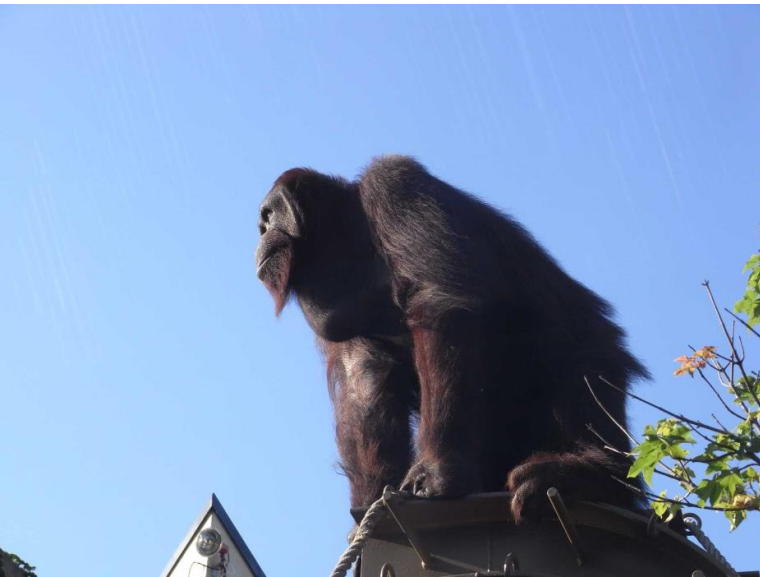




# ほどよい不均質を 心地よい住まいの価値に変換する



札幌市立大学大学院 デザイン研究科

都市・建築環境デザイン研究室

齊藤 雅也



札幌市立大学  
SAPPORO CITY UNIVERSITY





光

空氣・音

熱





光

熱

水  
空気

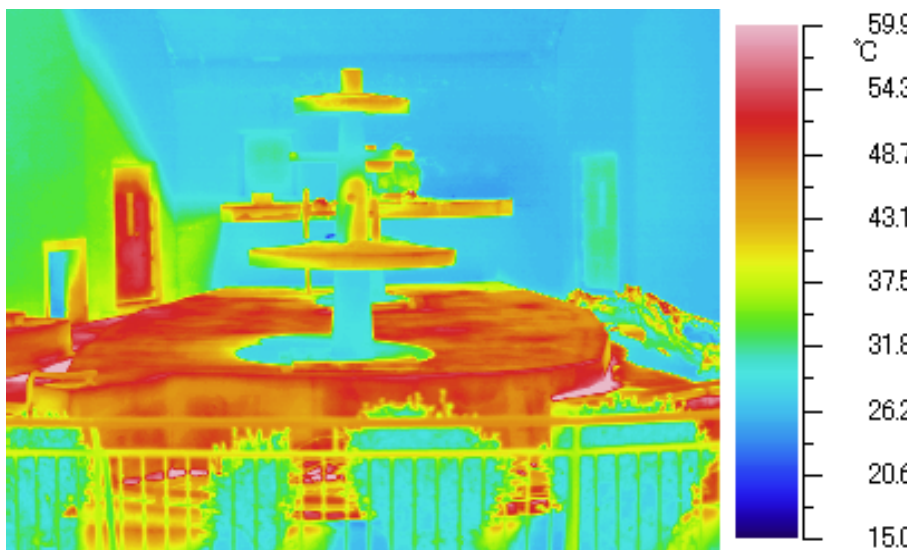
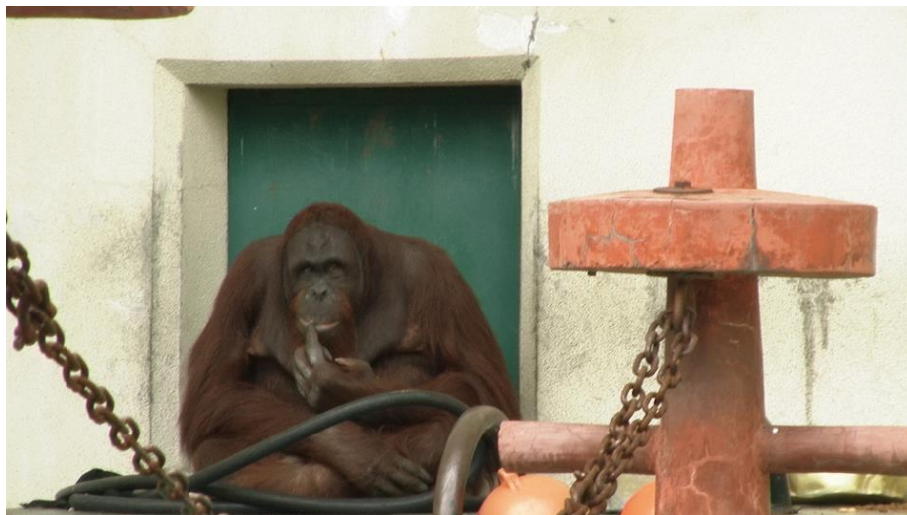
## 不均質 ふきんしつ

均質でないさま。むらがあったり、性質が部分部分  
で偏っていたりするさま。

「均質」とは性質や状態が全体的に同じであるさま。



札幌市円山動物園  
類人猿館屋外放飼場（改修前：2007 夏）

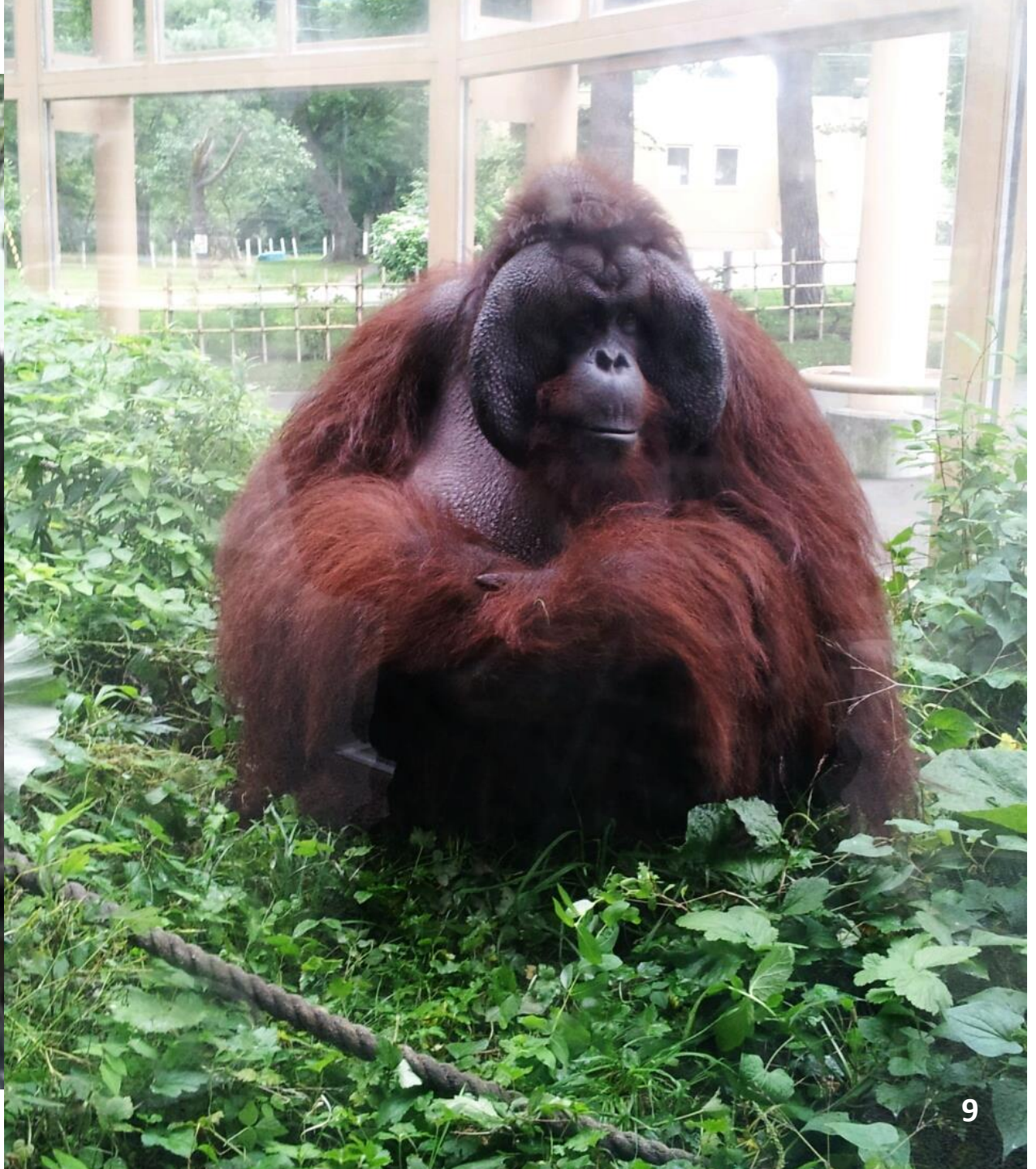


札幌市円山動物園  
類人猿館屋外放飼場 (改修後：2008 春)

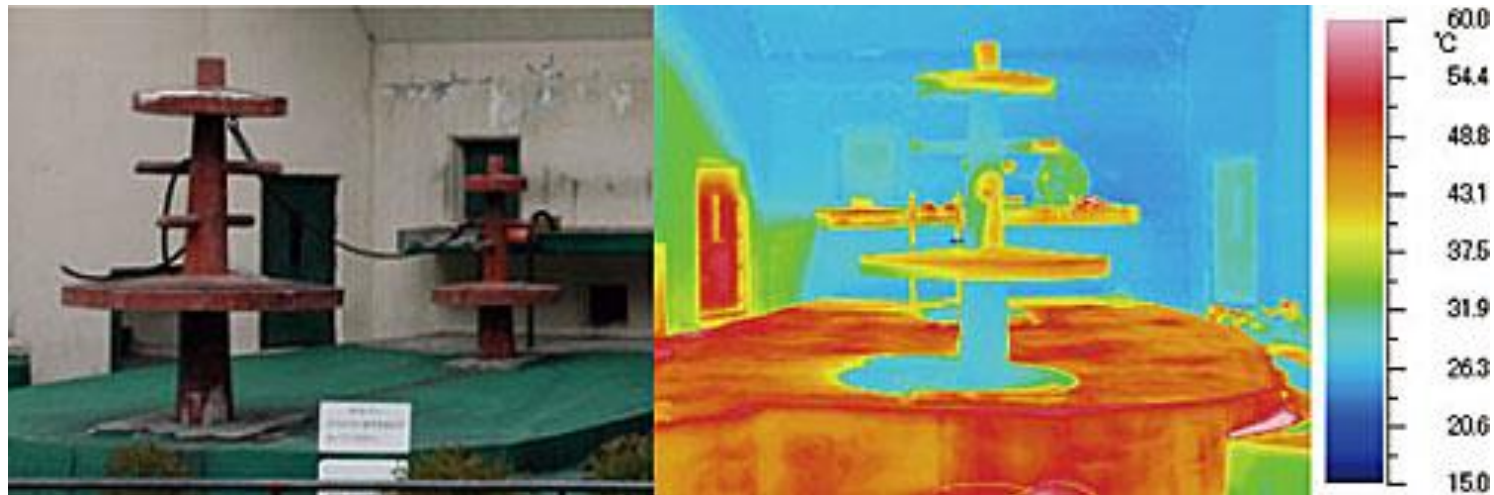






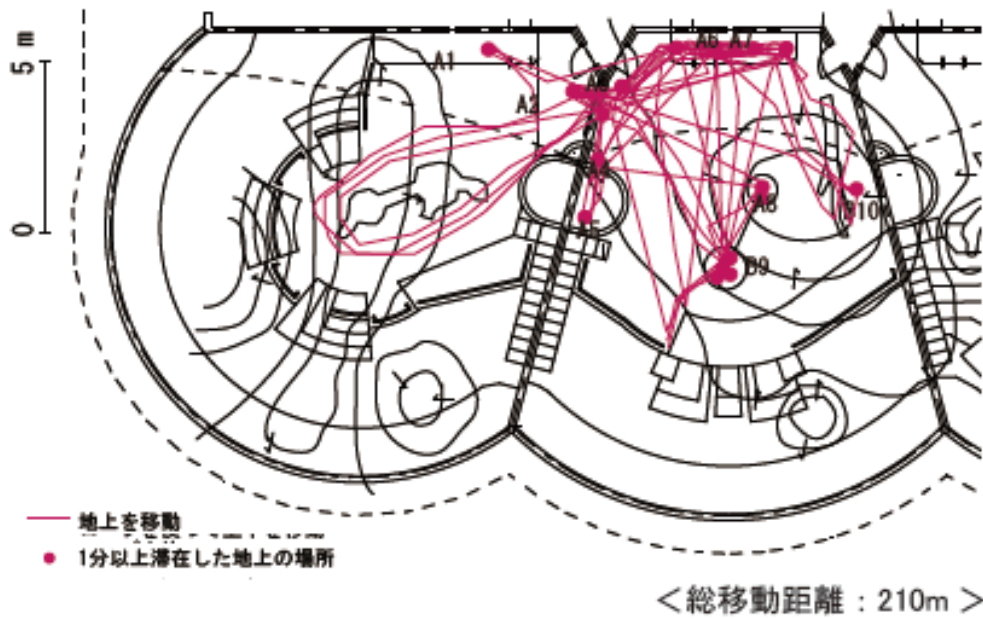


**BEFORE**



**AFTER**

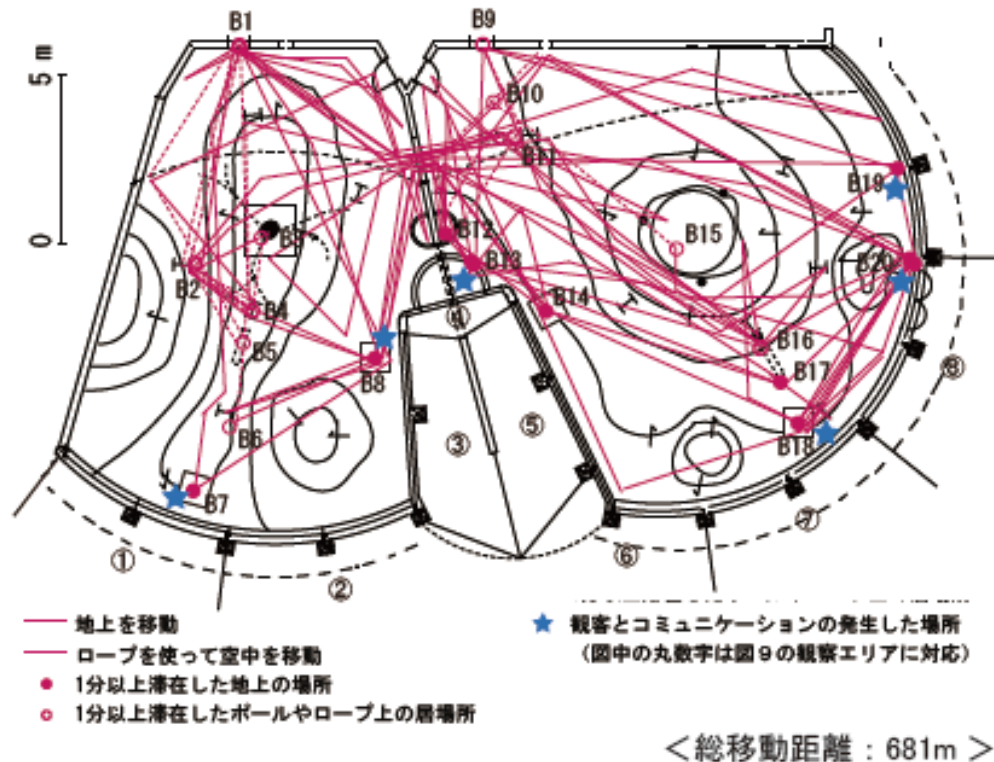




Before (2007) : 70 m/h

改修後のオランウータンの移動距離  
改修前の3倍に増加.

放射環境がオランウータンの行動に  
影響を与えたと考えられる.

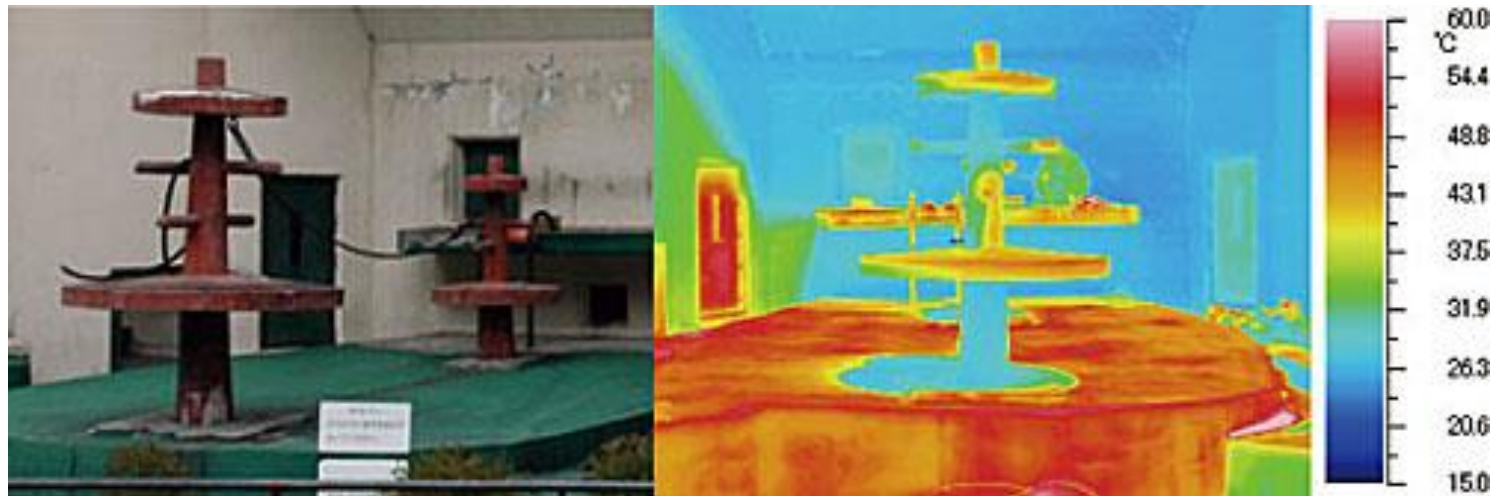


After (2008) : 227 m/h

斉藤雅也・片山めぐみ・伊藤哲夫・吉田淳一・吉野聖・酒井正幸：  
札幌市円山動物園・類人猿館改修デザイン, 日本建築学会技術報告集  
第15巻、No. 29、2009.02、pp. 207-210.

**BEFORE**

**超不均質な  
表面温度の分布**



**AFTER**

**ほどよい不均質  
表面温度の分布**





引用 : <http://profile.ameba.jp/bookmaker/>



建築（空間）の環境性能が劣悪な状態で、  
「力任せの暖・冷」をエアコンで供給するのではなく、  
「より高質な温・涼」をつくるためには、

建築（空間）の環境性能を最大に高め、  
→ 季節・時間に合わせて、室内表面温度をほどよく整える。  
表面温度のむらのデザイン，放射のデザイン。

→ ヒト（動物）の「適応的快」を引き出す。

→ 動物の繁殖，植物の繁茂につながる。

# 環境の物理要素・五官・五感 と 制御対象

(環境要素)	(器官)	(感覚)	(制御対象)
光	目	視覚	光源
熱	皮膚	触覚 (温冷覚)	熱源
音	耳	聴覚	音源
空気	鼻	嗅覚	給排気
水 (蒸気)	舌・皮膚	味覚・触覚 触覚 (温冷覚)	給排気 蒸発面



# 環境の物理要素・五官・五感 と 制御対象

	(環境要素)	(器官)	(感覚)	(制御対象)
目に見える	光	目	視覚	光源
	熱	皮膚	触覚 (温冷覚)	熱源
	音	耳	聴覚	音源
目に見えない	空気	鼻	嗅覚	給排気
	水 (蒸気)	舌・皮膚	味覚・触覚 触覚 (温冷覚)	給排気 蒸発面

# 環境の物理要素・五官・五感 と 制御対象

(環境要素)

(器官)

(感覚)

(制御対象)

光

目

視覚

光源

熱

皮膚

触覚 (温冷覚)

熱源

音

耳

聴覚

音源

空気

鼻

嗅覚

給排気

水 (蒸気)

舌・皮膚

味覚・触覚

給排気

触覚 (温冷覚)

蒸発冷却面

エネルギー

物質

# ヒト・建築環境と熱の振る舞い

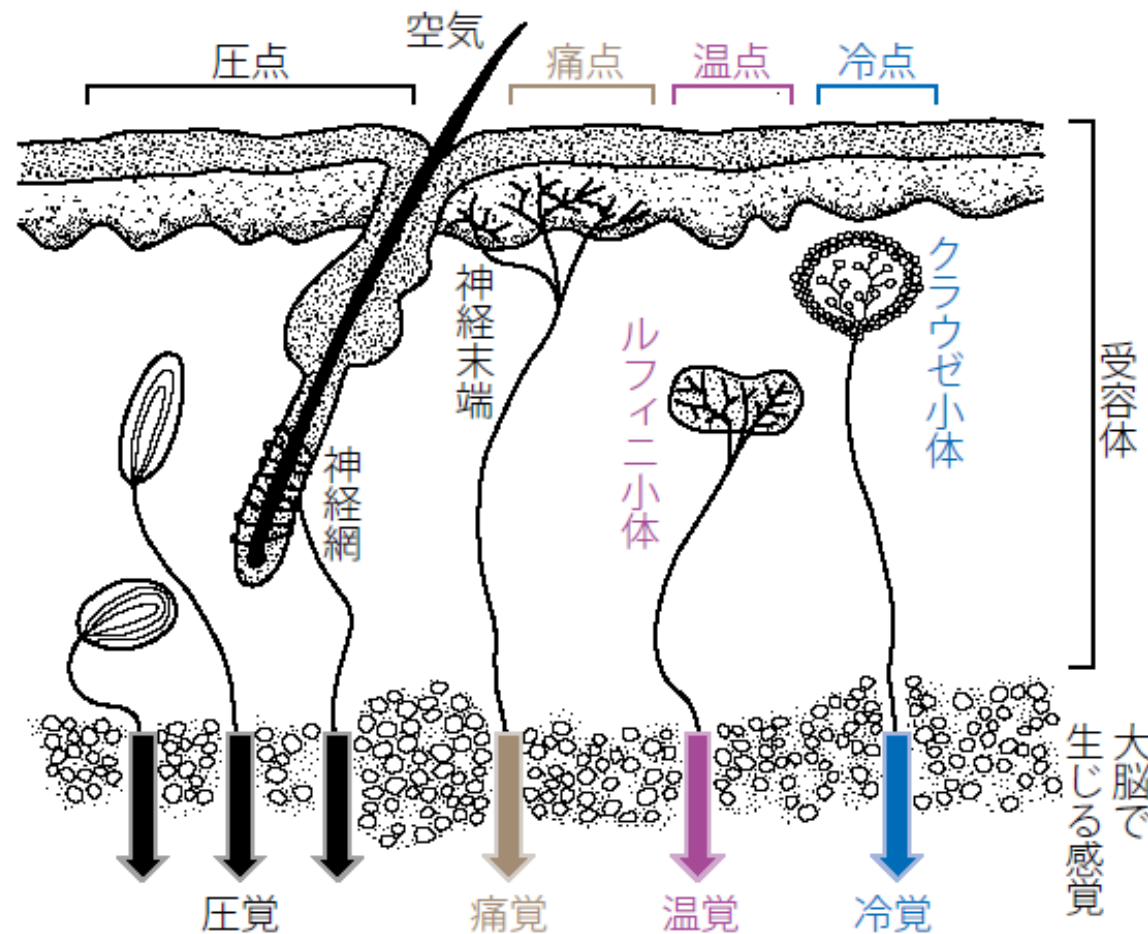
## ヒトの寒暑感を決める6要素

### 環境側

- 1) 空気温度 (対流)
- 2) 湿度 (蒸発)
- 3) 平均放射温度 (放射)
- 4) 気流速度 (対流)

### 人体側

- 5) 着衣量 (主に放射)
- 6) 代謝量 (主に放射)



# 環境の物理要素・五官・五感 と 制御対象

(環境要素)

(器官)

(感覚)

(制御対象)

光

目

視覚

光源

放射

熱

皮膚

触覚 (温冷覚)

熱源

放射  
対流  
伝導

音

耳

聴覚

音源

伝搬

空気

鼻

嗅覚

給排気

対流

水 (蒸気)

舌・皮膚

味覚・触覚

給排気

対流

触覚 (温冷覚)

蒸発面

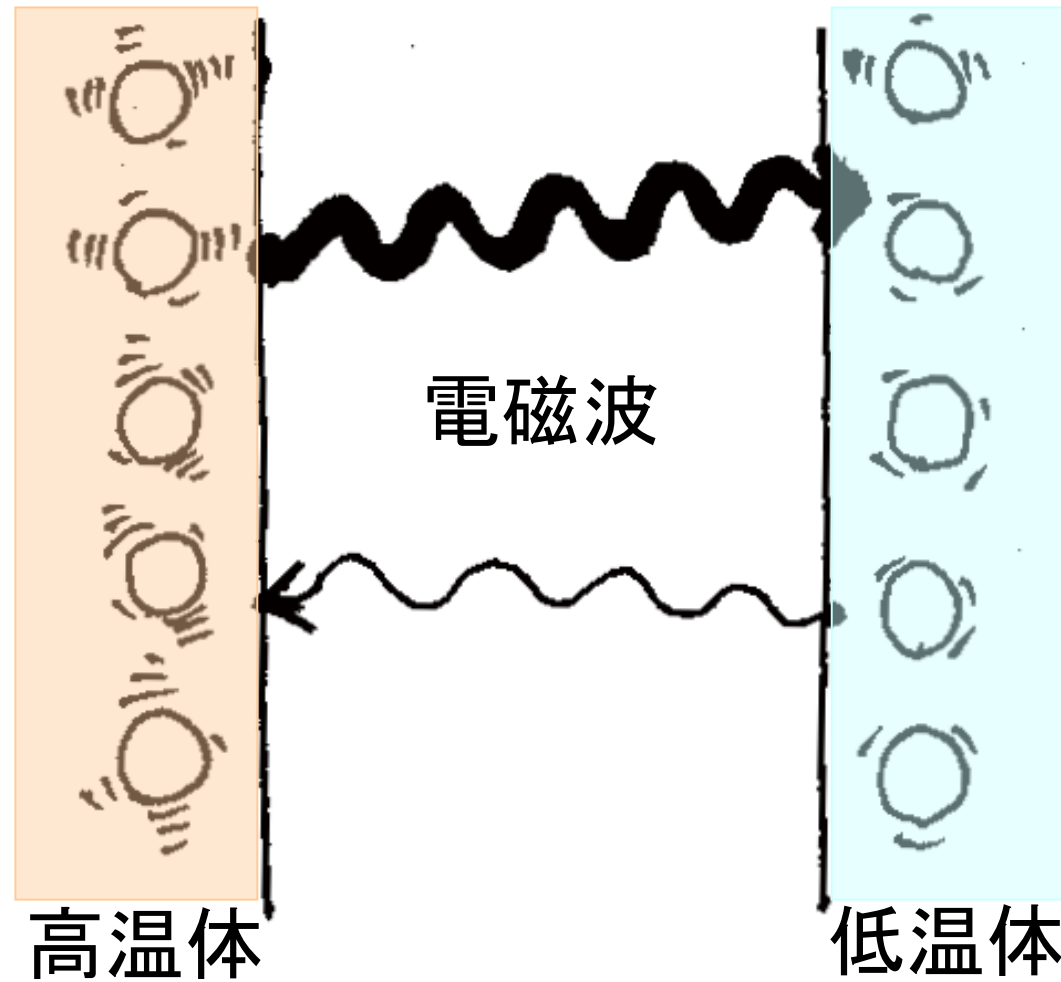
蒸発

エネルギー

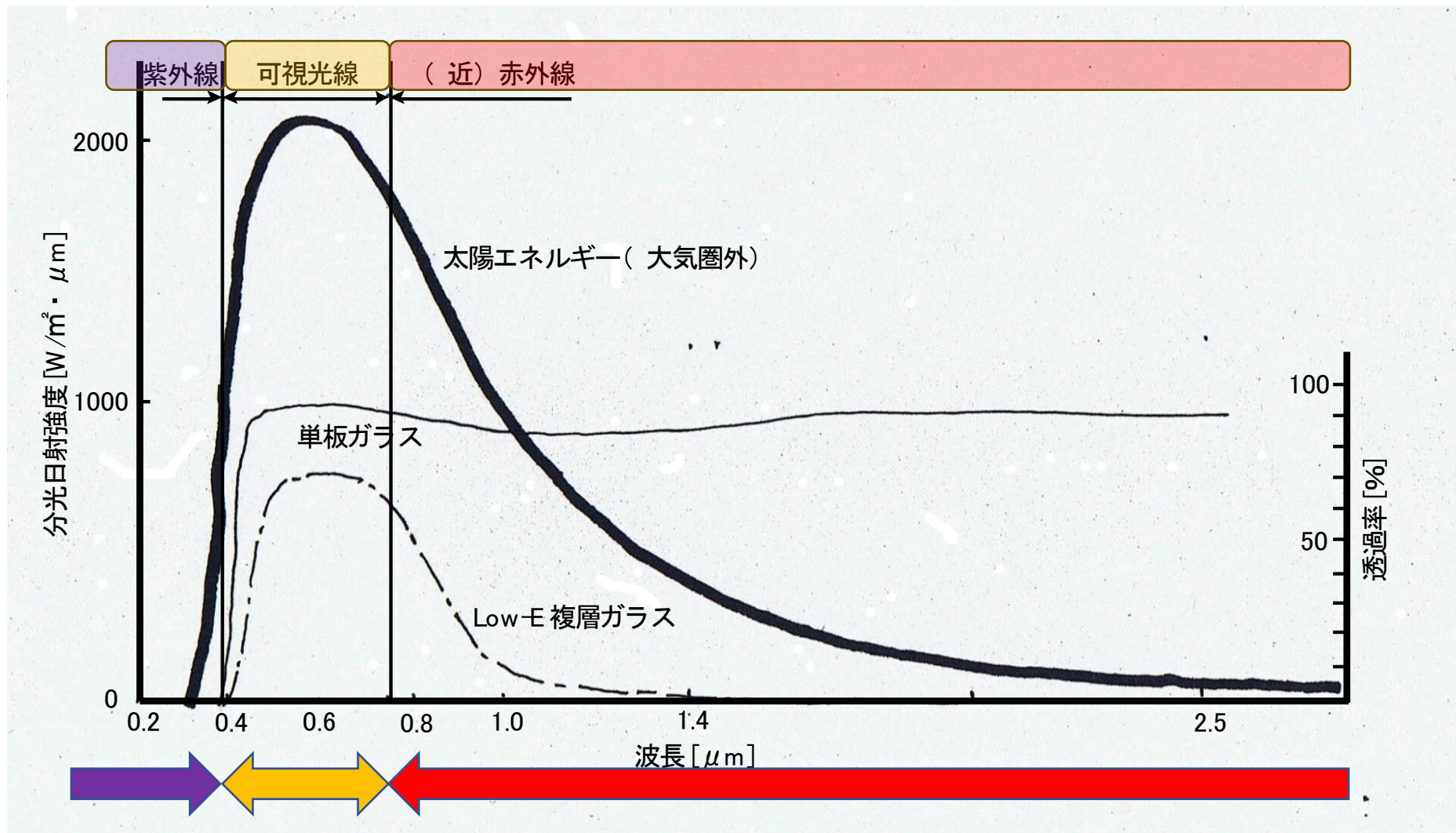
物質

## 放射（ほうしゃ：Radiation）

- すべての物体は、その表面温度に応じた強さの電磁波を放つ。
- 物体の表面温度が高く、大きな振動数の電磁波ほど強く放つ。
- 「光」は、超高温に熱せられた物体が発する電磁波。



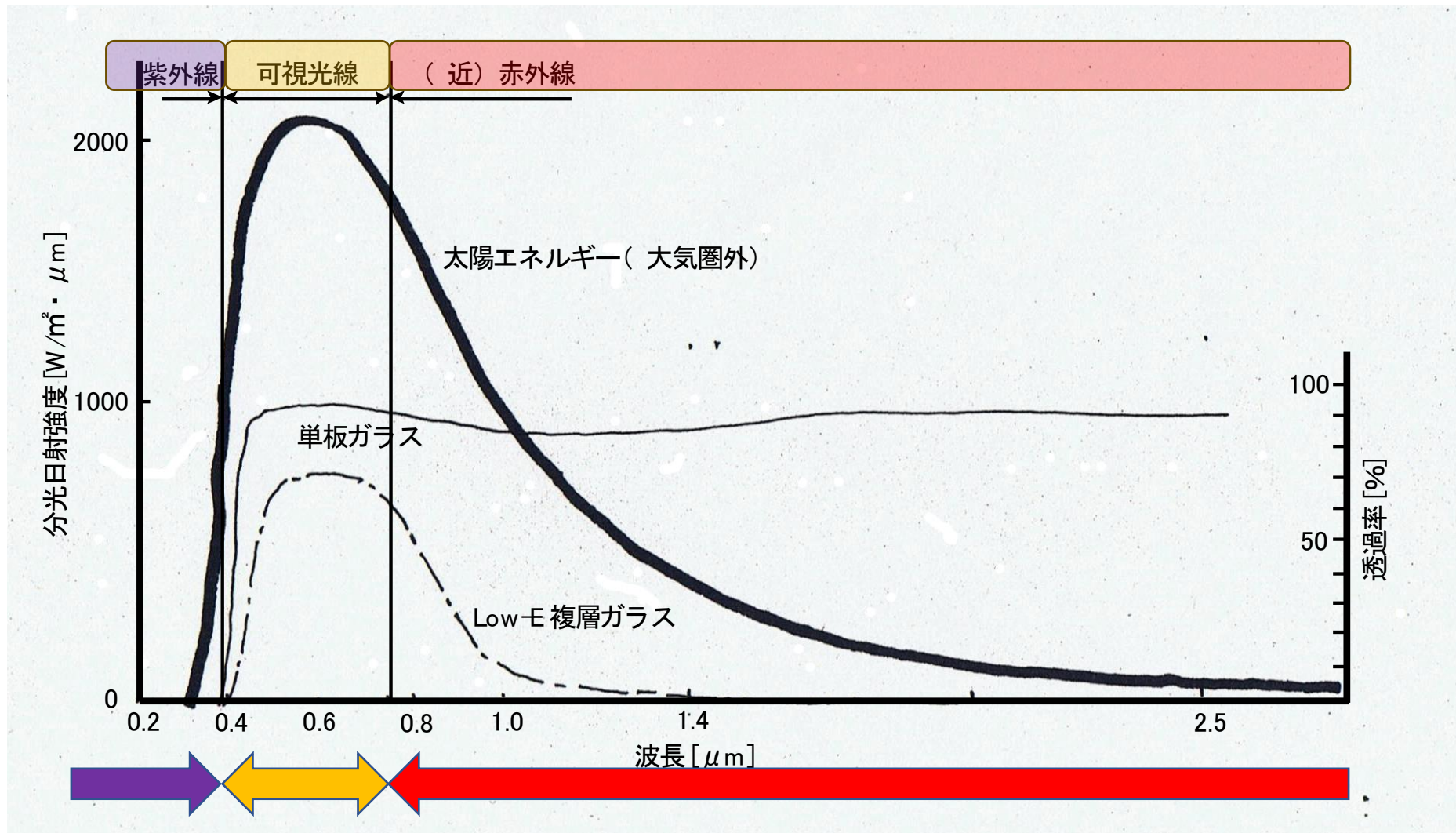
出典：設計のための建築環境学（彰国社，2021）  
熱（放射）より抜粋（挿絵，齊藤雅也）



目に見えない「光」  
= 紫外線 (UV)

目に見える「光」

目に見えない「光」  
= 赤外線 = 熱



目に見えない「光」  
= 紫外線 (UV)

