する) 気象データが要求される

- ・ 領域気候モデル (RCM: Regional Climate Model)



領域気候モデルは、初期値・境界値を与えることで、
解析領域内の気象を詳細に再現する数理モデル

<http://venus.iis.u-tokyo.ac.jp/>

WRF

Weather Research and
Forecasting Model



力学的ダウンスケーリング(RCMによる空間詳細化)

局所性と気候変動の両方を反映した気象データから将来気象データを作成

メリット: GCMが予測するあらゆる将来予測が反映/将来における日々の擾乱が反映



力学的ダウンスケーリングによる建築熱負荷計算 のための近未来気象データ作成に関する研究

1. 研究背景・目的・手法
2. GCMの力学的ダウンスケーリング
3. バイアス補正による将来気象データの試作
4. 近未来気象データを用いた建築熱負荷計算
5. まとめと課題

領域気象モデルWRFとは

Weather Research and Forecasting Modelling System

気象の研究と予測のための数値気象予報モデル群

ライセンス：パブリックドメイン

言語：Fortran, C

開発元

NCAR(National Center for Atmospheric Research)

>MMM(Mesoscale and Mi-croscale Meteorology)部門

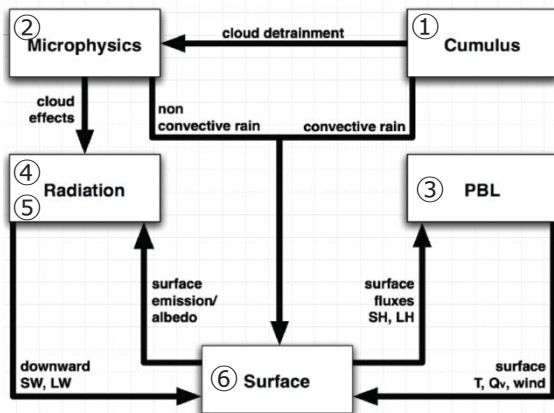
NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)

>NCEP (National Center for Environmental Prediction)部門

気象・大気環境・農学・海洋の部門で広く活用されている。

WRF解析条件

使用した物理スキーム



①積雲パラメタリゼーション	(1,2領域)Grell 3Dスキーム, (3,4領域)なし
②雲物理スキーム	WRF Single-Moment 6-class scheme
③惑星境界層スキーム	Yonsei University Scheme
④長波放射スキーム	RRTM
⑤短波放射スキーム	Dudhia
⑥地表面スキーム	Noah Land Surface Model

WRF解析領域

地図投影法	ランベルト正角円錐図法
水平格子分割	第1領域:38x38(水平格子:54km) 第2領域:49x49(水平格子:18km) 第3領域:49x49(水平格子:6km) 第4領域:61x25(水平格子:2km)
鉛直格子分割	35分割
時間差分間隔	第1領域:180秒, 第2領域:60秒 第3領域:20秒, 第4領域:20/3秒
ネスティング	1-way ネスティング

MIROCデータ

データ間隔	経度,緯度	0.5625°
	時間	6時間
気象要素	ジオポテンシャル高度	17層の気圧面
	気温	17層の気圧面
	比湿	17層の気圧面
	風速U,V	17層の気圧面
	海面更正気圧	表面
	表面温度	表面
	海表面温度	表面

※17層
(1000,950,900,850,700,500,400,300,250,200,150,100,70,50,30,20,
10 単位[hPa])

土地利用データ

(1,2,3領域)USGS
(4領域)国土数値情報

2. GCMの力学的ダウンスケーリング

■ 力学的ダウンスケーリングの解析条件

数値モデル **WR F ARW version3.4**を使用
解析領域

- ・最大の領域(低い解像度)は日本全土を覆い、
- ・最小の領域(高い解像度)は**東京都を中心**
(最小の水平格子間隔は約2km)
- ・4段階のネスティング

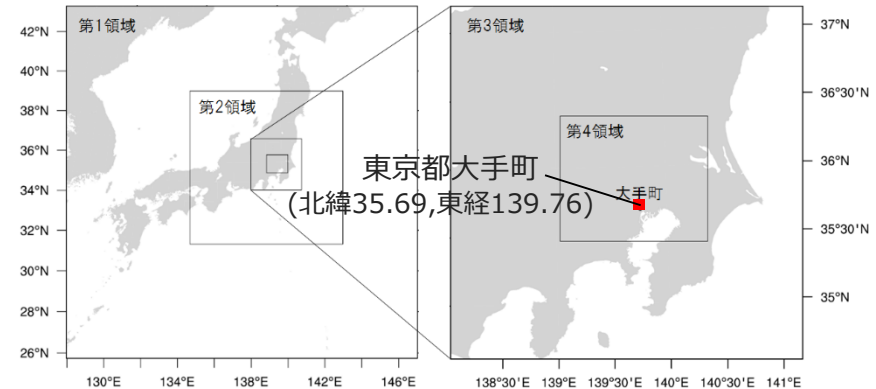


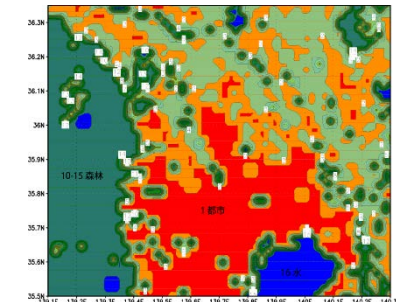
図 解析領域

初期値・境界値

- ・第1領域では**MIROC4h**により予測された**気象データ**と客観解析データ**NCEP FNL**
(気温、比湿、風速、海面更正気圧、表面温度、海面温度)
- ・第2,3,4領域では親領域の解析結果を境界値として解析 (**One-Way ネスティング**)
- ・**土地利用データ**は現在も近未来も同様に第4領域で国土数値情報を利用

解析期間

- ・**現在の解析は2001-2010年(10年間)**を対象
(1981年の観測値を初期値とし2010年まで予測したMIROC4h気象データを使用)
- ・**近未来の解析は2026-2035年(10年間)**を対象
(2006年の観測値を初期値とし2035年まで予測したMIROC4h気象データを使用)
- ・各年度の**夏季8月と冬季1月の1ヶ月間**を対象 (助走計算期間は2週間)



