素材関連のヒートアイランド対策技術の今後の検討課題

竹林英樹（神戸大学）

内容

- 第7回独日都市気候会議の報告
- 第3回都市ヒートアイランド対策国際会議の報告
- ヒートアイランド研究の状況
- 素材関連の検討課題

第7回独日都市気候会議
（ドイツ・ハノーバー，2014年10月6日～10日）

- 発表数：64件（日本41，ドイツ22，他1）
- セッション：オープニング，ヒートアイランド，気流，水と緑，生気象，モデリング1，モデリング2，気候変動と都市気候，都市計画，都市気候，エネルギー消費，ポスター
- ヒートアイランド対策：海風，山風，河川風，冷気流，にじみ出し，樹木，街路樹，噴水，緑化，高反射率化，再帰反射，クール瓦，PV，風の道，土地利用計画，街区形態，省エネルギー

第3回都市ヒートアイランド対策国際会議
（イタリア・ベニス，2014年10月13日～15日）

- 発表数：167件，参加国：32国
- セッション：A1-A4，…，H1-H4（32セッション）

  プレナリー：9件

  Award：3件

  Vishal GARG (India),

  Anna Laura PISELLO, Gloria PIGNATTA (Italy),

  The Japanese Delegation (Japan)
- ヒートアイランド対策：クールルーフ，クールペイブメント，グリーンルーフ，グリーンウォール，蒸発技術

ヒートアイランド研究の状況

- Mitigation（気温，熱流）, Adaptation（PET，SET*）, Implementation（政策，評価，認証）
- 高反射率化，緑化，蒸発は既存技術
- 高反射率化はagingが議論中．再帰にも注目．
- 街路樹の成長や配置．
- 風は街区形態との関係，にじみ出しのメカニズムと効果．
- 体感指標の課題（非定常，発汗）
- WRF，CFD，LES，GCMの組合せ
- 地球温暖化とUHIの組合せ，将来予測と対策

素材関連の検討課題

- 高反射率化技術のaging
- 再帰反射の評価
- Adaptationの評価
- Implementationへの寄与
- 適材適所の検討

高反射率化技術のaging

- Mohamad Sleiman, Thomas Kirchstetter, Paul Berdahl, Haley Gilbert, Sharon Chen, Ronnen Levinson, Hugo Destaillats, Hashem Akbari, Aging of Cool Roof Materials: New Accelerated Laboratory Test Method for Mimicking the Change in Solar Reflectance (ヒートアイランド対策会議)

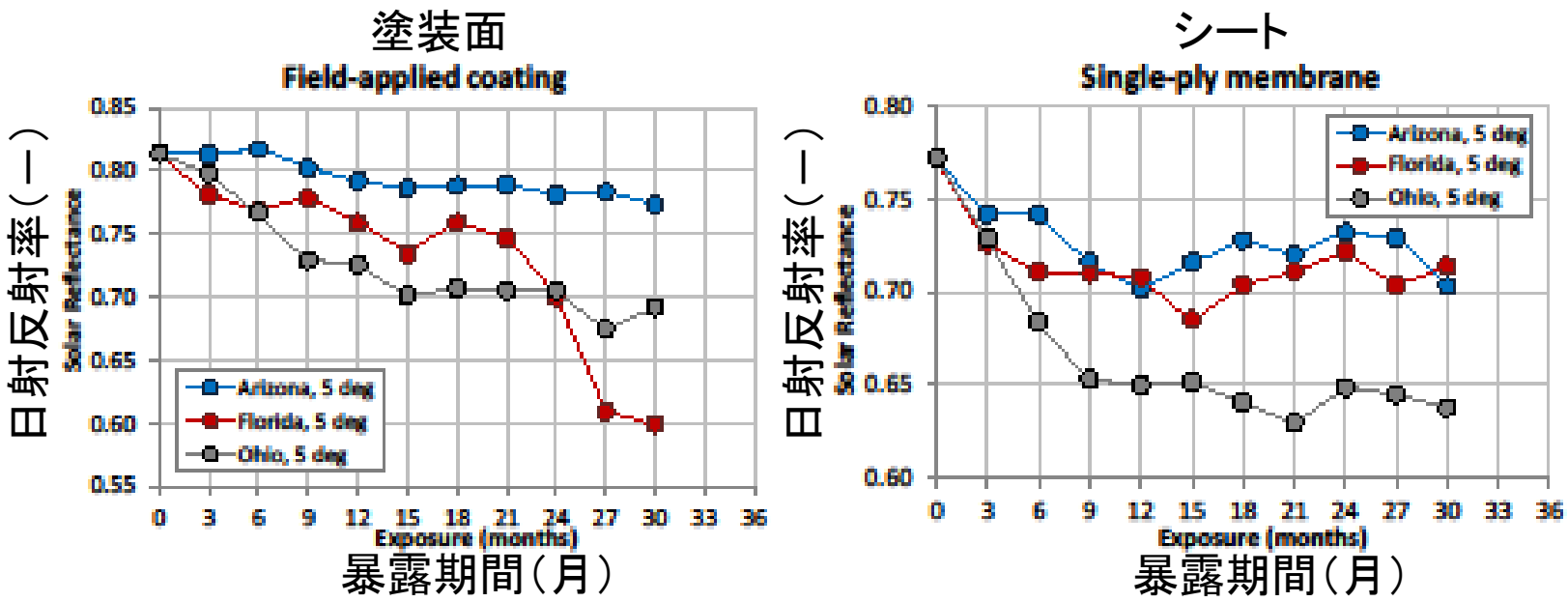
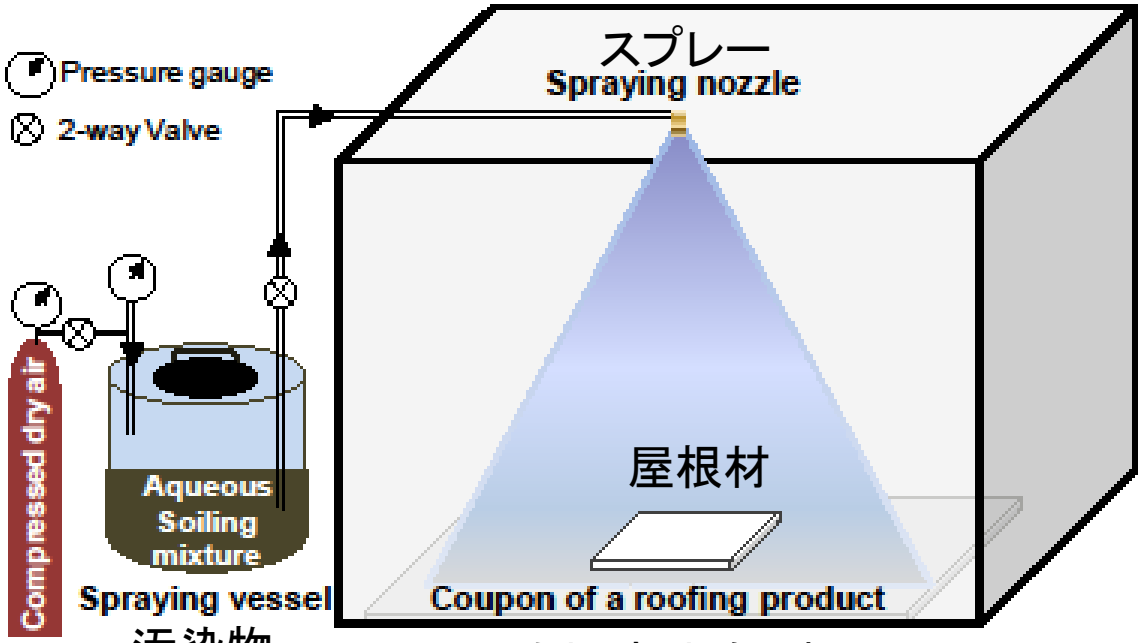


Figure 1. Evolution of solar reflectance of two roofing products exposed over 30 months at each of the CRRC-specified locations.

アリゾナ（青），フロリダ（赤），オハイオ（灰）における暴露30月後迄の反射率の変化



汚染加速試験の概要

Figure 2. Apparatus used for laboratory-accelerated soiling of roofing materials.

