

Matsuhashi Lab., Univ. of Tokyo

都市熱環境を考慮した 高反射高放射塗料導入による 建築物のCO₂排出削減効果の評価

Evaluation of CO₂ Emissions Reduction Effect from the Building
by Introducing High Light-Reflective and High Heat-Emissive Paint
considering Urban Thermal Environment

東京大学
井原智彦 相田洋志 吉田好邦 半田隆志 松橋隆治
慶應義塾大学
石谷久

本日の発表内容

- はじめに
 - 建築物CO₂削減技術と都市環境との相互作用
 - 評価方法
- 気温低減効果の評価 (都市熱環境モデル)
 - 気温低下
 - 気温低減効果
- 建築物からのCO₂排出削減効果の評価 (建築熱負荷モデル)
 - 個別導入ケース・大規模導入ケース
- おわりに

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 2

1. はじめに

背景

■ 建築に対するCO₂排出削減方策

都市熱環境の変化

高反射高放射塗料

緑化

ヒートポンプ

これらの技術の大量導入は、都市熱環境を変化させる可能性がある。

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 3

1. はじめに

背景

■ 都市環境と建築環境の相互作用

都市環境

都市の気温・日射量など気象条件により、建築における空調需要・照明需要などが大きく変化する。
[都市環境 建築環境]

建築環境

建築のCO₂排出削減方策の大規模導入は、都市熱環境(気温)を変化させる可能性がある。
[都市環境 建築環境]

建築のCO₂排出削減方策を評価するには、両者を総合的に捉える必要がある。

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 4

1. はじめに

研究概要

■ 対象

- 大規模に高放射高反射塗料(塗料A)を建築物に導入した際、都市環境との相互作用を考慮したCO₂排出削減効果に着目する。
- 今回は、都市環境から建築環境への単方向接続(1回計算のみ)を評価する。

■ 評価方法

- メソスケールレベルでの都市熱環境計算をおこない、都市の気温変化を算出する。
- 気温変化幅を用いて気象データを作成、建築非定常熱負荷計算により、CO₂排出削減量を算出する。

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 5

1. はじめに 研究概要

評価方法(1)

塗料Aの計測実験

塗料A物性値

地表面物性値

地表面物性値A

都市熱環境計算(メソスケール)

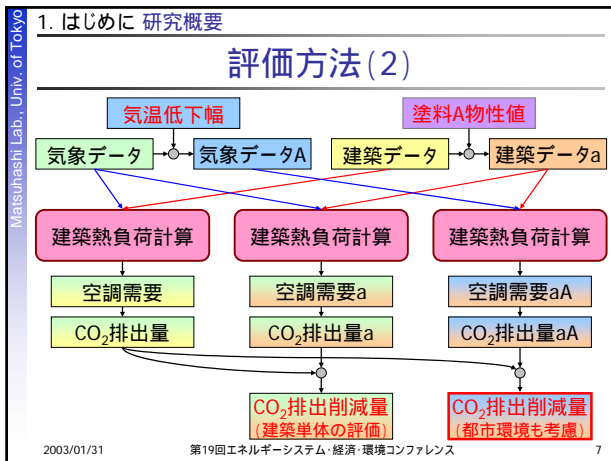
都市熱環境計算(メソスケール)

気温

気温A

気温低下幅

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 6



4. 気温低減効果の評価

- 都市熱環境シミュレーションモデル(メソスケールレベル)を構築。非圧縮性流体の基礎方程式にBoussinesq近似を仮定し、SIMPLE法を用いて解く。
- 大規模に塗料を導入した場合の気温低減効果

1. 計算条件
2. 高反射高放射塗料の導入(計算条件)
3. 計算結果

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 8

4. 気温低減効果の評価 計算条件(1)

解析対象領域

- 計算対象地域
東京近郊
東西: 80km
南北: 60km
- 格子間隔
不等格子間隔
基本: 2kmごと
中心22km四方:
1kmごと

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 9

4. 気温低減効果の評価 計算条件(2)

日時・人工排熱

- 季節代表日(通年シミュレーションは困難)
- 季節ごとに代表日を選定、結果を期間全日に適用。

月 (季節)	計算代表日	初期条件				人工排熱 (夏に対する比)	
		快晴条件		通常条件 (平均気象条件)		民生 [-]	業務 [-]
		気温 []	日照率 [-]	気温 []	日照率 [-]		
12-2 (冬)	1995/02/01	14.3	(1)	5.0	(0.90)	0.789	0.709
3-5 (春)	1995/05/01	19.0	(1)	13.3	(0.69)	0.687	0.806
6-8 (夏)	1995/08/01	30.0	(1)	25.0	(0.58)	1	1
9-11 (秋)	1995/11/01	22.6	(1)	18.2	(0.74)	0.687	0.806