目に見える「光」

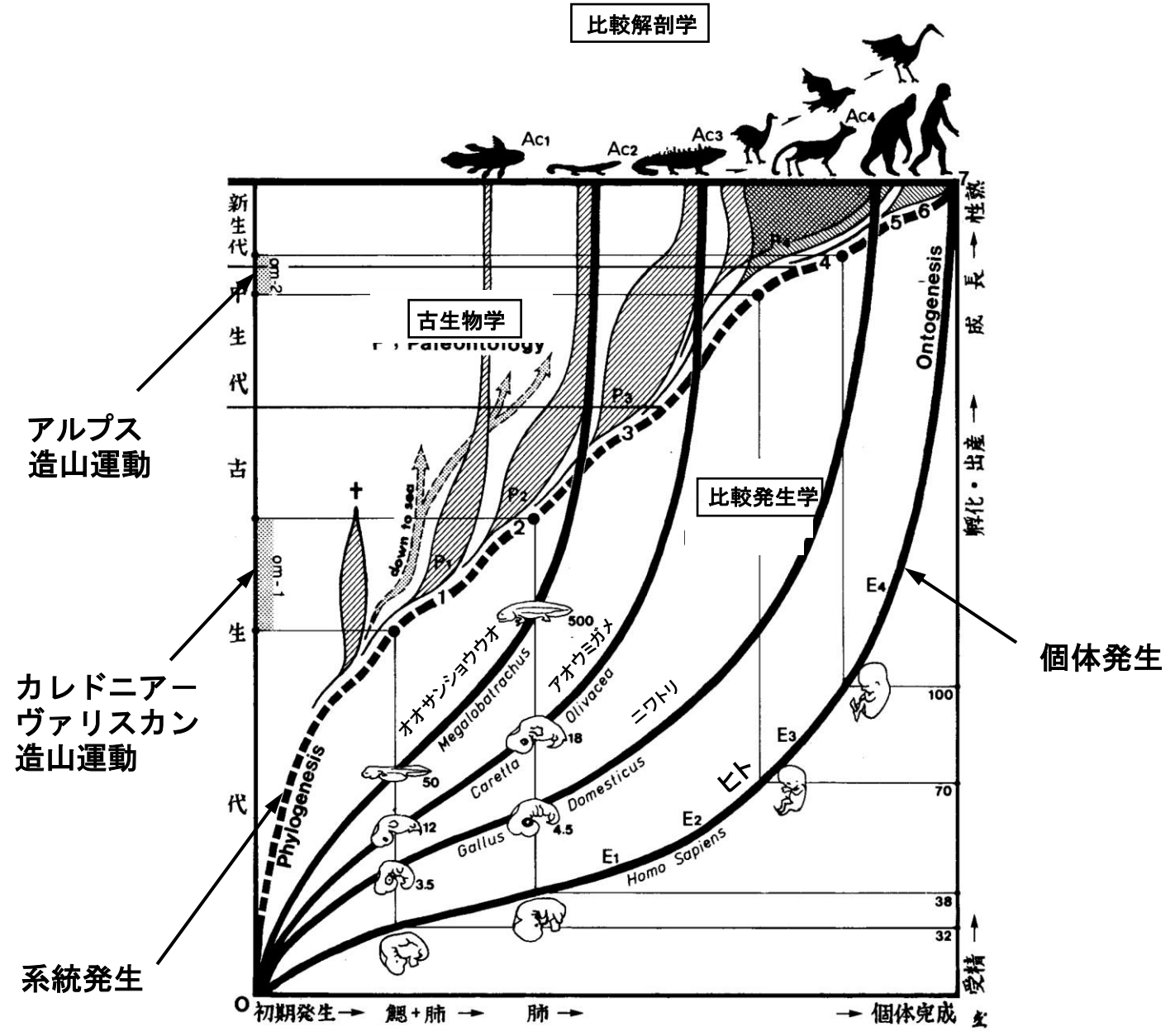
目に見えない「光」  
= 赤外線 = 熱

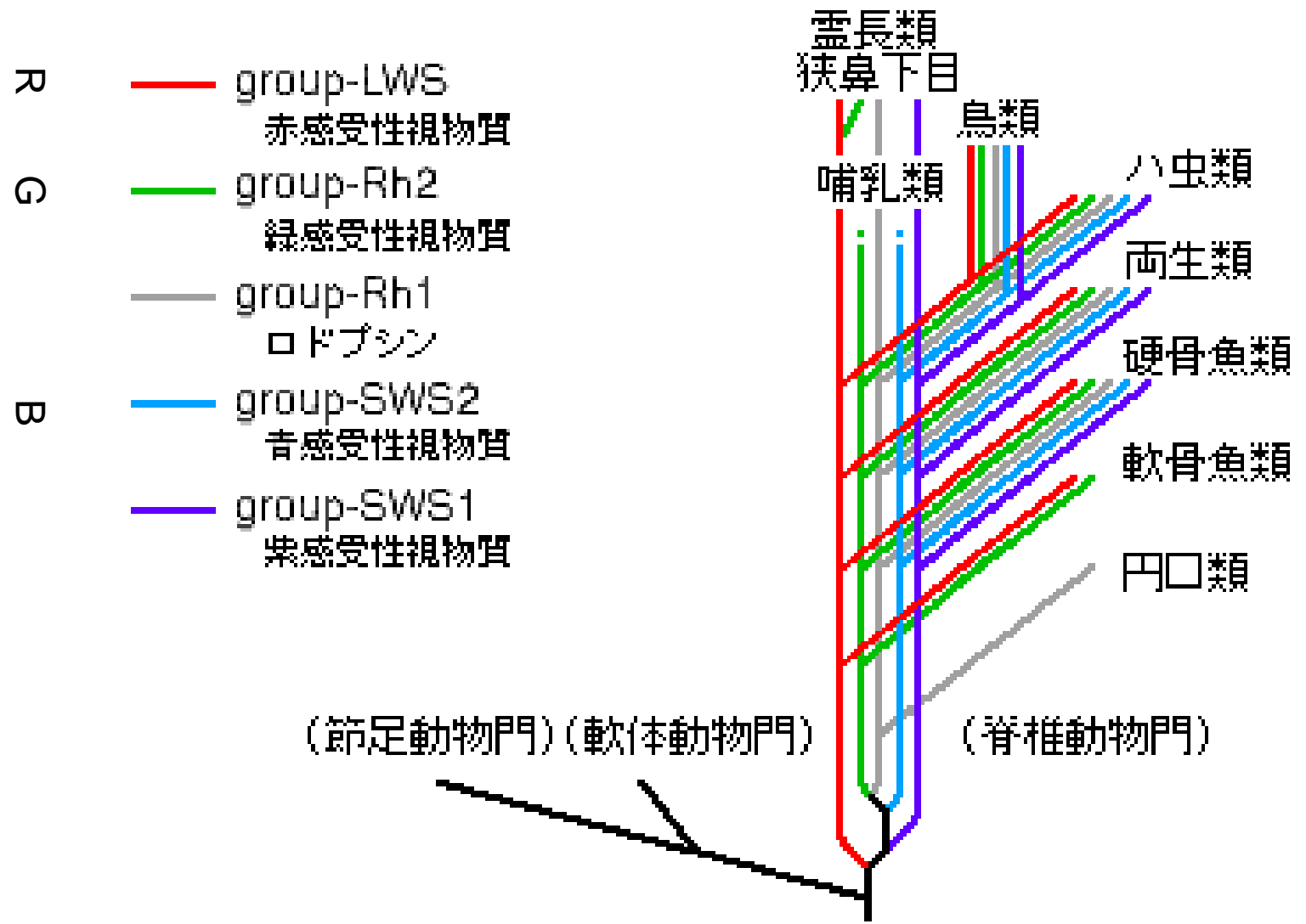
魚類・爬虫類・両生類・鳥類に見える「光」

出典：設計のための建築環境学（彰国社，2021）  
光（放射）より抜粋（図，齊藤雅也）

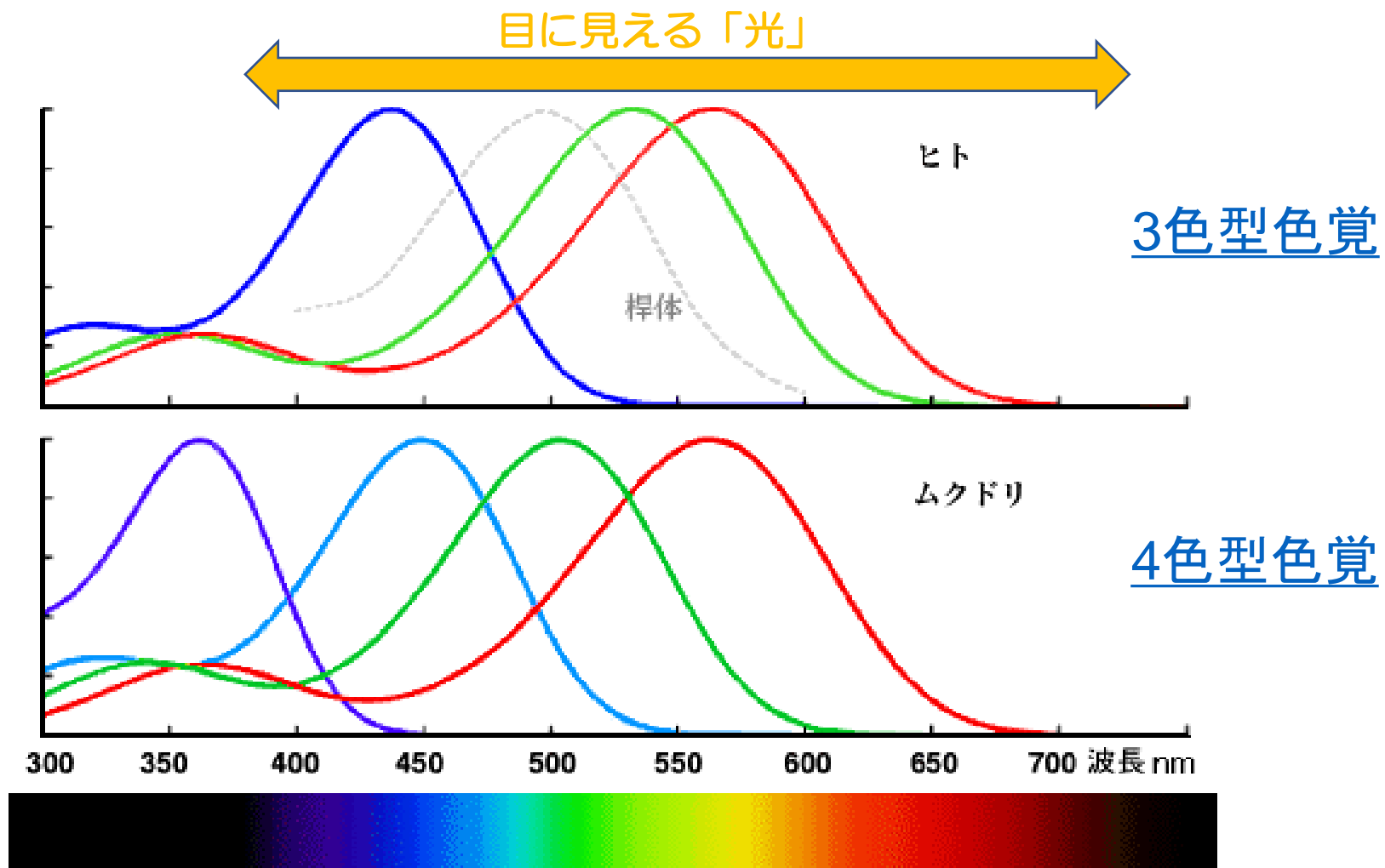


比較解剖学



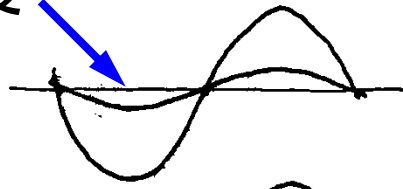


出典：京都市立芸術大 藤原隆男研究室 ウェブサイト  
<http://w3.kcuu.ac.jp/~fujiwara/infosci/primaries.html> 2011.6.24 access  
 ※現在，アクセスができないよう状況

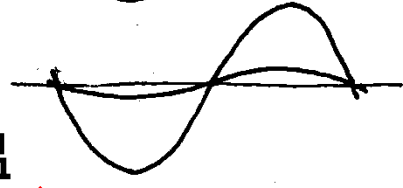


ヒトと鳥(ムクドリ)の色素の吸収曲線。  
 ヒトの青は鳥の紫に、ヒトの緑と赤は鳥の赤に対応する。

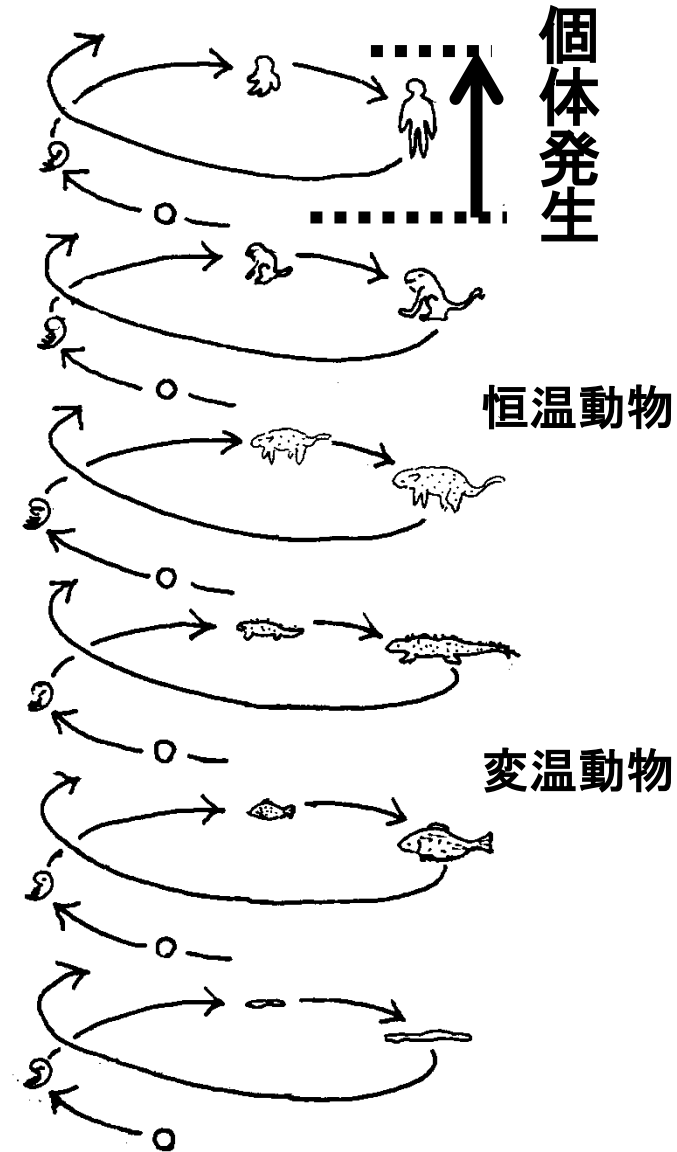
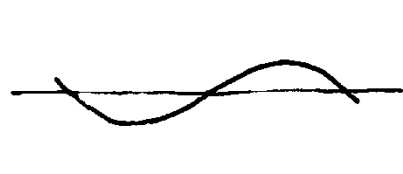
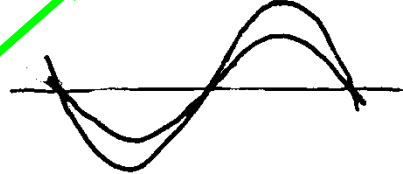
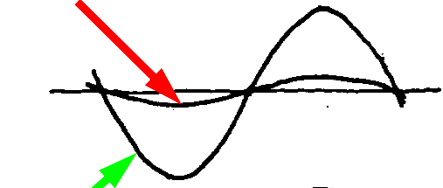
建築（暖冷房）  
環境の温度



体温



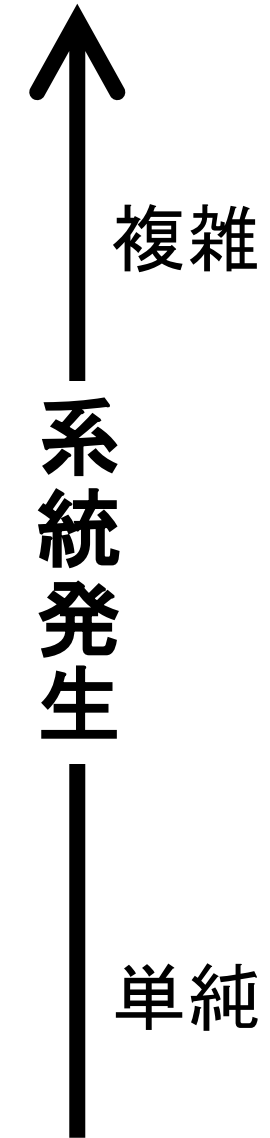
環境温度



个体発生

恒温動物

変温動物



複雑

系統発生

単純

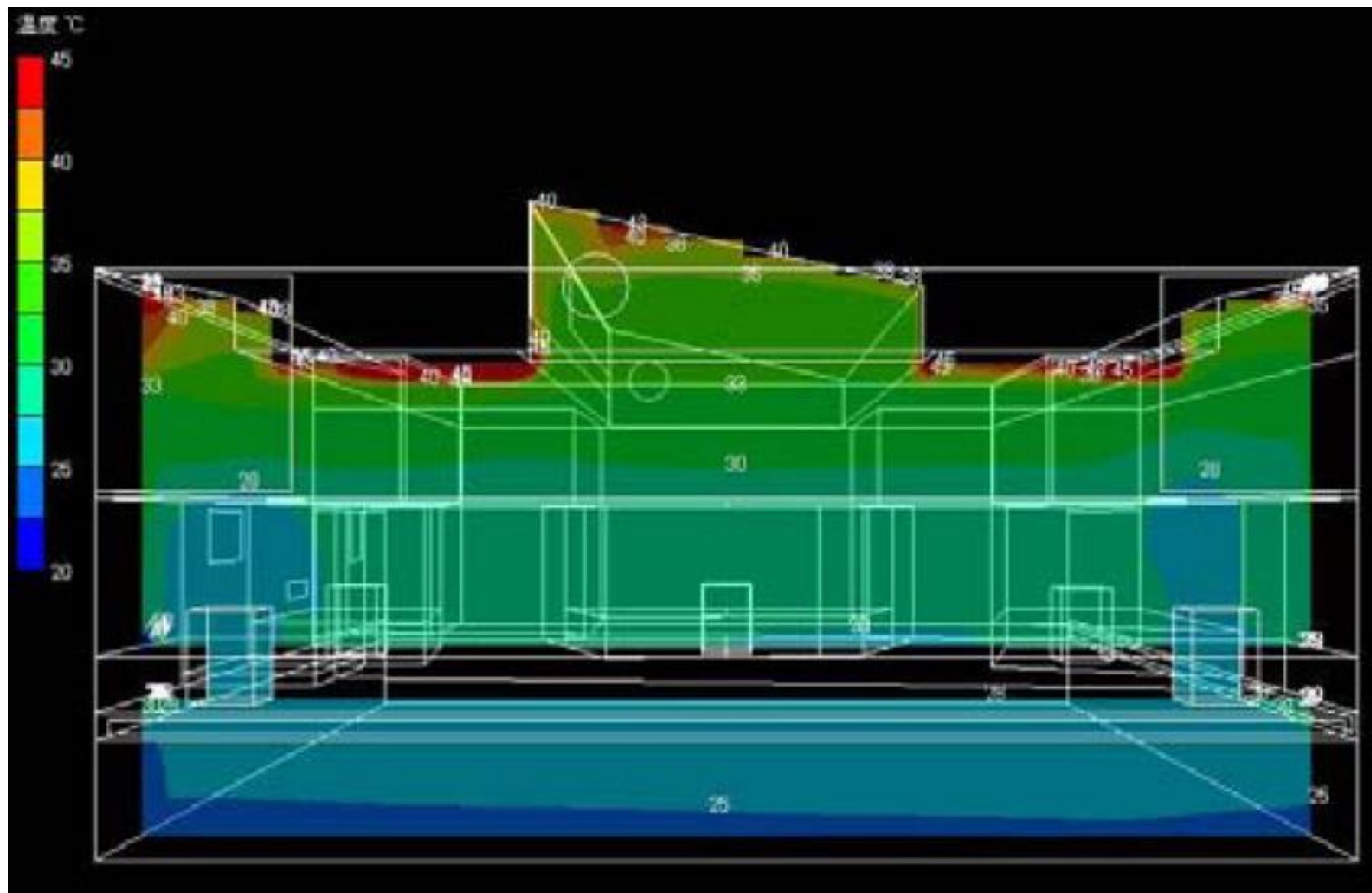
図：宿谷昌則（東京都市大学・名誉教授）  
※齊藤の師



札幌市円山動物園  
は虫類・両生類館(2011)

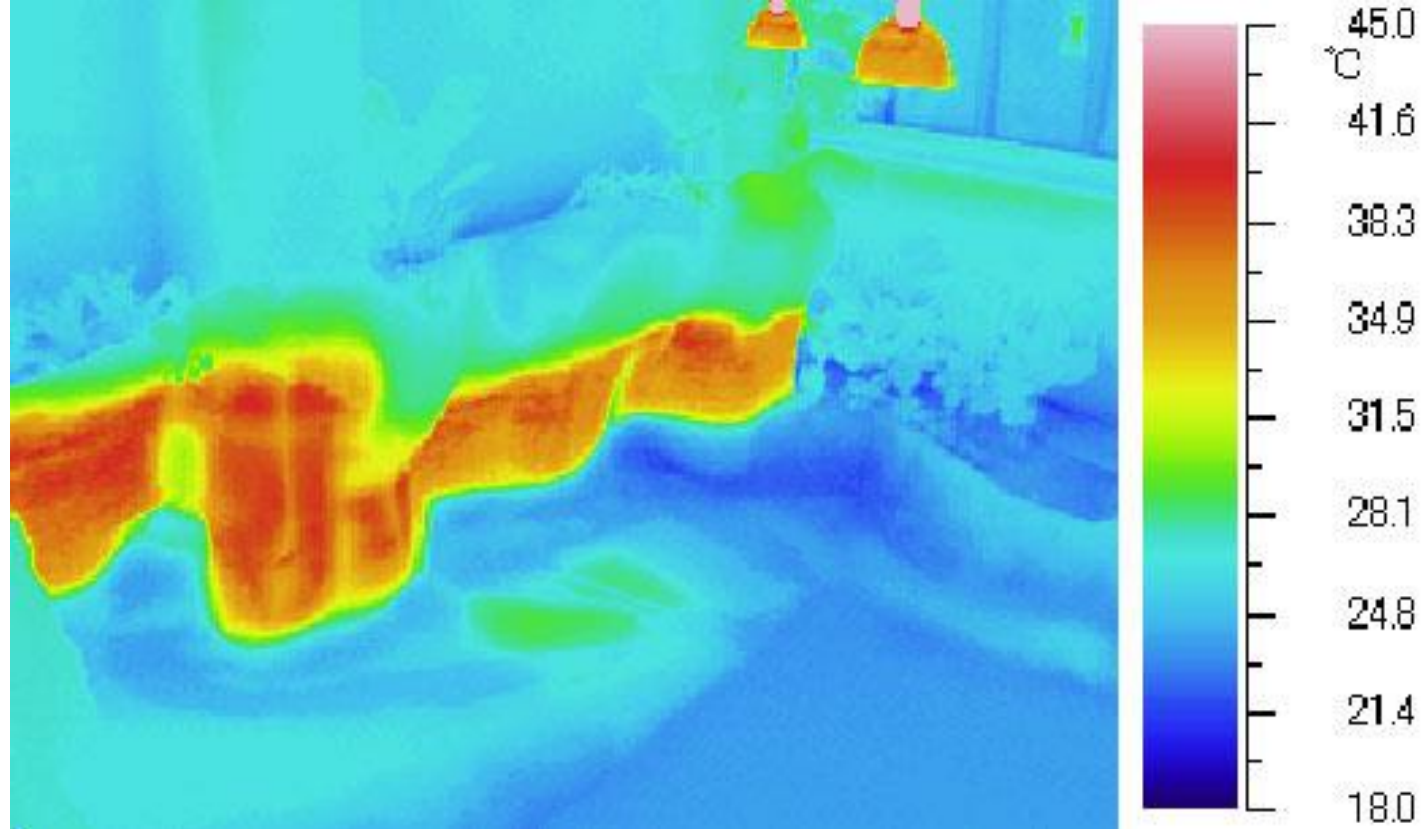






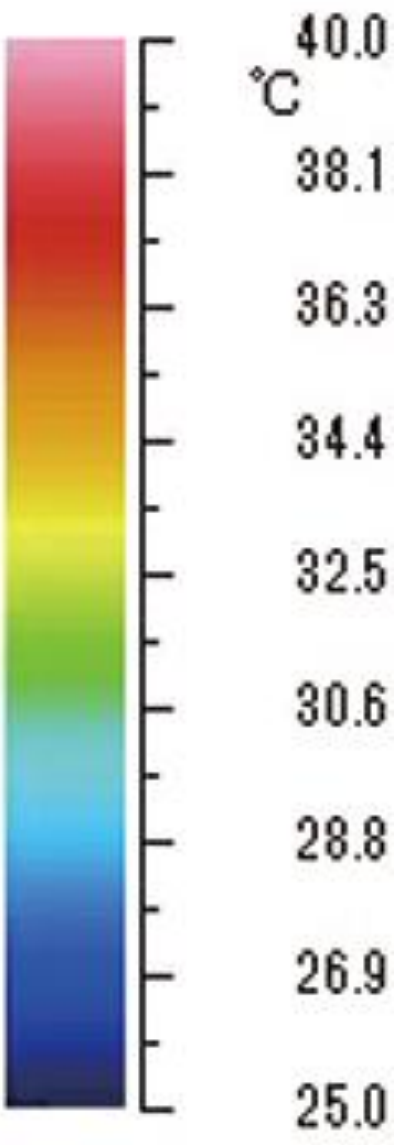
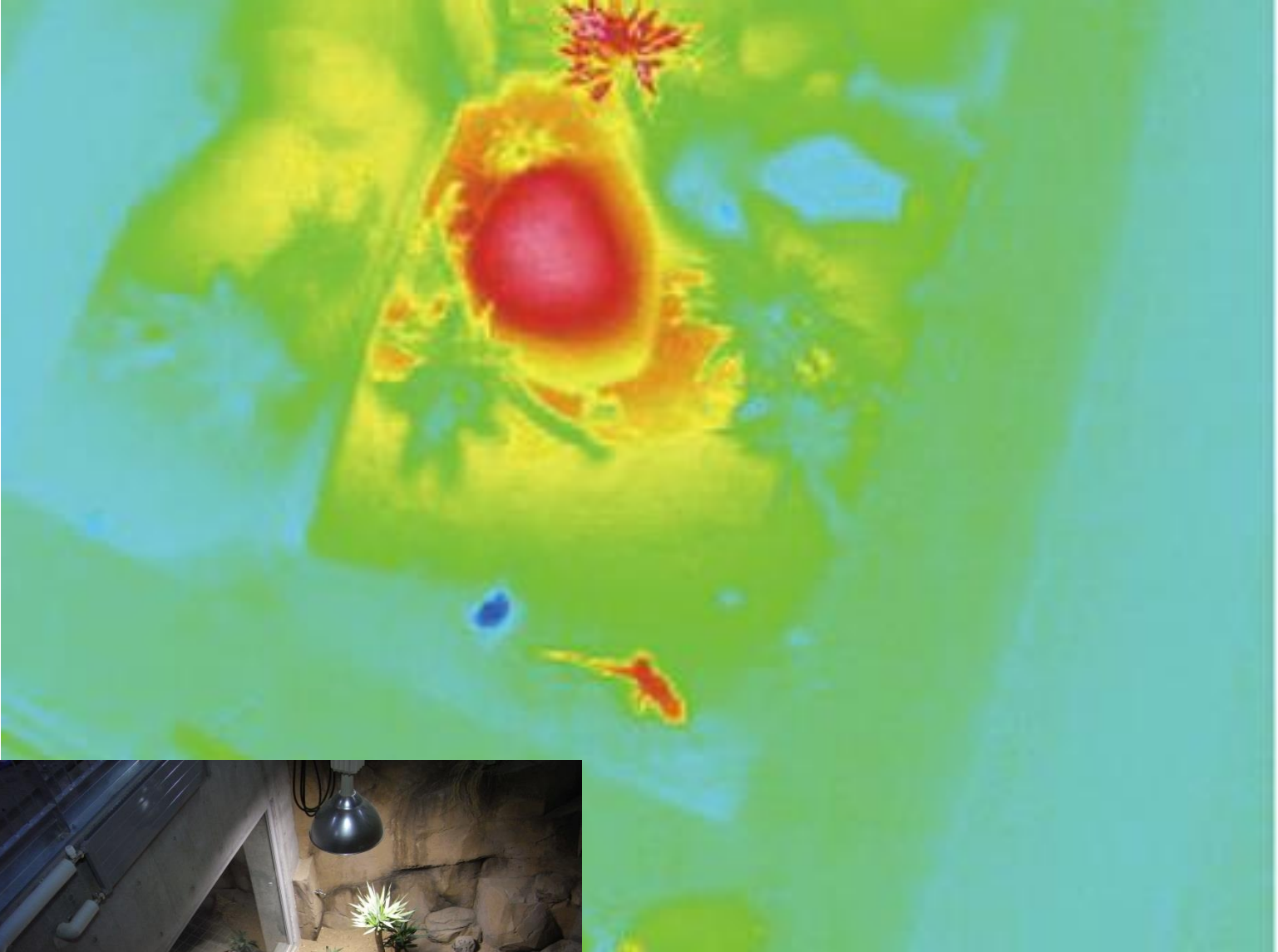


# は虫類・両生類館 大型展示ゾーン(ワニ)















**ニホヒキ**  
 ニホヒキは、  
 日本固有の両生類で、  
 主に山陰地方の山岳部に生息する。  
 体長は約5cm程度で、  
 皮膚は滑らかで、  
 緑色の体色に白い斑紋がある。  
 繁殖期には、  
 山岳部の渓流で産卵し、  
 卵は約10日間かけて孵化する。  
 成体は主に苔やキノコを食料とし、  
 夜間活動する。



**ニホヒキ**  
 ニホヒキは、  
 日本固有の両生類で、  
 主に山陰地方の山岳部に生息する。  
 体長は約5cm程度で、  
 皮膚は滑らかで、  
 緑色の体色に白い斑紋がある。  
 繁殖期には、  
 山岳部の渓流で産卵し、  
 卵は約10日間かけて孵化する。  
 成体は主に苔やキノコを食料とし、  
 夜間活動する。





**上遠野徹 自邸 「札幌の家」  
(1968)**





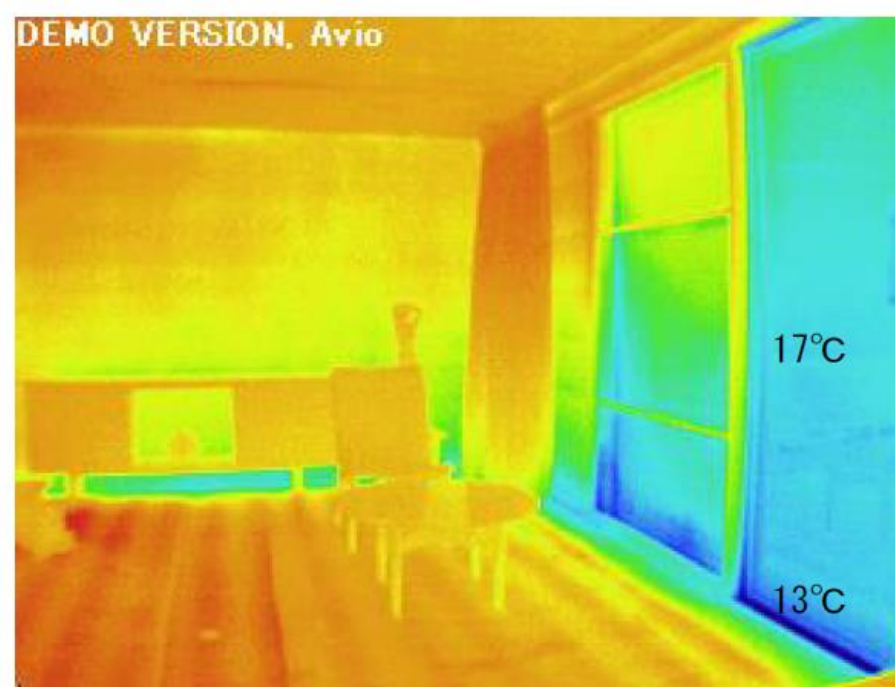




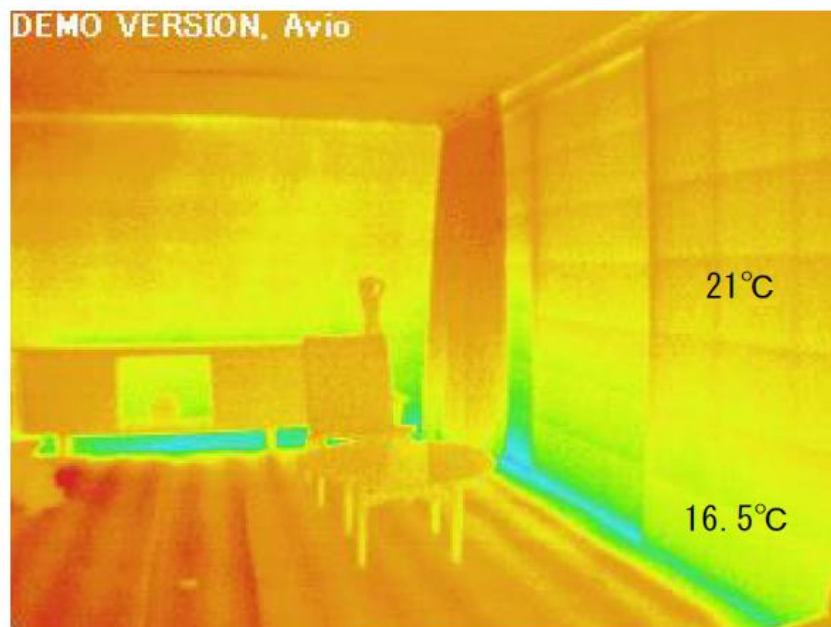




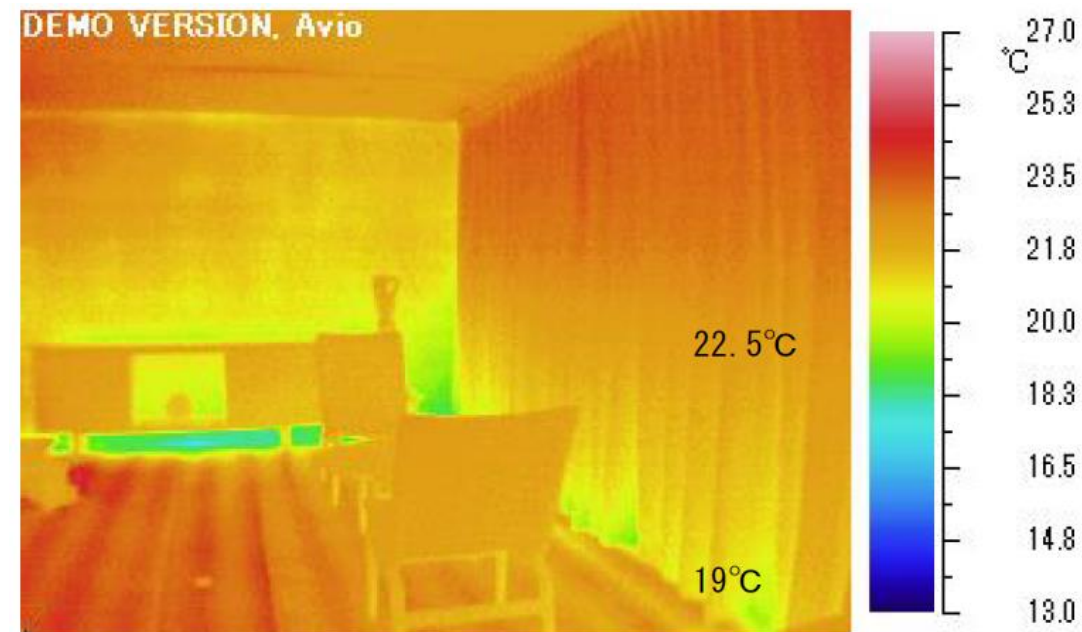
上遠野徹「札幌の家」の居間



複層ガラスのみ



複層ガラス+太鼓張障子

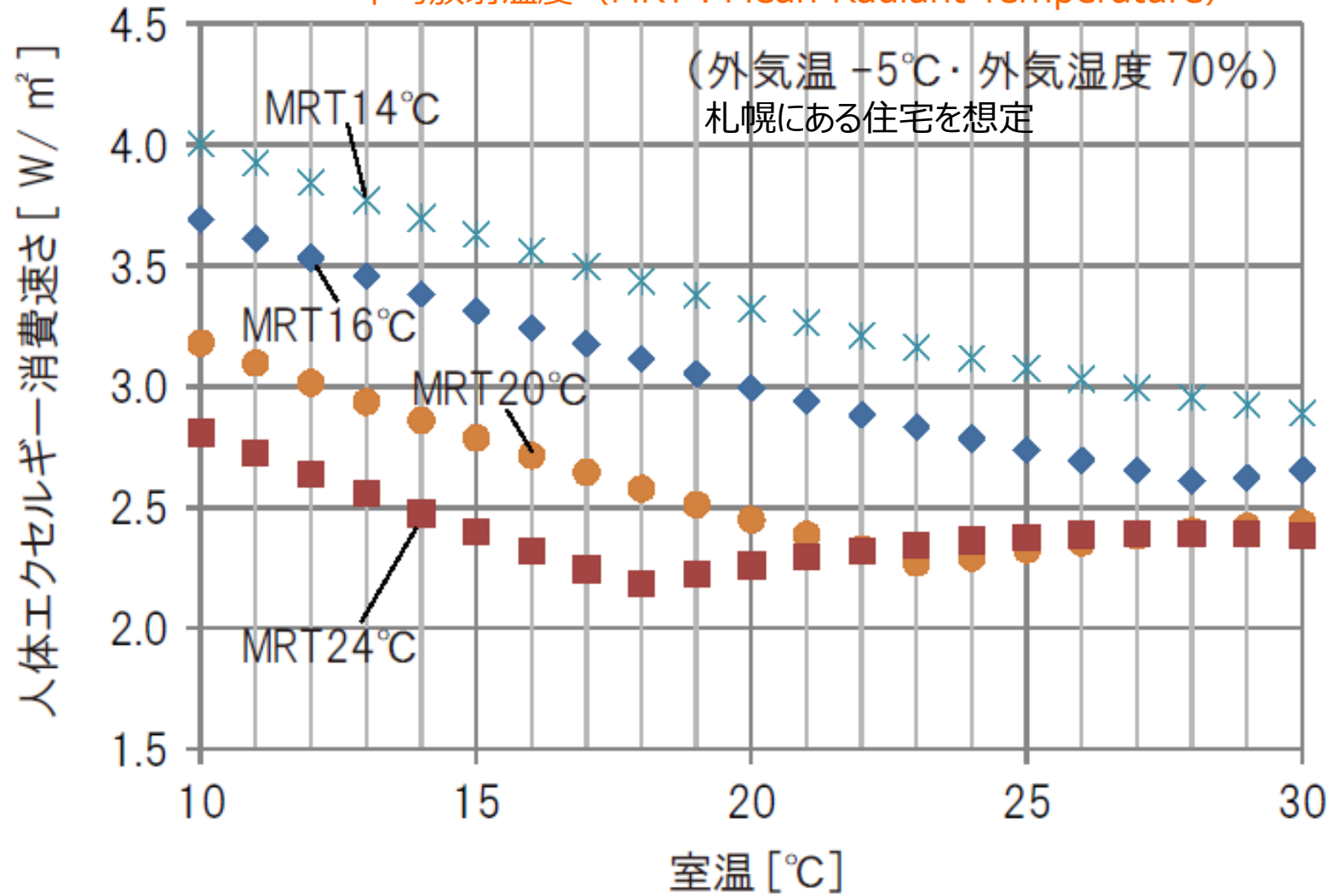


複層ガラス+太鼓張障子+カーテン

# 人体エクセルギー消費速さ

平均放射温度 (MRT : Mean Radiant Temperature)