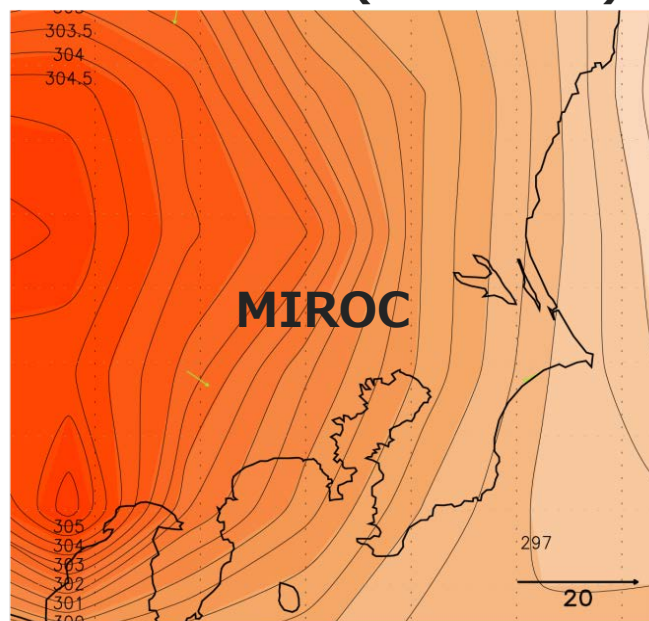
国土数値情報(第四領域)

解析結果 一局所性の検討ー

WRFによるダウンスケーリング

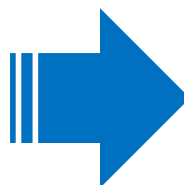
MIROCは解析格子が粗い(60km)ため、局所的な気象が再現されない

気温の分布 (MIROC4h)

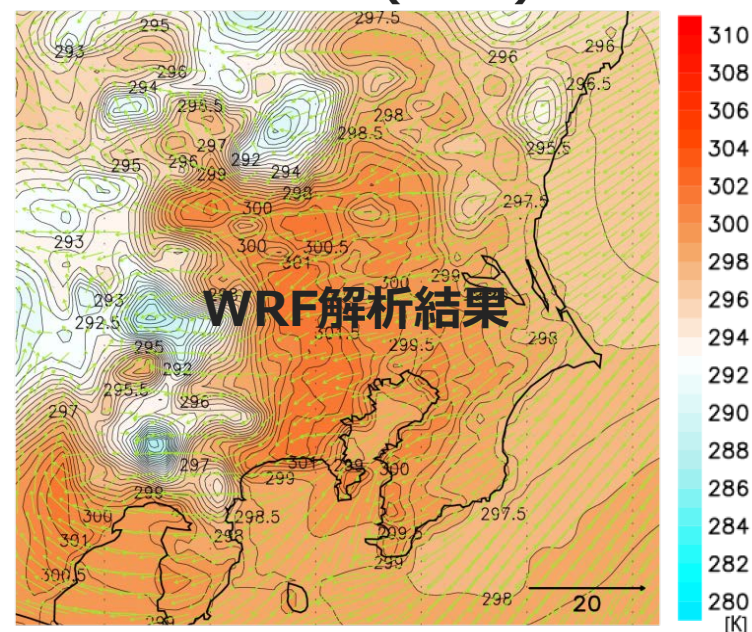


詳細な地形が考慮されていない

WRFを用いた
ダウンスケーリング



気温の分布(WRF)



地形が考慮された気象データ

WRF計算では詳細な土地利用データを使用するため、
都市や緑地といった**土地ごとの物理的特性を考慮した局所的な気象場**が再現されている

2. GCMの力学的ダウンスケーリング

■ 領域気候モデルで再現される局所性 (日変化)

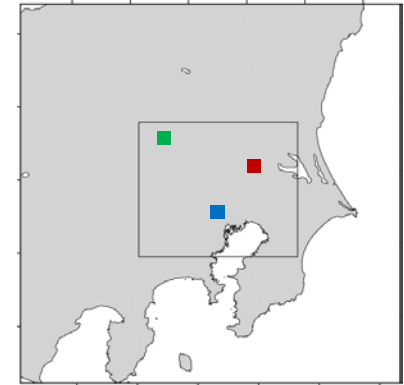
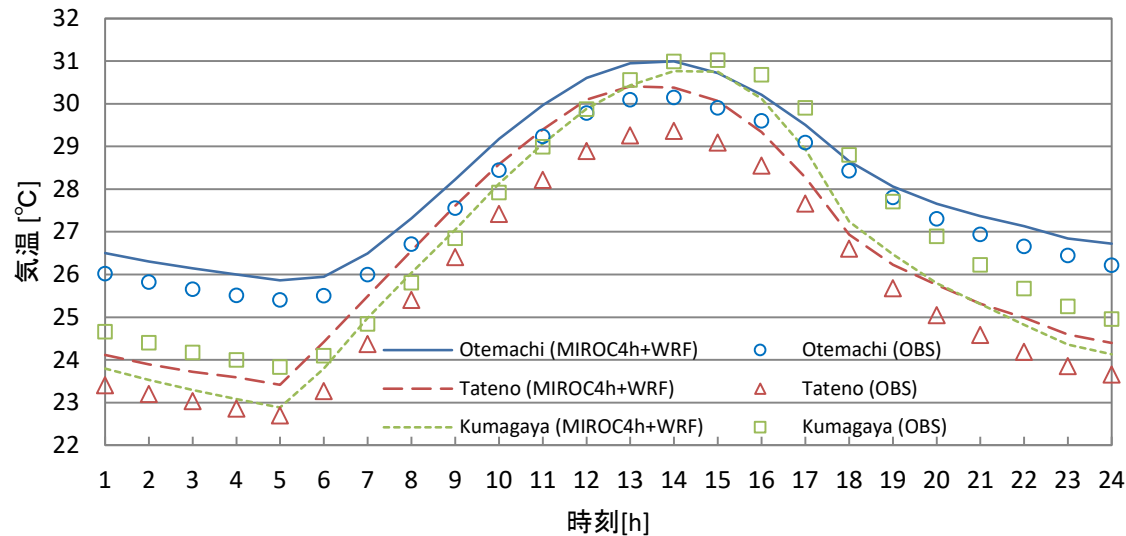