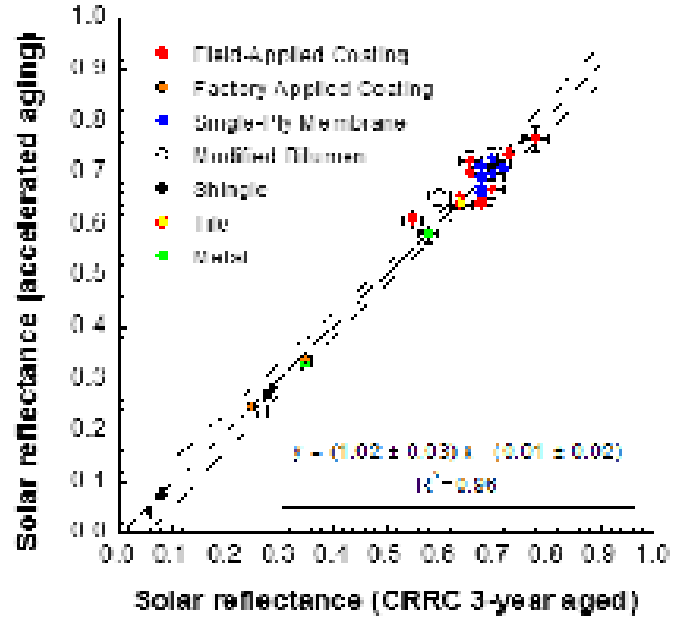
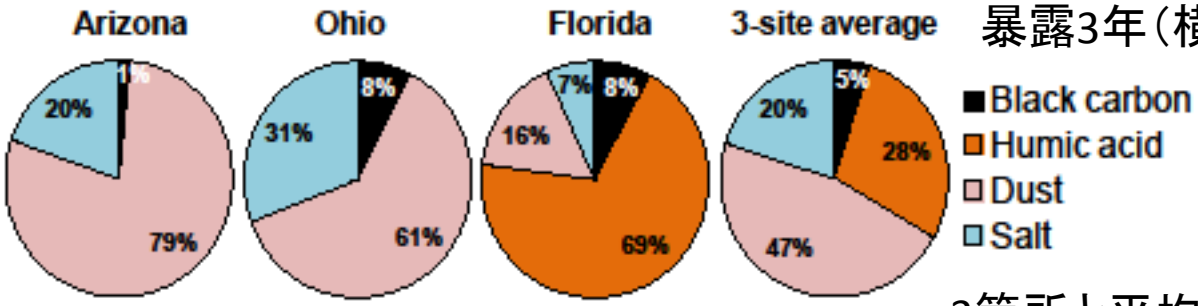


Figure 4. Comparison of results from natural exposure and accelerated aging.

暴露3年（横）と加速試験（縦）



3箇所と平均の汚染物構成割合

Figure 3. Dry mass fractions of soiling mixtures used to mimic the solar reflectance of roofing materials naturally exposed for three years in Arizona, Ohio and Florida, and to mimic the three-site average.

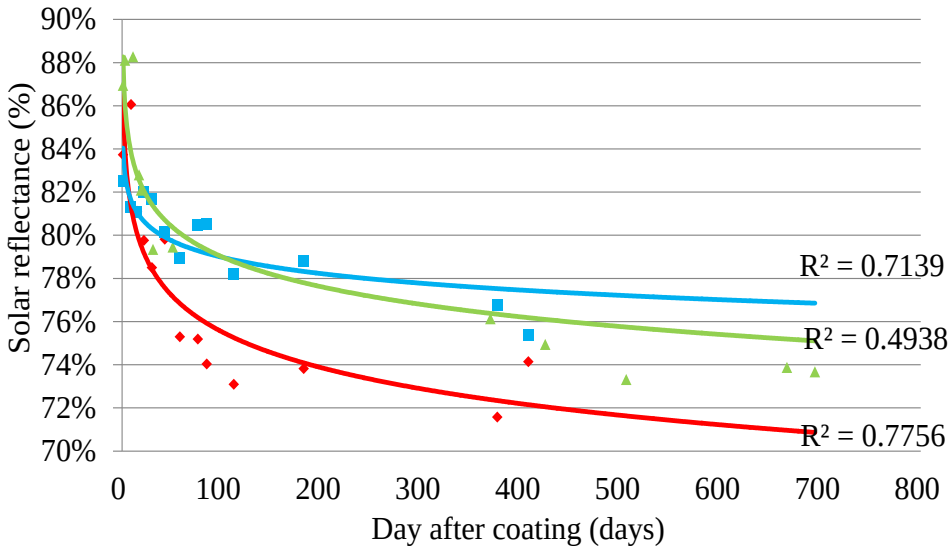
a. A roofing coupon is conditioned using ASTM G154 cycle 1 for one day. a. QUV1サイクル

b. A soiling mixture is deposited on the conditioned coupon under controlled spraying conditions after calibrating the spraying system following . The coupon is then dried under an infrared lamp. b. 汚染物スプレー後赤外線ランプにより乾燥 c. QUV1サイクル

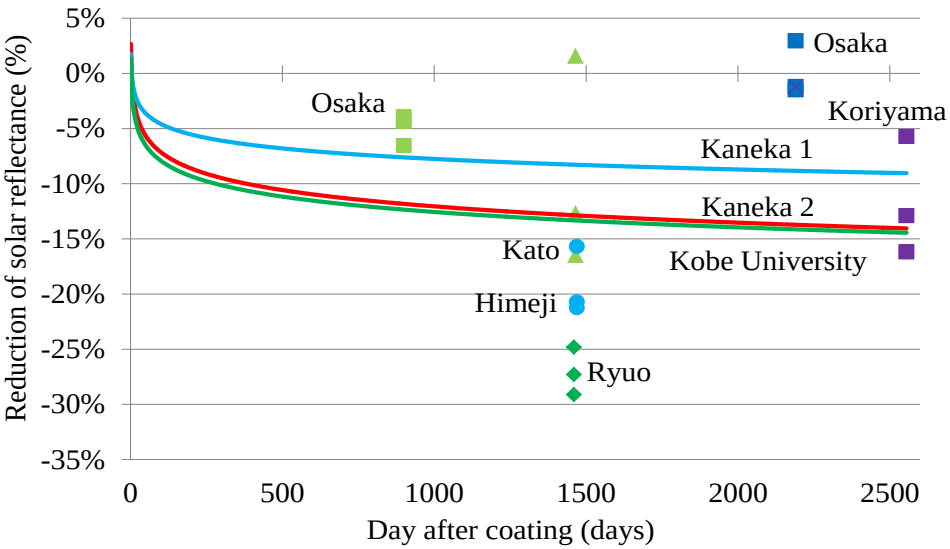
c. The soiled and dried coupon is weathered using ASTM G154 cycle 1 for one day.

高反射率化技術のaging

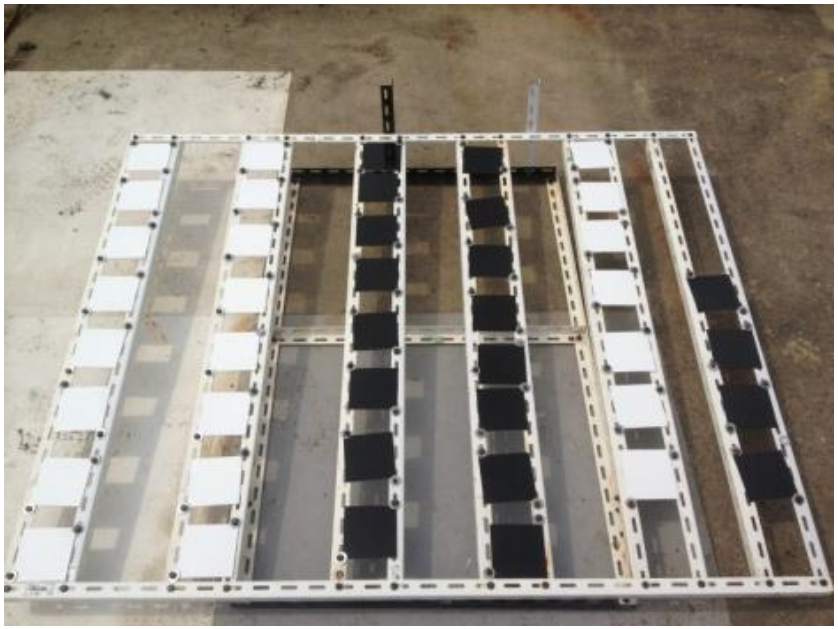
- Hideki Takebayashi, Katsuo Miki, Koji Sakai, Yasutaka Murata, Takafumi Matsumoto, Susumu Wada, Taizo Aoyama, Examination on aging experiment and accelerated aging test method of solar reflectance of the high reflectance paint in Japan (ヒートアイランド対策会議)