日照率: 快晴時の各時刻全日射量に対する日射量の比

- 快晴条件および通常条件における気温低下効果を算出し、日照率と塗料導入による気温低下の相関関係を作成する。

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 10

4. 気温低減効果の評価 計算条件(3)

土壌・地表面物性値

用途	土壌				地表面			
	熱伝導率 [W/m·K]	熱容量 [kJ/m²K]	熱容量 [J/m²K]	蒸発効率 [-]	粗度長 [m]	アルベド [-]	射出率 [-]	
田	1.0878	1940	83680	0.10	0.01	0.33	0.95	
農用地, ゴルフ場	1.0878	1940	83680	0.05	0.05	0.33	0.95	
森林	1.0878	1940	209200	0.10	0.40	0.33	0.95	
荒地	1.0878	1940	83680	0.05	0.05	0.28	0.92	
建物用地	2.1757	1940	418400	0.02	0.40	0.39	0.96	
幹線交通用地	2.1757	1940	418400	0	0.40	0.32	0.91	
その他	2.1757	1940	418400	0.02	0.40	0.32	0.91	
河川地, 海水域	1.0878	4184	41840	0.50	0.01	0.10	0.93	

アルベド・射出率は、ASTERによる観測データを利用した。

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 11

4. 気温低減効果の評価 高反射高放射塗料の導入(1)

塗料の導入地域

- 計算対象地域
東京近郊
東西: 80km
南北: 60km
- 格子間隔
不等格子間隔
基本: 2kmごと
中心22km四方:
1kmごと
- 塗料導入地域
新宿・練馬地区
(5339-45)
東西: 10km
南北: 10km

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 12

4. 気温低減効果の評価 高反射高放射塗料の導入(1)

塗料の導入地域

- 新宿・練馬地区10km四方への**集中導入**
 - 広く薄く導入するより、ヒートアイランド現象が顕著な地域に**集中的に導入した方が有利**。
 - **内陸部かつ河川・緑地が少ない都市部**が特にヒートアイランド現象が顕著。
 - 後の建築熱負荷計算で用いるEA気象データの集計地点(練馬)が存在。

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 13

4. 気温低減効果の評価 高反射高放射塗料の導入(2)

塗料導入後の地表面物性値

用途	土壌		地表面				
	熱伝導率 [W/m·K]	熱容量 [kJ/m ² K]	熱容量 [J/m ² K]	蒸発効率 [-]	粗度長 [m]	アルベド [-]	射出率 [-]
田	1.0878	1940	83680	0.10	0.01	0.33	0.95
農用地,ゴルフ場	1.0878	1940	83680	0.05	0.05	0.33	0.95
森林	1.0878	1940	209200	0.10	0.40	0.33	0.95
荒地	1.0878	1940	83680	0.05	0.05	0.28	0.92
建物用地	2.1757	1940	418400	0.02	0.40	0.39	0.96
建物用地 a	2.1757	1940	418400	0.02	0.40	0.85	0.96
幹線交通用地	2.1757	1940	418400	0	0.40	0.32	0.91
その他	2.1757	1940	418400	0.02	0.40	0.32	0.91
河川地,海水域	1.0878	4184	41840	0.50	0.01	0.10	0.93

建物用地 a : 高反射高放射塗料を導入した建物用地

高反射高放射塗料の物性値は、計測実験により算出した。

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 14

4. 気温低減効果の評価 計算結果(1)

新宿の気温 (1995/02/01)

- 快晴条件の日中気温
最大2.79 低下, 平均0.94 低下 (練馬では最大2.92、平均2.12)
- 通常条件の日中気温 (日照率0.90)
最大2.12 低下, 平均0.83 低下 (練馬では最大2.39、平均0.98)

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 15

4. 気温低減効果の評価 計算結果(1)

新宿の気温 (1995/08/01)

- 快晴条件の日中気温
最大2.99 低下, 平均1.03 低下 (練馬では最大3.78、平均1.31)
- 通常条件の日中気温 (日照率0.58)
最大2.41 低下, 平均0.72 低下 (練馬では最大2.31、平均0.83)
- 冬期より夏期の方が気温低下幅が大きい。

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 16

4. 気温低減効果の評価 計算結果(2)

練馬の気温低減効果 (1995/6-8)

- 日照率 $\sigma = \{1, 0.58, 0\}$ の気温低減幅データより
気温変化 $\Delta\theta = a\sigma^2 + b\sigma + c$ (ただし $\Delta\theta \leq 0$)
の式を適用して、グラフを作成。
- 塗料の気温低下は日照率にしか影響されない。