図 大手町、館野、熊谷の現在(2001-2010年)の10年間平均したの8月の地上高2m気温の日変化

表 3都市の現在(2001-2010年)の8月の地上高2m気温の日較差(OBSとの比較)

	大手町 [°C]	館野 [°C]	熊谷 [°C]
OBS	4.74	6.66	7.20
MIROC4h+WRF	5.13 (+0.39)	7.00 (+0.34)	7.89 (+0.69)

日較差、日最高気温を記録する時間といった各都市における気候が再現

2. GCMの力学的ダウンスケーリング

■ 大手町の現在(2001-2010)の解析結果 (気温,水蒸気圧)

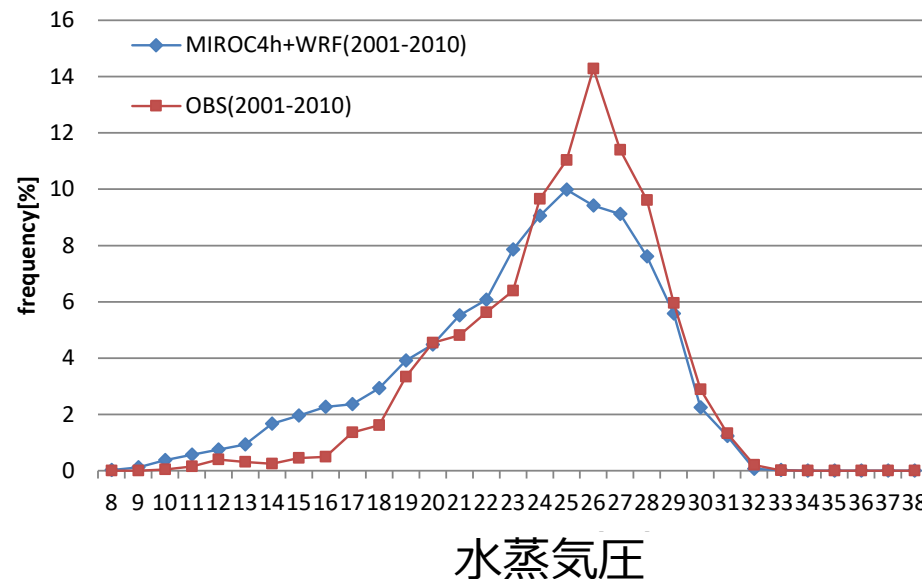
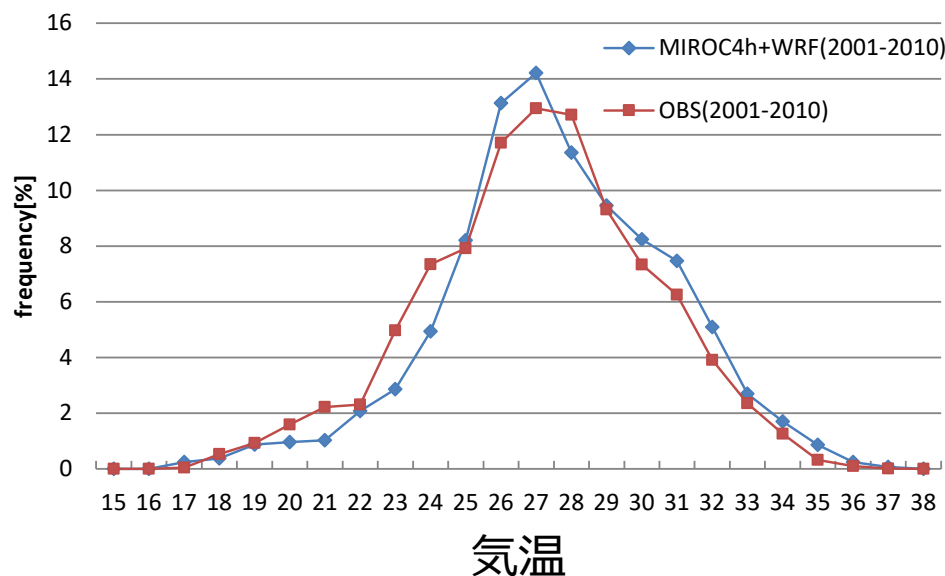


図 大手町における2001-2010年の8月の気温と水蒸気圧の頻度分布
(OBSが観測値、MIROC4h+WRFの解析値)