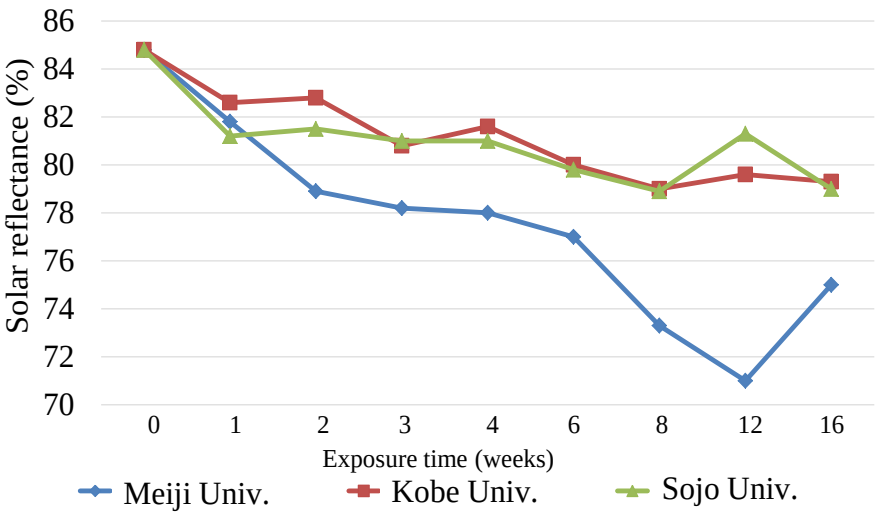
神戸大学(緑)とカネカ(青，赤)屋上における日射反射率測定結果

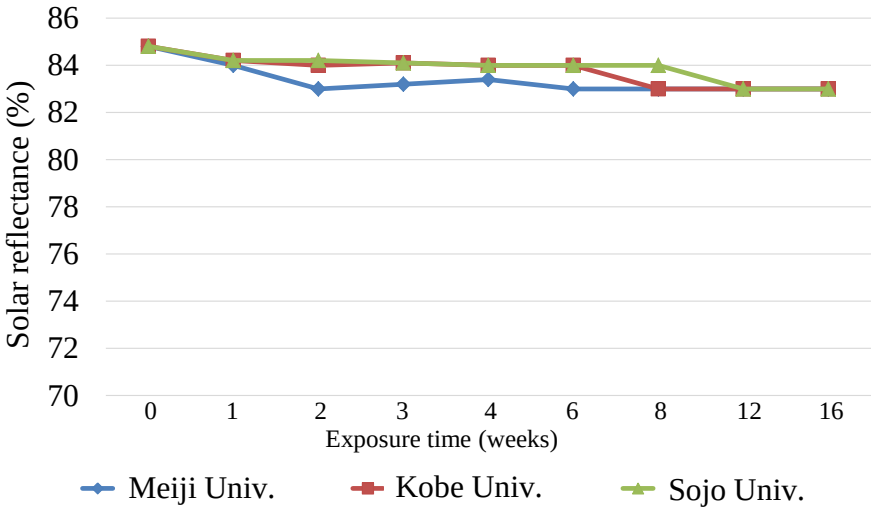


神戸大学(緑)，カネカ(青，赤)，その他の屋根における日射反射率低下量の測定結果



神戸大学屋上における日射反射率暴露試験の様子

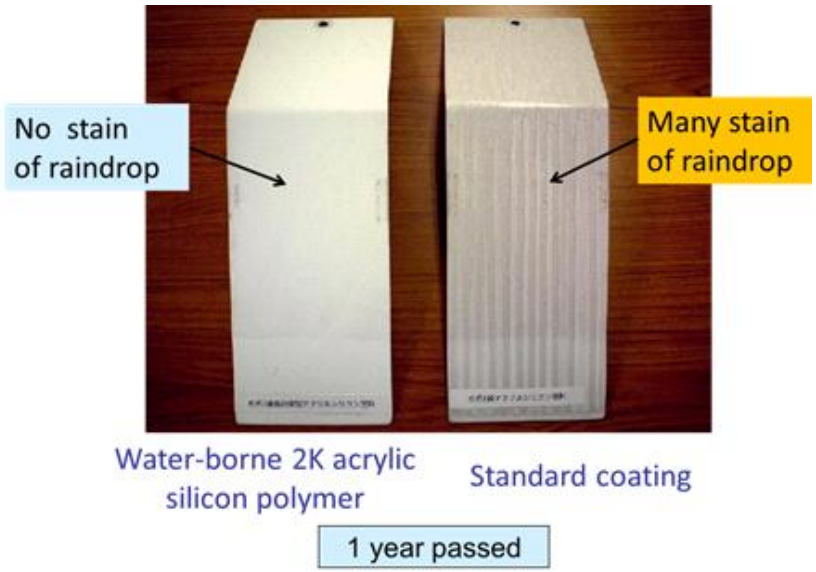




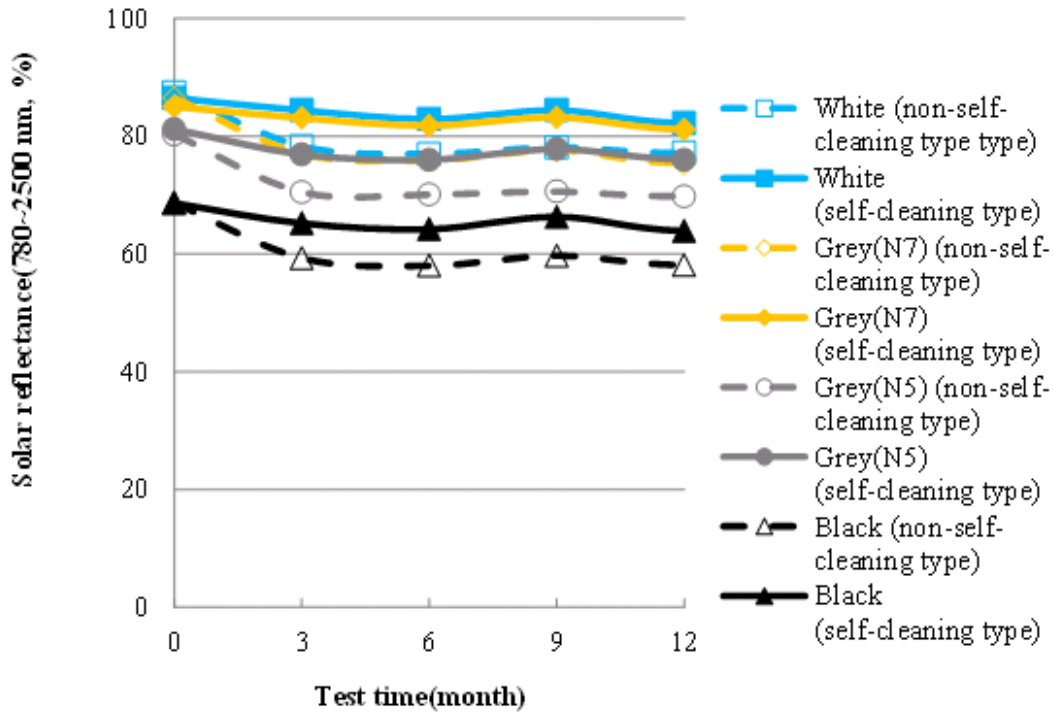
明治大学（青），神戸大学（赤），崇城大学（緑）における
暴露試験の日射反射率測定結果（左：暴露後，右：暴露＋洗浄後）

Self-cleaning top-coat for cool roof

- Taizo Aoyama, Takeshi Sonoda, Takahiro Hamamura, Yasushi Nakanishi, Luc Peeters, Hideki Takebayashi, Development of self-cleaning top-coat for cool roof (ヒートアイランド対策会議)