人体内部での体温調節負荷



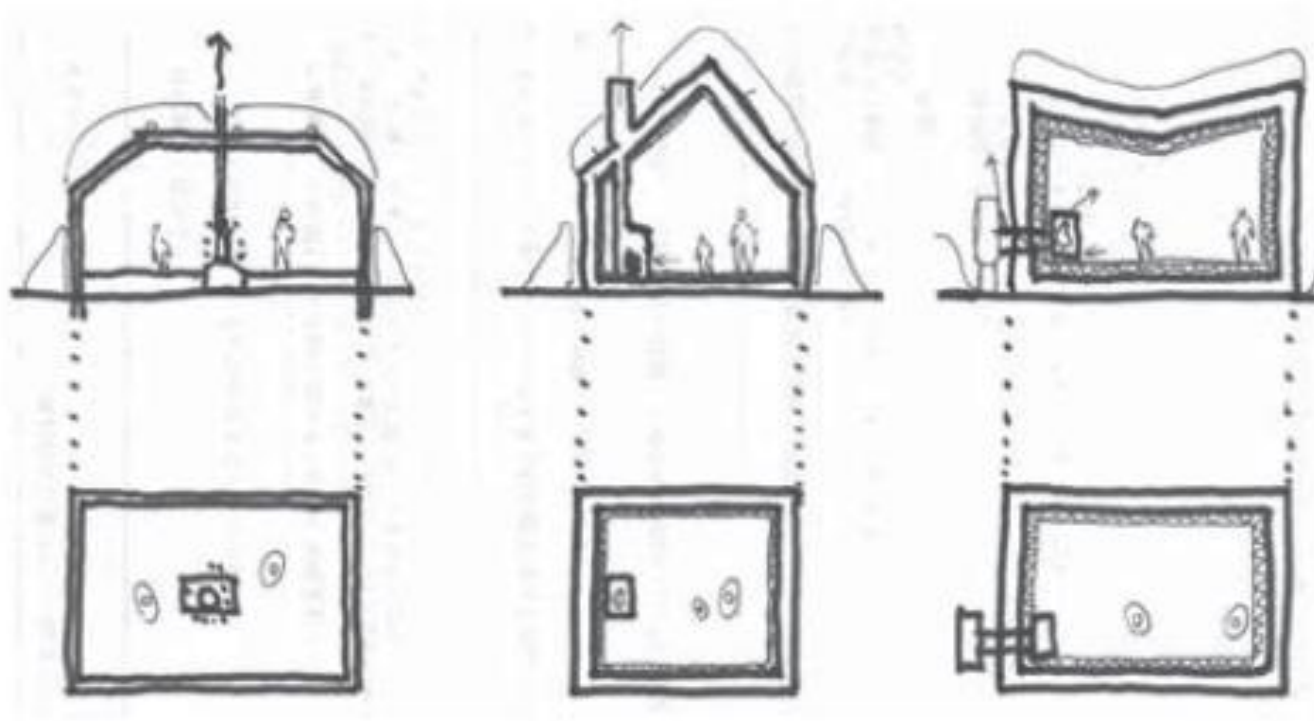
冬季：表面温度が高い空間ほど、人体エクセルギー消費速さが遅い。  
人体内部での体温調節負荷が小さい。

2011年に齊藤が講演（パッシブシステム研究会）で使った資料が出てきました。

**アクティブに住みこなせる**

**10年後のパッシブな木造住宅の姿とは？**

断面図



平面図

明治期  
開拓使 1870-90年代  
石炭・薪

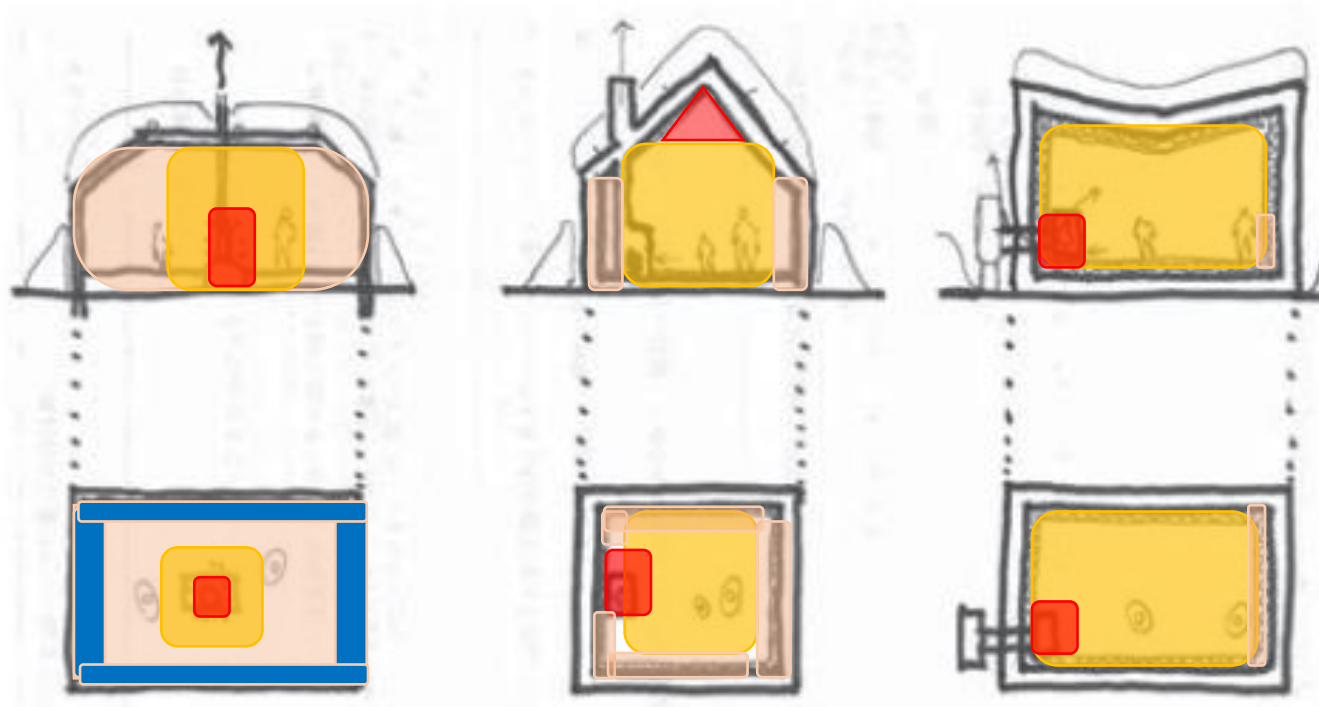
昭和30-40年代  
札幌オリンピック  
1965~1975  
灯油

昭和50-60年代  
無落雪屋根 1985-1990  
灯油・ガス・電力（深夜）

## 北海道の住宅の採暖・暖房システムの変遷



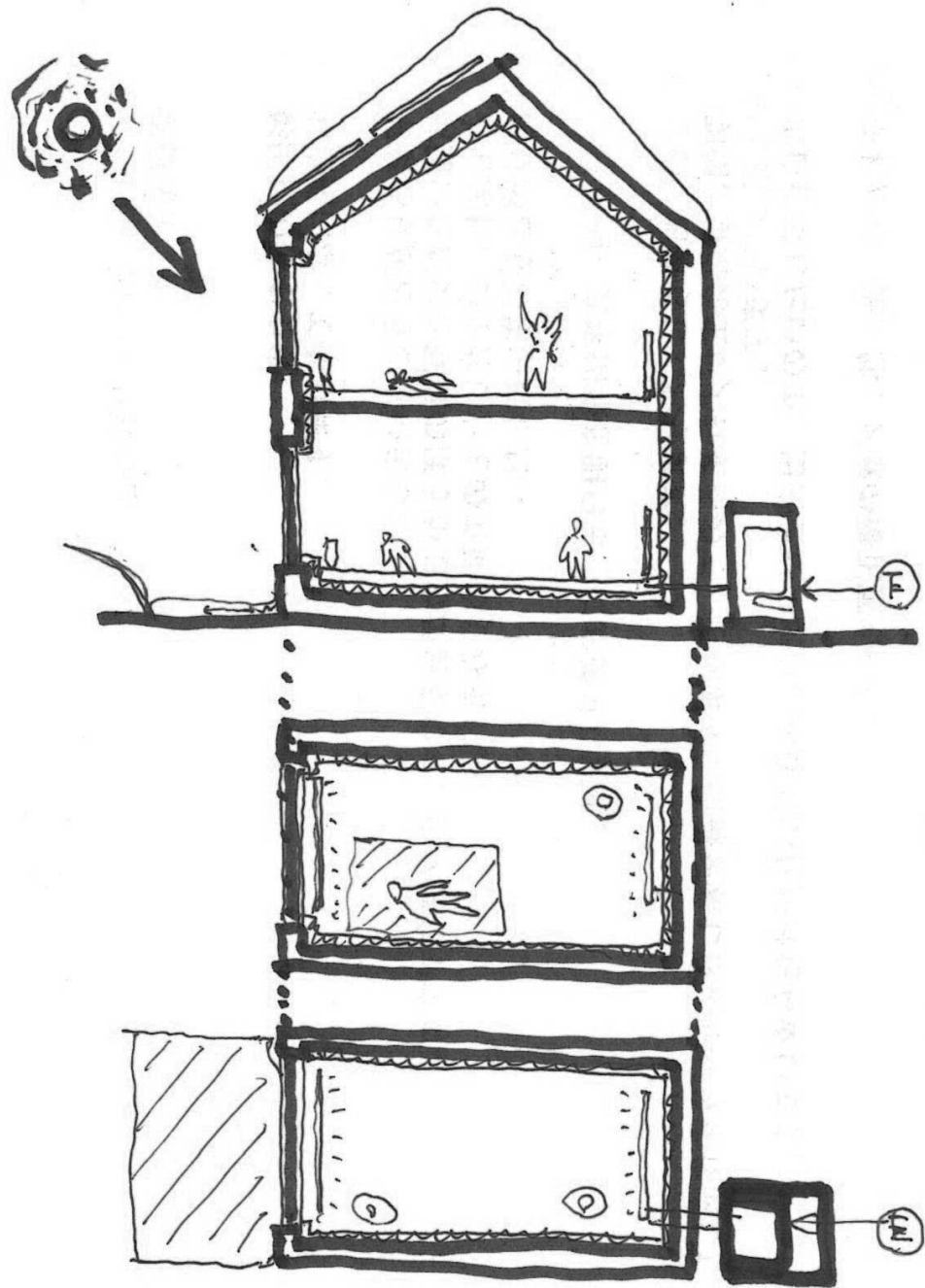
断面図

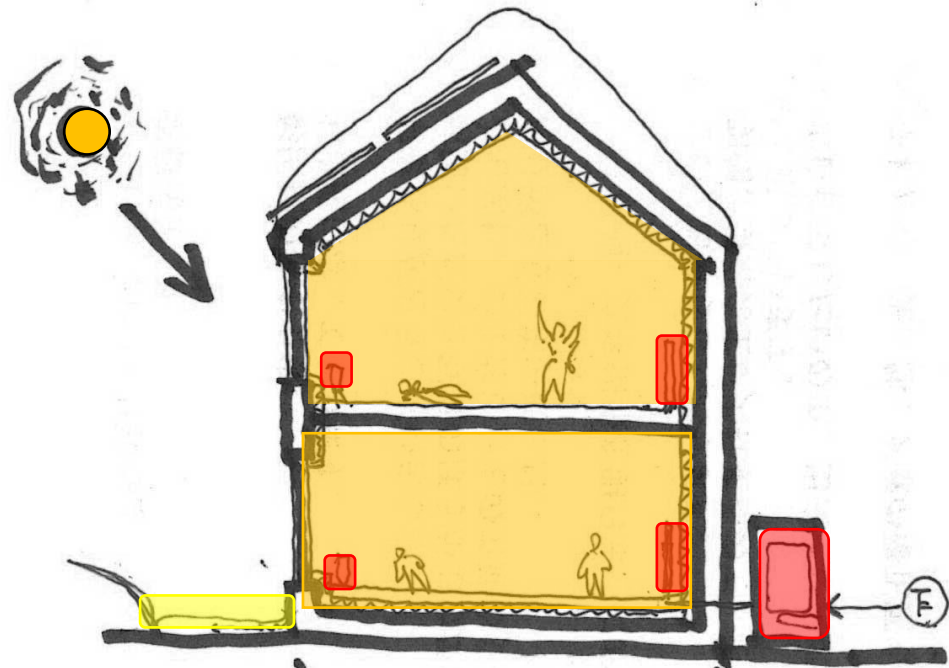


平面図

明治期	昭和30-40年代	昭和50-60年代
開拓使 1870-90年代	札幌オリンピック 1965~1975	無落雪屋根 1985-1990
石炭・薪	灯油	灯油・ガス・電力 (深夜)

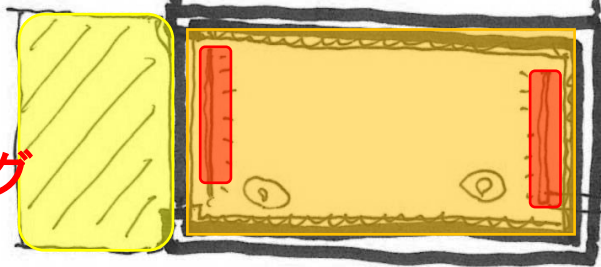
### 採暖・暖房システムによる温度分布



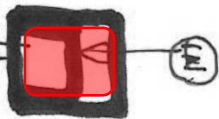


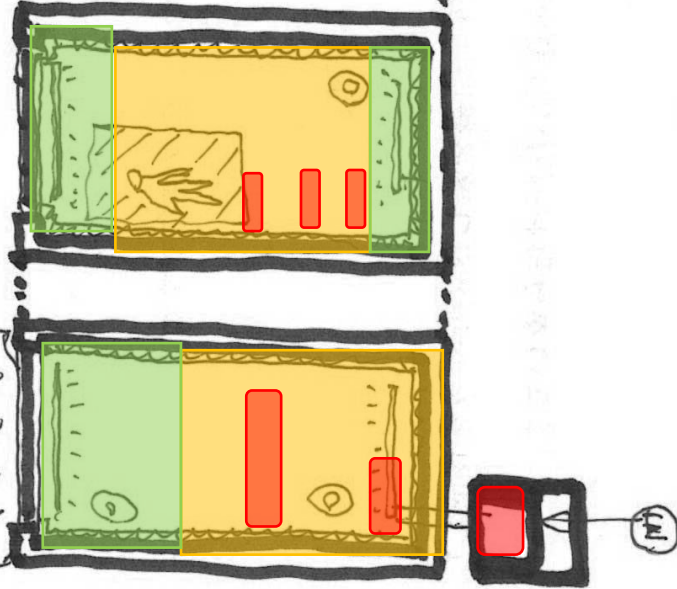
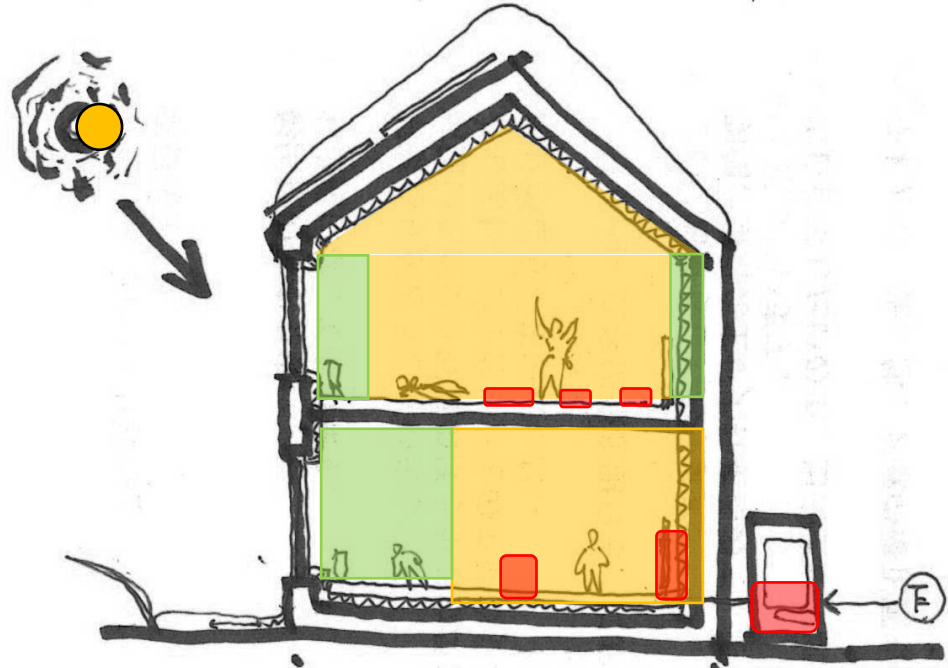
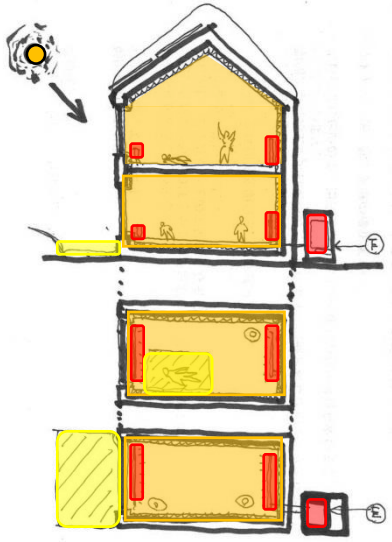
パネルヒーター

ロード  
ヒーティング



温水ボイラ





# オレンジプロジェクト since 2014

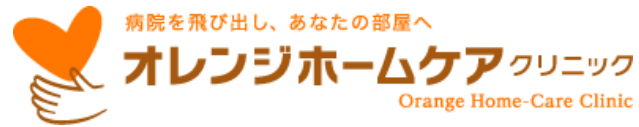
## Orange Living Base の 室内気候 と 住みこなし

上遠野 克

K(株) 上遠野建築事務所



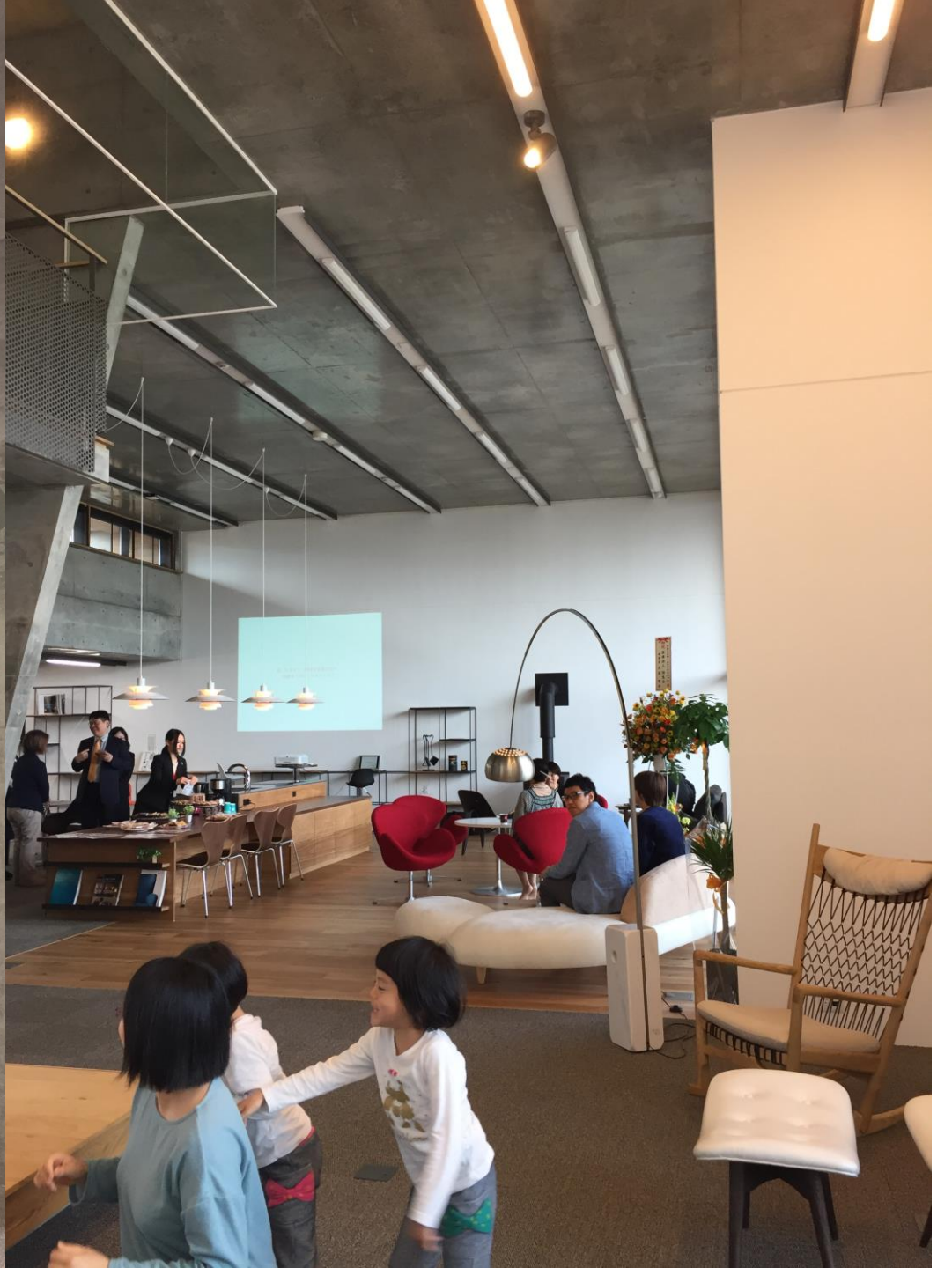
紅谷 浩之



斉藤 雅也

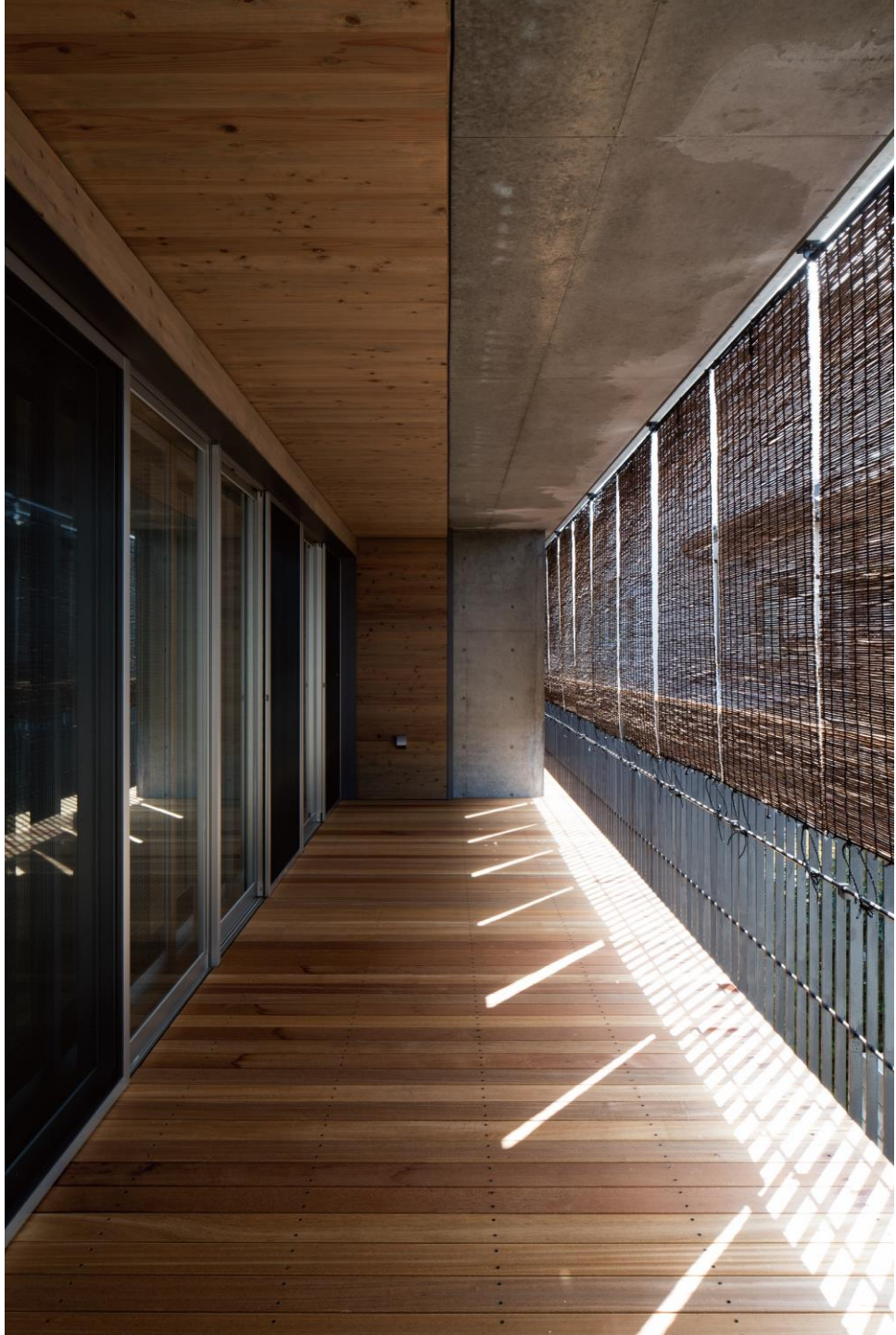






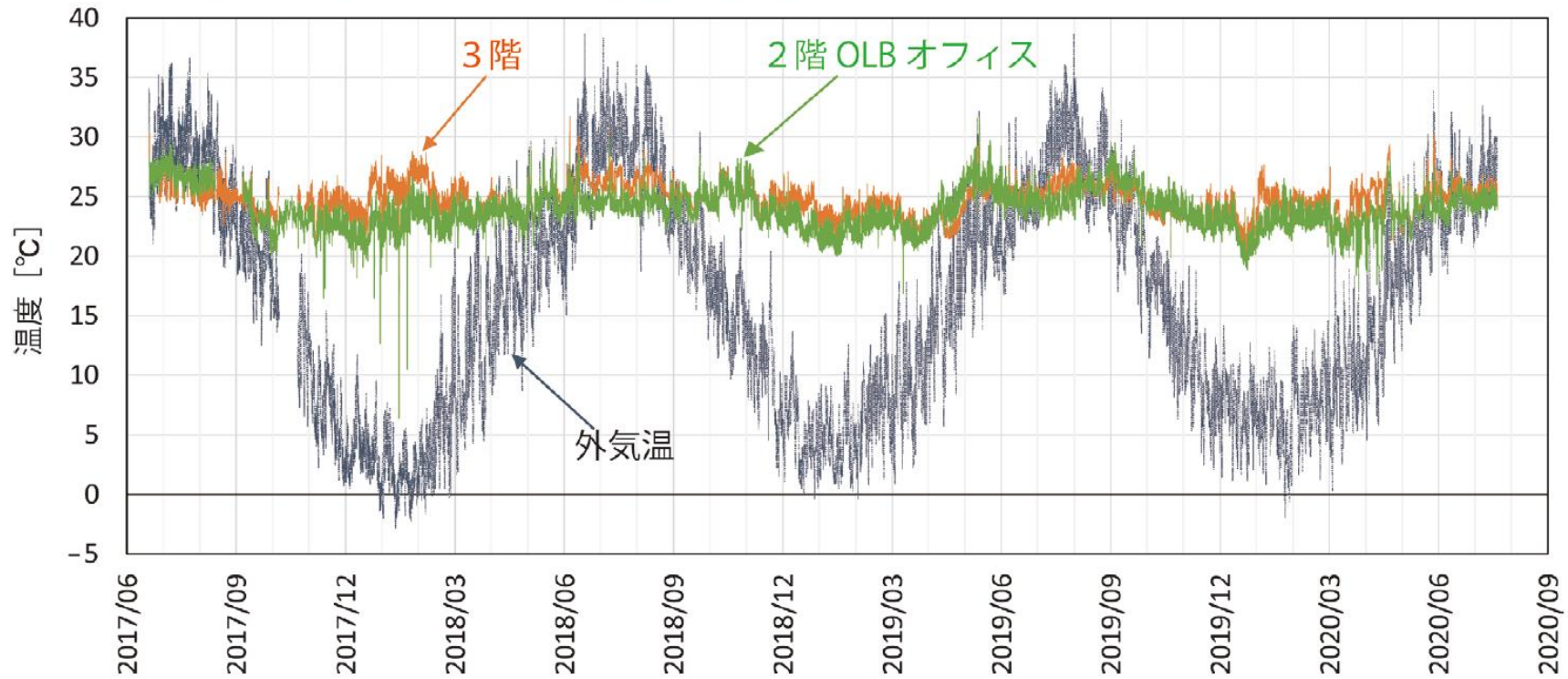






## 「OLBのクリマデザイン」を竣工後3年間追跡

外気温に対するOLBの3年間の室温変化 [ 2017/6~2020/8 ]



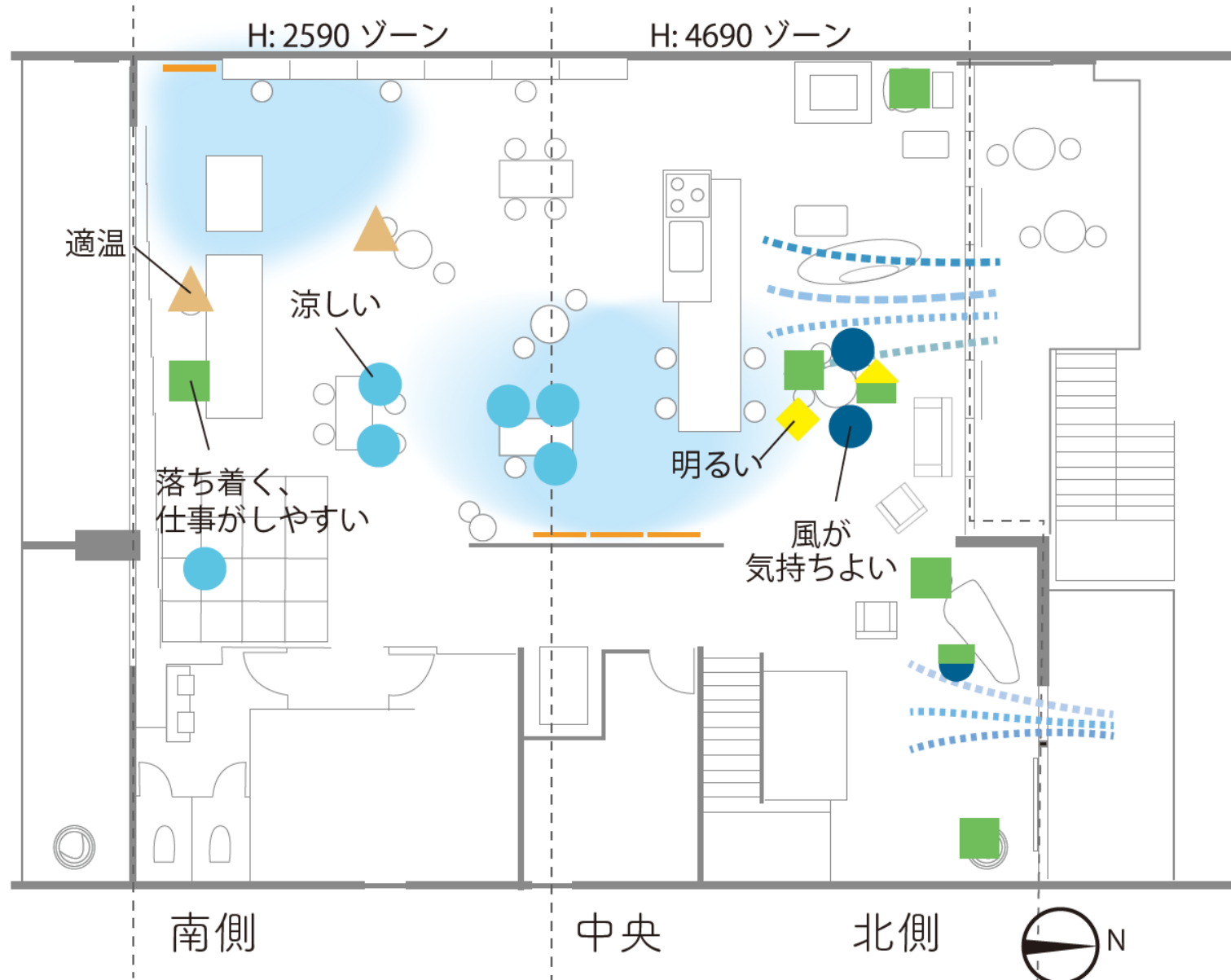
スタッフが集う2階のOLBオフィスの室温は、夏：26～28℃、冬20～22℃を概ね維持していて快適な室内気候を実現している。OLBスタッフには定期的に測定データを開示し、日々の住まい方の調整、住み熟しに活用してもらうようにした。