気温 MIROC4h+WRFとOBSの平均値の差は0.4°C

水蒸気圧 MIROC4h+WRFとOBSの平均値の差は1.2hPa

夏季の気温、水蒸気圧の解析結果は観測値をよく再現

2. GCMの力学的ダウンスケーリング

■ 大手町の現在(2001-2010)の解析結果

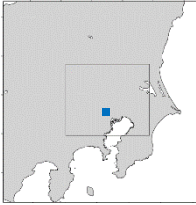
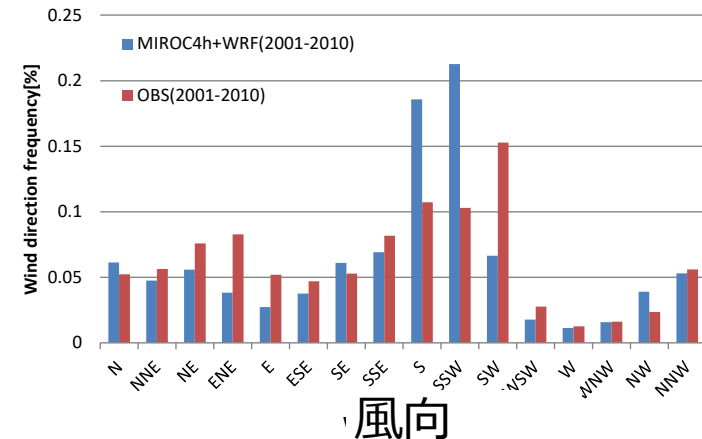
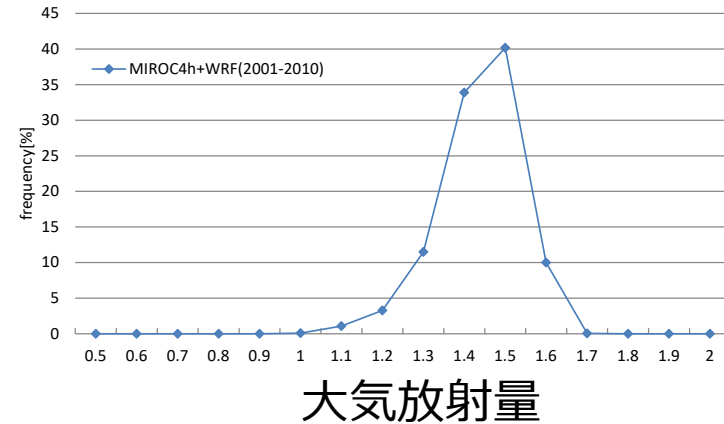
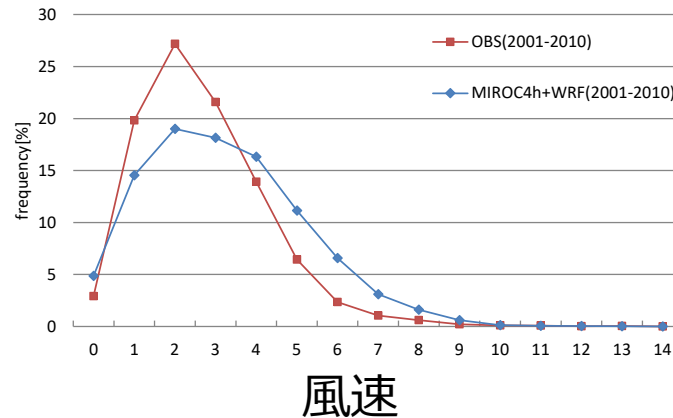
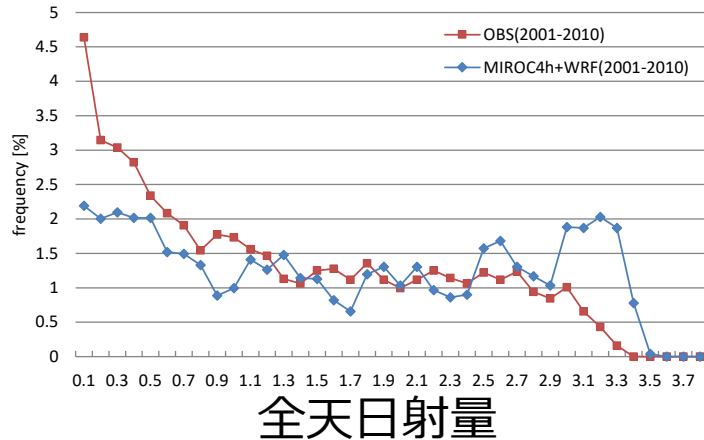


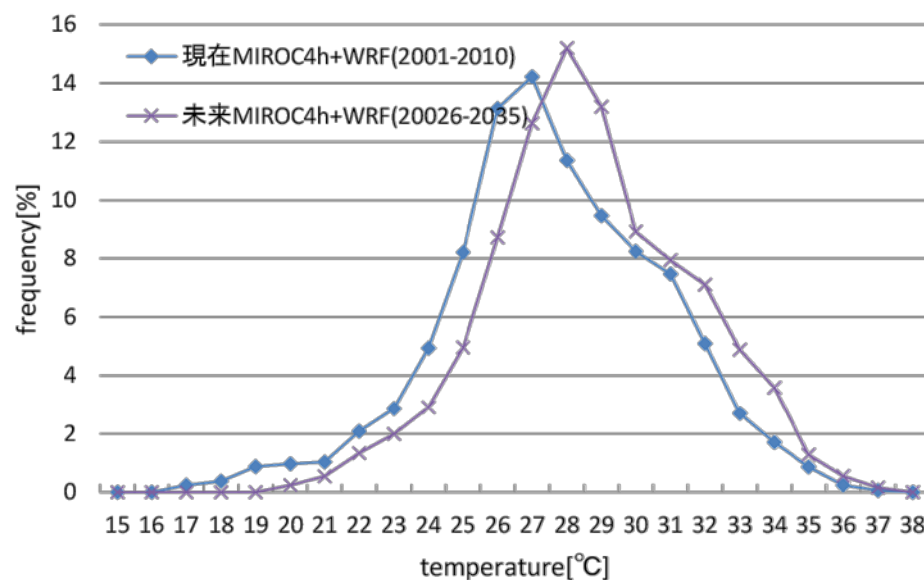
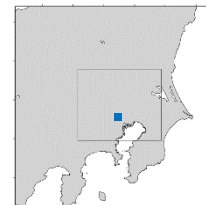
図 大手町における2001-2010年の8月の各気象要素の頻度分布

(OBSが観測値、MIROC4h+WRFの解析値)

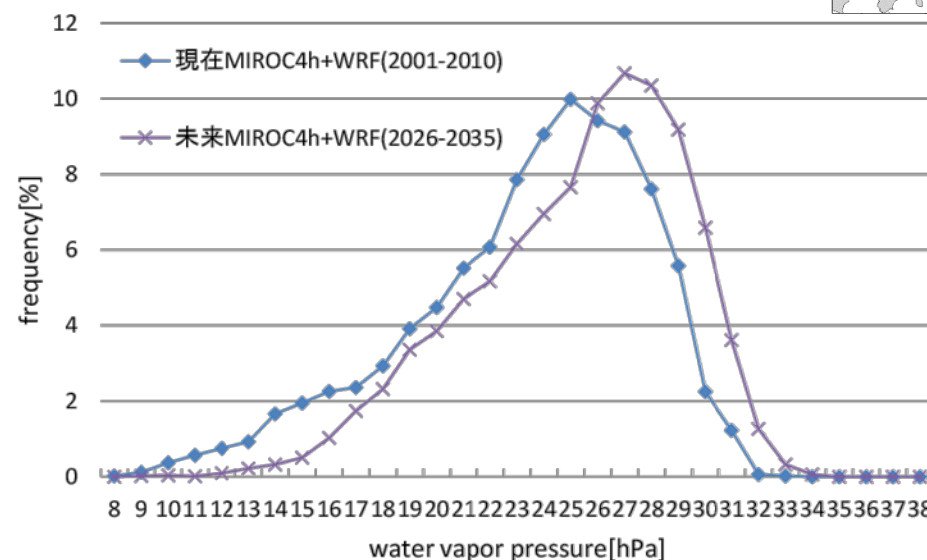
建築熱負荷計算のための気象データに必要な全ての気象要素が得られる

2. GCMの力学的ダウンスケーリング

■ 近未来の解析による気候変動の検討 (気温, 水蒸気圧)