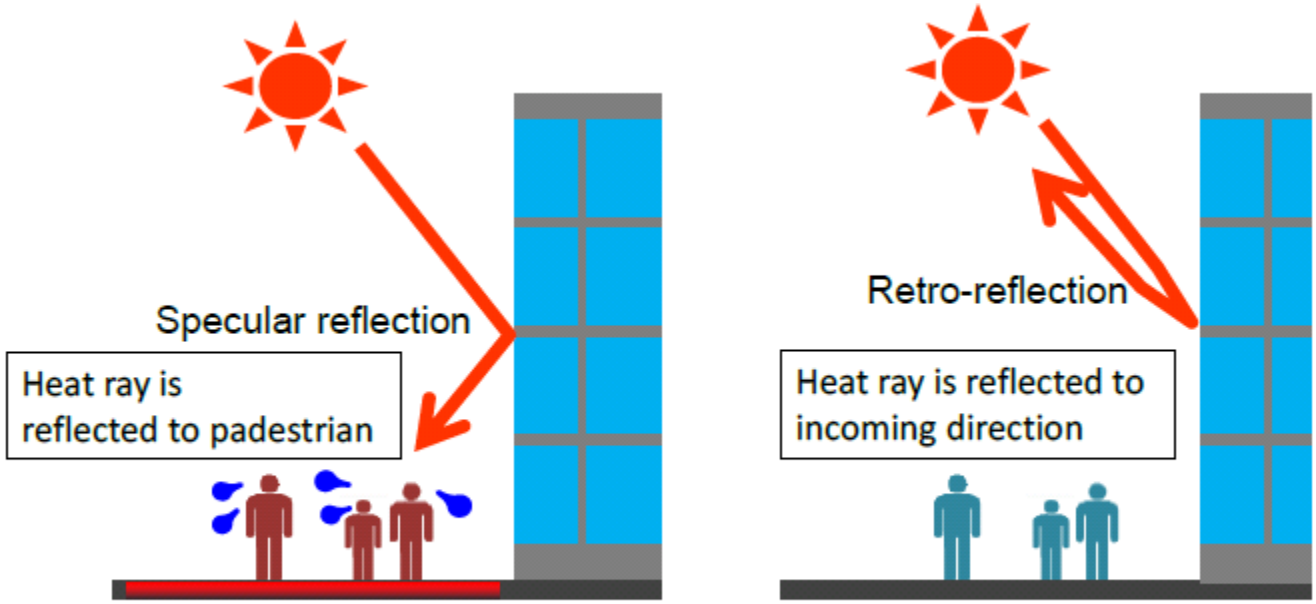
セルフクリーニングの効果



各色の塗料におけるセルフクリーニングの効果
（近赤外反射率(780 – 2500 nm)）

再帰反射の評価

- Taiki UCHIDA, Saori YUMINO, Shinji YOSHIDA, Akashi MOCHIDA, Effects of windows with heat ray retro-reflective film on outdoor thermal environment and building cooling load (独日会議)



(1) previous heat shading films (2) retro-reflective film

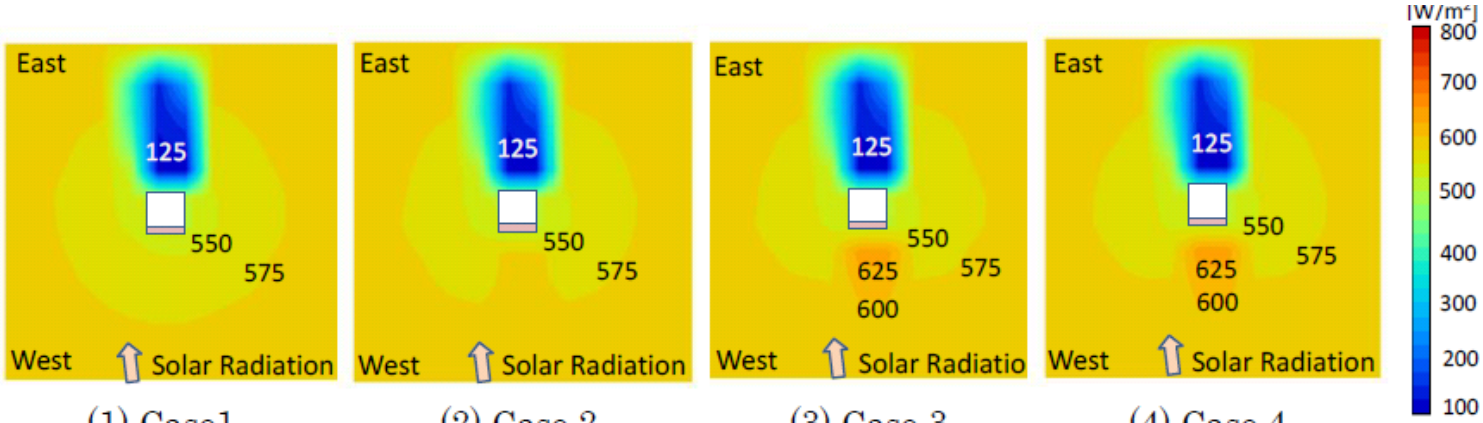
Figure 1: Difference of a retro-reflective film and previous heat shading films

拡散反射(1)と再帰反射(2)の違い

case1：再帰反射，case2：フロートガラス，case3：遮熱ガラス，case4：Low-eガラスの物性値

Table 2: Comparison of radiant properties between western surfaces with window in each case (weighted average of the radiant properties of window and wall at 15:00 on July 23).

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
solar radiation	Reflectance of mirror component	**7.5**	**13.0**	**26.0**	**26.0**
	Reflectance of retro component	12.1			
	Absorptance	51.3	21.8	40.8	40.8
	Transmissivity	32.5	66.0	34.6	34.6



(1) Case1 [Retro-reflective film] (2) Case 2 [The float glass] (3) Case 3 [The heat shading film] (4) Case 4 [The low-e glass]

Table 3: Comparison of the MRT values and the amounts of solar radiation transmitted into the building (at 15:00 on July 23).

外部MRTと室内への透過日射

	property of glazing	MRT [°C]	Amount of solar radiation transmitted into the building[W]
Case 1	single float glass with retro- reflective film	64.4	1240
Case 2	untreated single float glass	64.7	2510
Case 3	single float glass with heat shading film	67.9	1320
Case 4	low-e double glass	68.7	1320

Adaptationの評価

- Yasuhiro SHIMAZAKI, Atsumasa YOSHIDA, Shohei TAKETANI, Experimental Analysis of Human Thermal Condition during Urban Street Walking (独日会議)

The human thermal load is in itself the heat flux in a given condition and is calculated from Equation (1) as the remaining amount of each item of energy balance. It is an objective value based on an energy balance formula for the human body that incorporates varying degrees of physiological factors:

$$Q = M - W + R_{net} - E - C \quad (1)$$

where M quantifies the metabolism, W is the workload, R_{net} is the net radiation, E is the latent heat loss, and C is the sensible heat loss. The unit is W/m^2. In a steady state and even in an unsteady state with its variations in weather and human factors, the thermal condition can generally be obtained by using the overall human thermal load.