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 17

5. 建築物からのCO₂排出削減効果の評価

- 後退差分法を用いた**建築熱負荷シミュレーションモデル**を構築。
- 塗料を導入した場合の**CO₂排出削減効果**を評価。
 1. 計算条件
 2. 高反射高放射塗料の導入(計算条件)
 3. 計算結果

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 18

5. 建築物からのCO₂排出削減効果の評価 計算条件(1)

建築物

- 建築物
 - 事務所新築モデルビル(中規模) (電力中央研究所,1995)
 - ・ 地上10階+塔屋1階/地下1階
 - 建築外表面

建築外表面	日射吸収率[-]	長波放射率[-]
標準建築外表面	0.80	0.90
- 熱源 (冷暖房)

種別	熱源	燃料	COP	単位需要あたりCO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /MJ]
冷房	冷温水発生器	都市ガス	1.07	0.0471
暖房	冷温水発生器	都市ガス	0.85	0.0593

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 19

5. 建築物からのCO₂排出削減効果の評価 計算条件(1)

事務所新築モデルビル(中規模)

- 基準階(2-10階)平面図

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 20

5. 建築物からのCO₂排出削減効果の評価 計算条件(2)

気象条件・日時

- 気象データ
 - 拡張アメダス気象データ (日本建築学会,2000) 練馬(東京都)・1995年の気象データ
 - 気温データ

種別	データ
標準状態の気温	EA 気象データ(気温)
- 計算期間
 - 1995/01/01-12/31 (助走期間1か月)

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 21

5. 建築物からのCO₂排出削減効果の評価 塗料・都市熱環境(1)

塗料導入後の建築物

- 建築物
 - 事務所新築モデルビル(中規模) (電力中央研究所,1995)
 - ・ 地上10階+塔屋1階/地下1階
 - 建築外表面

建築外表面	日射吸収率[-]	長波放射率[-]
標準建築外表面	0.80	0.90
高反射高放射塗料	0.15	0.91
- 熱源 (冷暖房)

種別	熱源	燃料	COP	単位需要あたりCO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /MJ]
冷房	冷温水発生器	都市ガス	1.07	0.0471
暖房	冷温水発生器	都市ガス	0.85	0.0593

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 22

5. 建築物からのCO₂排出削減効果の評価 塗料・都市熱環境(2)

気温低減後の気象条件・日時

- 気象データ
 - 拡張アメダス気象データ (日本建築学会,2000) 練馬(東京都)・1995年の気象データ
 - 気温データ

種別	データ
標準状態の気温	EA 気象データ(気温)
高反射高放射塗料を大規模に導入した場合の気温	EA 気象データ(気温)
	気温低減効果(季節・時刻・日照率別)

気温低減効果：都市熱環境シミュレーションでの計算結果
- 計算期間
 - 1995/01/01-12/31 (助走期間1か月)

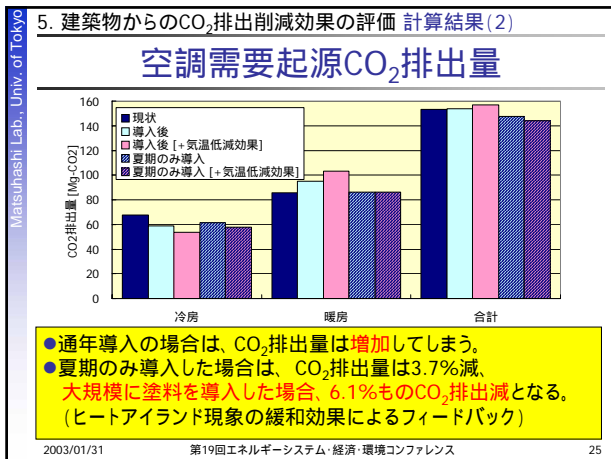
2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 23

5. 建築物からのCO₂排出削減効果の評価 計算結果(1)

冷暖房需要(除去熱量)

● 建築のみの計算では、夏期の冷房需要は12.5%減だが、都市熱環境の影響も考慮すると、20.5%減にも及ぶ。
 ● 反面、冬期の暖房需要も増加する。(10.6%増大 20.4%増大)

2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 24



6. おわりに
- ### 結論
- 高反射高放射塗料の大規模導入
 - 新宿・練馬地区10km四方への導入例を評価。
 - 夏期で最大2.99、冬期で同2.79の気温低下をもたらす。同時に快晴時以外の気温低下式も作成。
 - 夏期のみ導入した場合、個別導入ではCO₂排出量は3.7%減となるが、大規模導入の場合6.1%減を見込めることが分かった。
 - 今後の課題
 - 遮蔽物や都市キャニオンにおける気候を考慮。
 - メソスケール計算結果の通年データ化の精緻化。
- 2003/01/31 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス 26