気温



水蒸気圧

図 現在(2001-2010)と近未来(2026-2035)の8月の各気象要素の頻度分布(大手町)
(現在(2001-2010)の解析値、近未来(2026-2035)の解析値)

現在から近未来にかけて気温は1.08℃上昇、水蒸気圧は1.80hPa上昇

本手法による将来気象データは気候変動を反映

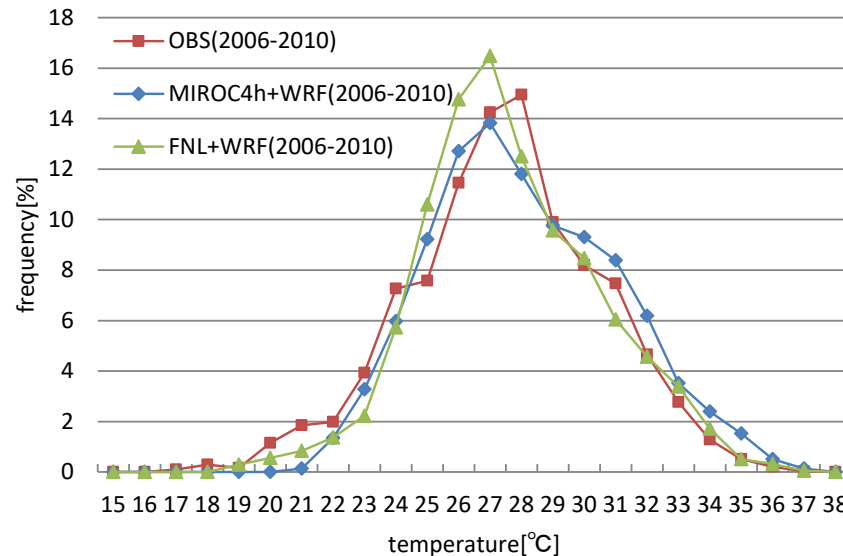


力学的ダウンスケーリングによる建築熱負荷計算 のための近未来気象データ作成に関する研究

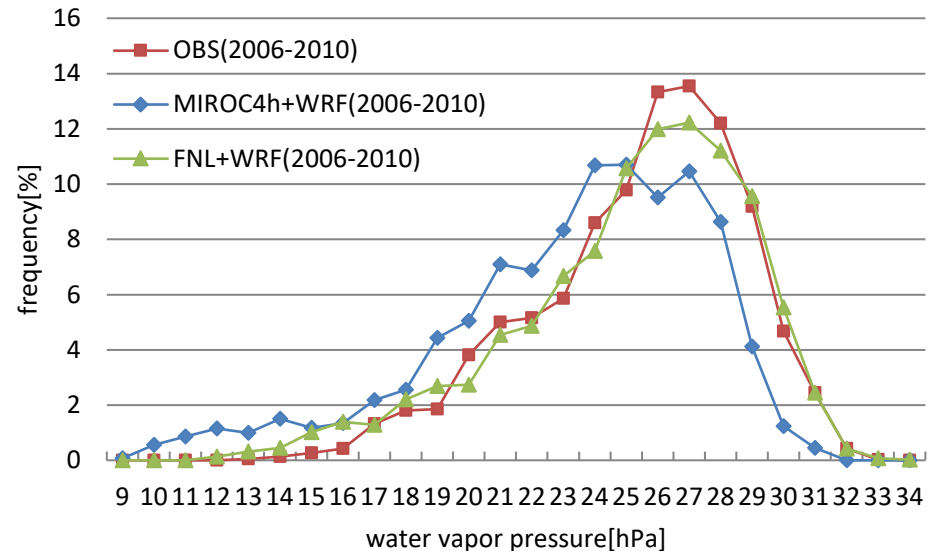
1. 研究背景・目的・手法
2. GCMの力学的ダウンスケーリング
3. バイアス補正による将来気象データの試作
4. 近未来気象データを用いた建築熱負荷計算
5. まとめと課題

3. バイアス補正による将来気象データの試作

■ 夏季の現在(2006-2010年)の解析結果



a) 気温



b) 水蒸気圧

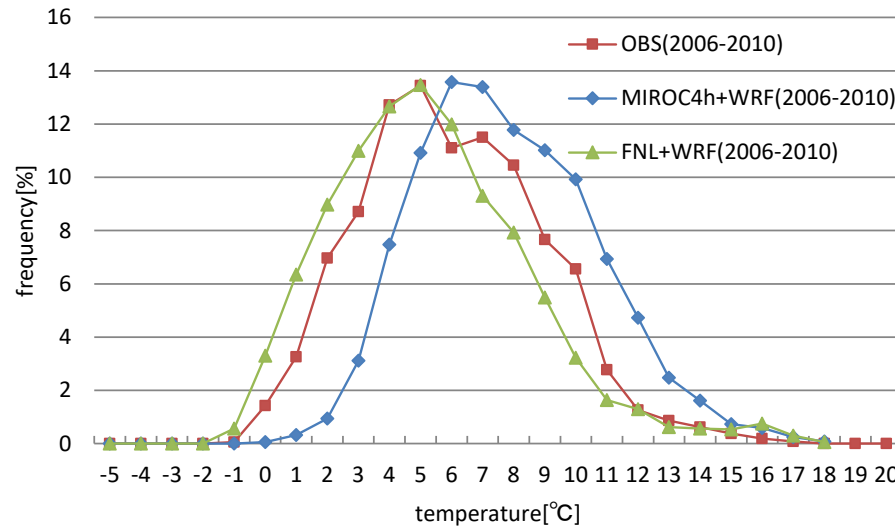
図 大手町における夏季(8月)の2006-2010年の各気象要素の頻度分布
(赤がOBSが観測値、青がMIROC4h+WRFの解析値、緑がFNL+WRFの解析値)