体熱負荷Qにより，非定常の条件でも熱的感覚が予測できる．QはM代謝量，W仕事量，Rnet放射収支，E潜熱，C顕熱で表される．

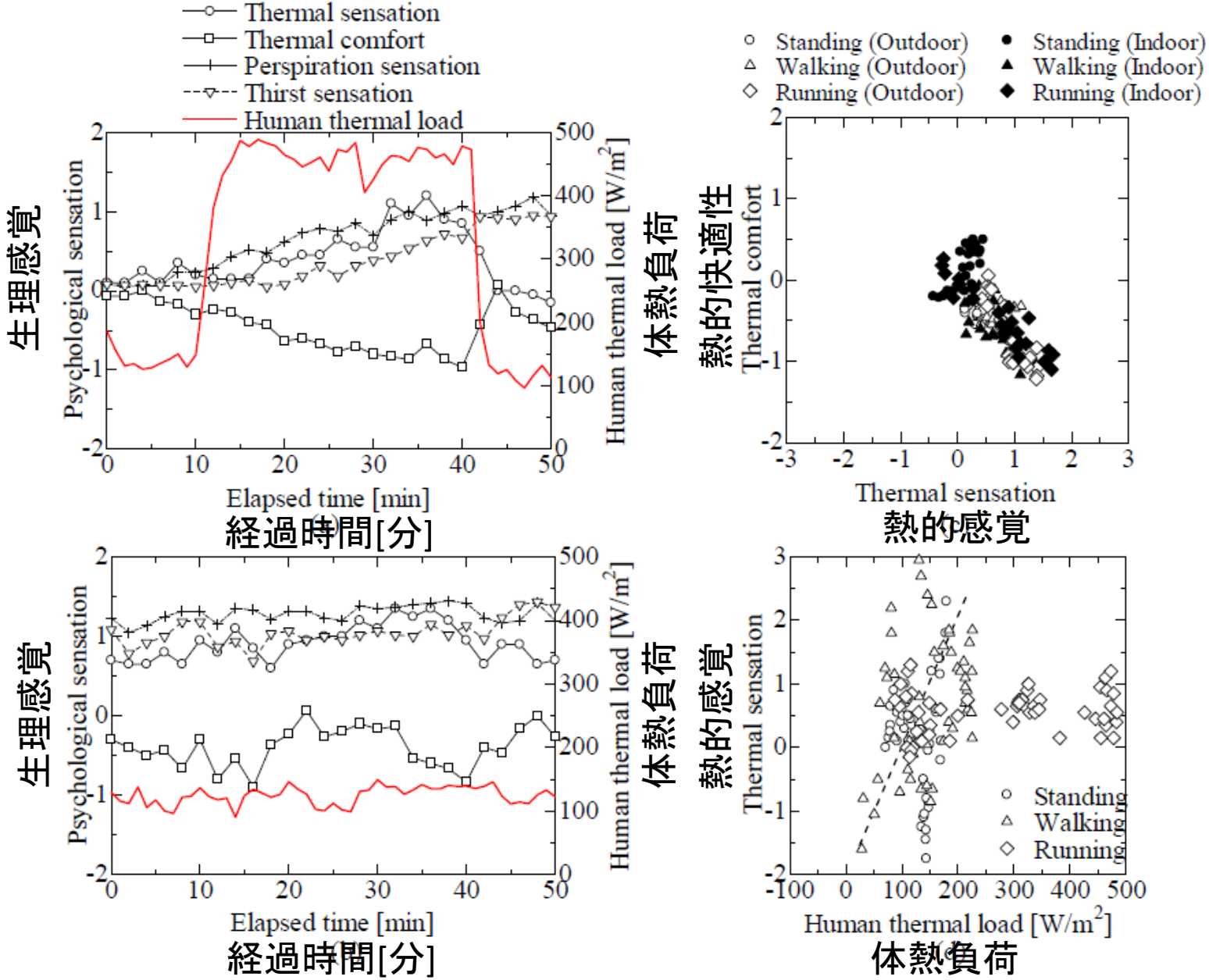
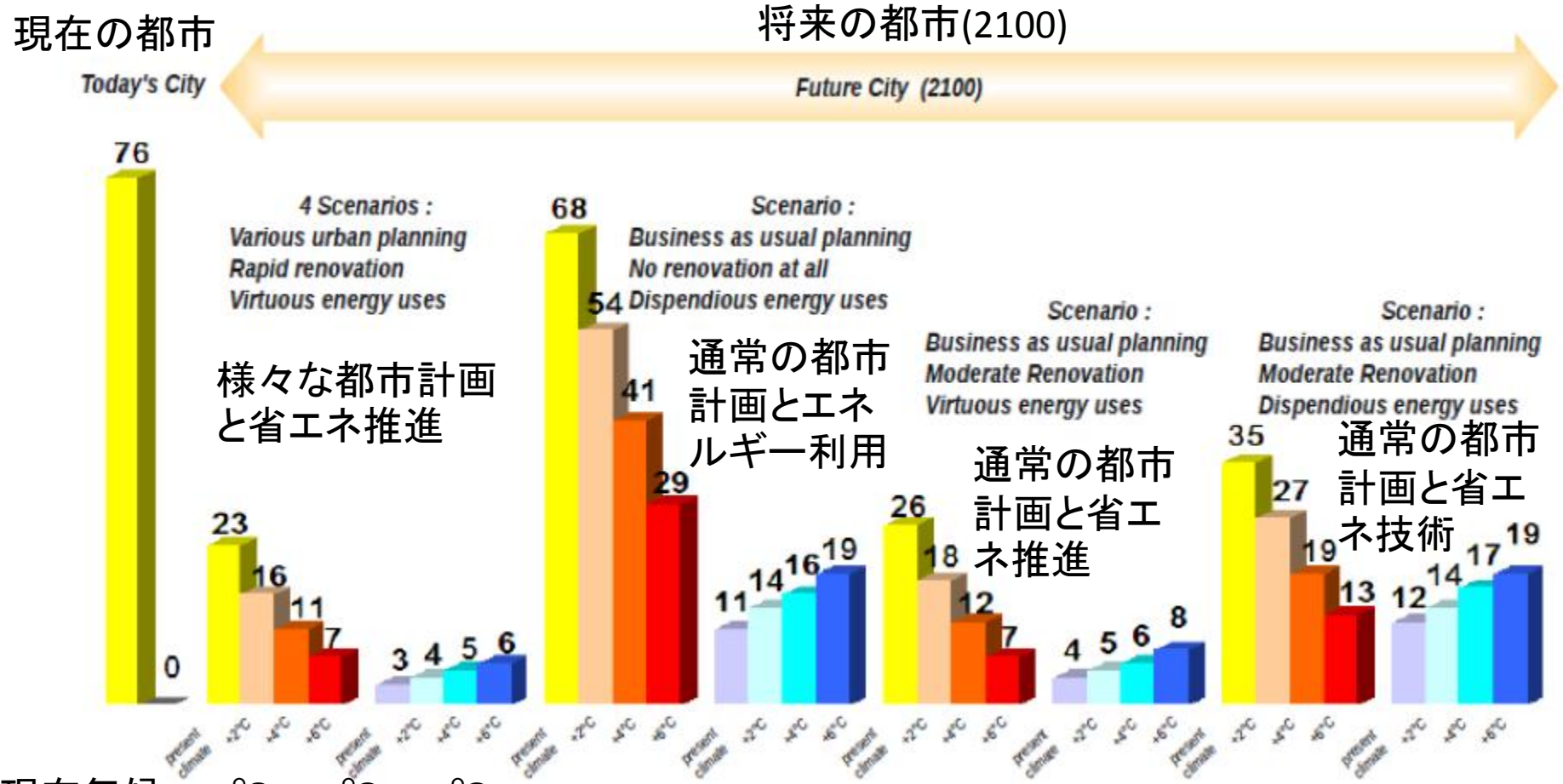


Figure 4: Human Sensations for (a) Outdoor Running, (b) Outdoor Standing, (c) Relation between Thermal Sensation and Thermal Comfort, and (d) Relation between Human Thermal Load and Thermal Sensation

(a)外部走行(b)外部立位の感覚(c)熱的感覚と快適性(d)体熱負荷と感覚

Implementationへの寄与

- V. Masson, et.al., Adapting cities to climate change : a systemic modelling approach (ヒートアイランド対策会議)



現在気候，+2℃，+4℃，+6℃

Implementationへの寄与

- Marjorie Musy, Laurent Malys, Benjamin Morille, Christian Inard, The use of SOLENE-microclimat to assess adaptation strategies at the district scale (ヒートアイランド対策会議)

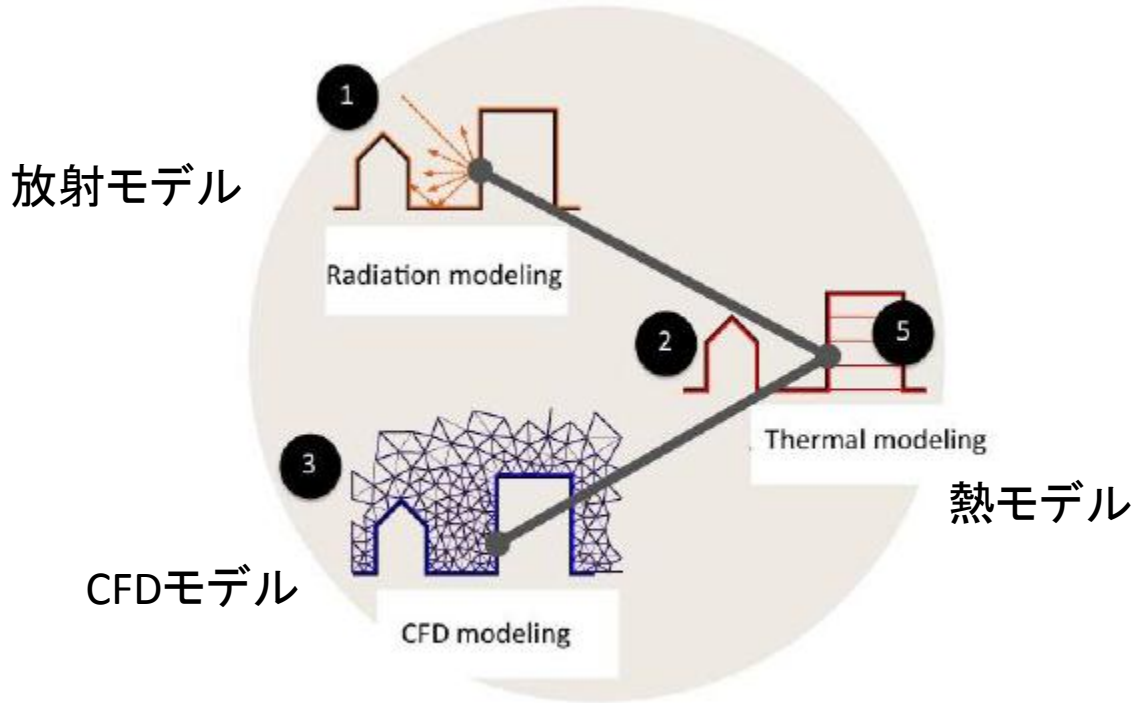
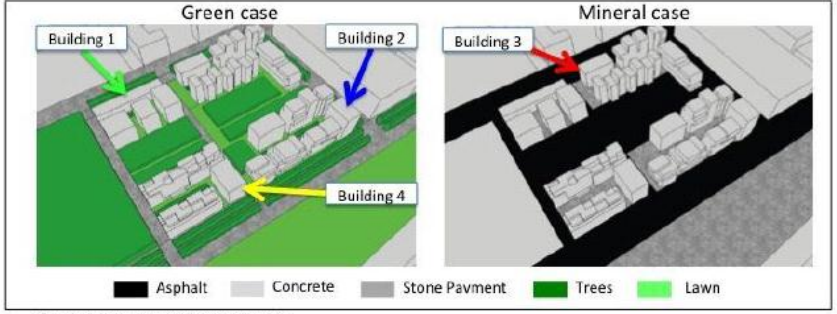
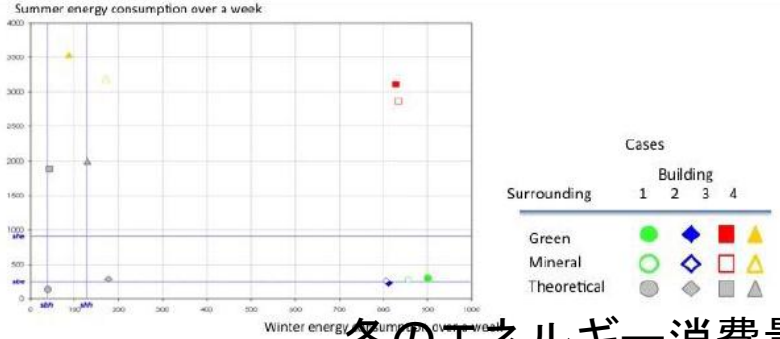