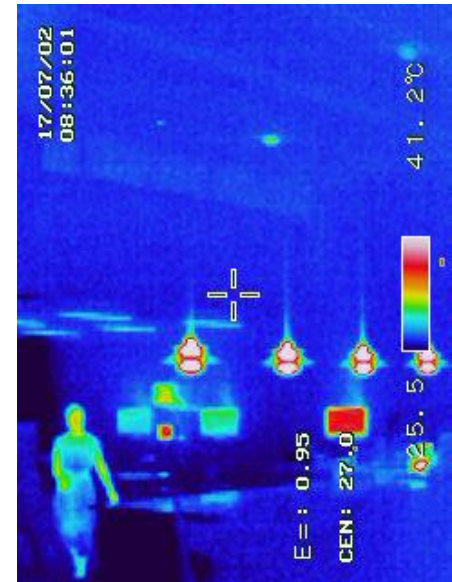
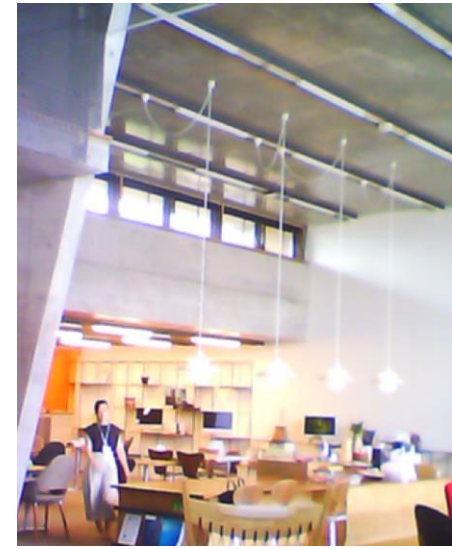
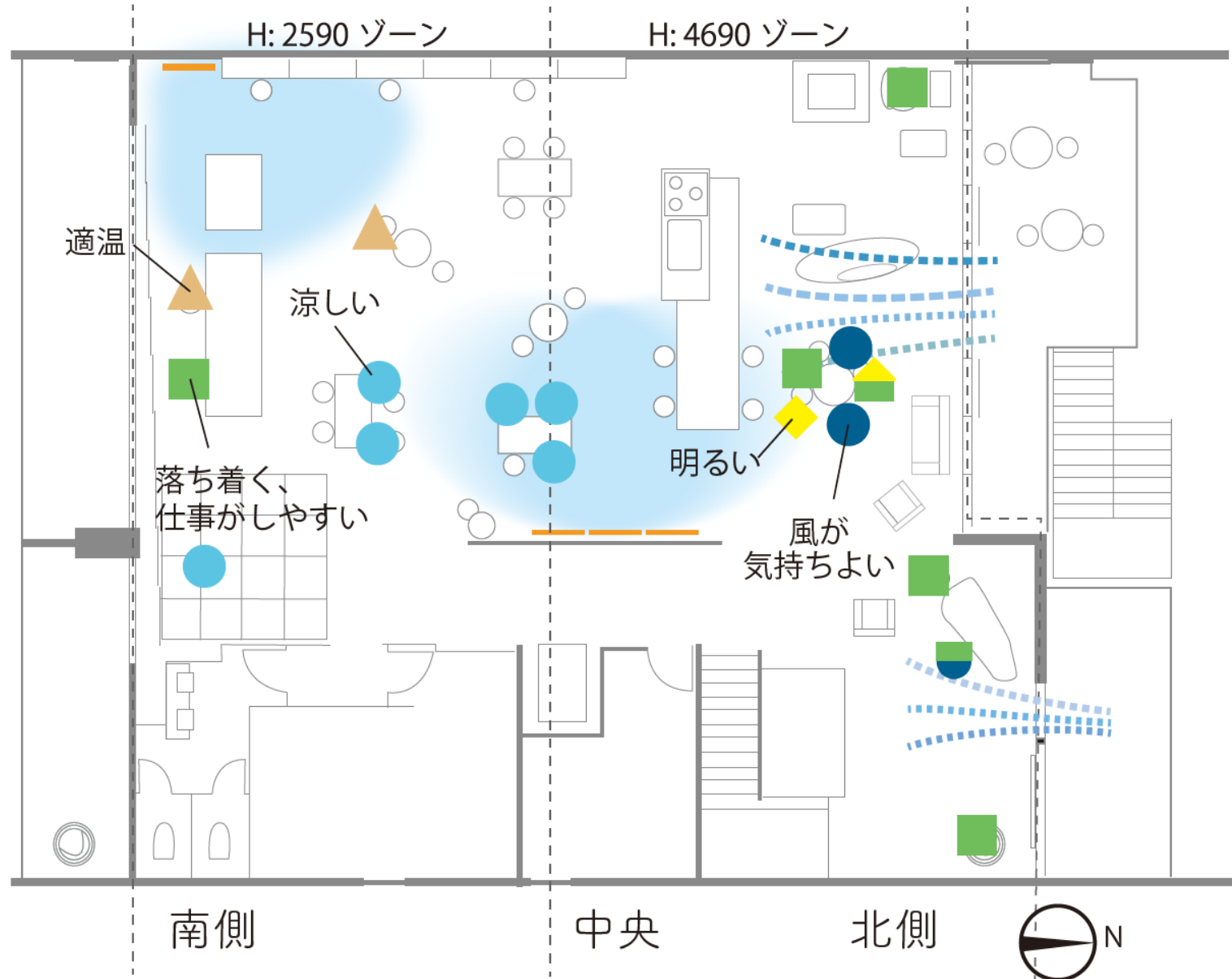
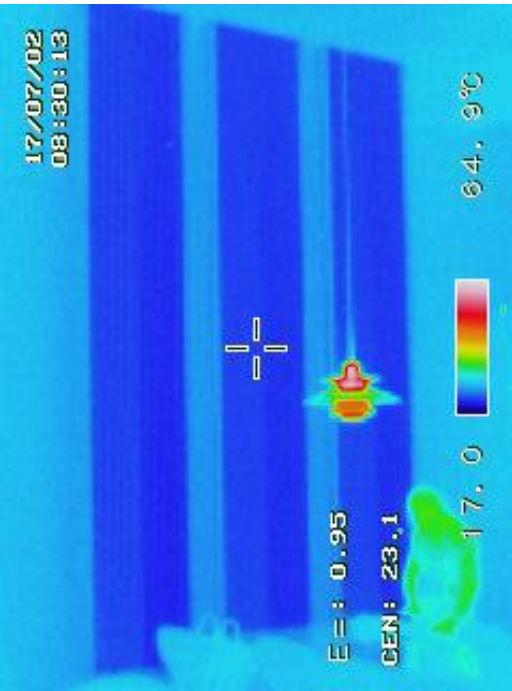
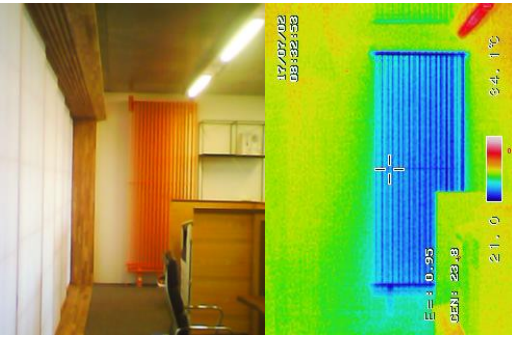
# 「冷水パネル+通風モード（7月）」の 居心地が良い場所と理由

ABW

→Activity Based Working



# 「冷水パネル+通風モード（7月）」の 居心地が良い場所と理由

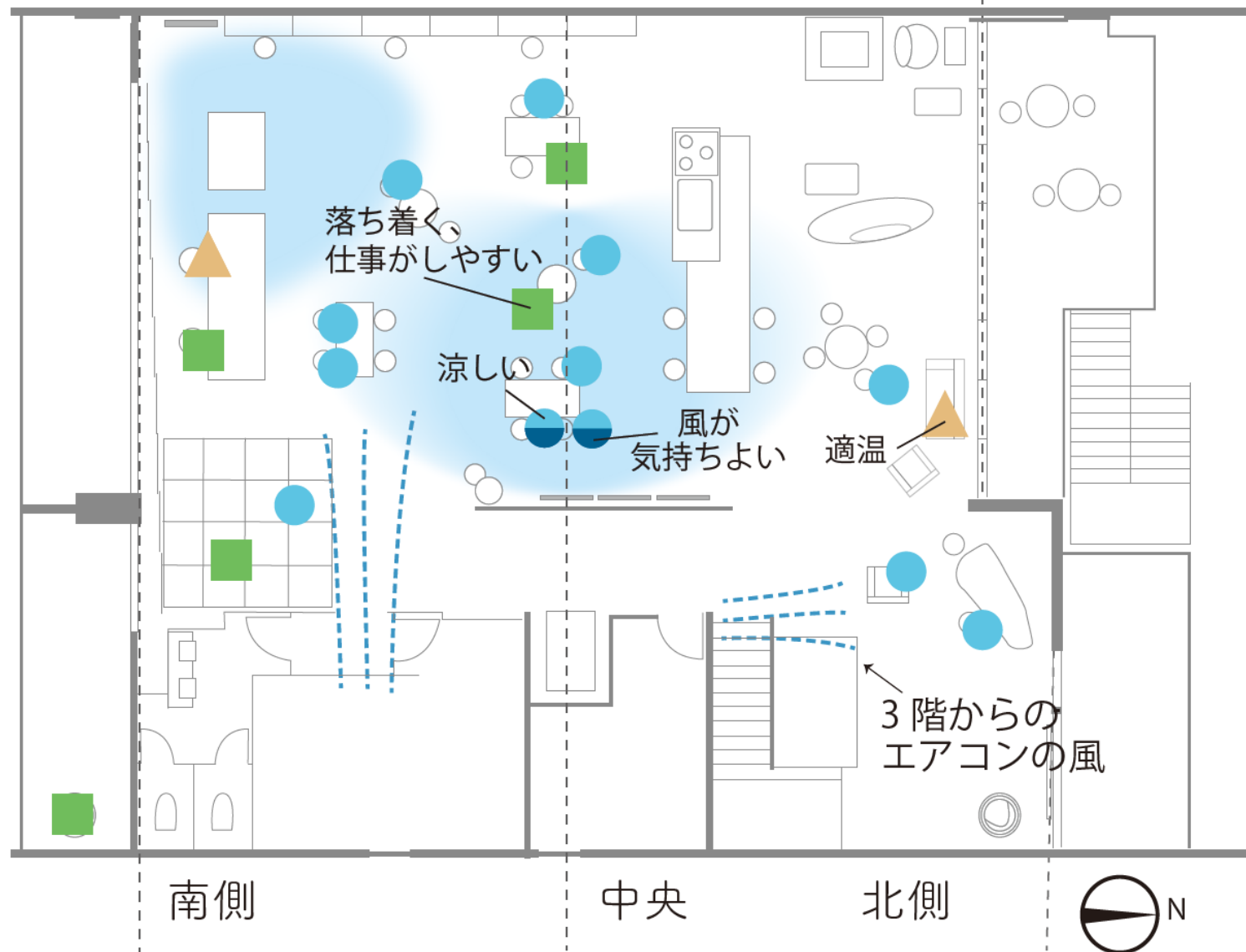


# 「エアコン+冷水パネルモード（8月）」の

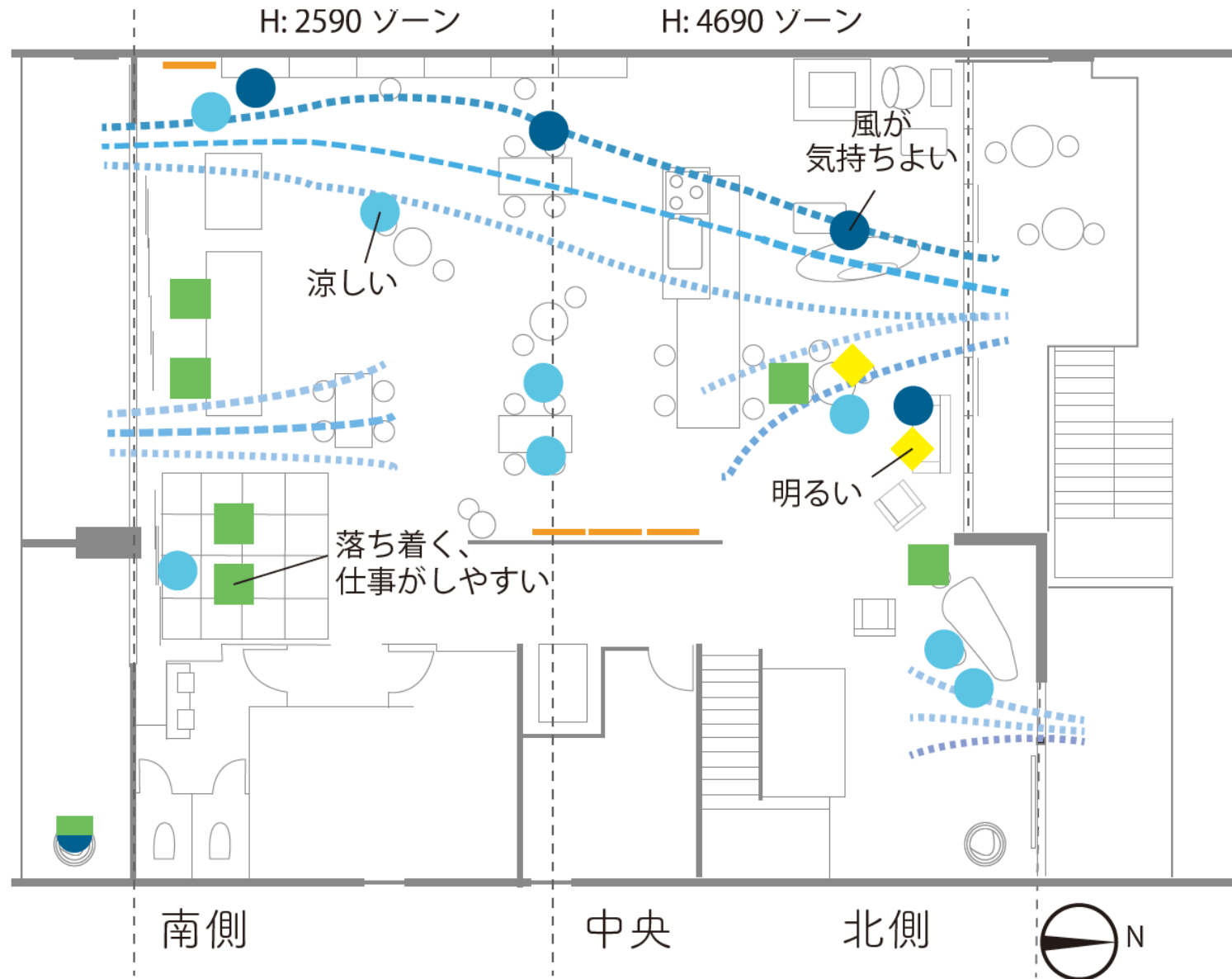
## 居心地が良い場所と理由

H: 2590 ゾーン

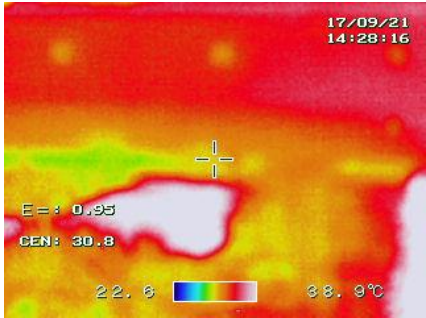
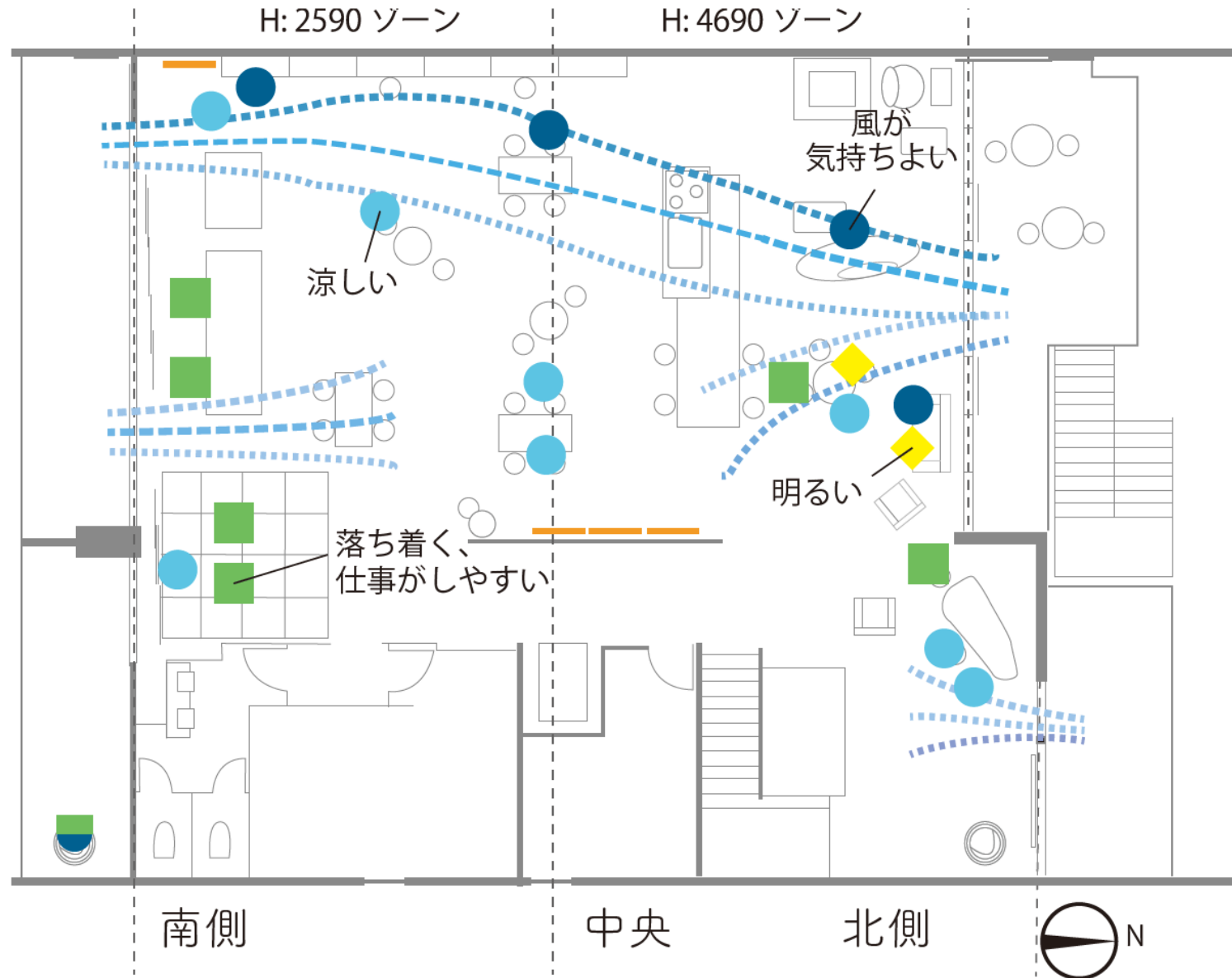
H: 4690 ゾーン



# 「通風モード（9月）」の 居心地が良い場所と理由



# 「通風モード（9月）」の 居心地が良い場所と理由



屋上の様子

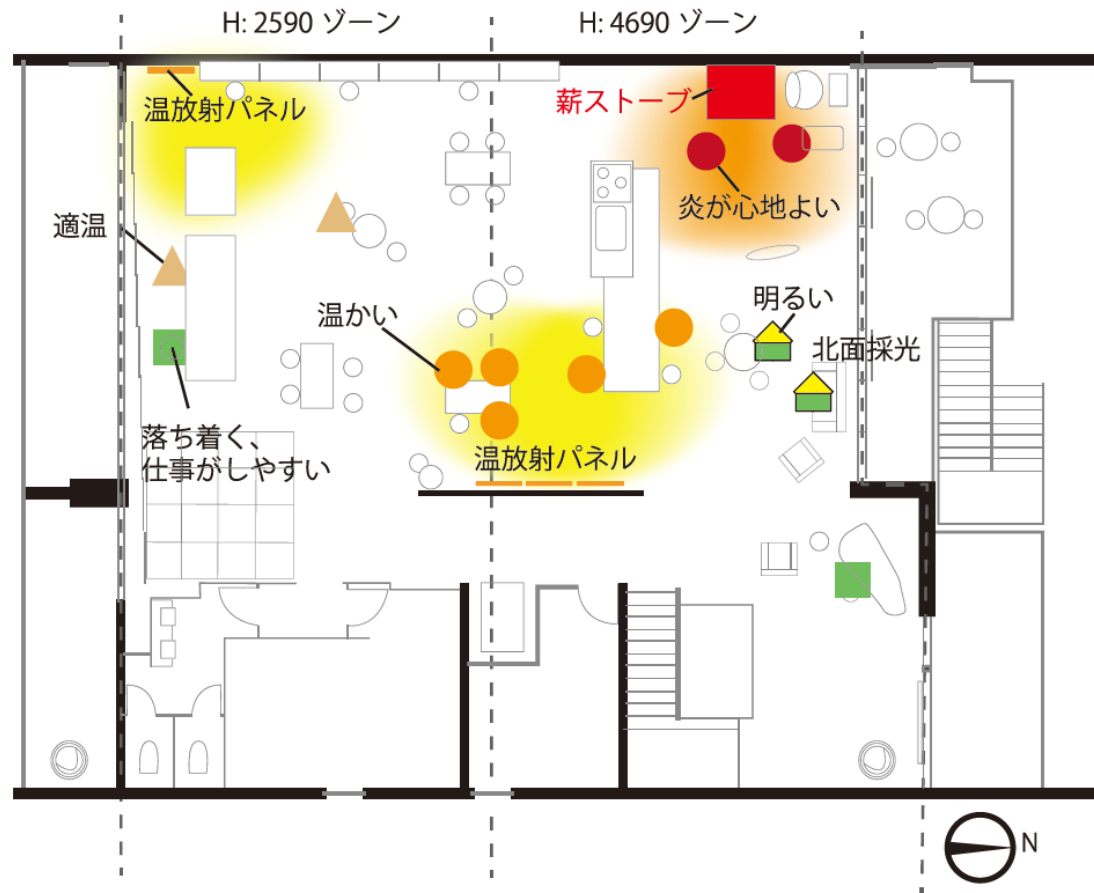


室内の様子



# 冬 (12月はじめ)

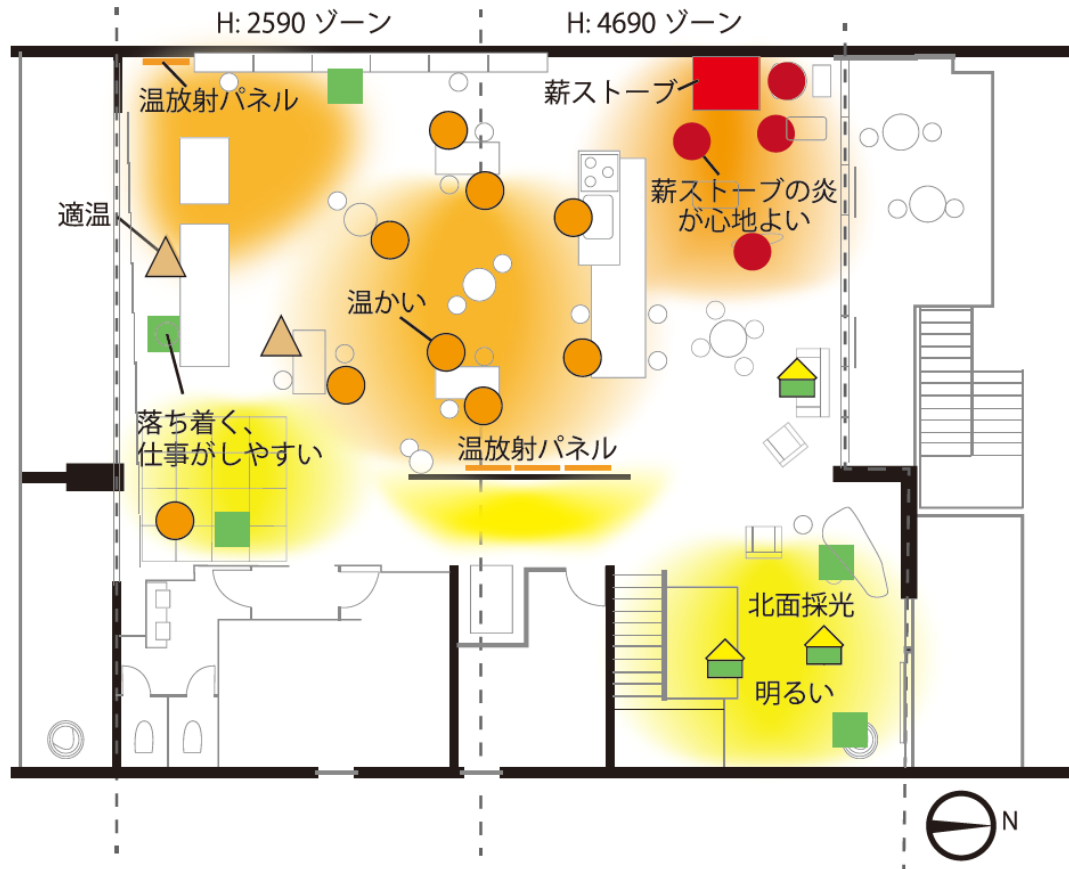
[ 温放射パネル(温水30℃)+薪ストーブ ]時



温放射パネル(温水30℃前後・終日運転)と薪ストーブの運転が本格化し、温放射・温対流により室内に温もりが創出される。「温もりの斑」が現われ、薪ストーブやパネル周りに外勤スタッフが集まる。

# 冬 (1~2月)

[ 温放射パネル(温水38℃)+薪ストーブ ]時



ABW

Activity Based Working

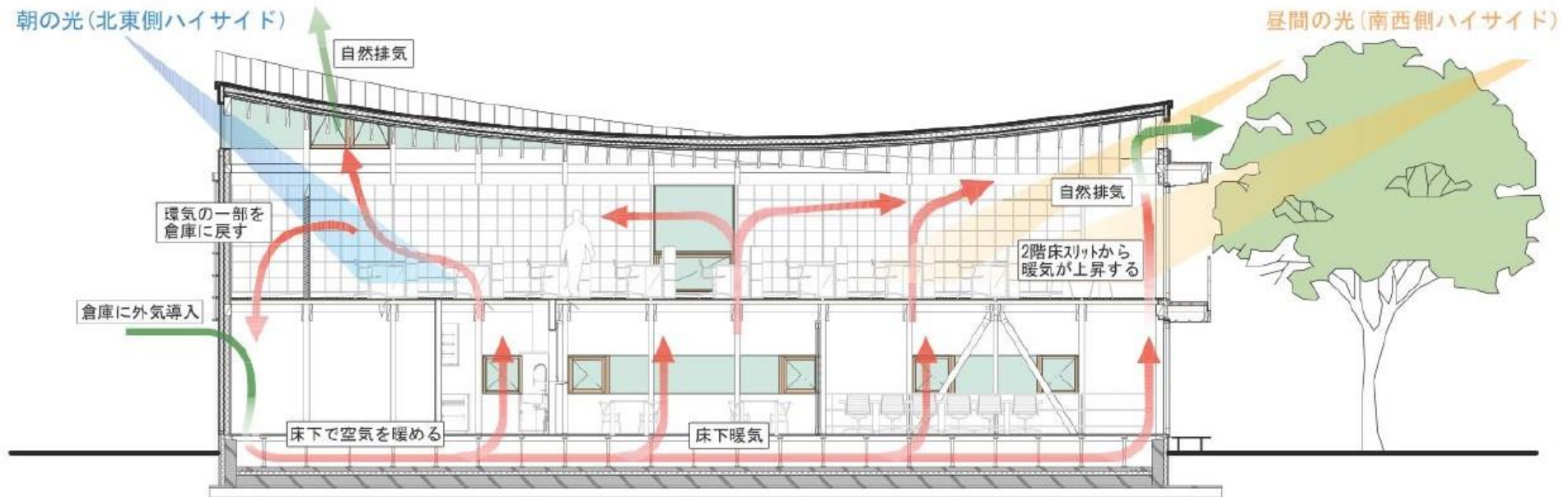
→ Creativity Based Sharing

薪ストーブが日中は毎日稼働し、温放射パネルの温水温度が38℃に上がる。外断熱工法による蓄熱効果で周壁面温度は22℃を維持。エアコンOFFでも薪ストーブの「炎」の視覚的な温もりと熱放射による温もりが得られる。









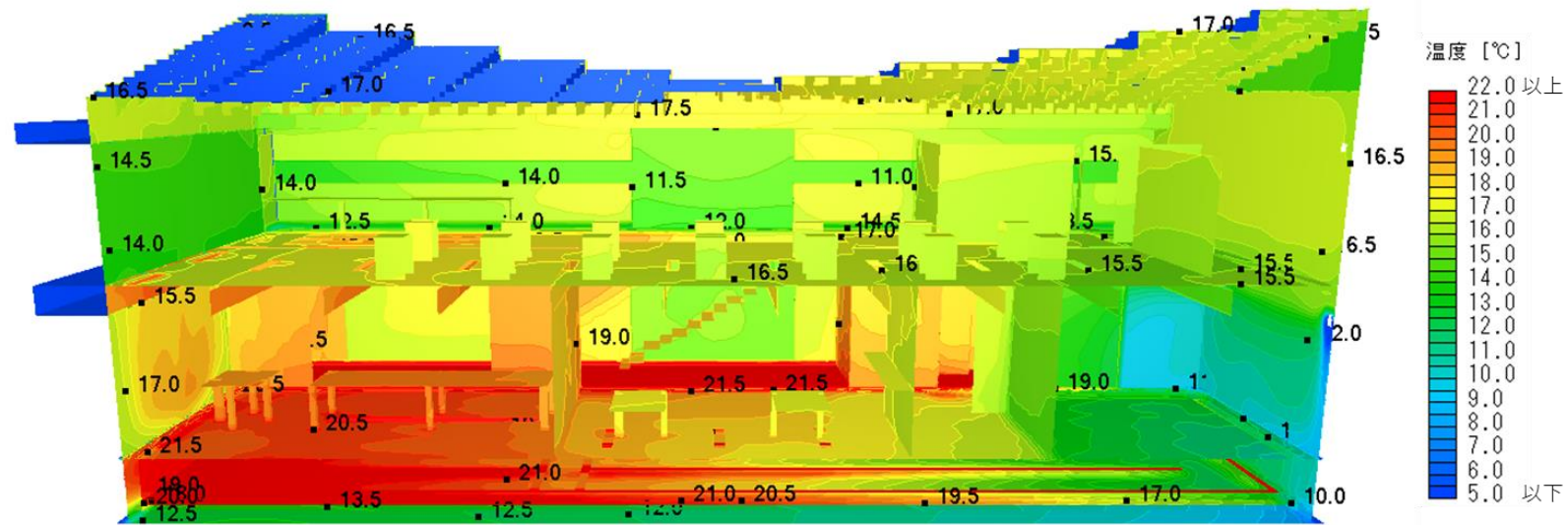






## 双曲放物屋根をもつ木造オフィスの冬季の室内気候デザイン

床下ころがし・埋込配管併用の暖房システムを事例として

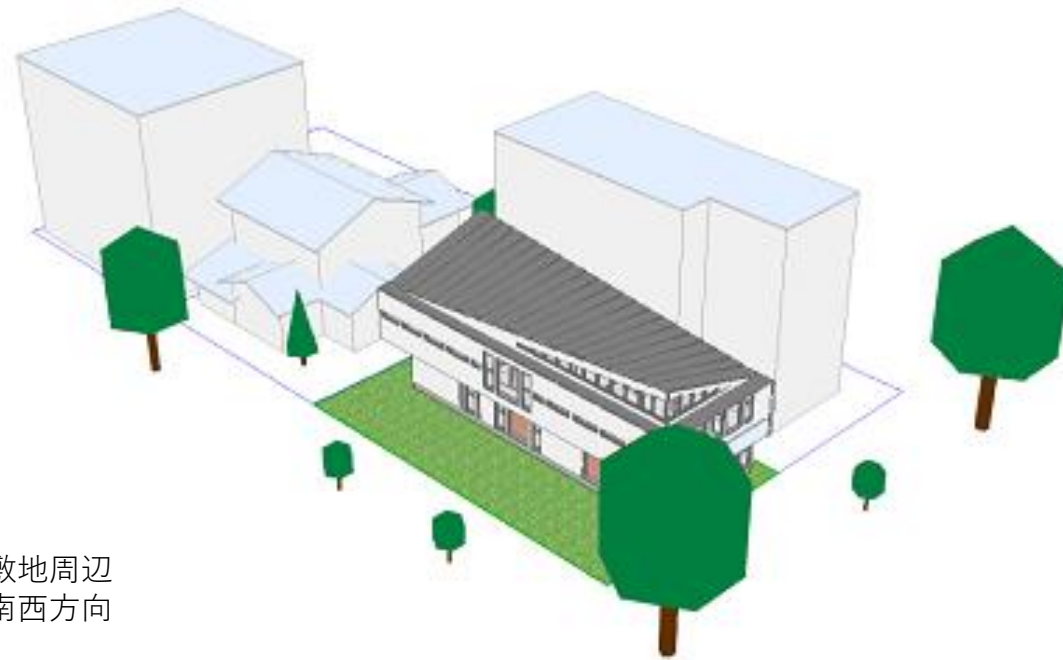


- 齊藤 雅也 (札幌市立大学デザイン学部)
- 遠藤 謙一良 (株式会社遠藤建築アトリエ)
- 横木 達雄 (株式会社遠藤建築アトリエ)





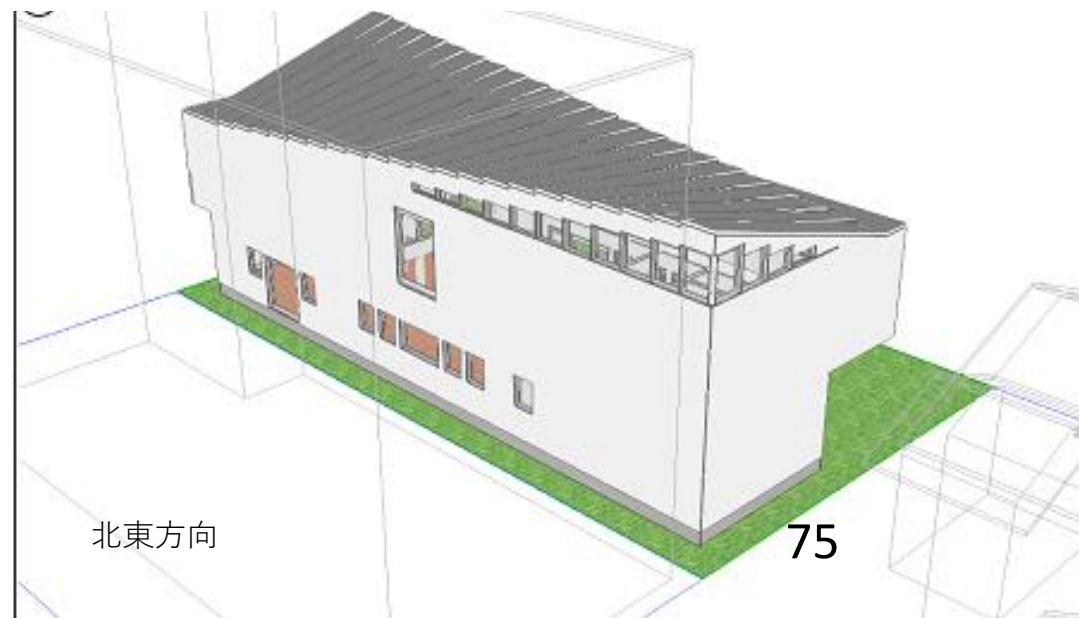
航空写真



敷地周辺  
南西方向



南西方向



北東方向

75

## 建築・設備の概要

対象地 札幌市中央区

施工期間 2018/9/1 ~ 2019/6/30 (予定)