FNL(客観解析データ)は観測値を基にしているため、系統誤差(バイアス)を含まない

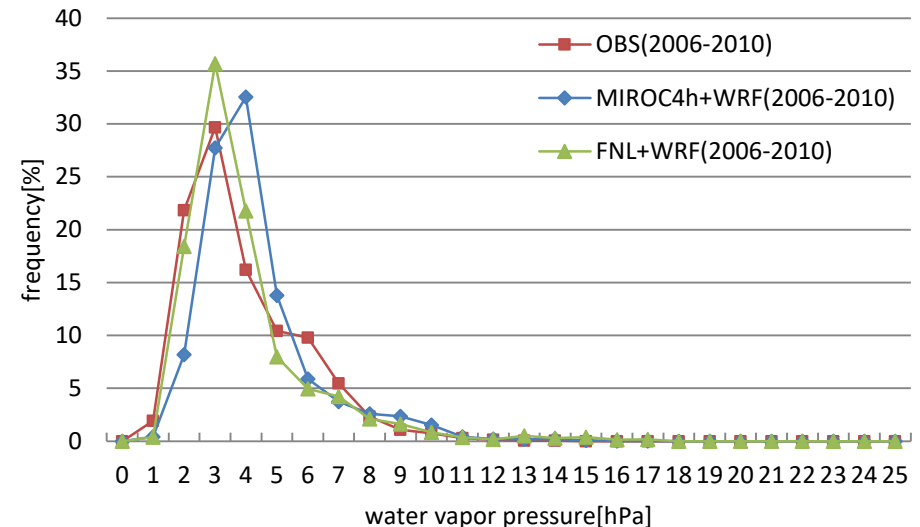
- ・ 夏季では気温の解析値と観測値はよく一致する
- ・ 水蒸気圧でMIROC4hの系統誤差(バイアス)が大きい

3. バイアス補正による将来気象データの試作

■ 冬季の現在(2006-2010年)の解析結果



a) 気温



b) 水蒸気圧

図 大手町における2006-2010年の夏季(8月)の各気象要素の頻度分布
(赤がOBSが観測値、青がMIROC4h+WRFの解析値、緑がFNL+WRFの解析値)

- ・ 冬季では気温でMIROC4hの系統誤差(バイアス)が大きい
- ・ 季節や気象要素ごとにMIROC4h+WRF再現精度が異なる

3. バイアス補正による将来気象データの試作

■ 系統誤差(バイアス)

気象・気候モデルはバイアスを有する

- ①格子解像度の粗さ
- ②パラメタリゼーションの不正確さ
- ③土地利用データの不正確さ

GCMの力学的ダウンスケーリング(RCMを使用)の結果はGCMとRCMの両バイアスを含む

▼ 建築熱負荷計算の気象データとして活用する際には何らかのバイアス補正が必要

■ バイアス補正

気温、湿度、日射量に対して平均値(10年間)と標準偏差(10年間)を用いた以下の補正手法を実施

気温、湿度	$X_{c,modi} = \overline{X_{obs}} + \frac{\sigma_{obs}}{\sigma_c} (X_c - \overline{X_c})$	$X_{c,modi}$: 補正後の解析値(1時間間隔)
	$X_{f,modi} = \overline{X_{obs}} + (\overline{X_f} - \overline{X_c}) + \frac{\sigma_{obs}}{\sigma_c} (X_f - \overline{X_f})$	X_c : 補正前の解析値(1時間間隔)
日射量	$X_{c,modi} = \frac{\overline{X_{obs}}}{\overline{X_c}} X_c$	$\overline{X_{obs}}$: 解析値の平均値
	$X_{f,modi} = \frac{\overline{X_{obs}}}{\overline{X_c}} X_f$	$\overline{X_c}$: 解析値の平均値

$\frac{\sigma_{obs}}{\sigma_c}$: 10年間の標準偏差の比
 $\frac{\overline{X_{obs}}}{\overline{X_c}}$: 10年間の平均値の比

補正後の現在(2001-2010)のWRF解析値の平均値と標準偏差が
現在(2001-2010)の観測値の平均値と標準偏差と一致する補正

平均値 μ と標準偏差 σ

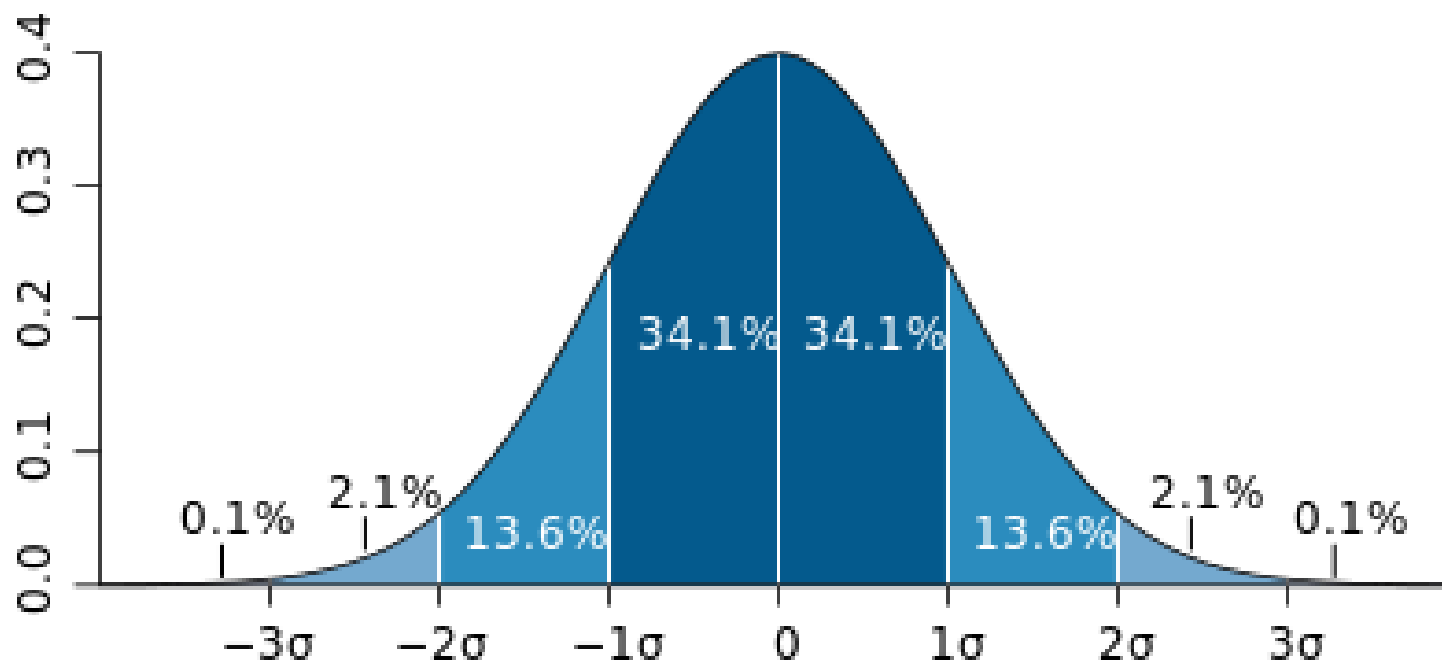


Photo by M. W. Toews ,from Wikipedia

https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%AD%A3%E8%A6%8F%E5%88%86%E5%B8%83#/media/File:Standard_deviation_diagram.svg