Figure 1: The coupled modules from SOLENE to SOLENE-microclimat (adapted from (Malys 2012))

放射，熱，CFDモデルの統合



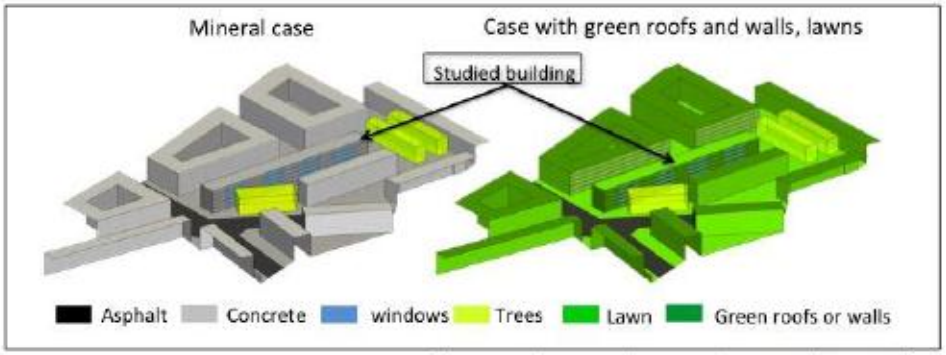
夏のエネルギー消費量

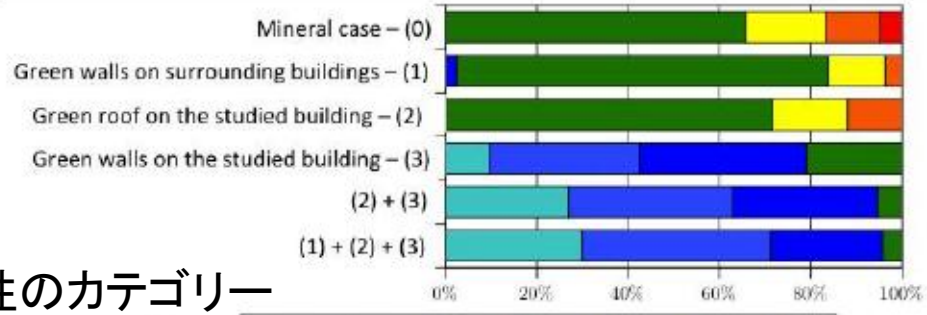


対策によるエネルギー消費量の変化

冬のエネルギー消費量

Figure 6: Energy consumption of four buildings when calculated with a green or mineral surrounding, and with a theoretical surrounding (adapted from (Bouyer 2009))





快適性のカテゴリー

適材適所の検討

- Hideki Takebayashi, Heat Island Research History, Countermeasures, Adaptation, and Implementation in Japan (ヒートアイランド対策会議)

Hideki Takebayashi, Masakazu Moriyama, Relationships between the properties of an urban street canyon and its radiant environment: Introduction of appropriate urban heat island mitigation technologies, Solar Energy 86 (2012) 2255–2262

Hideki Takebayashi, Yutaro Kimura, Sae Kyogoku, Study on the appropriate selection of urban heat island measure technologies to urban block properties, Sustainable Cities and Society 13 (2014) 217–222

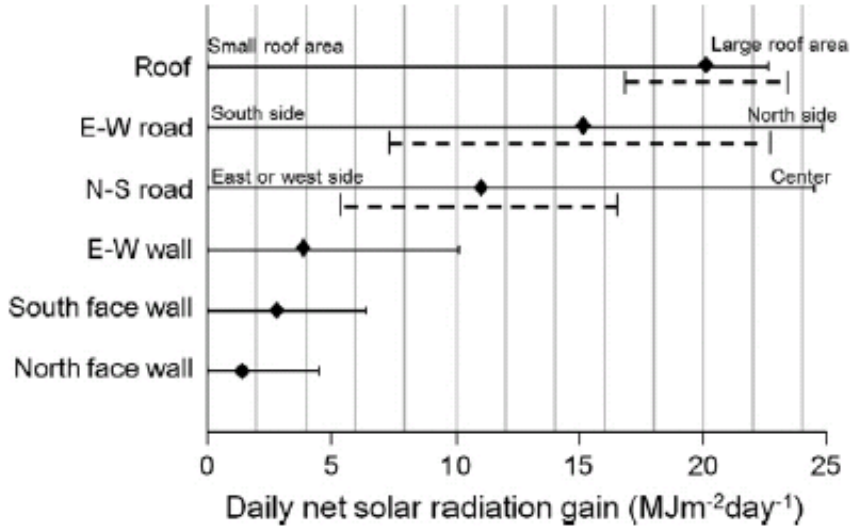


Fig. 15. Components of an urban street canyon and their daily net solar radiation gain levels and variations. Minimum, Mean, Maximum, Standard deviation