### 【建築】

敷地面積 277.69 m<sup>2</sup> (建蔽率：70%、容積率：200%)

延床面積 276.79 m<sup>2</sup> (1階：131.01 m<sup>2</sup>、2階：145.78 m<sup>2</sup>)

外皮平均熱貫流率 0.375 W/(m<sup>2</sup>・K)

相当隙間面積 (目標値) 1.0 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

### 断熱仕様

基礎 外 + スラブ下：押出法ホ<sup>°</sup>リスレンフォーム断熱材 b-2 100mm

外壁 軸間：高性能GW 24kg/m<sup>3</sup> 100mm

付加：押出法ホ<sup>°</sup>リスレンフォーム断熱材 b-2 100mm

軒天井 吹込みGW 22kg/m<sup>3</sup> 相当 400mm

天井 高性能フェノールフォーム断熱材 60mm (垂木間)

屋根 高性能フェノールフォーム断熱材 50mm +50mm (垂木上)

開口部 ハイサイト<sup>®</sup>ライト：Low-E<sup>®</sup>ア<sup>°</sup>ガラス U=1.37 W/(m<sup>2</sup>・K)

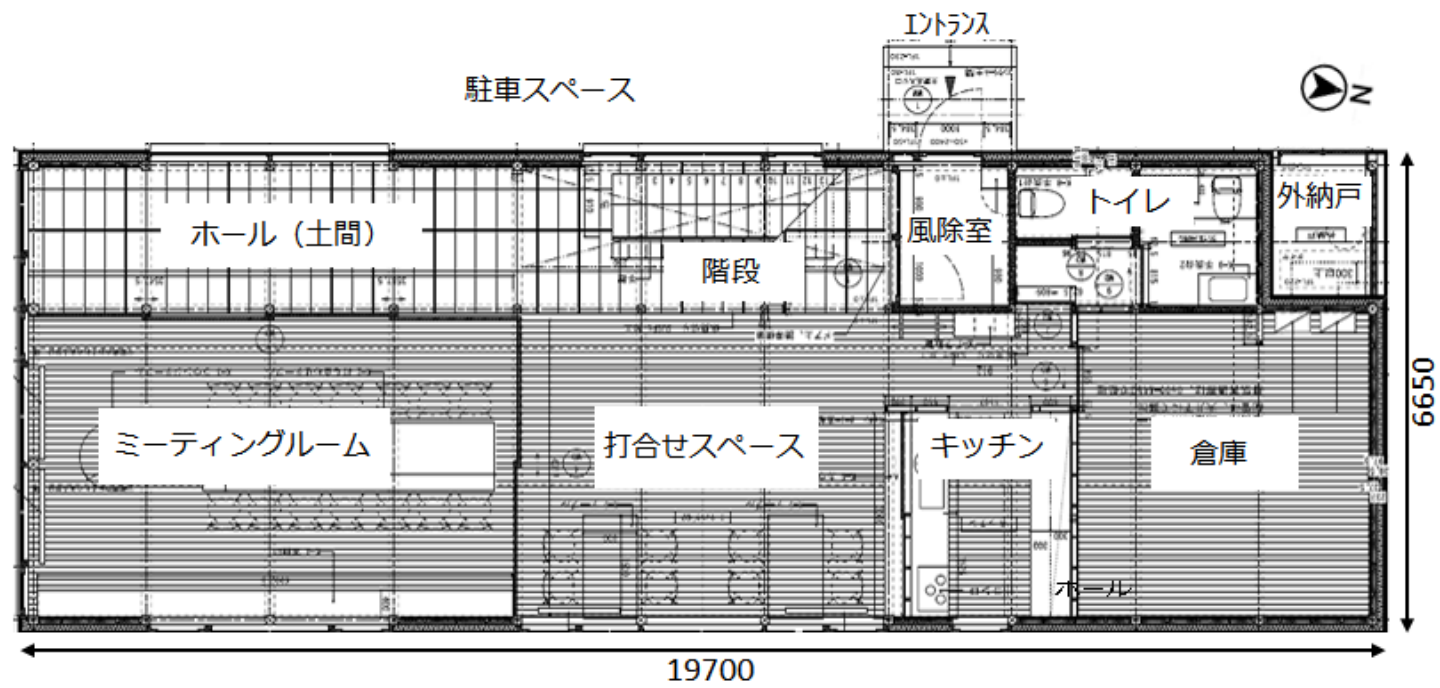
1・2階：Low-Eトリプル<sup>®</sup>ガラス U=0.92 W/(m<sup>2</sup>・K) \*

### 【設備】

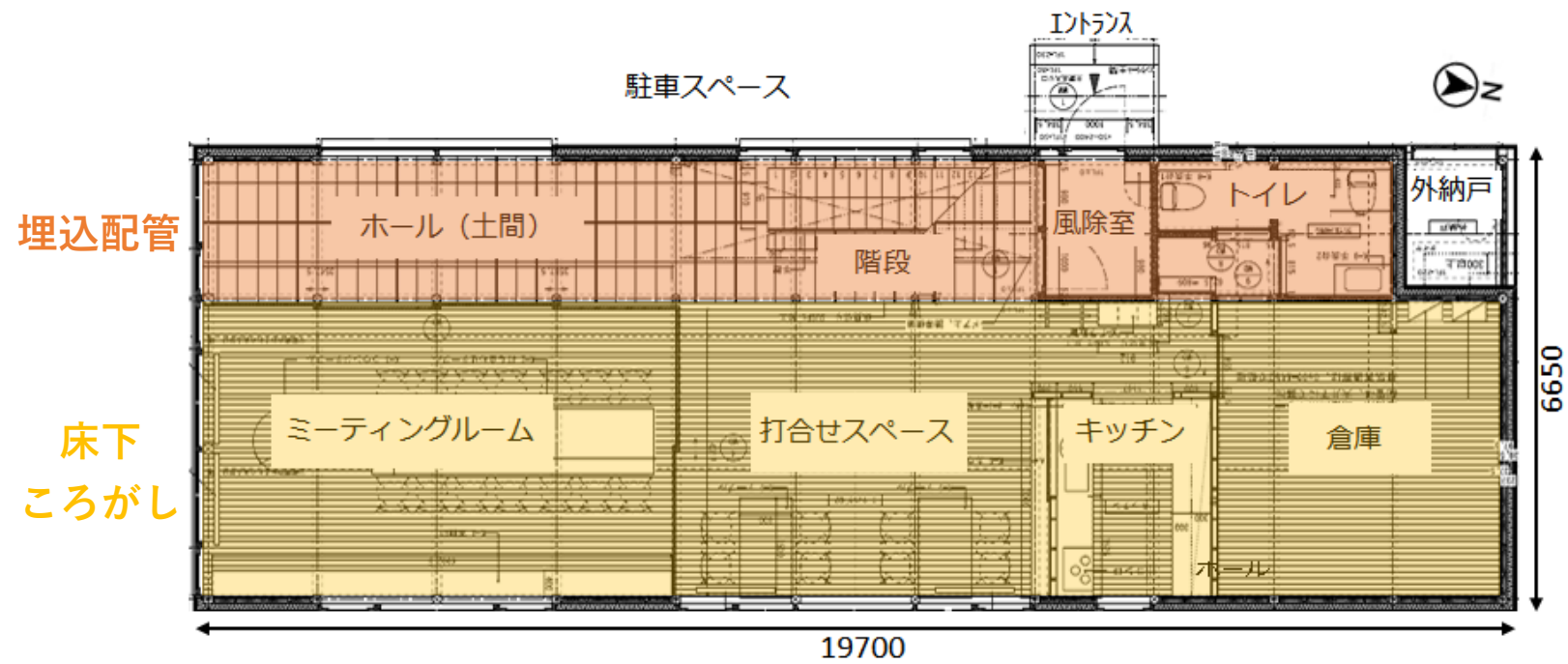
熱源 都市ガス エコジョ-ス<sup>®</sup> (暖房用温水 + 給湯) + ロート<sup>®</sup>ヒーティング

配管設備 床下転がし温水配管 + 埋込温水配管 (ホール・トイレ・風除室)

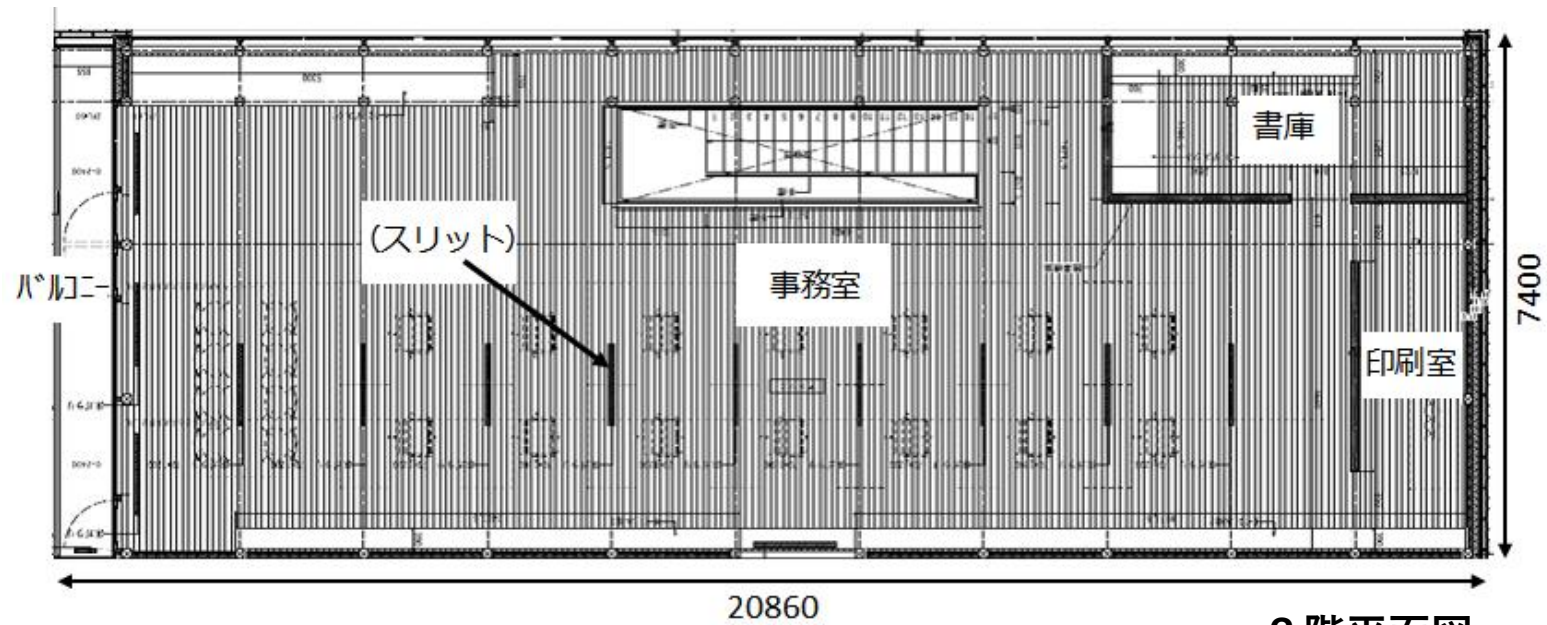
換気設備 第3種換気



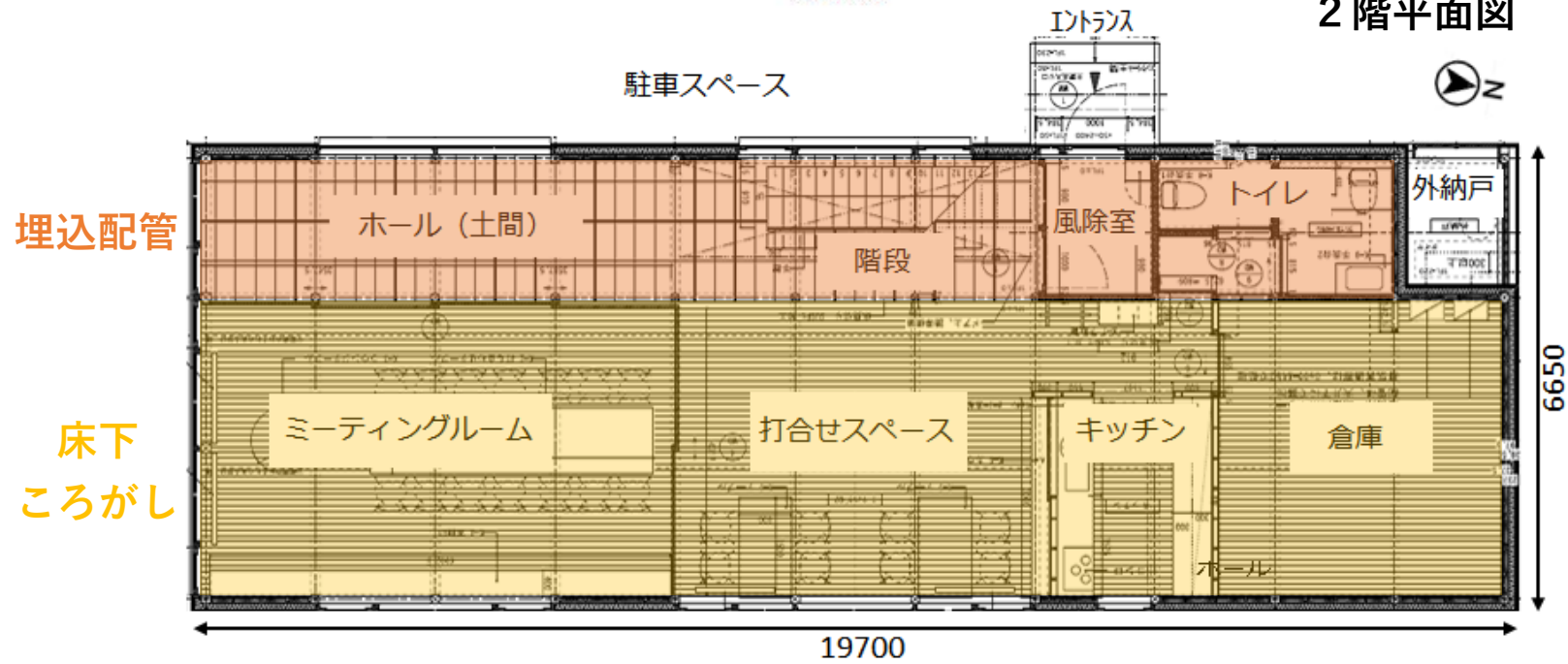
1 階平面図



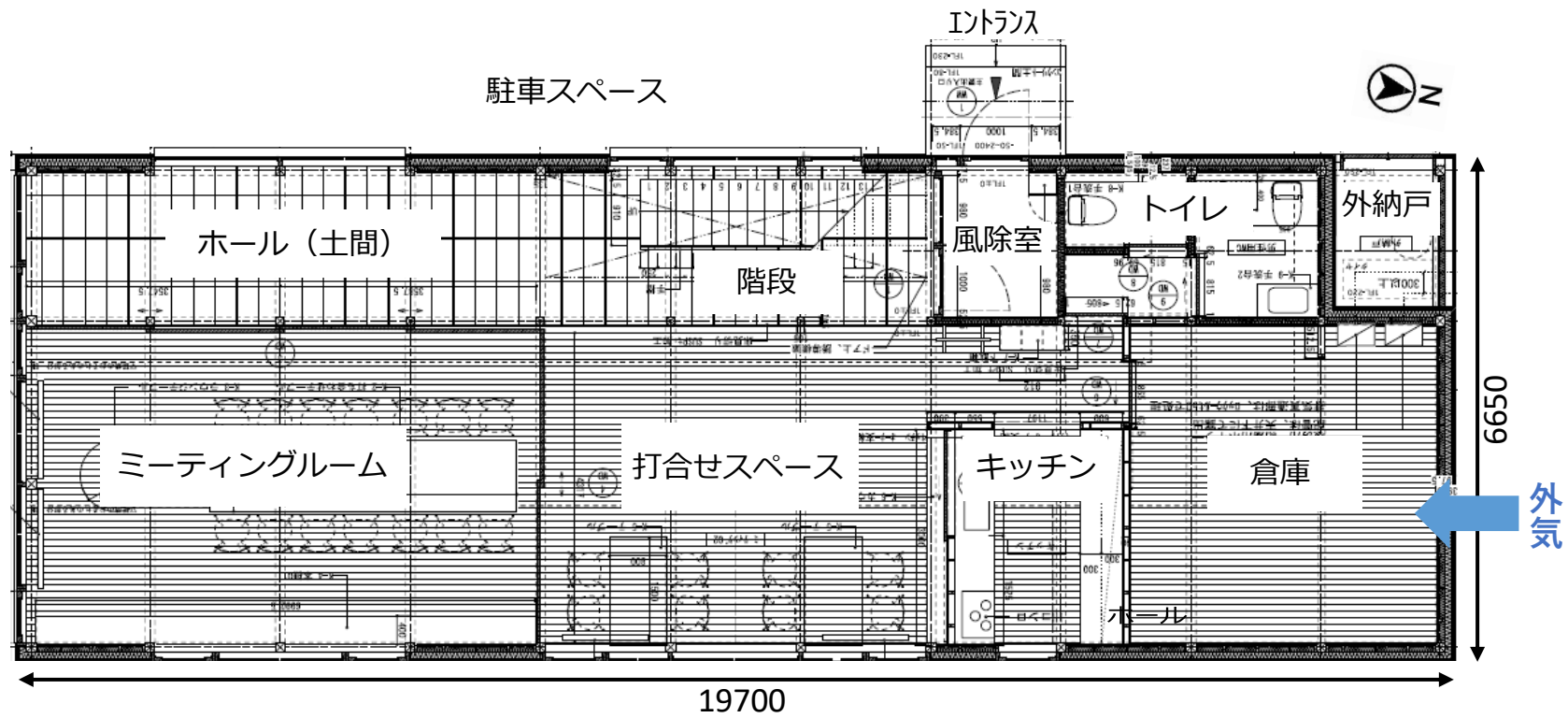
1階平面図



2階平面図

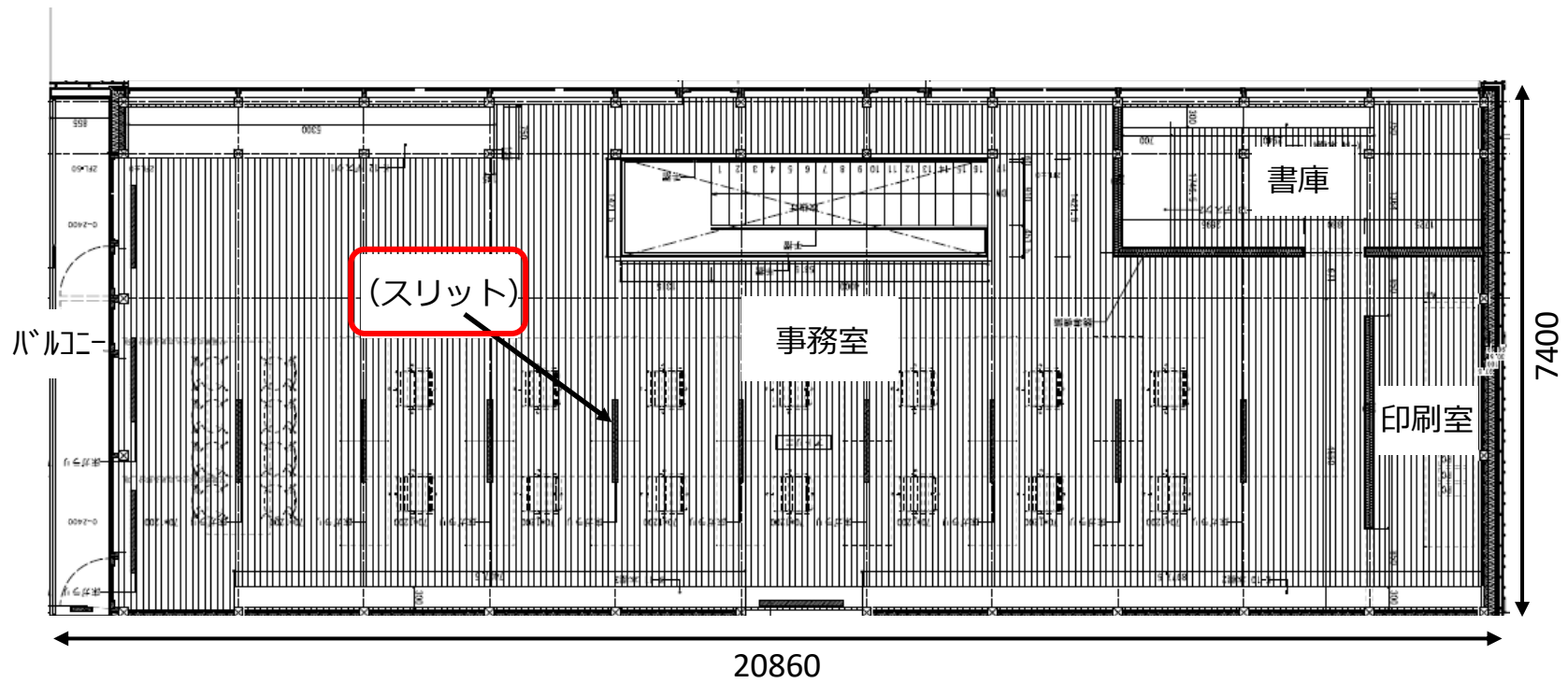


1階平面図



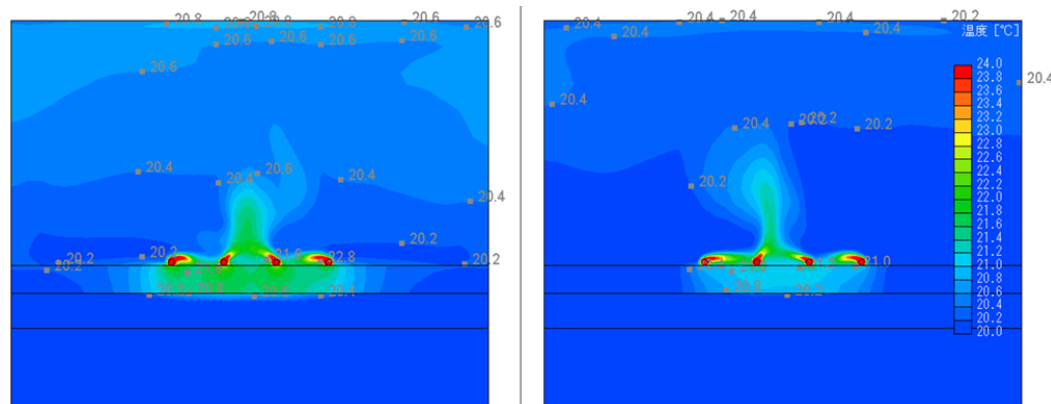
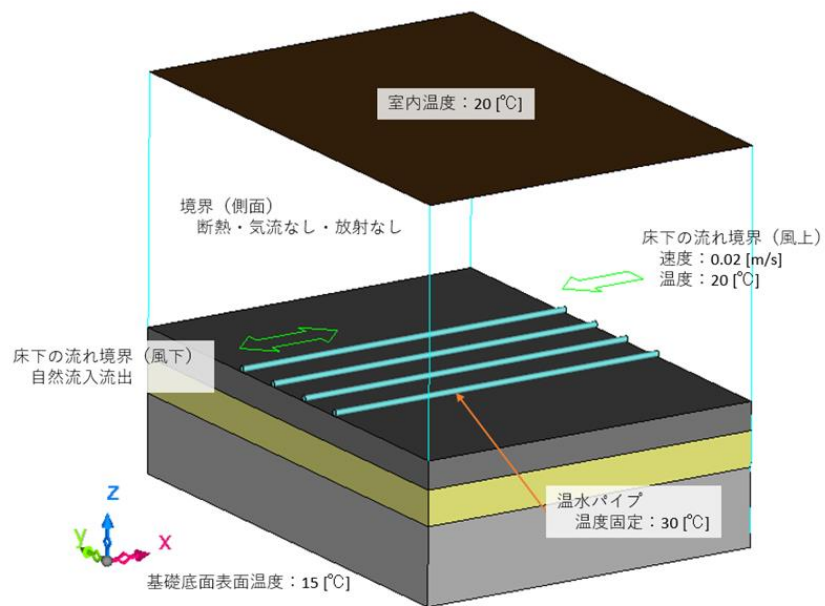
1 階平面図



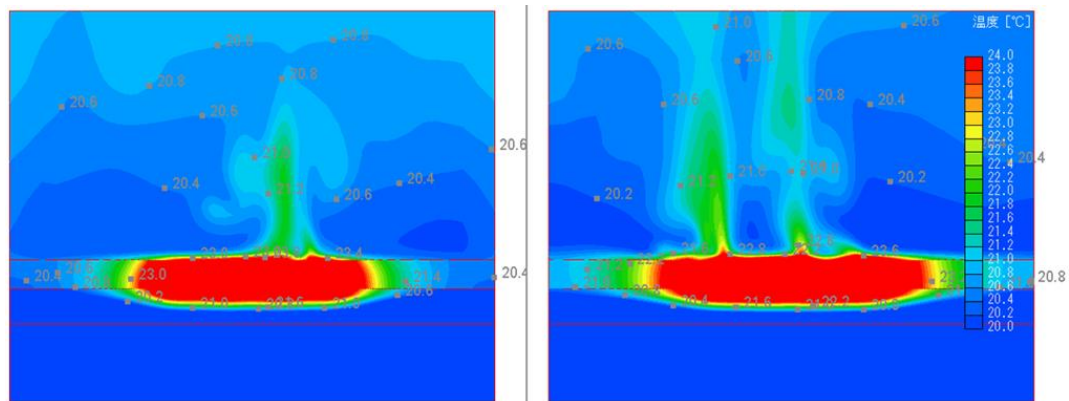


2階平面図

# 床下ころがし・埋込配管のモデル化



「床下ころがし」の断面温度分布



「埋込配管」の断面温度分布

## 室内気候の解析条件

---

乱流モデル：線形低レイノルズ数型／解析要素数：450, 224

外気温  $-5^{\circ}\text{C}$ ／外気湿度 65%（一定）／日射・内部発熱なし

床下空間 温水配管の表面温度  $50^{\circ}\text{C}$ （一定）

ホール・風除室 床面温度  $40^{\circ}\text{C}$ ／トイレ 床面温度  $30^{\circ}\text{C}$ （一定）

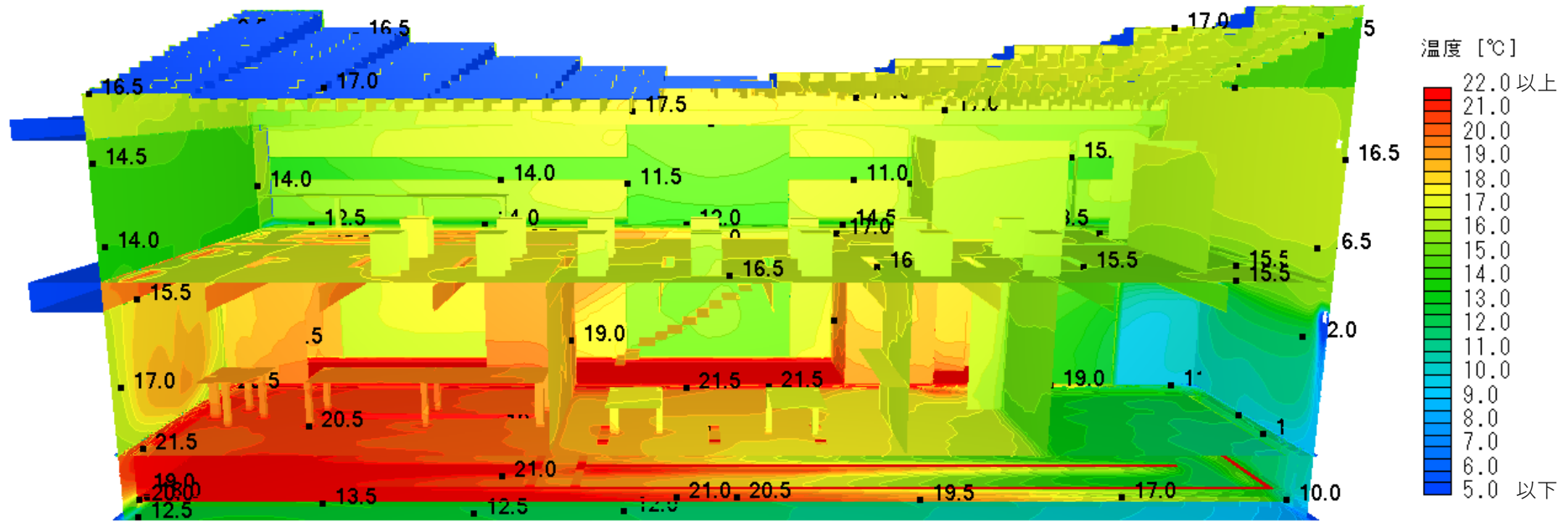
換気量  $380\text{m}^3/\text{h}$ （換気回数 0.5 回 /h 程度）

### 【ケーススタディ設定条件】

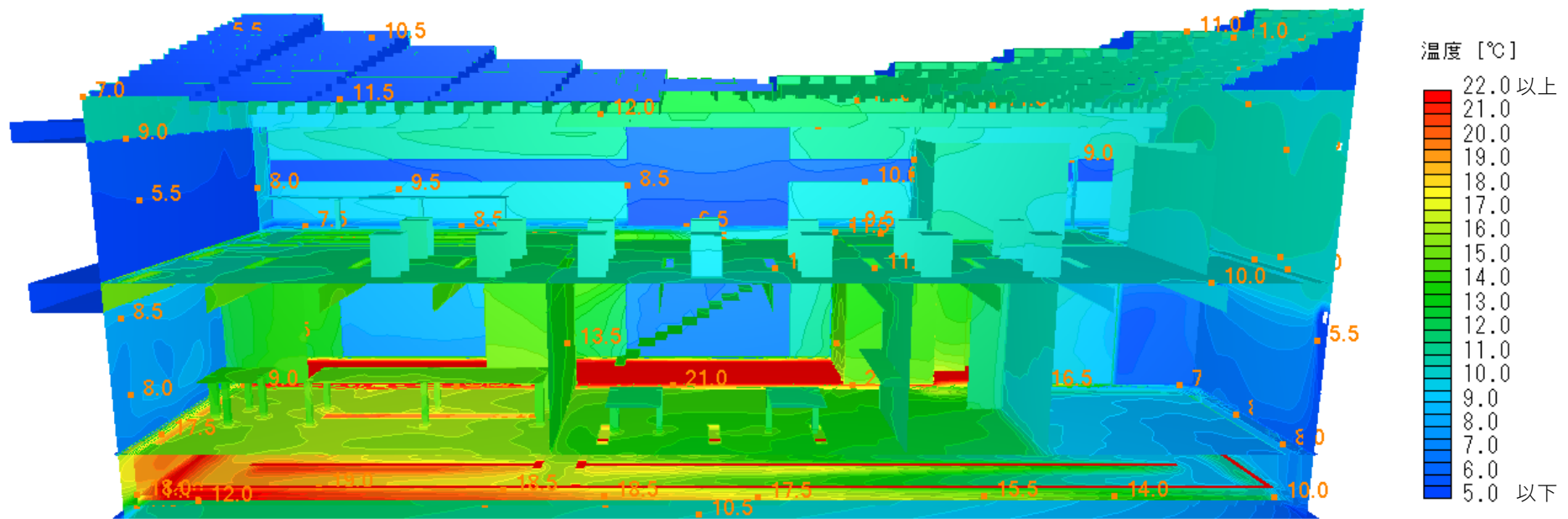
Case 1：表 1 の計画案（\* 本解析では全て  $U=1.37\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  とした）

Case 2：全開口部  $U= 3.40\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、外壁・天井等に変更無し。

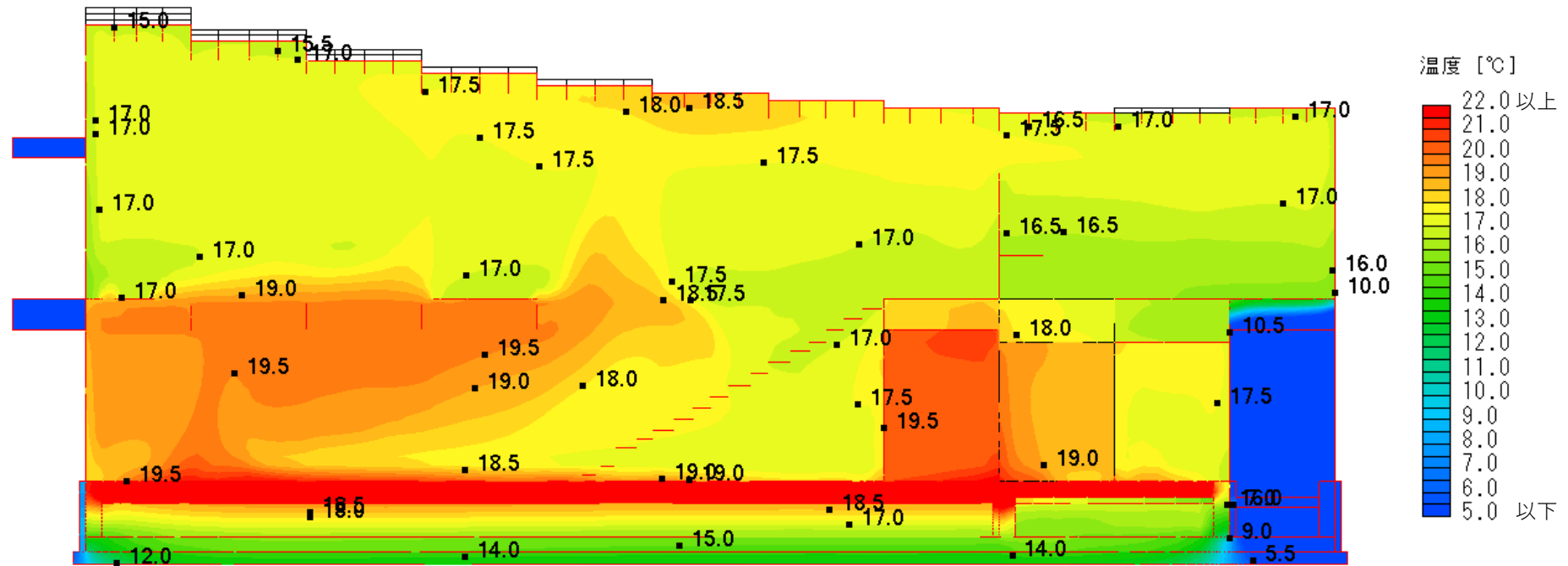
---



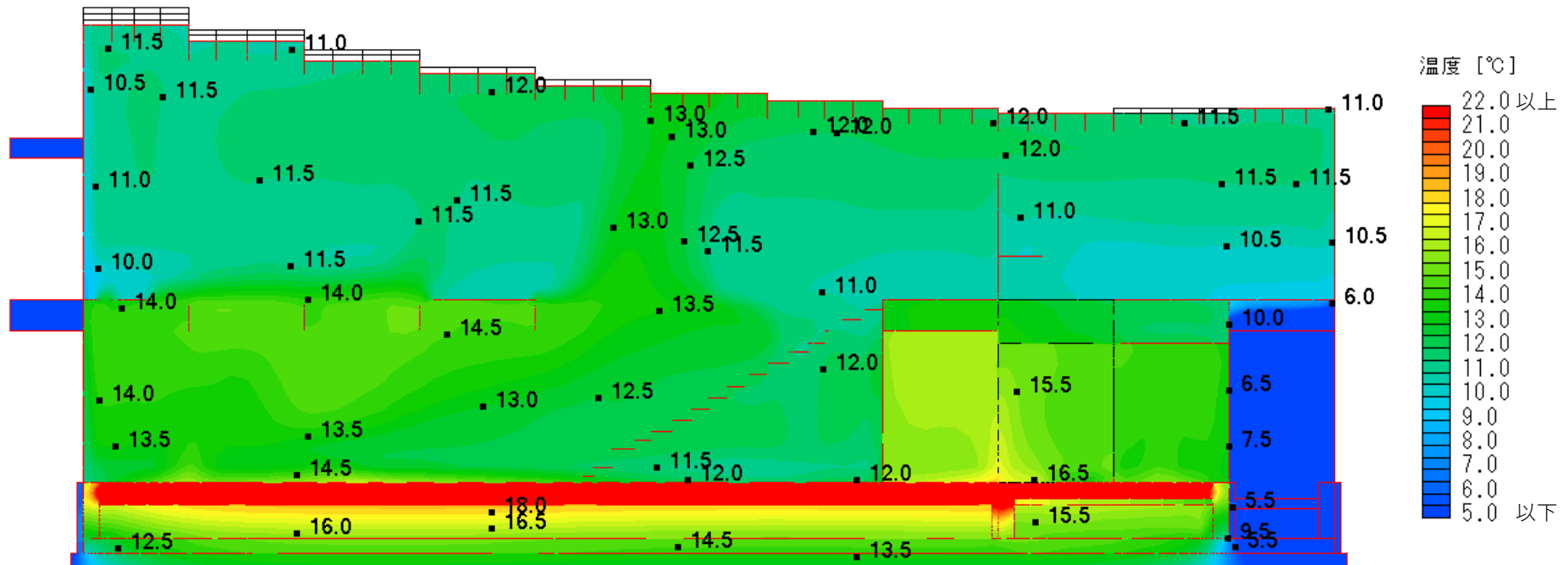
Case 1 <計画案>：窓 熱貫流率  $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  の南北断面の表面温度分布