CC BY 2.5

正規分布

気候モデルのバイアス補正

■気温、湿度 (現在)

$$X_{c,modi} = \overline{X_{obs}} + \frac{\sigma_{obs}}{\sigma_c} (X_c - \overline{X_c})$$

$$\begin{array}{l} \text{補正後気象データ} \\ \text{(時系列)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{観測値平均値} \\ \text{(10年間平均)} \end{array} + \frac{\text{観測値標準偏差}}{\text{解析値標準偏差}} \left(\begin{array}{l} \text{補正前気象データ} \\ \text{(時系列)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{解析値平均値} \\ \text{(10年間平均)} \end{array} \right)$$

■気温、湿度 (未来)

$$X_{f,modi} = \overline{X_{obs}} + \underbrace{(\overline{X_f} - \overline{X_c})}_{\text{気候変動成分}} + \frac{\sigma_{obs}}{\sigma_c} (X_f - \overline{X_f})$$

■日射 (未来)

$$X_{c,modi} = \frac{\overline{X_{obs}}}{\overline{X_c}} X_c, \quad X_{f,modi} = \frac{\overline{X_{obs}}}{\overline{X_c}} X_f$$

$$\begin{array}{l} \text{補正後気象データ} \\ \text{(時系列)} \end{array} = \frac{\text{観測値平均値(10年間)}}{\text{解析値標準偏差(10年間)}} \begin{array}{l} \text{補正前気象データ} \\ \text{(時系列)} \end{array}$$

3. バイアス補正による将来気象データの試作

■ 夏季の現在のバイアス補正の結果

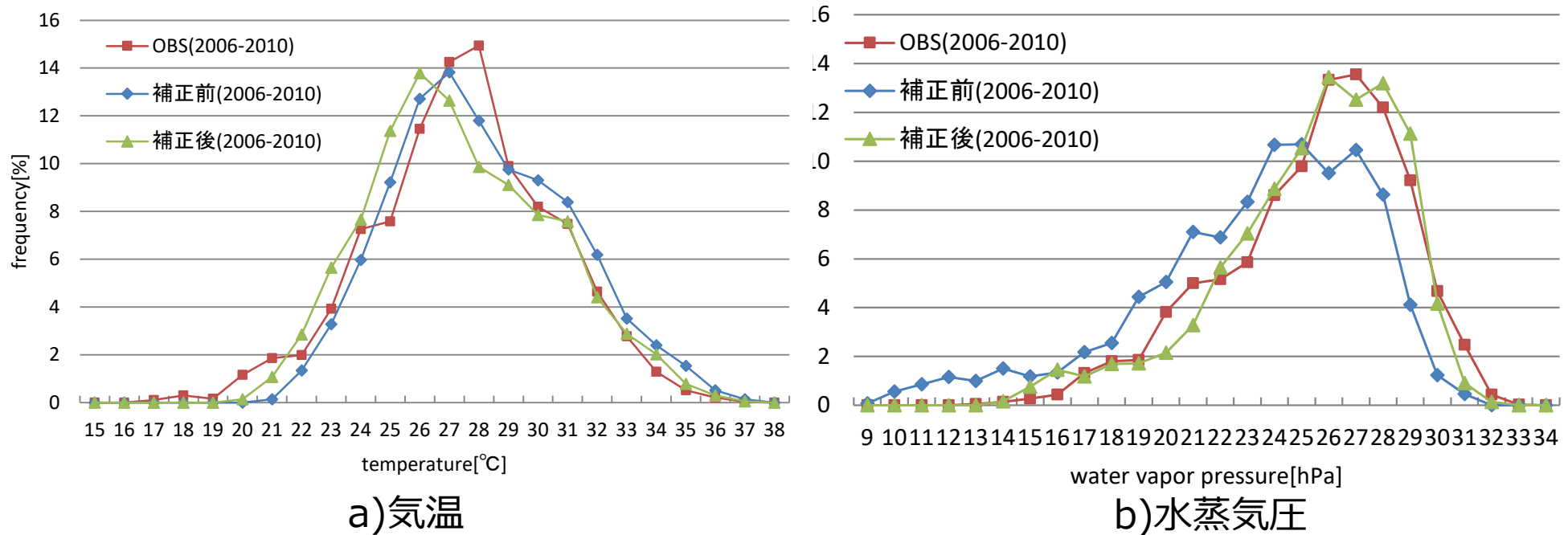


図 2006-2010年の夏季(8月)の各気象要素の日変化(大手町)

(赤がOBSが観測値、青が補正前の解析値、緑が補正後の解析値)

バイアス補正後の解析値では観測値により近い頻度分布 (特に水蒸気圧と日射)

バイアス補正を施した気象データを用いて建築熱負荷計算を実施



力学的ダウンスケーリングによる建築熱負荷計算 のための近未来気象データ作成に関する研究

1. 研究背景・目的・手法
2. GCMの力学的ダウンスケーリング
3. バイアス補正による将来気象データの試作
4. 近未来気象データを用いた建築熱負荷計算
5. まとめと課題

4. 近未来気象データを用いた建築熱負荷計算

■ 建築熱負荷計算の解析条件

TRNSYS17を使用し、作成した気象データを用いて建築熱負荷計算を実施
スケジュールに従い空調する2階建戸建住宅を対象

□ 対象とした住宅モデル(大手町)