都市キャニオン内の日射受熱量

ヒートアイランド対策の部位別導入効果

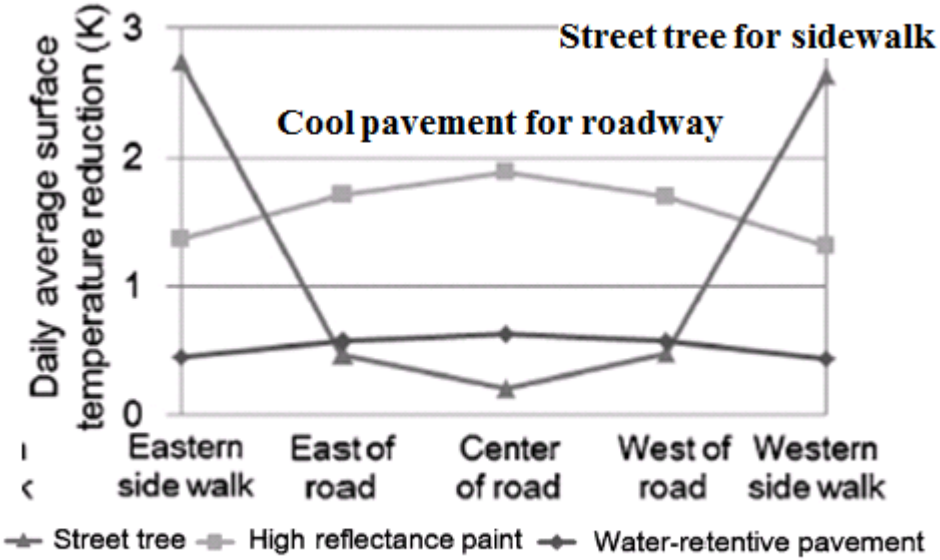


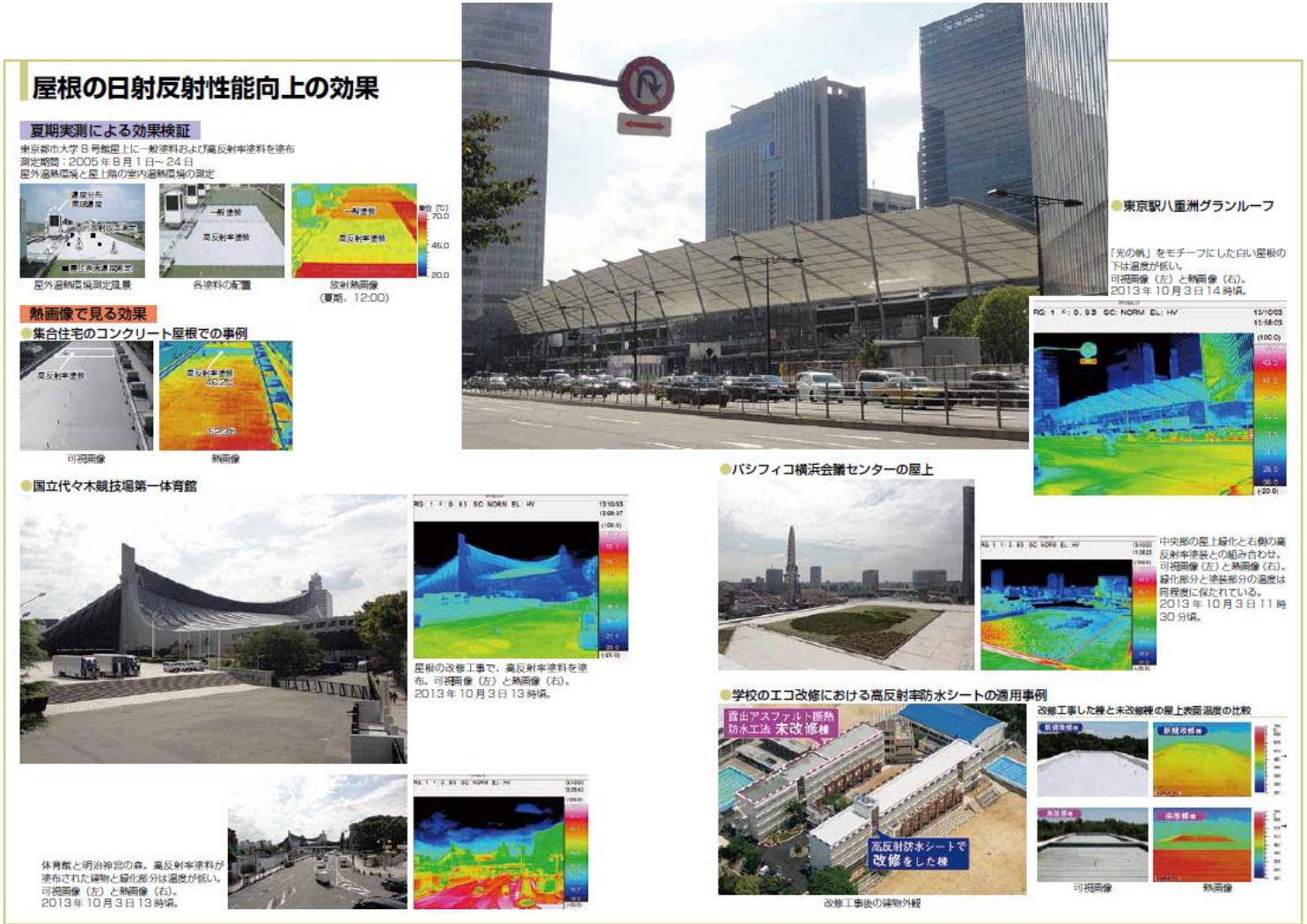
Fig. 6. Daily average surface temperature reduction due to a street tree, high reflectance paint, and water-retentive pavement

日本のヒートアイランド対策研究

- Hideki Takebayashi, Heat Island Research History, Countermeasures, Adaptation, and Implementation in Japan (ヒートアイランド対策会議)

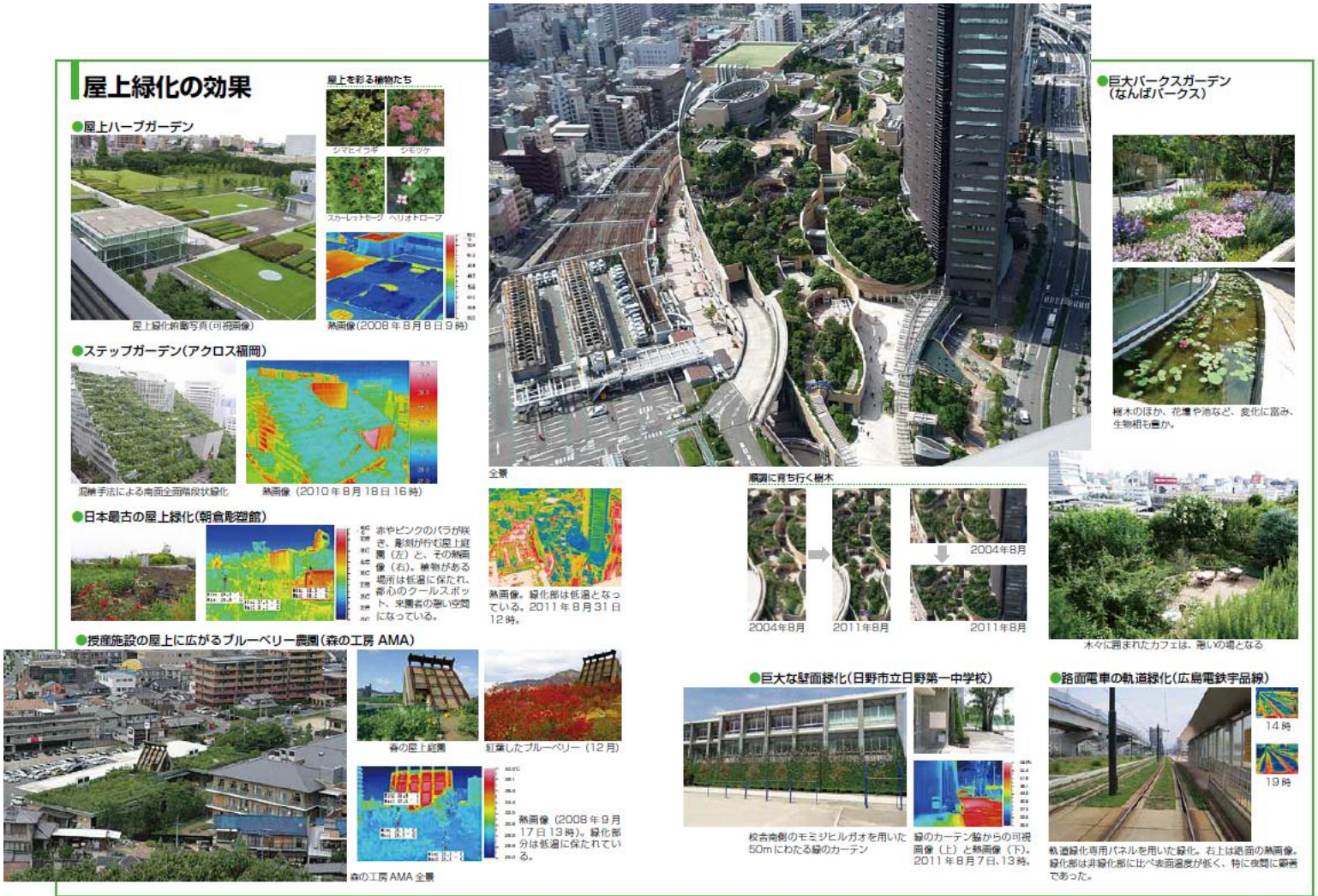
日本のヒートアイランド対策研究

- Hideki Takebayashi, Heat Island Research History, Countermeasures, Adaptation, and Implementation in Japan (ヒートアイランド対策会議)