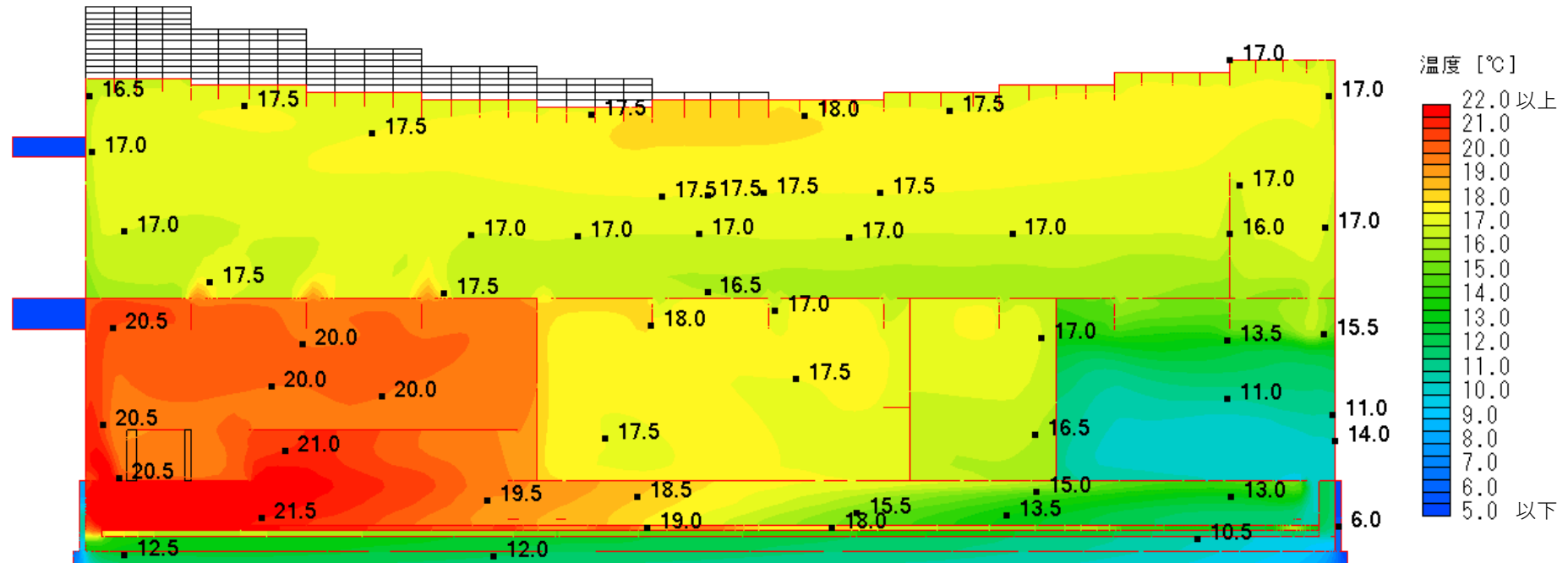
Case 2 窓 熱貫流率  $3.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  の南北断面の表面温度分布



Case 1 <計画案> 窓熱貫流率  $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  の南北断面の空気温度分布  
(階段部分・埋込配管)

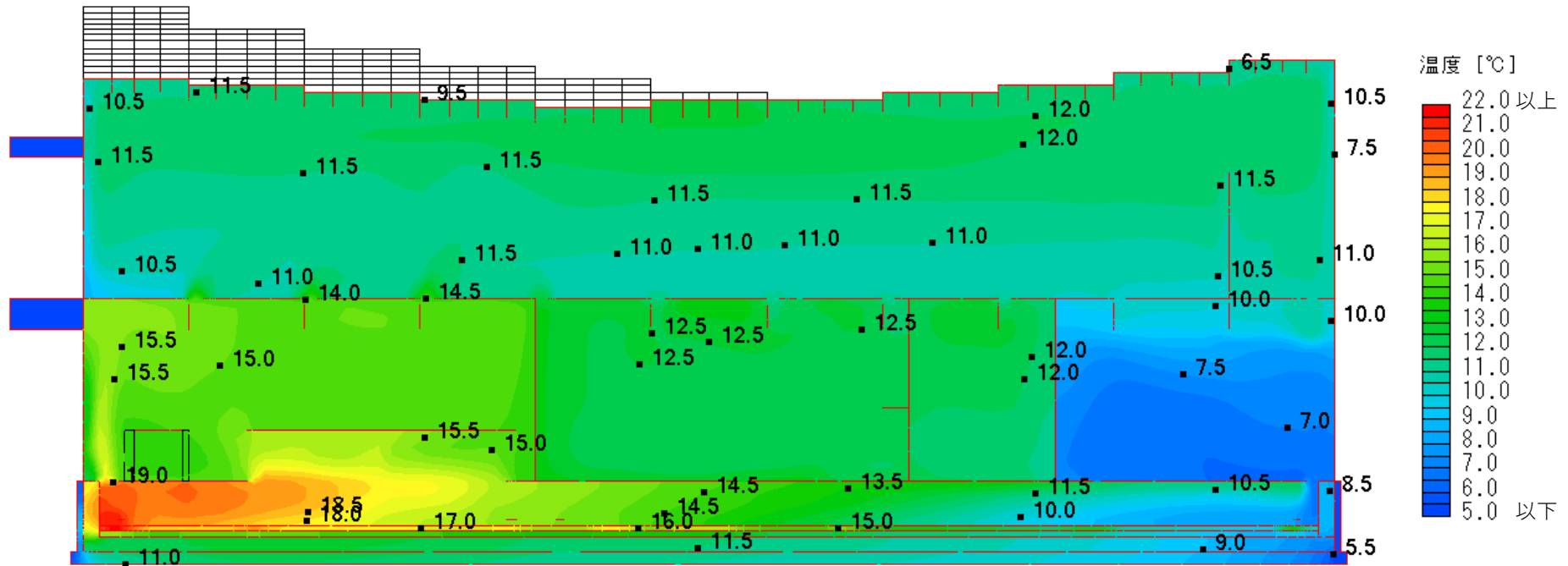


Case 2 窓熱貫流率  $3.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  の南北断面の空気温度分布  
(階段部分・埋込配管)

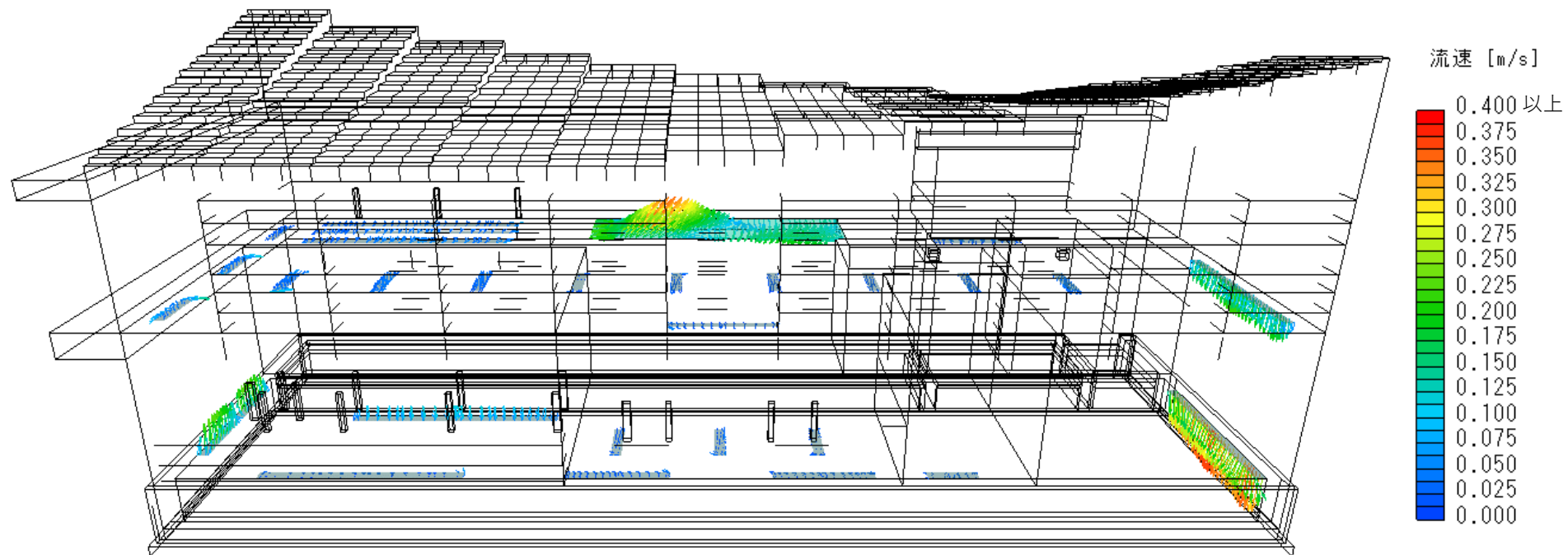


Case 1 <計画案> 窓熱貫流率  $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  の南北断面の空気温度分布  
(居室部分・床下ころがし配管)





Case 2 窓熱貫流率  $3.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  の南北断面の空気温度分布  
 (居室部分・床下ころがし配管)



**Case 1 <計画案> 窓 熱貫流率  $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  床スリット開口部の気流速度 (階段部分)**





























# 建築・設備の概要





# アンケート用紙(想像温度・熱的感覚・行動)

月 日 : 頃 氏名 :

現在の室温(想像) 現在の外気温(想像) 現在の室温を何℃変化させると快適(+/-)

℃

℃

℃

## 寒暑感

とても寒い 寒い やや寒い 涼しい 暑くも寒くもない 温かい やや暑い 暑い とても暑い

## 快適感

とても不快 不快ではない やや快適 快適

## 乾湿感

乾燥してる どちらでもない ジメジメしてる

## 気流感

風を感じる どちらでもない 風を感じない

## 明るさ感

暗い どちらでもない 明るい

## 快適になるために何がしたいか

窓を開ける 窓を閉める  
水を飲む お湯を飲む  
衣服を調整する カーテンを開ける  
カーテンを閉める 特に何もしない  
暖房を入れる その他  
仰ぐ \_\_\_\_\_

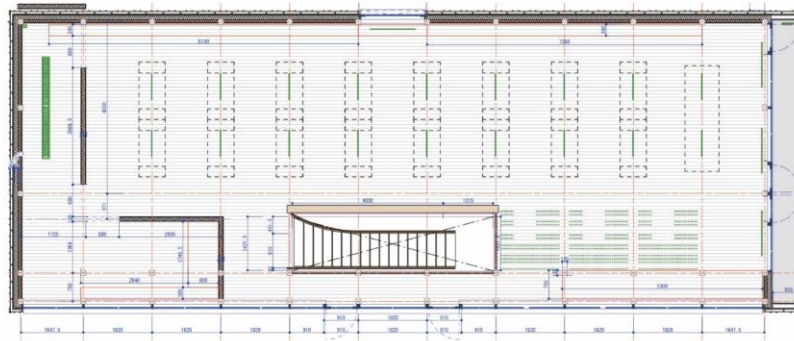
## 着衣量

半袖シャツ スカート(膝上・膝・膝下)  
七分丈シャツ ズボン(膝上・膝・膝下)  
長袖シャツ タイツ ヒートテック  
薄カーディガン 靴下 コート  
厚カーディガン その他  
セーター \_\_\_\_\_

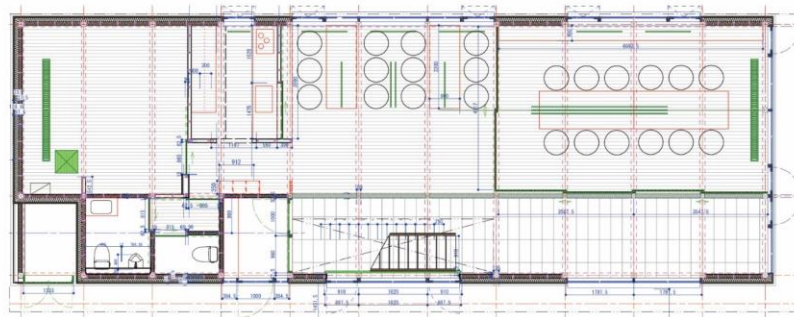
# アンケート用紙(アトリエ内で最も心地良い場所・理由)

現在いる場所 (○) 最も心地良さそうな場所 (●)

2F 平面図



1F 平面図



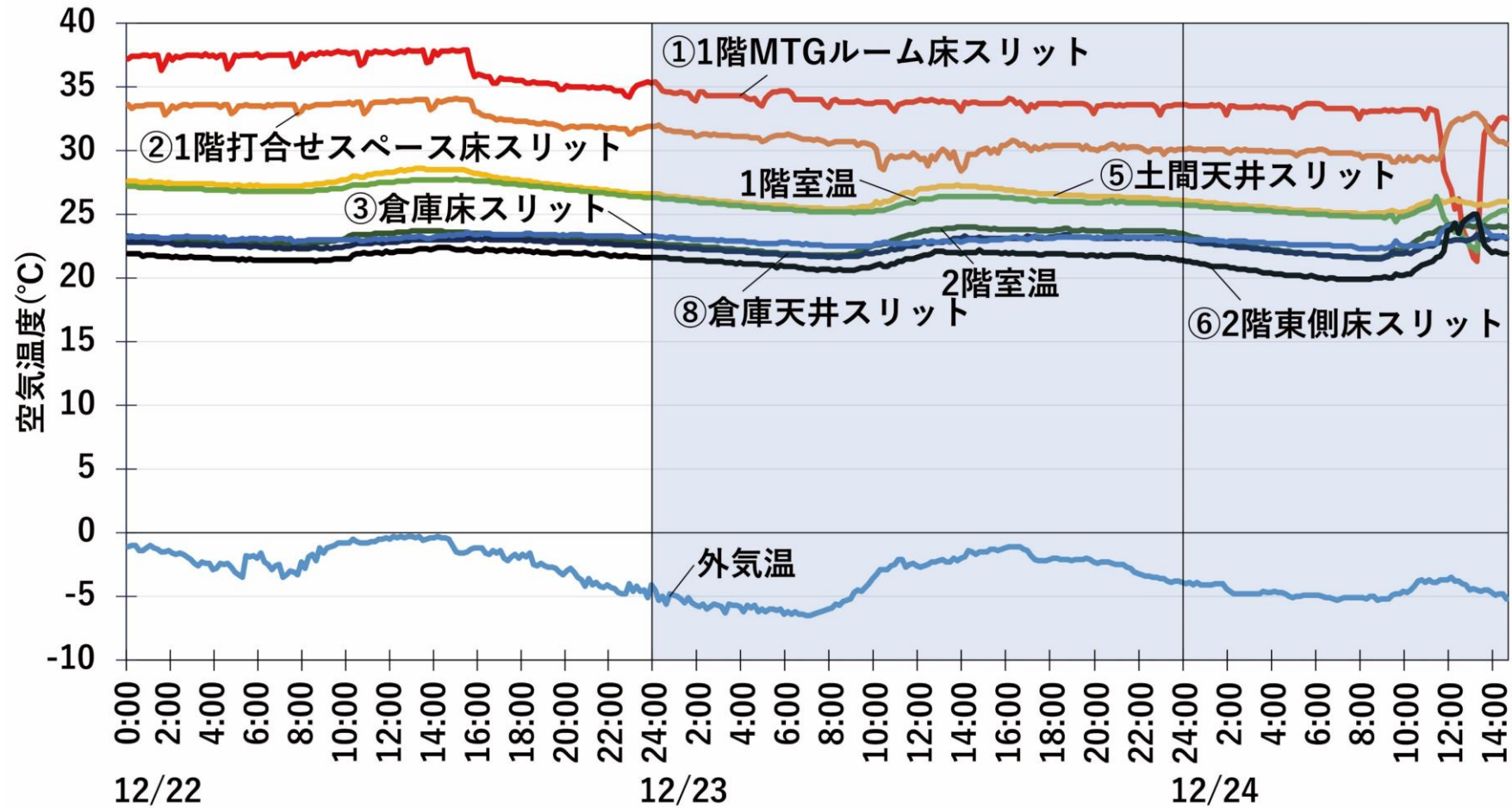
なぜそこが最も心地良いか (理由)

直近の行動とこれからの行動

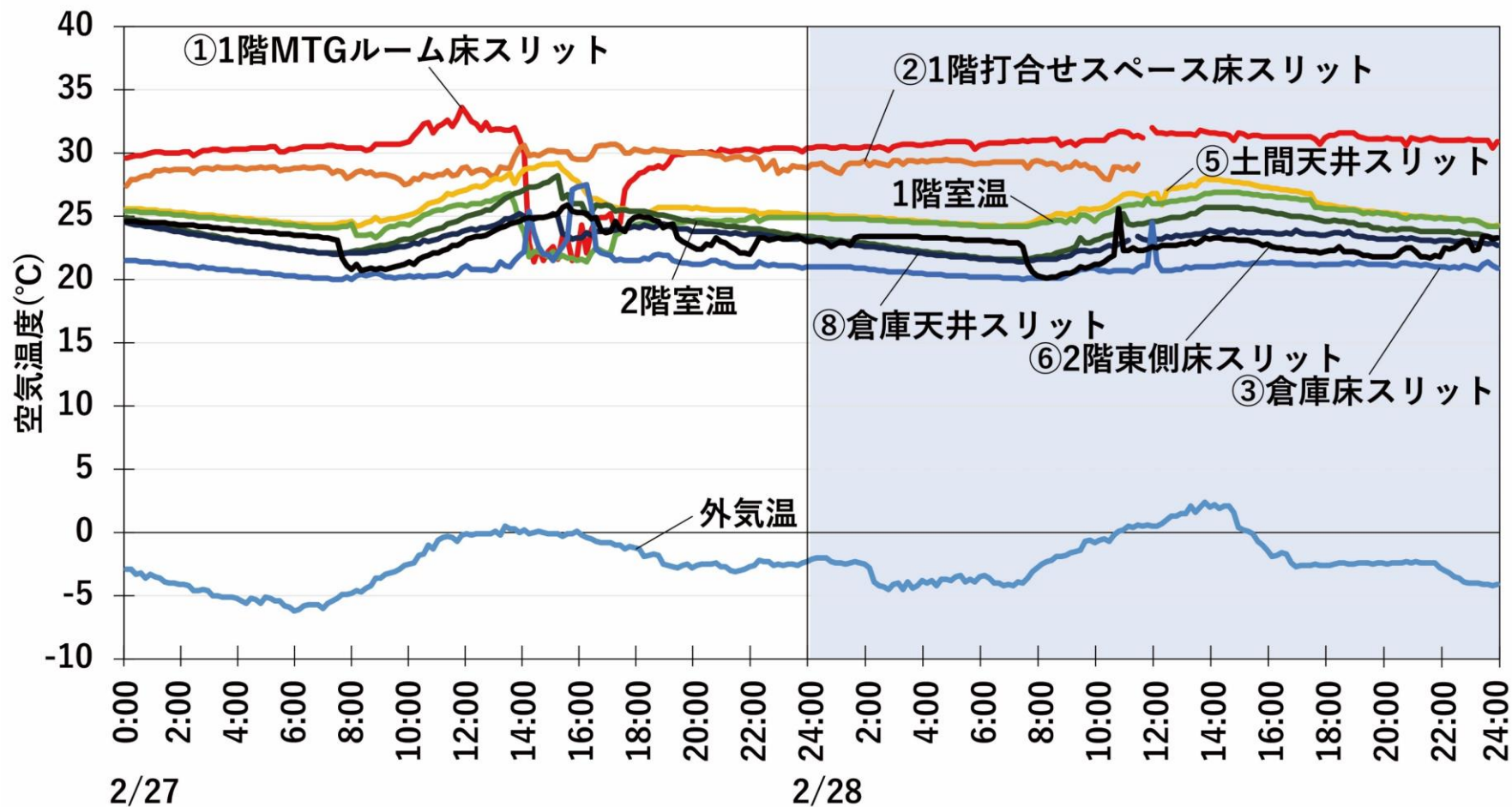
# スタッフの1日の行動 (2019/12/23)



# 1回目調査時の空気温度 (2019/12/22~24)

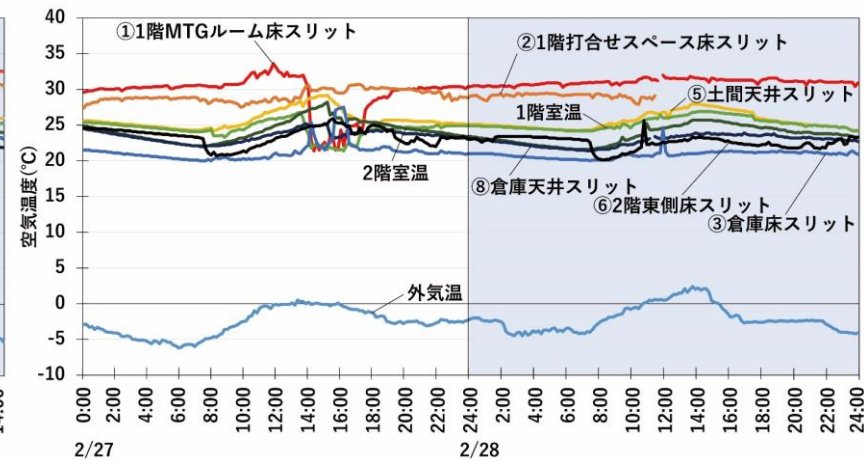
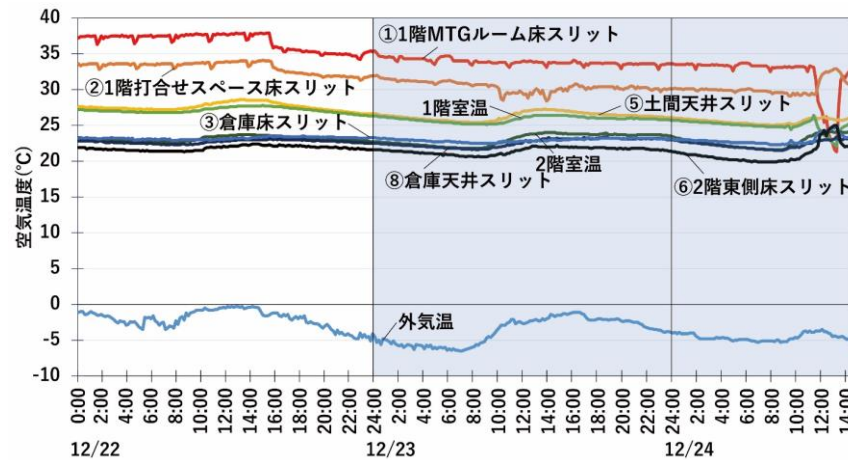
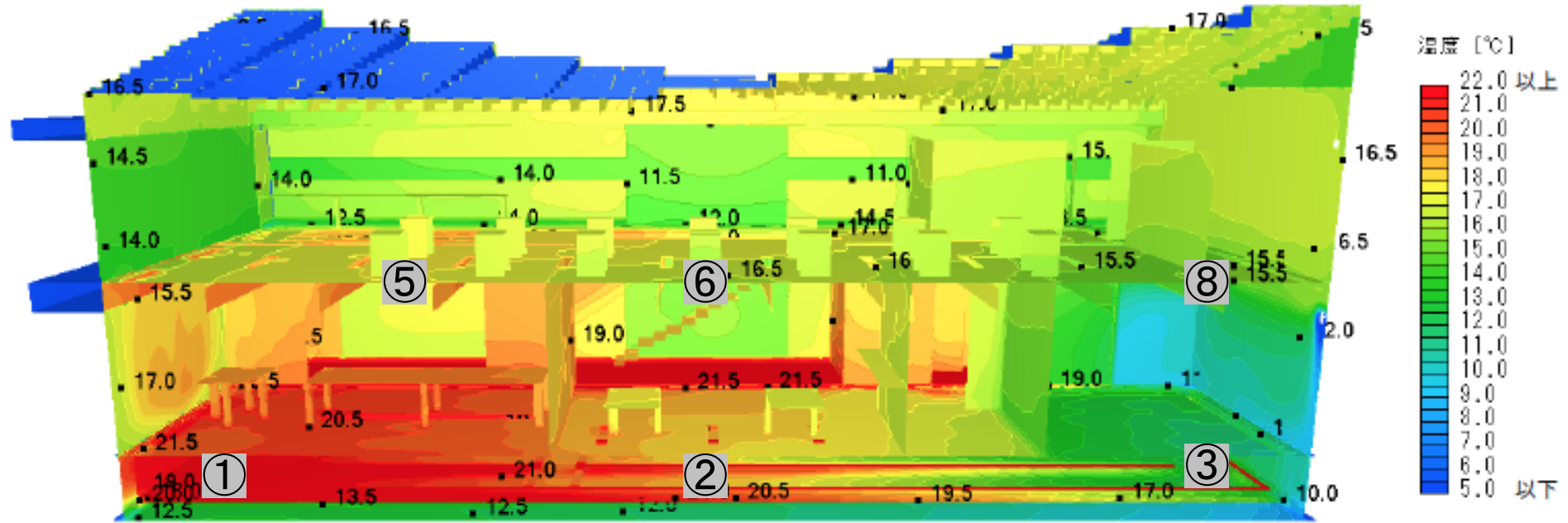


## 2回目調査時の空気温度 (2020/2/27~28)



流体解析の結果として得られた温度分布・気流速度が概ね実現し、冬季の穏やかな室内気候が形成されている。

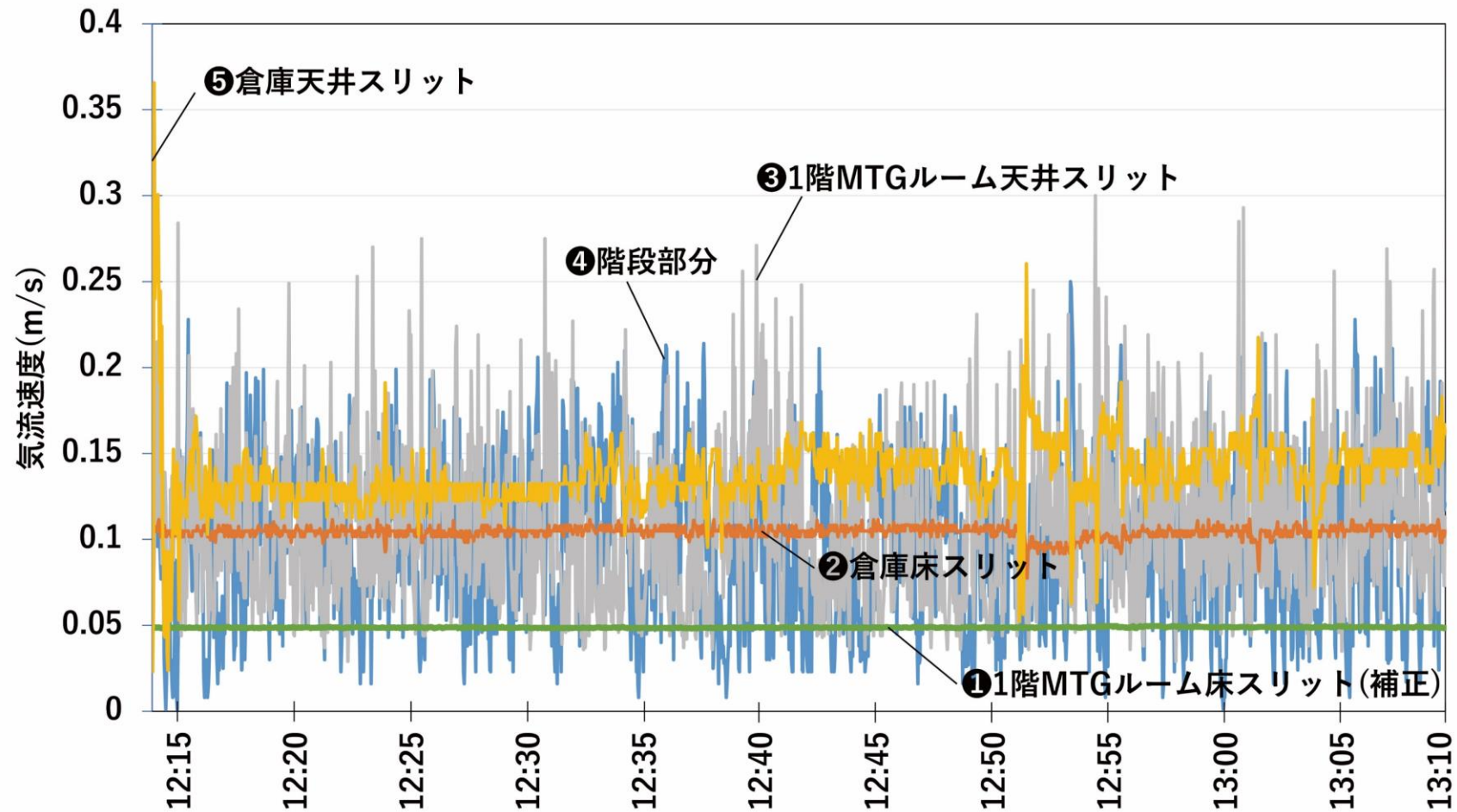
# 流体解析（上図）と実際の空気温度（下図）



# 1回目調査時の1階床の写真と熱画像(2019/12/23 10:35)

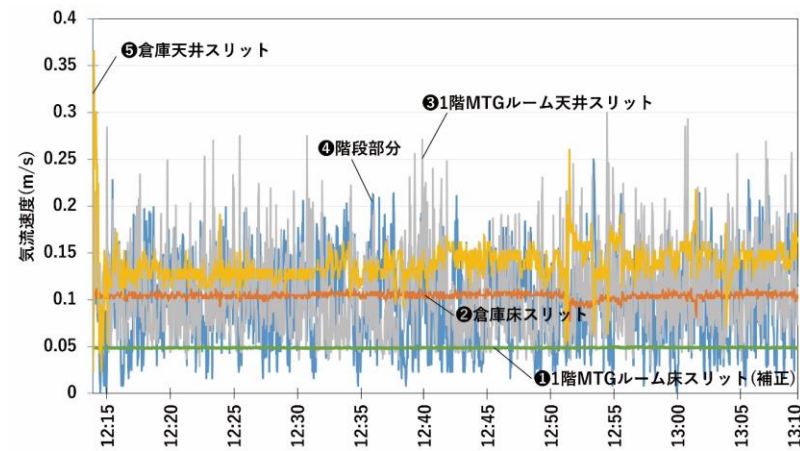
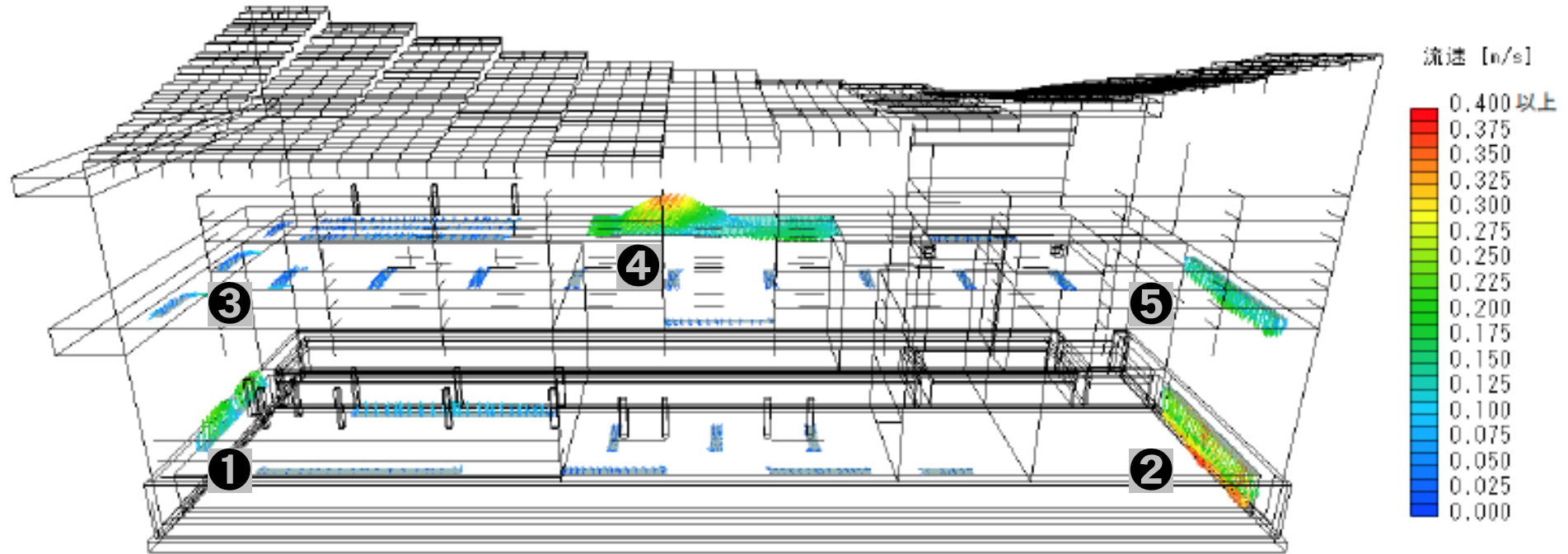