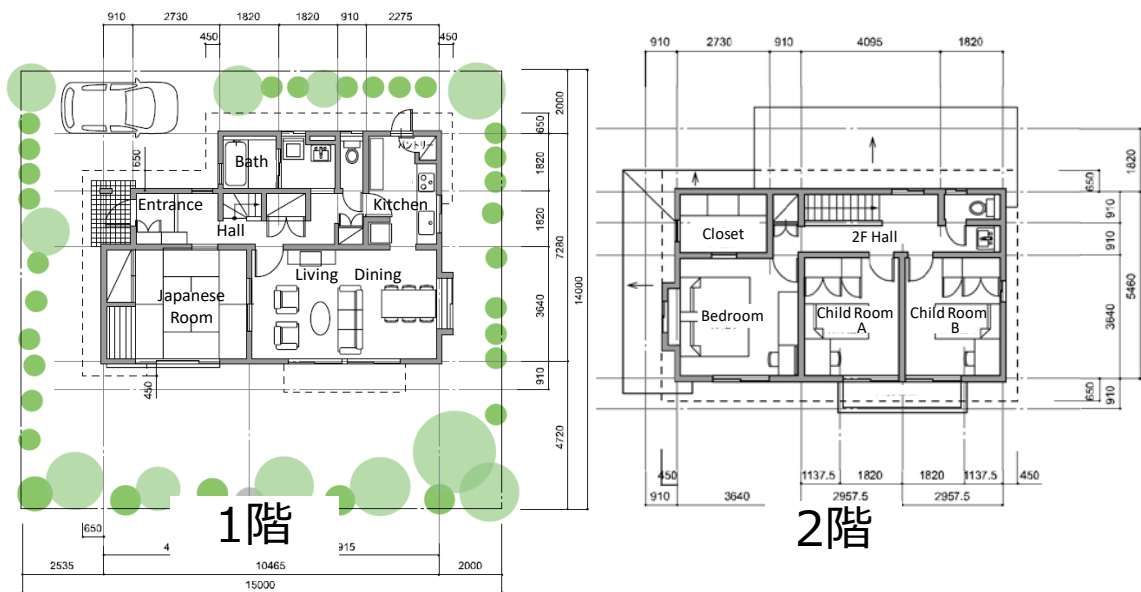


図 住宅モデル平面図(延べ床面積約120m²)

□ 空調とスケジュール

設定温度27℃、相対湿度60%

全般換気 0.5回/h

表 空調スケジュール

部屋	空調スケジュール
LDK	6:00–10:00, 12:00–14:00, 16:00–24:00
主寝室	(就寝23:00-7:00)
子供部屋1	20:00–21:00, 22:00-24:00
子供部屋2	18:00–19:00, 21:00-23:00

□ 解析期間 夏季8月と冬季1月のそれぞれ1ヶ月間

4. 近未来気象データを用いた建築熱負荷計算

■ 近未来の建築熱負荷計算結果

近未来の気象データを使用し、気候変動が平均的な建築熱負荷へ与える影響評価

表 10年間の平均的な室内熱負荷(全居室)

a) 夏季

気象データ	顕熱負荷 [MJ/month]	潜熱負荷 [MJ/month]	空調負荷 [MJ/month]
WD_Aug (2001-2010)	2.55×10^3	6.87×10^2	3.23×10^3
WD_Aug (2026-2035)	2.88×10^3 (113%)	8.18×10^2 (119%)	3.70×10^3 (114%)

b) 冬季

気象データ	顕熱負荷 [MJ/month]
WD_Jan (2001-2010)	1.23×10^3
WD_Jan (2026-2035)	1.14×10^3 (91%)

顕熱負荷は13%増加、潜熱負荷は19%増加、
空調負荷(顕熱+潜熱)は14%増加

顕熱負荷は9%減少

気候変動により空調負荷は夏季で増加し冬季で減少する
8月と1月の合計では、現在から近未来にかけて空調負荷は7%増加する

4. 近未来気象データを用いた建築熱負荷計算

■ 近未来の建築熱負荷計算結果

近未来の気象データを使用し、気候変動が最大熱負荷へ与える影響評価

表 10年間の最大熱負荷(全居室)

最大熱負荷は上位0.5%(7440の上位37番目)に相当

a) 夏季

気象データ	顕熱負荷 [kW]	潜熱負荷 [kW]	空調負荷 [kW]
WD_Aug (2001-2010)	3.35	1.12	3.79
WD_Aug (2026-2035)	3.42 (102%)	1.24 (109%)	4.14 (102%)

b) 冬季

気象データ	顕熱負荷 [kW]
WD_Jan (2001-2010)	2.61
WD_Jan (2026-2035)	2.46 (93%)

顕熱負荷は2%増加、潜熱負荷は9%増加、
空調負荷(顕熱+潜熱)は2%増加

顕熱負荷は7%減少

気候変動により8月の全居室の最大熱負荷は2%上昇し、1月は7%減少する

夏季の気候変動が平均的な空調負荷へ与える影響(全居室で12%)に対し、
最大熱負荷へ与える影響(2%)は小さいといえる

まとめと今後の課題

まとめ

- ・ 力学的ダウンスケーリングによって局所性と気候変動の両方を反映した気象データが得られる
- ・ バイアス補正手法により観測値に近い頻度分布が得られる(気温と湿度)
- ・ 本手法による近未来気象データにより気候変動の建築熱負荷への影響を評価した。夏季の気候変動が平均的な空調負荷へ与える影響(全居室で12%)に対し、最大熱負荷へ与える影響(2%)は小さい

今後の課題

- ・ 複数のGCMs予測結果を活用し、予測制度の向上と、予測の幅を提示する(マルチアンサンブル)
- ・ 建築・都市スケールの将来の変化を考慮

気候変動対策私見

- 研究を継続する。

まだまだわかっていないことが多い。わかったつもりにならない。

- 危急性のある劣悪な環境は改善する。

命の危険性のある劣悪な屋外環境や室内環境は、建築環境工学的工夫や設備の整備によって危険性を防ぐ。

- 対策のあり方について関係者の間で議論する。

とはいうもののリスクをゼロにすることはできない。どこかで妥協が必要である。その妥協点をどこに見出すかを市民、行政、専門家などのステークホルダーの間で議論を行う。

- 気候変動とうまく付き合う。

力づくで対策を行うのではなく、生活スタイルを変え気候変動とうまく付き合うことが必要。そのためには他の蒸暑地域から学べることは非常に多い。