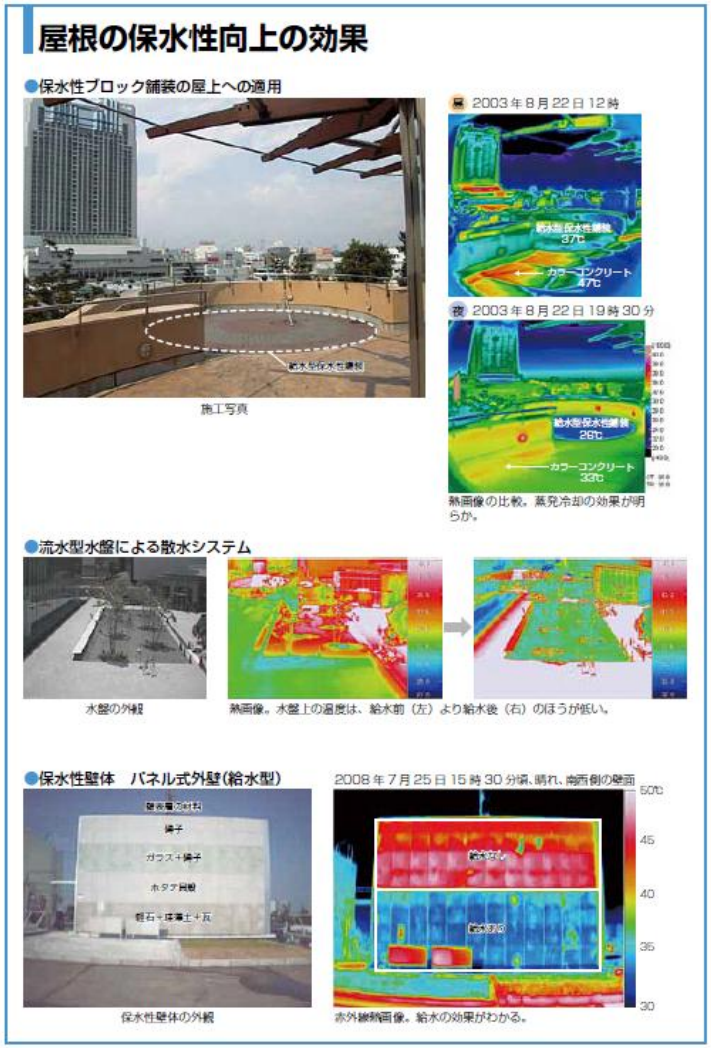
日本のヒートアイランド対策研究

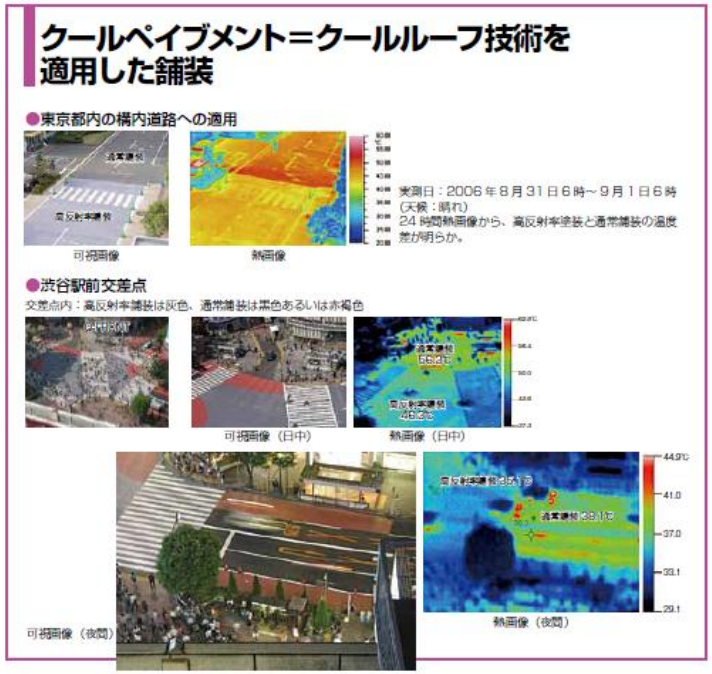
- Hideki Takebayashi, Heat Island Research History, Countermeasures, Adaptation, and Implementation in Japan (ヒートアイランド対策会議)

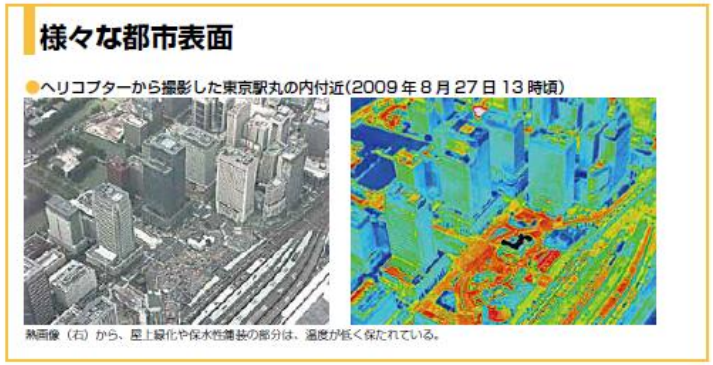


日本のヒートアイランド対策研究

- Hideki Takebayashi, Heat Island Research History, Countermeasures, Adaptation, and Implementation in Japan (ヒートアイランド対策会議)







都市被覆に関するヒートアイランド緩和効果の整理

対象	対策	ヒートアイランド緩和効果		外部空間の温熱快適性		省エネ効果	
		昼間	夜間	昼間	夜間	夏季	冬季
屋根・屋上	高反射率化	◎	◎	-	-	○	△
	緑化	◎	◎	◎ (屋上)	◎ (屋上)	○	○
	蒸発利用（保水、散水）	◎	○	-	-	○	-
壁面	緑化	◎	○	◎ (街路)	◎ (街路)	○	○
	蒸発利用（保水、散水）	◎	○	○	-	○	-
道路・舗装面・駐車場・広場など	高反射率化	◎	◎	△	◎	-	-
	緑化	◎	◎	◎	◎	-	-
	蒸発利用（保水、散水、打ち水）	◎	◎	◎	◎	-	-

◎：大きな効果が期待される，○：効果が期待される，△：逆効果となる場合がある，-：関係なし．

対象	対策	その他の特徴	配慮事項
屋根・屋上	高反射率化	室内温熱環境の改善 外気湿度の非上昇	性能の経年劣化に注意が必要 周辺に対する反射日射に配慮が必要 暖房負荷が増える可能性が高い
	緑化	景観，集客，都市洪水の緩和，生態系の保全，環境教育，不動産価値の向上	適切な維持管理が必要
	蒸発利用 （保水、散水）	雨水浸透	散水時の水むら・水みちの対策や保水性能の維持が必要 冬季の凍結融解による劣化に注意が必要
壁面	緑化	景観，生態系の保全	適切な維持管理が必要
	蒸発利用 （保水、散水）	景観、雨水浸透	散水時の水むら・水みちの対策や保水性能の維持が必要 冬季の凍結融解による劣化に注意が必要
道路・舗装面・駐車場・広場など	高反射率化	外気湿度の非上昇	性能の経年劣化に注意が必要 周辺に対する反射日射に配慮が必要
	緑化	景観，生態系の保全	適切な維持管理が必要
	蒸発利用 （保水、散水、打ち水）	雨水浸透	保水状況により効果が異なるため、保水性能の維持が必要 冬季の凍結融解による劣化に注意が必要

日本のヒートアイランド対策研究

Third International Conference on

Countermeasures to Urban Heat Island

Venice, October 13-15, 2014

This award is presented to

The Japanese Delegation

participating in the

3rd IC²UHI – Third International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island

held in Venice (Italy),
from October 13 to October 15, 2014

in recognition of

OVER TWO DECADES OF CONTINUOUS CONTRIBUTION TO THE SCIENCE AND APPLICATION OF UHI COUNTERMEASURES

The Chair of the Conference

Hashem Akbari

(Hashem Akbari)

日本の皆様へ

日本のこれまでの継続的なヒートアイランド対策に対する貢献に対して

thank you
danke
gracias
tesekkür ederim
merci
obrigado
sukriya
go raibh maith agat
dziękuję
mochchakkeram
tapadh leat
спасибо
bedankt
NYUK HIEN WONG

まとめ

- 各国ともに，素材自体の研究は完成段階．Agingは検討課題
- 評価，認証プログラムは北米(CRRC)が先行，ヨーロッパ(ECRC)が追随．日本はETVと大阪HITECの認証制度
- 地球温暖化と併せて，Adaptationを検討
- 評価，シミュレーションを通してImplementationへの戦略を研究
- Adapting cityとして，都市計画との連携を模索