## 2回目調査時の階段・各スリットの気流速度 (2020/2/28 12:15~13:10)

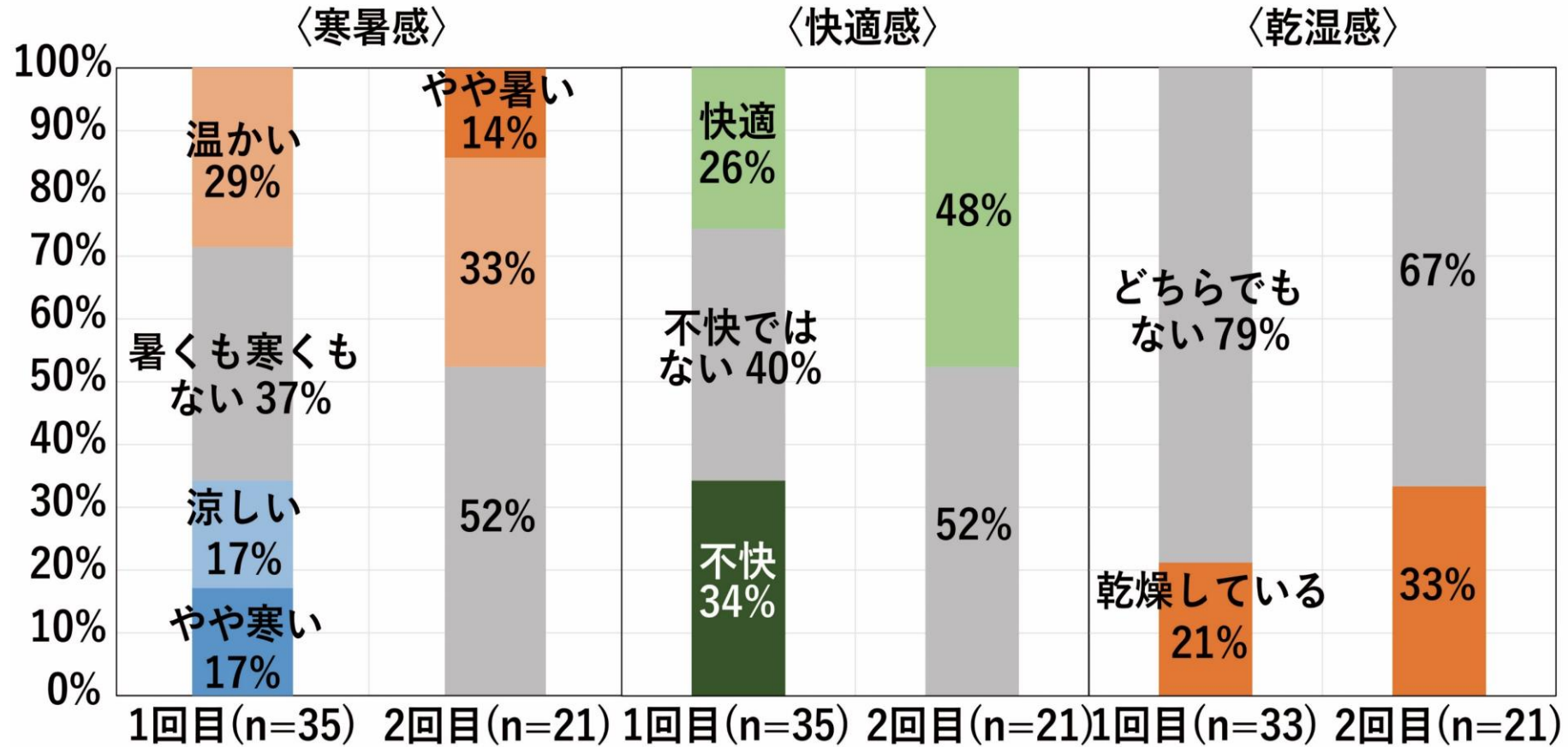




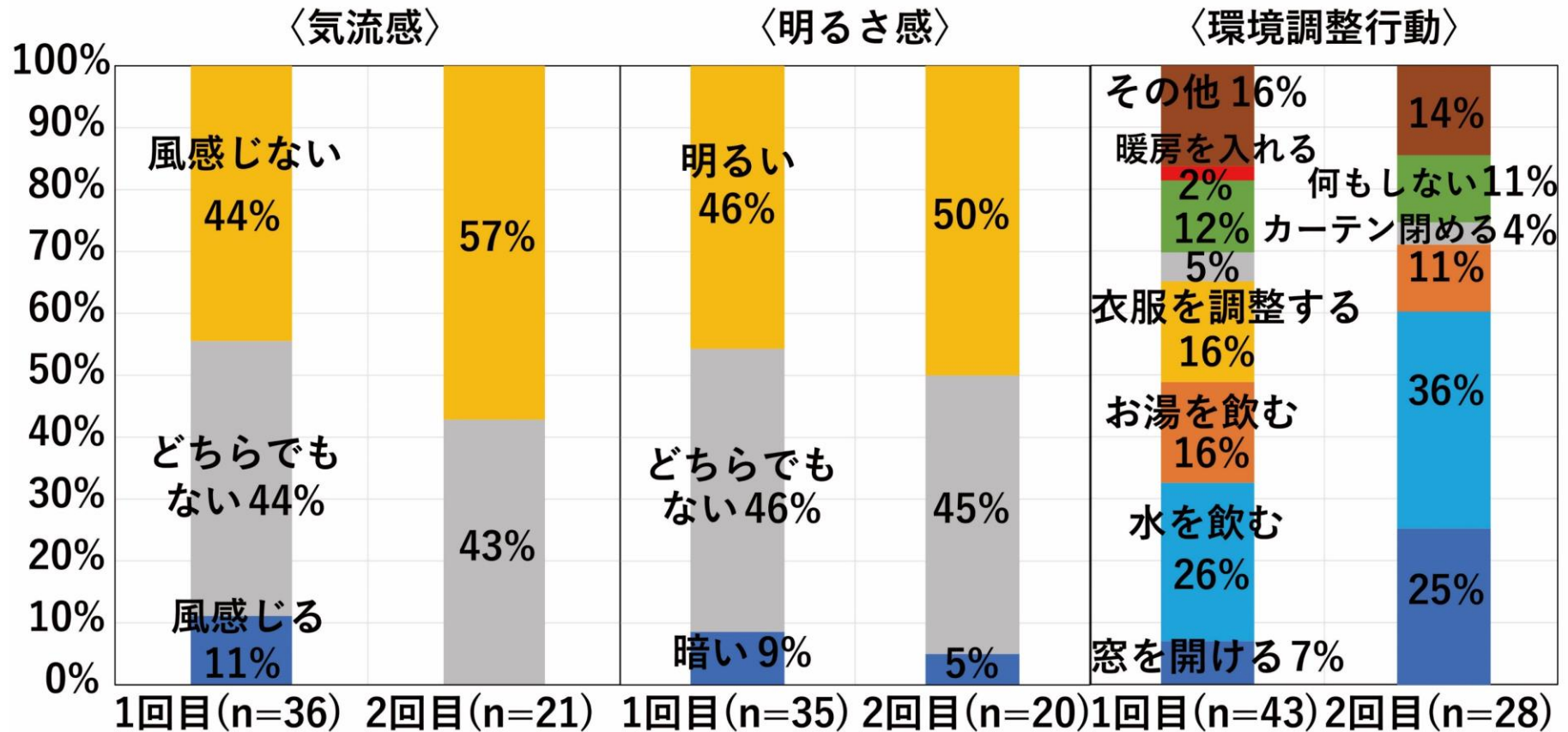
# CFD解析と実際の気流速度



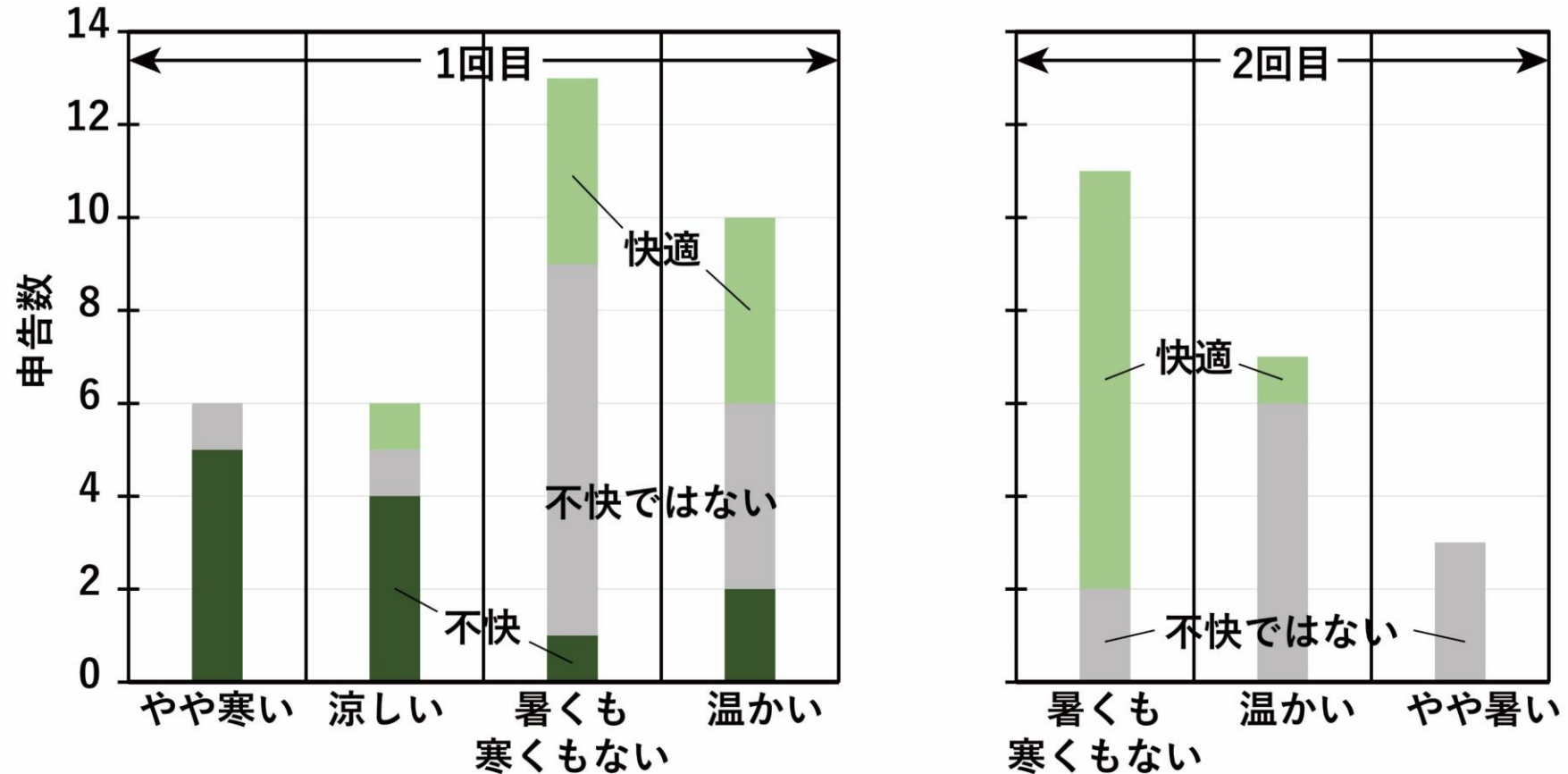
# 1・2回目アンケート調査の結果



# 1・2回目アンケート調査の結果

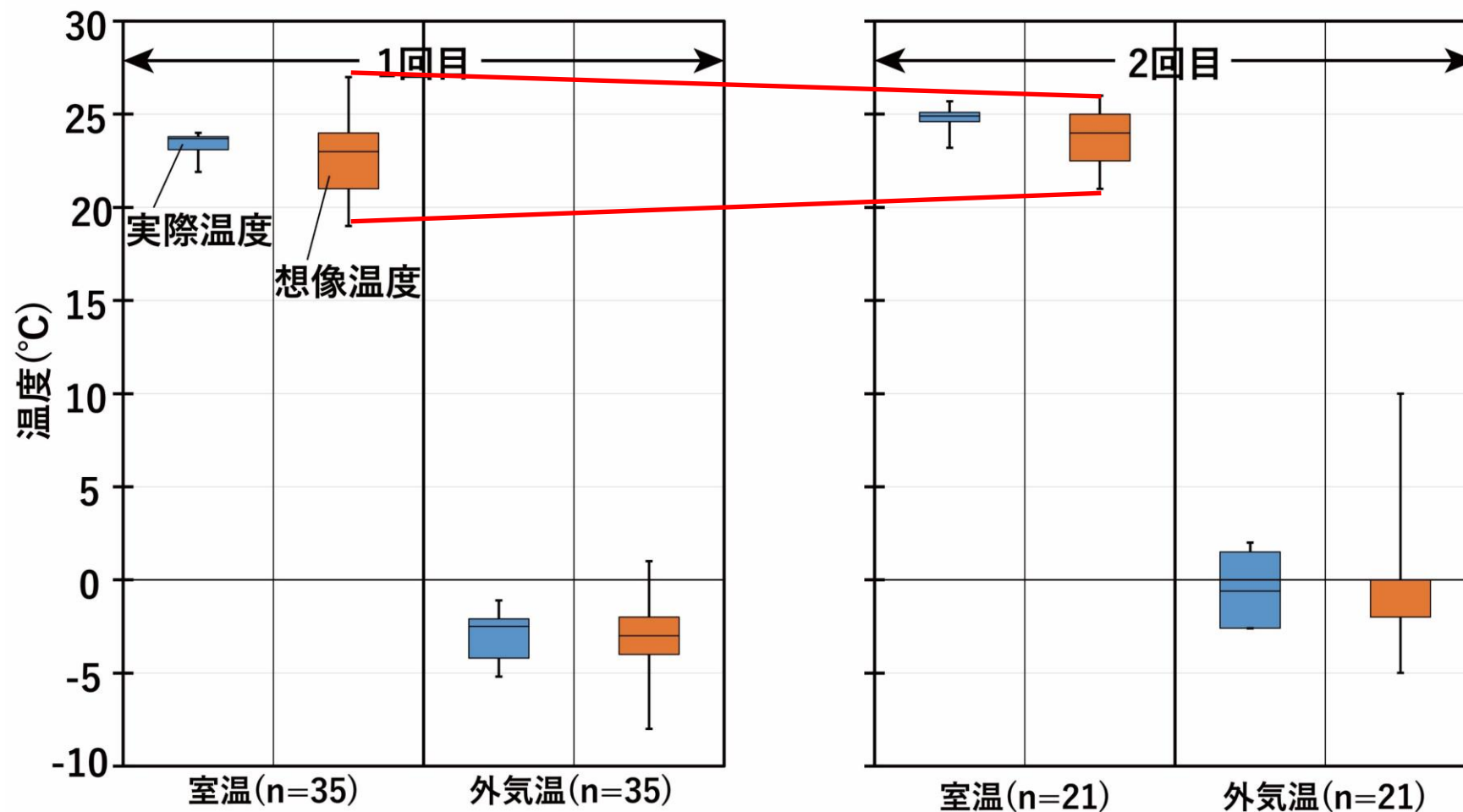


## 寒暑感・快適感ごとの申告数



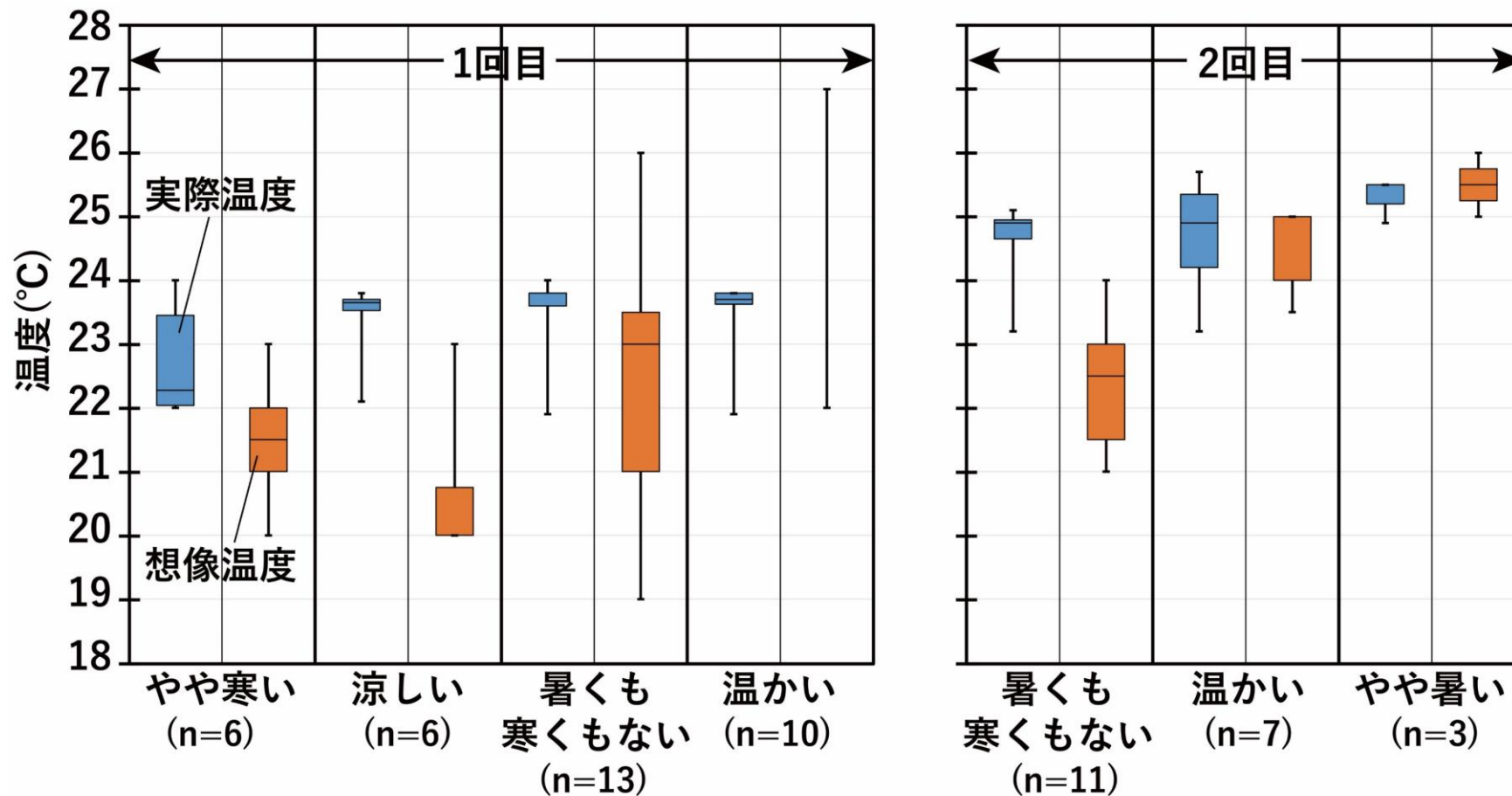
1回目は「やや寒い」「涼しい」が見られるが、2回目はいなくなり、不快もゼロになる。建物躯体（コンクリート内部）の温度が上昇し、スタッフの多くが「寒冷馴化」したことも影響していると予想される。

## 室温・外気温に対する実際温度・想像温度



1回目から2回目にかけて「想像温度」の幅がやや狭くなっている。スタッフがオフィス内の温度計を日々確認して温度を把握できるようになったと考えられる。

# 寒暑感ごとの実際温度と想像温度



「暑くも寒くもない」「温かい」「やや暑い」の実際温度には差があまりないが、想像温度は暑熱感に概ね比例していると考えられる。

# 検証結果（まとめ）

## 快適な室内気候の形成

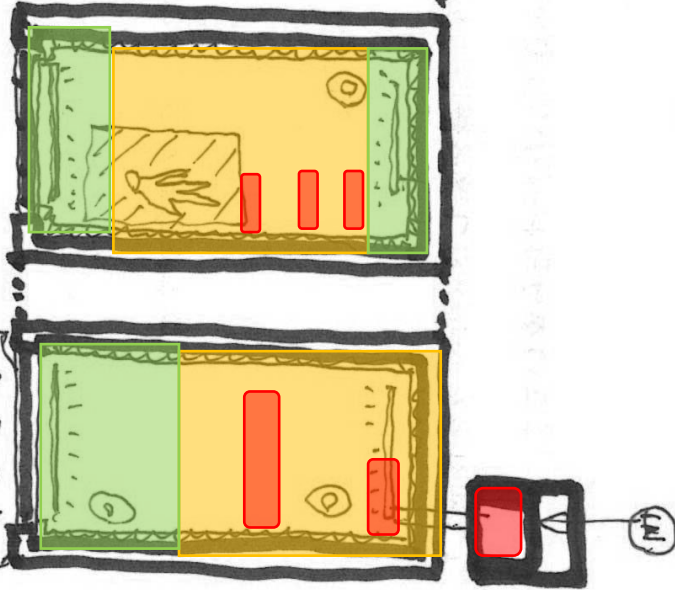
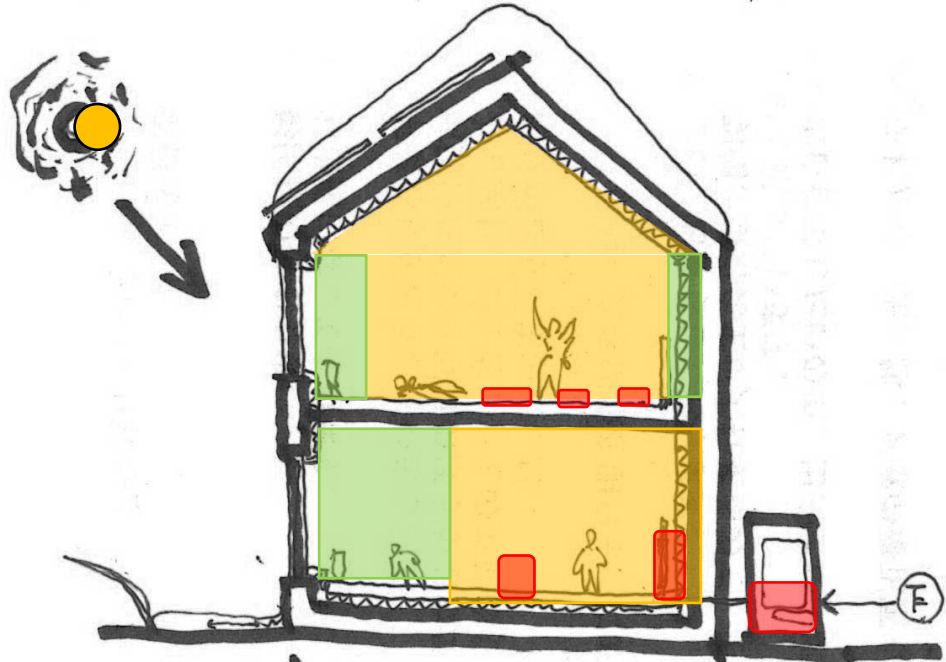
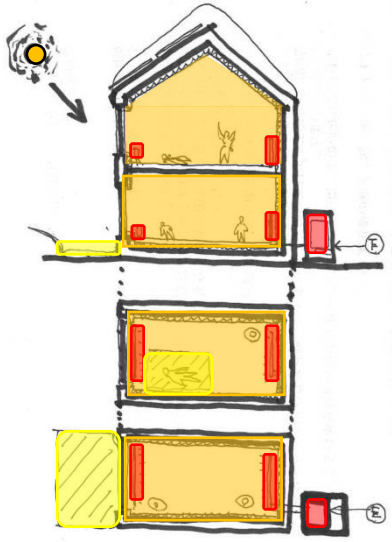
- 流体解析の結果として得られた温度分布・気流速度が概ね実現し、冬季の穏やかな室内気候が形成されていることがわかった。

## スタッフの熱環境適応

- 1回目の実測(2019/12)では「寒さ」を感じたスタッフも見られたが、2回目の実測(2020/2)では多くが快適に感じていた。建物躯体（コンクリート内部）の温度が上昇し、スタッフの多くが「寒冷馴化」したことによって同じ温度でも寒暑感・快適感に違いがみられた。

## 温度想像力の養成

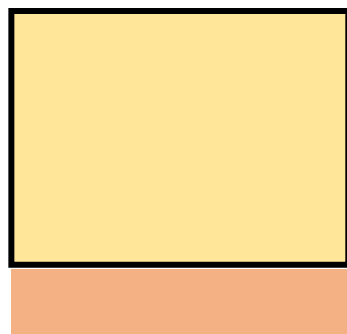
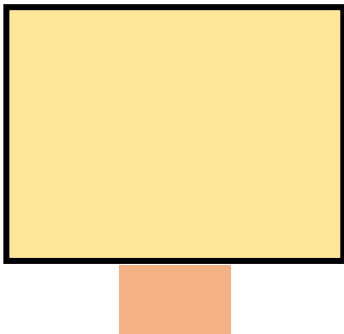
- スタッフがオフィス内の温度計を時々確認して空間のおおよその温度を把握していると考えられる。「いま、何℃ぐらいになっているか」を知っていることは体調管理に重要と考えられる。







撮影（調査）：吉田 修（札幌市立大学デザイン研究科博士後期課程2年）





撮影（調査）：吉田 修（札幌市立大学デザイン研究科博士後期課程2年）

# 新得町都市農村交流施設カリンパニ

北海道上川郡新得町字新得

川人洋志\*・斎藤雅也\*\*

\*北海道科学大学・\*\*札幌市立大学

## KARINPANI HALL

Aza Shintoku, Shintoku-cho, Kamikawa-gun, Hokkaido

KAWAHITO Hiroshi\*, SAITO Masaya\*\*

\*HOKKAIDO UNIVERSITY OF SCIENCE

\*\*SAPPORO CITY UNIVERSITY

AIJ 作品選集\_2018



2015年

南西側外観

\*撮影：川人 洋志

# 新得町都市農村交流施設カリンパニ

北海道上川郡新得町字新得

川人洋志\*・斎藤雅也\*\*

\*北海道科学大学・\*\*札幌市立大学

## KARINPANI HALL

Aza Shintoku, Shintoku-cho, Kamikawa-gun, Hokkaido

KAWAHITO Hiroshi\*, SAITO Masaya\*\*

\*HOKKAIDO UNIVERSITY OF SCIENCE

\*\*SAPPORO CITY UNIVERSITY

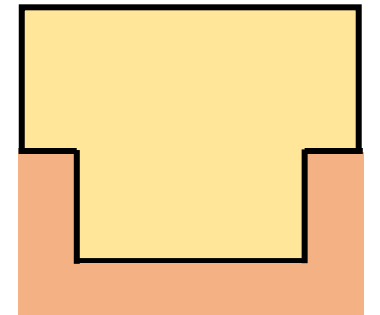
AIJ 作品選集\_2018



2015年

南西側外観

\*撮影：川人 洋志





素外観。柱は1,990mmのキャンチレバー、柱間は厚さ120mm、基礎から床を放射コンクリート造。床から上を木造としている。

設計 川人洋志/川人建築設計事務所  
 施工 田村工業  
 建築面積 254.00㎡  
 延床面積 178.80㎡  
 階数 地上1階  
 構造 木造 一部鉄筋コンクリート造  
 工期 2014年6月～2015年2月  
 撮影 新建築社写真部  
 (データシート201頁)



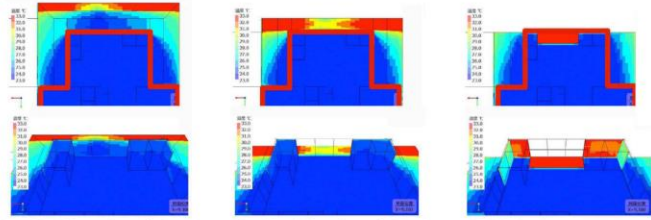
ホール、他に農機ツアアークエスタ、体験コーナー、事務室などを備える。軒によって室内に直射が入るのを防ぎつつ採光する。床下にはクールチューブを設置。



柱は間隔3,640mm、屋内と屋外の緩衝空間となっている。軒は、柱2スパン分とする事で、より広く縁に人の活動環境がつけられる。外装はカラマツ下見板貼り。



2023年7月  
撮影：佐々木優二（北総研）

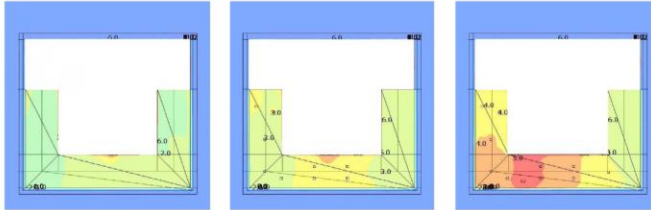


線の奥行きとして、柱2スパン分の寸法を備えたもの。(本計画にて実施。)

線の奥行きとして、柱1スパン分の寸法を備えたもの。

線を設けないもの。

温熱環境シミュレーション(夏の線)。夏場の最も気温が高くなる14時を想定。今回計画された2スパン寸法を備えることで、人の活動、潜在に快適な温熱環境となる場所が多くできることが示された。(計算を簡略化するために9時から14時の南側線が受ける日射を考慮。)

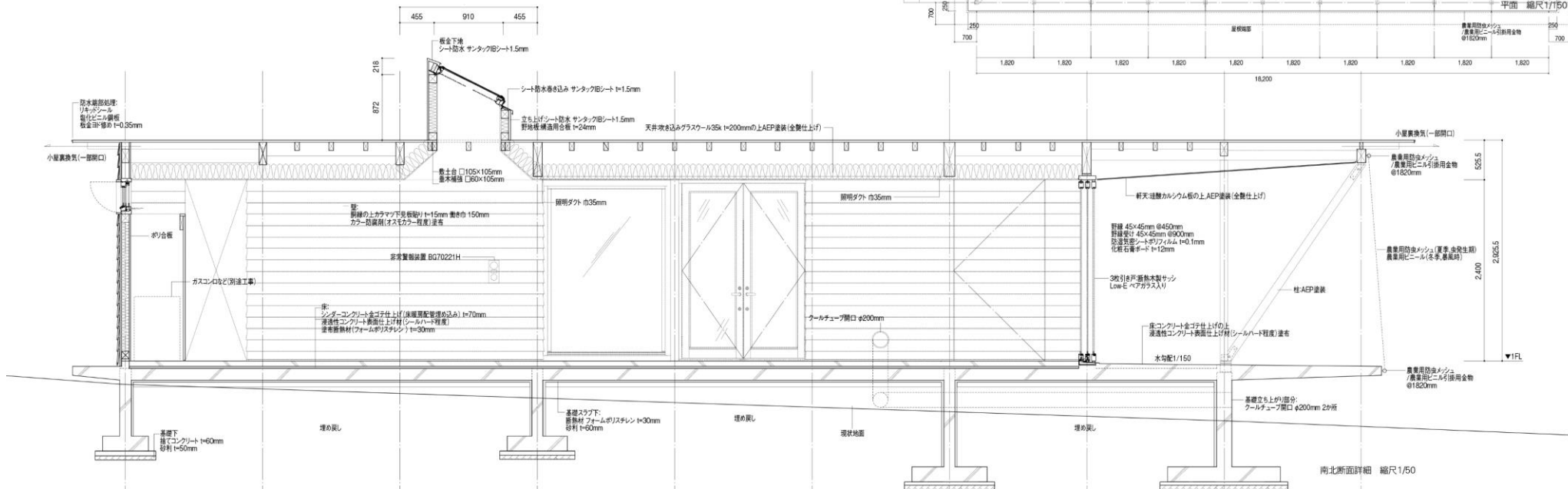
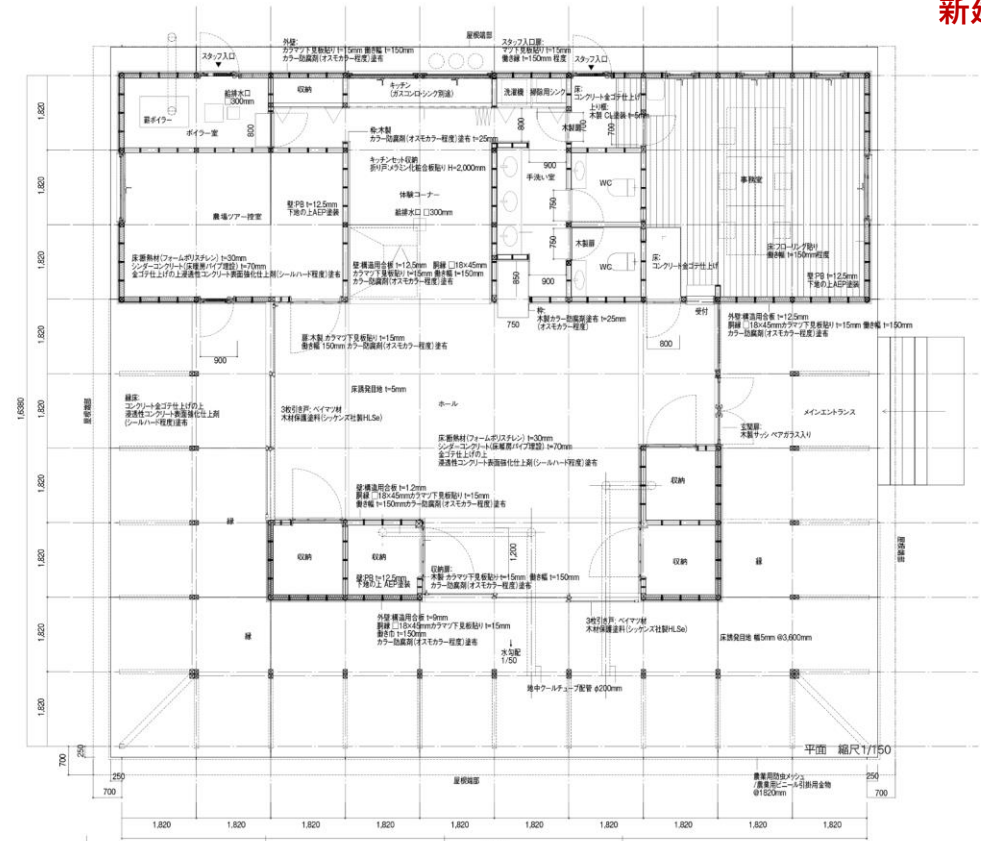


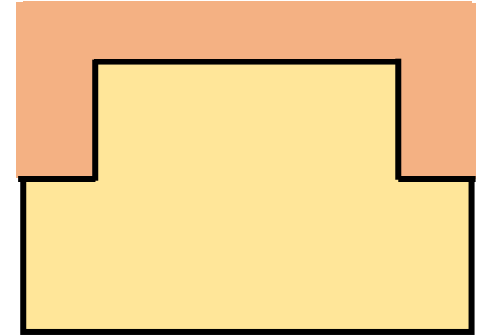
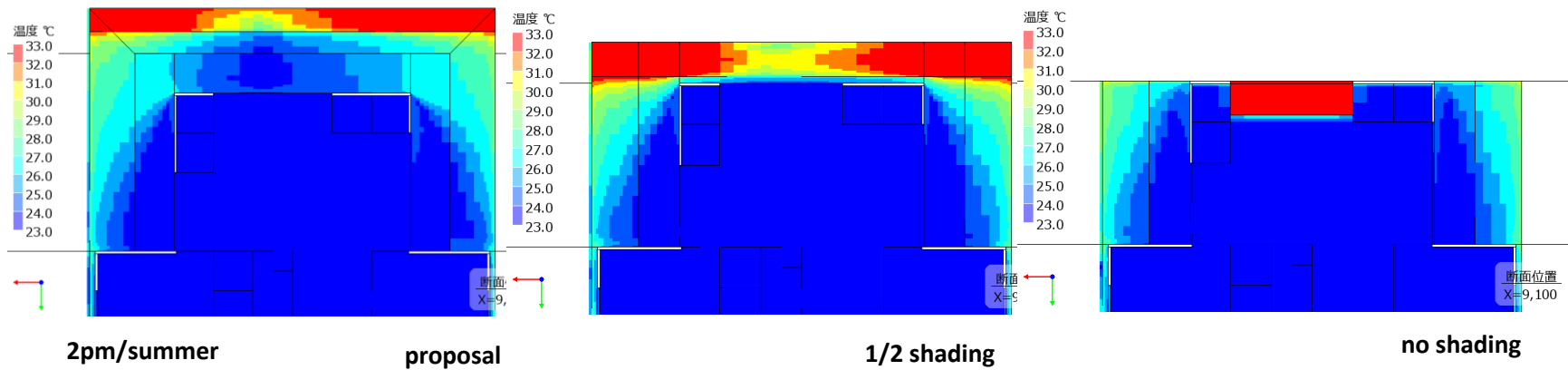
基準モデル。線の周囲に農業用ビニルシートで囲いを形成。人の活動がない。

基準モデルに加えて、線の部分で人の活動がある場合。

基準モデルに加えて、線の部分で小規模なコンロを使用して人が活動するもの。

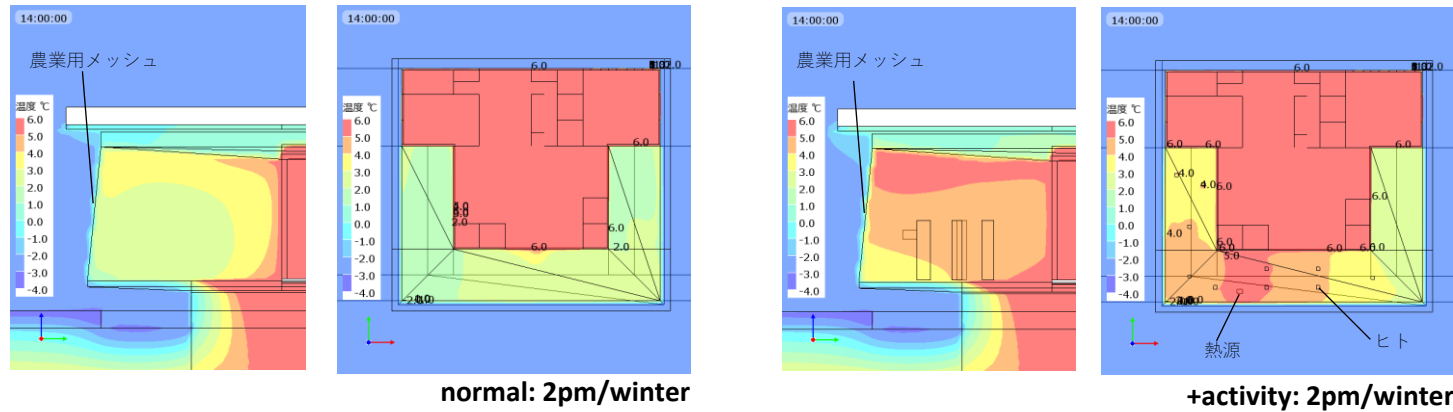
温熱環境シミュレーション(冬の線)。年間で最も気温が低い快晴日の14時。農業用ビニルシートで線の周囲に囲いを形成した場合を想定。線で人の活動がある場合の床上1.2mの室内温度を計算。結果、真冬でありながらも春先の温熱環境を実現できることが示された。(室内は22度と設定。)





**春・夏・秋のアクティビティ**

深い縁のある現行の提案モデル（左）は、室内・縁のアクティビティに多様性をもたらす。深い縁は、クールシェードとの複合効果として室内を涼房として機能させるとともに、縁の床面温度に多様なムラを創り出している。縁の出が半分プラン（中央）は、日射遮へい効果で室内では「涼しさ」が得られるが、縁での日差しは強く、床面温度は高温になり、縁でのアクティビティの発生や多様性は期待できない。軒の出を現行モデルのサイズにした理由はここにある。軒がないモデル（右）は、夏、日射熱によるオーバーヒートをもたらし、日中のほとんどの時間において機械冷房の使用を前提とする。縁がないのでアクティビティは生まれない。春、秋は太陽高度が夏よりも低くなることで、室内に入る光が増える。現行の提案モデルでは、上に示した夏の軒の出が半分プラン（中央）の状態になると予想され、縁全体にできた陽だまりに人が集まる空間として魅力が高まる（写真）。



**真冬のアクティビティ**

通常、真冬には内外を隔絶し、ヒトは室内で過ごす時間が長い、「外部環境－縁」の間に“設え”を備え、ヒトの3つの適応が働く場を創り、真冬の過酷な場を少しでも緩め、季節感・風土感をより身近に感じることができる空間になる。例えば、縁の外周に設え（農業用メッシュ・ビニールなど）を施すことで新たな温熱空間とアクティビティを創出することが可能になる。誰もいない縁（左の断面図と平面図）では、日射熱と室内からの放熱で縁は2～4℃であるが、小さな熱源と10名程度のヒトのアクティビティによる放熱が加わると（右の断面図と平面図）4～6℃になり、厚着をしていれば1時間程度は滞在できる空間になる。







2015年2月  
撮影：川人洋志



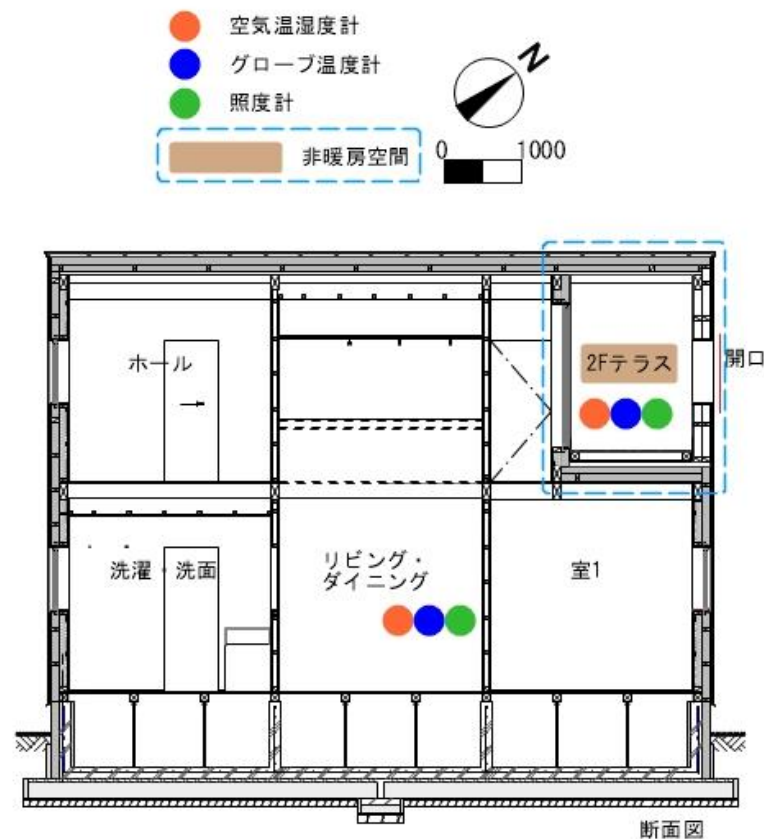
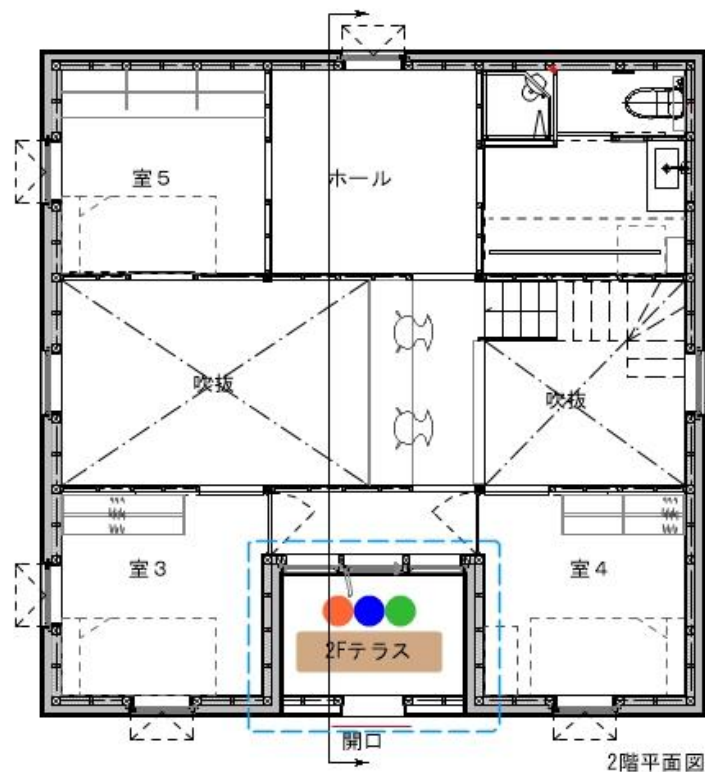
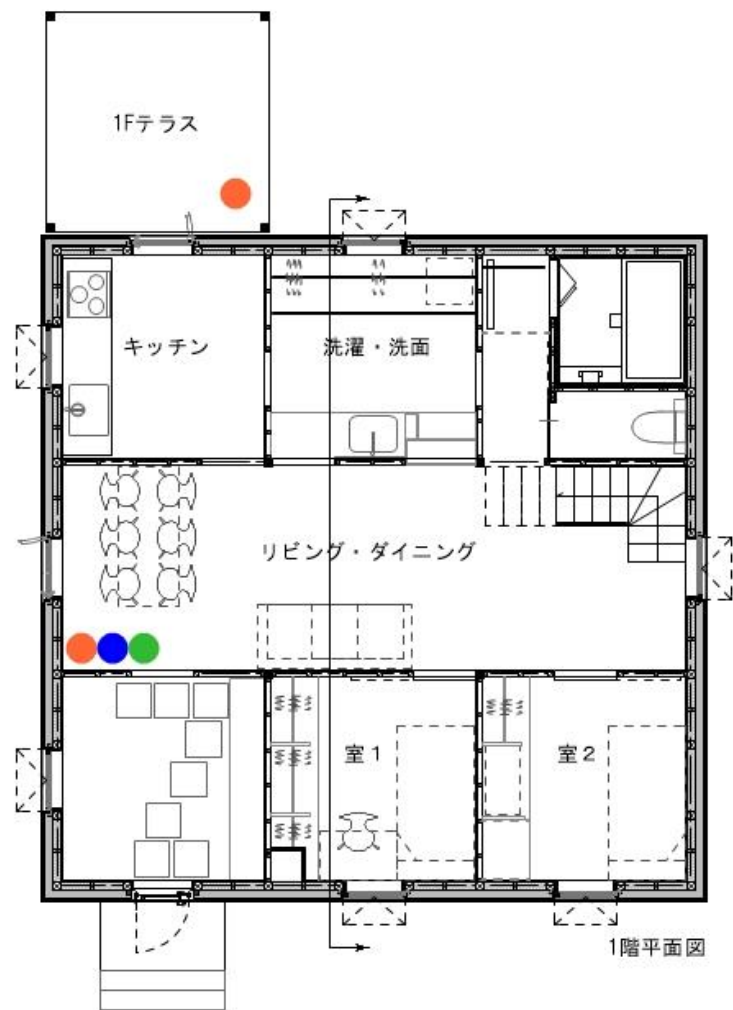
2015年2月  
撮影：川人洋志



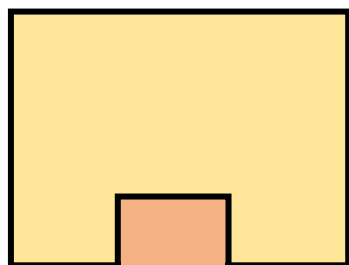
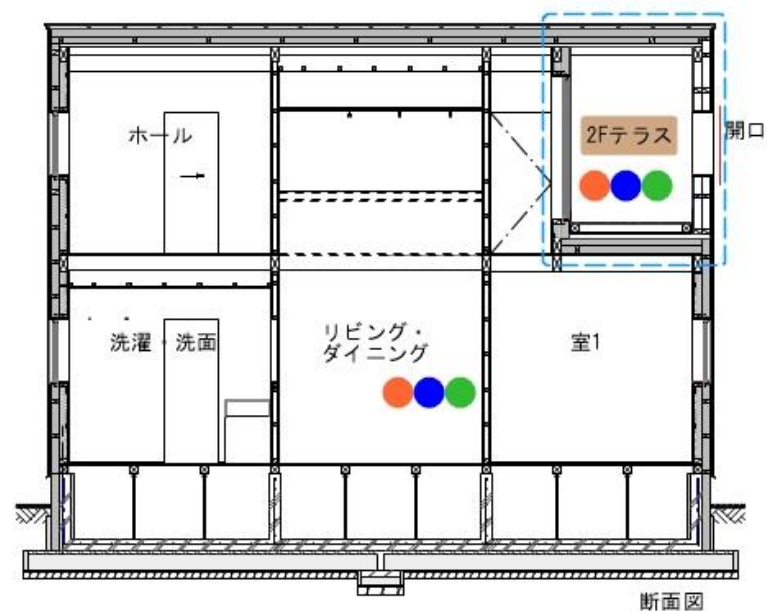
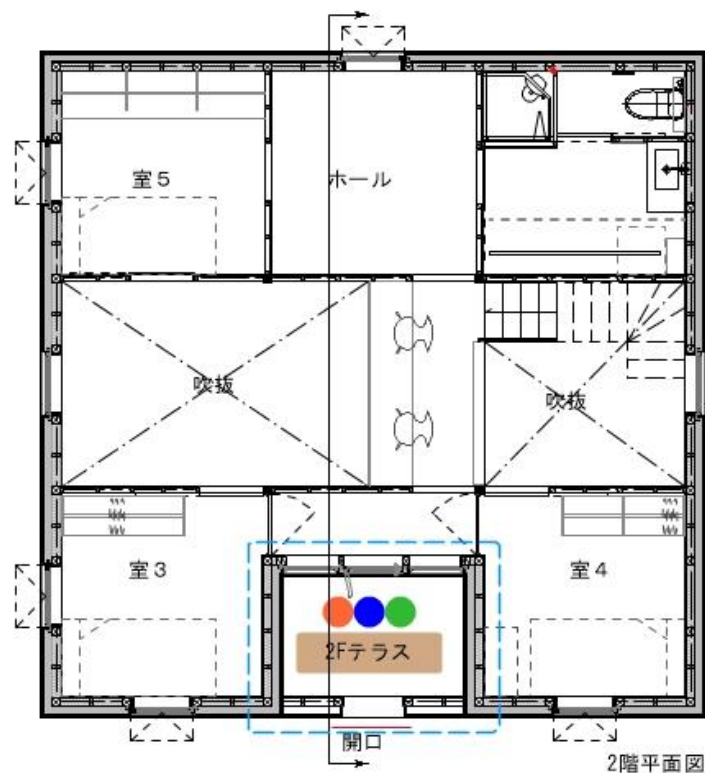
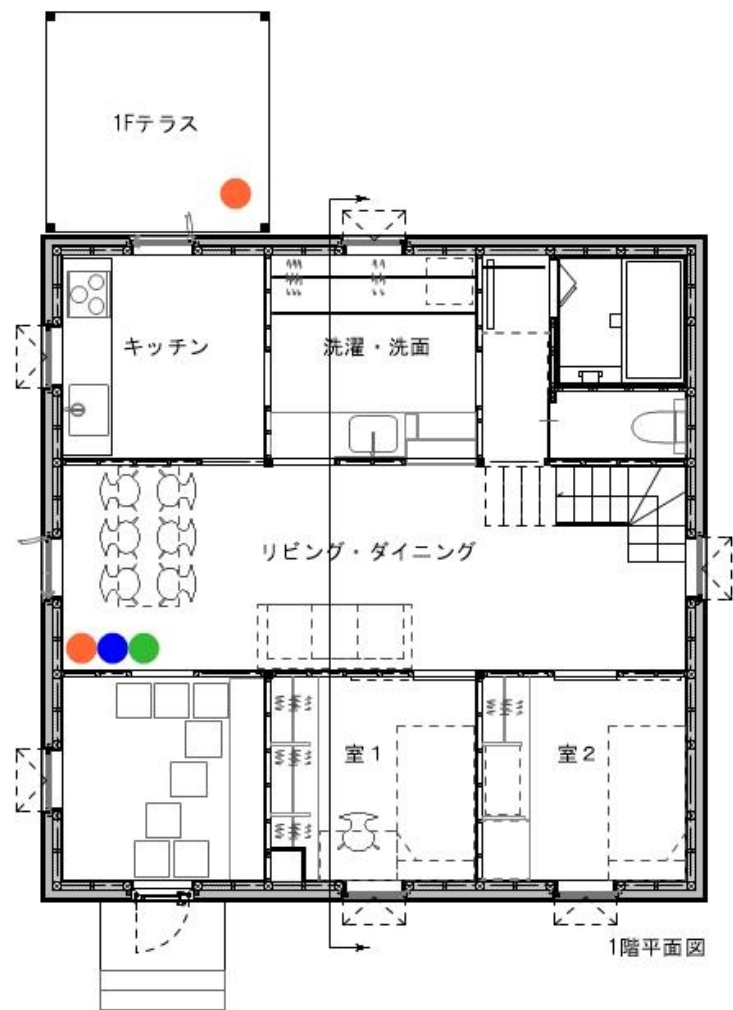
2023年7月  
撮影：佐々木優二（北総研）



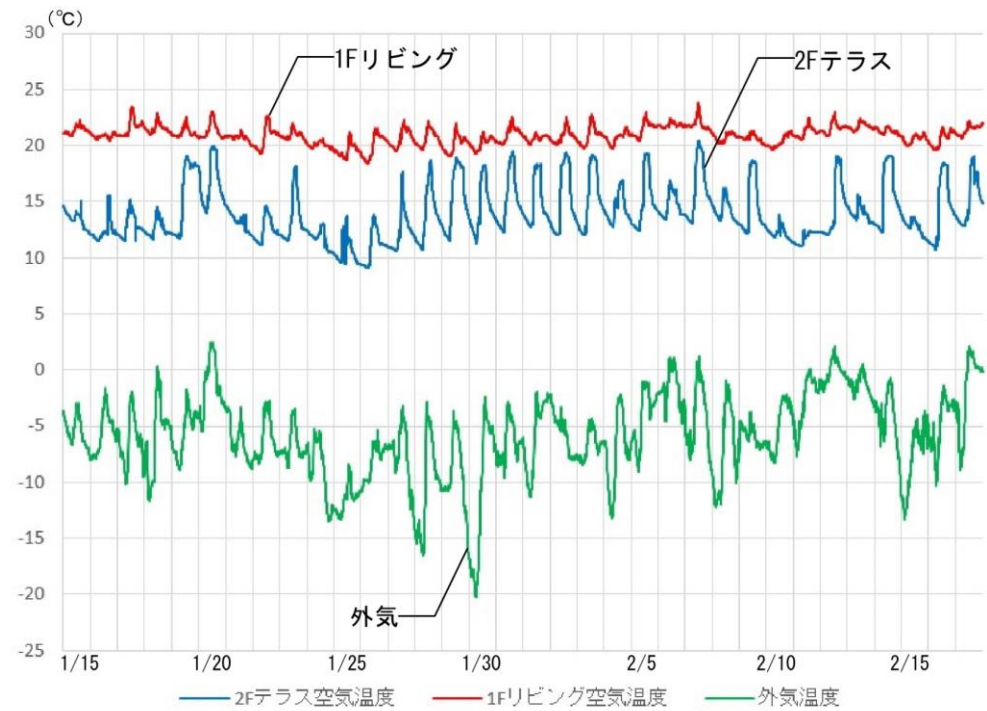
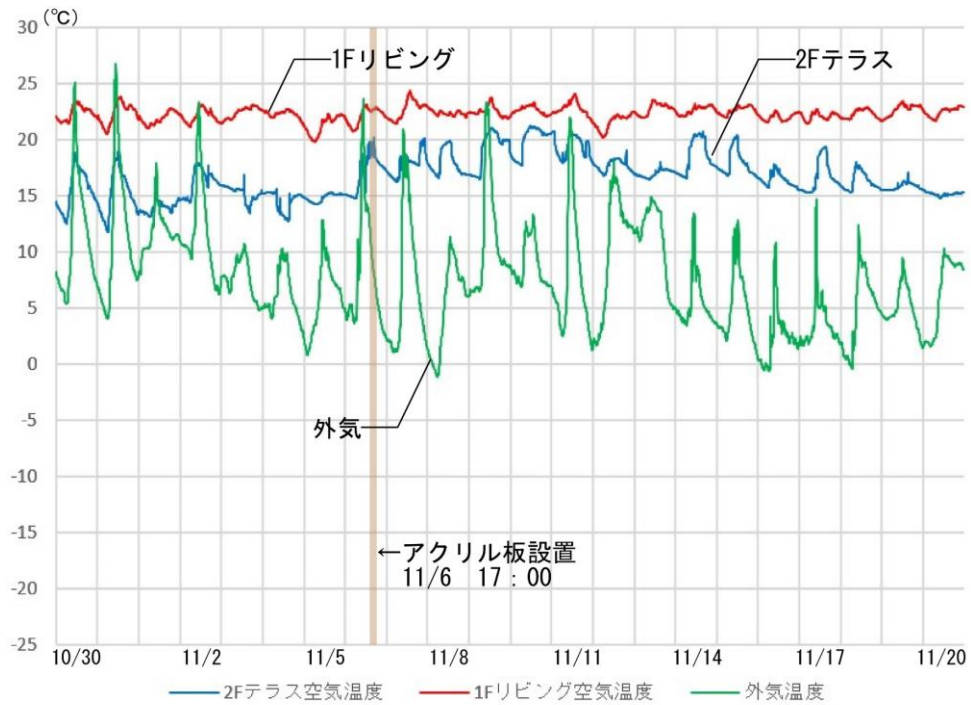
太平の家 (2018)  
設計：アーキラボ・ティアンドエム

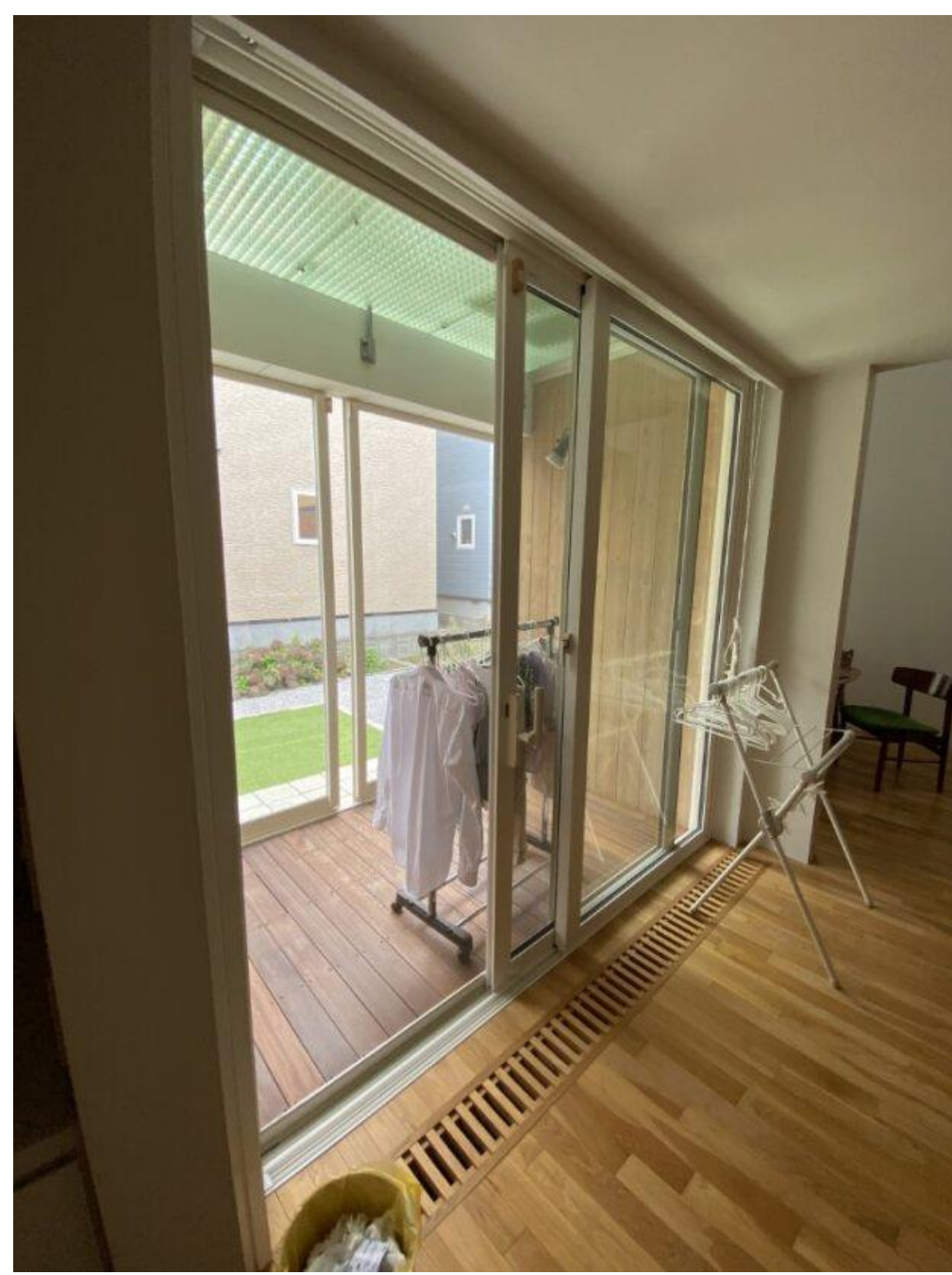


太平の家（2018）  
 設計：アーキラボ・ティアンドエム  
 調査：大坂美保子（札幌市立大学大学院デザイン研究科 M2）



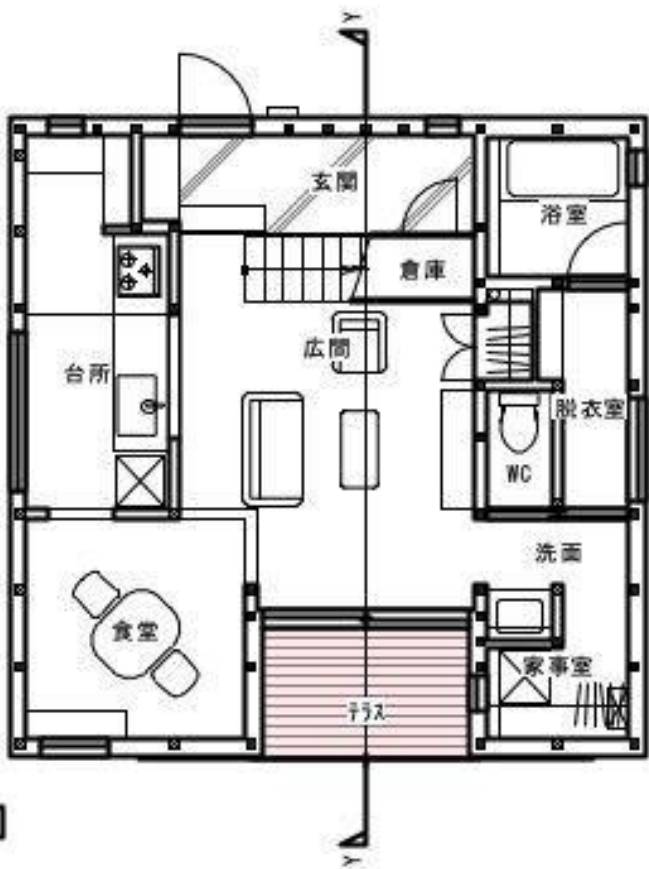
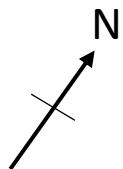
太平の家 (2018)  
 設計：アーキラボ・ティアンドエム  
 調査：大坂美保子 (札幌市立大学大学院デザイン研究科 M2)



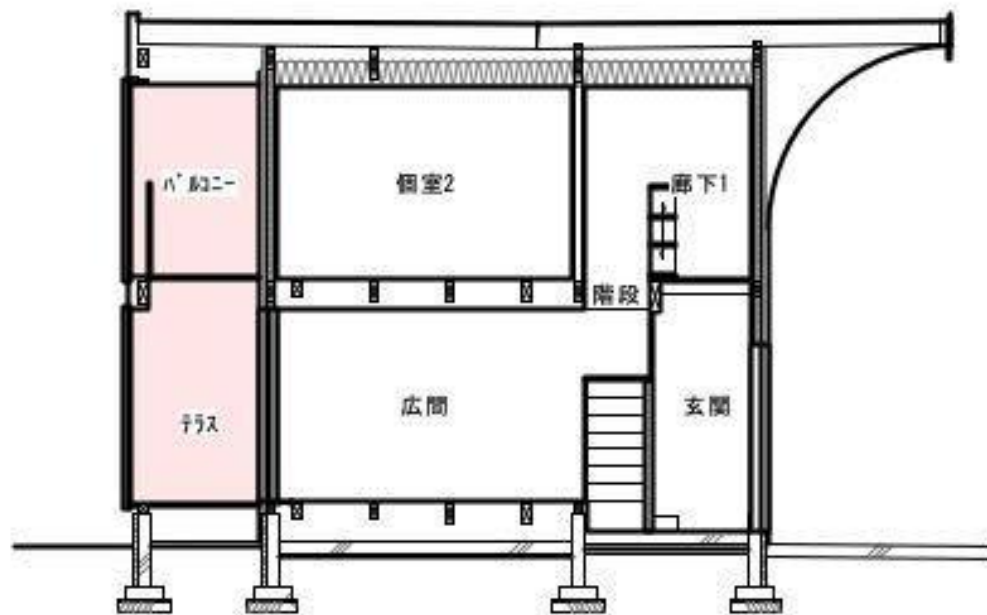


北丘珠の家（アトリエ モノゴト） 撮影：吉田 修

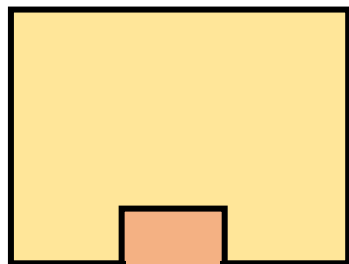




1階平面図 S=1/350



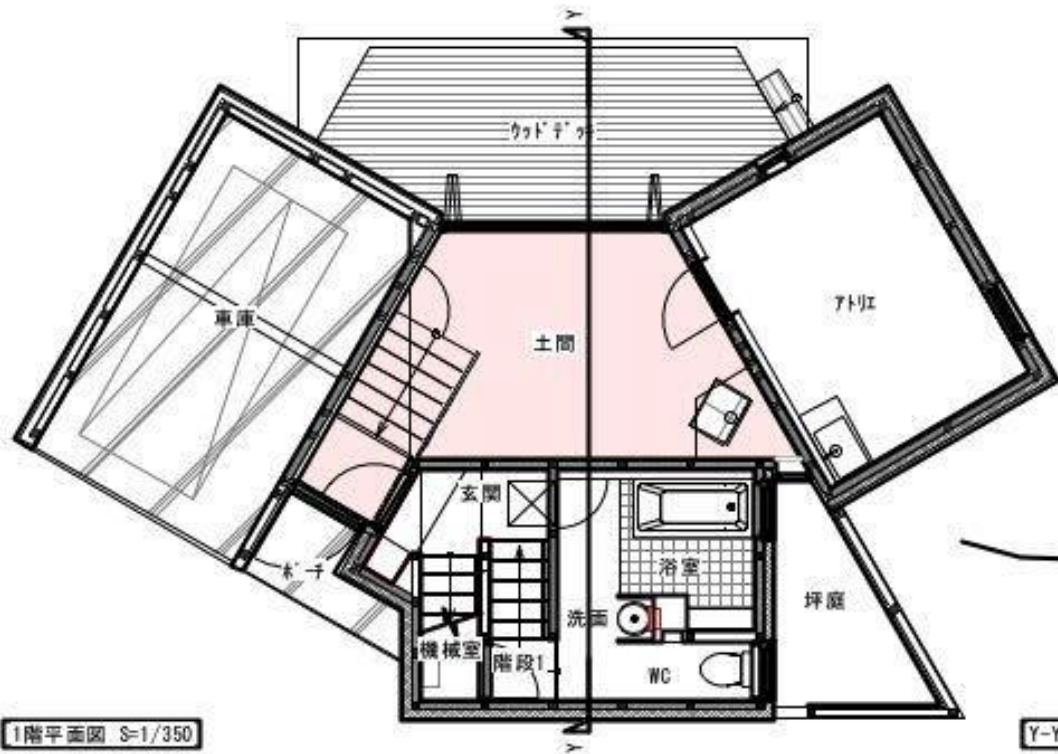
Y-Y断面図 S=1/350



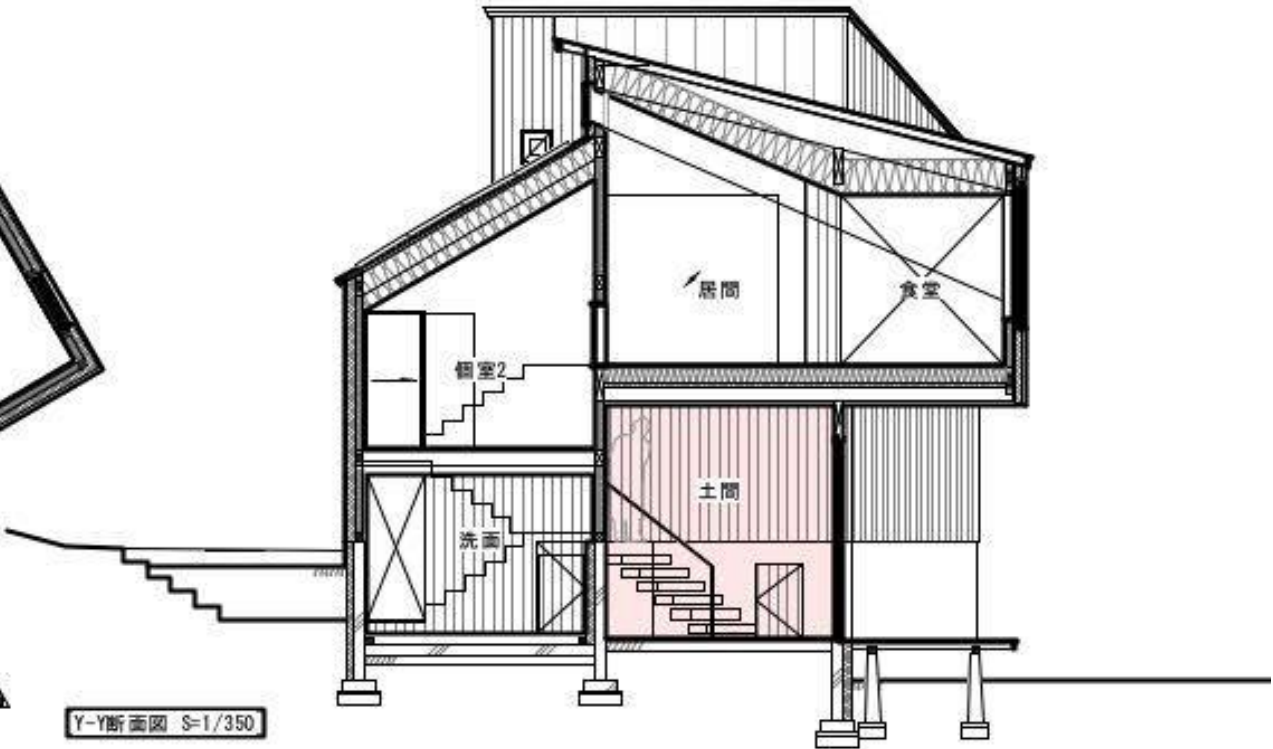
北丘珠の家  
設計：アトリエモノゴト（提供：吉田 修）



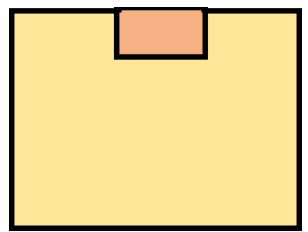
小樽の家（アトリエ モノゴト） 撮影：吉田 修



1階平面図 S=1/350

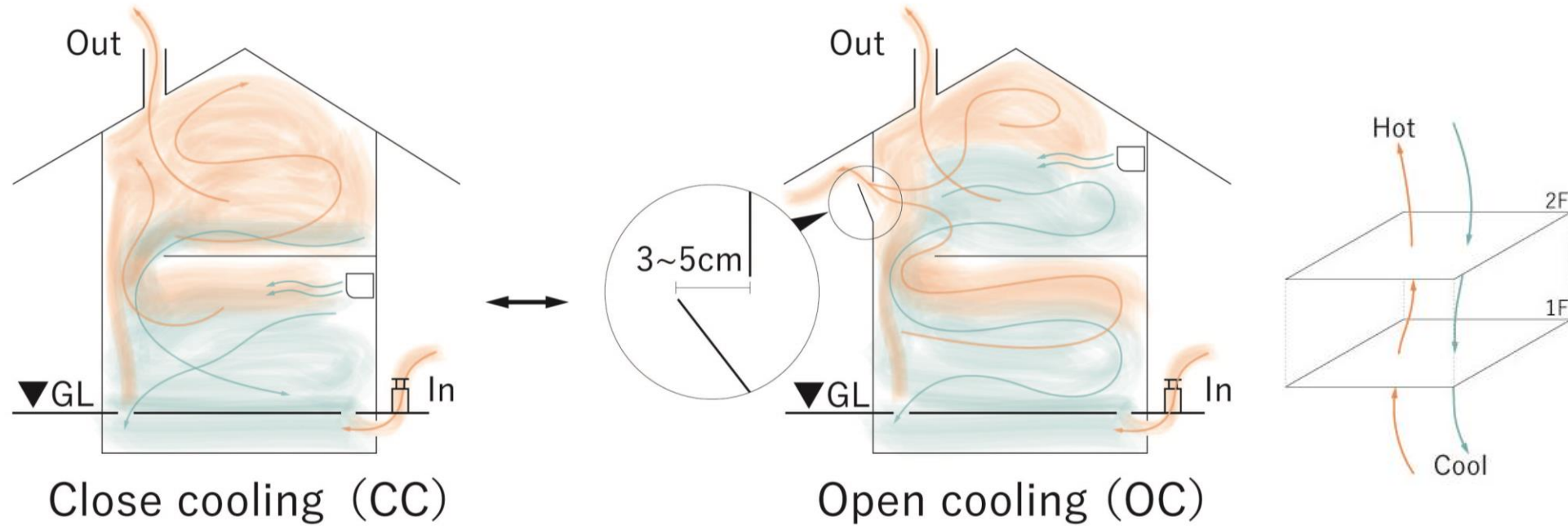


Y-Y断面図 S=1/350



小樽の家 (2022)  
設計: アトリエモノゴト (提供: 吉田 修)

# パッシブ換気住宅のオープンクーリング（開放冷房）



## オープンクーリング（OC）

OC とは、2階のエアコン1台を運転 + 排熱のための高窓開放

（高窓，もしくは2階のエアコン室とは別室の窓1か所）

パッシブ換気住宅の特長を生かし，1階から2階への緩やかな温度差換気を促す

「高窓換気を併用した冷房」と言える。

# 住宅 A 概要



対象住宅 外観  
撮影日：2022年9月8日

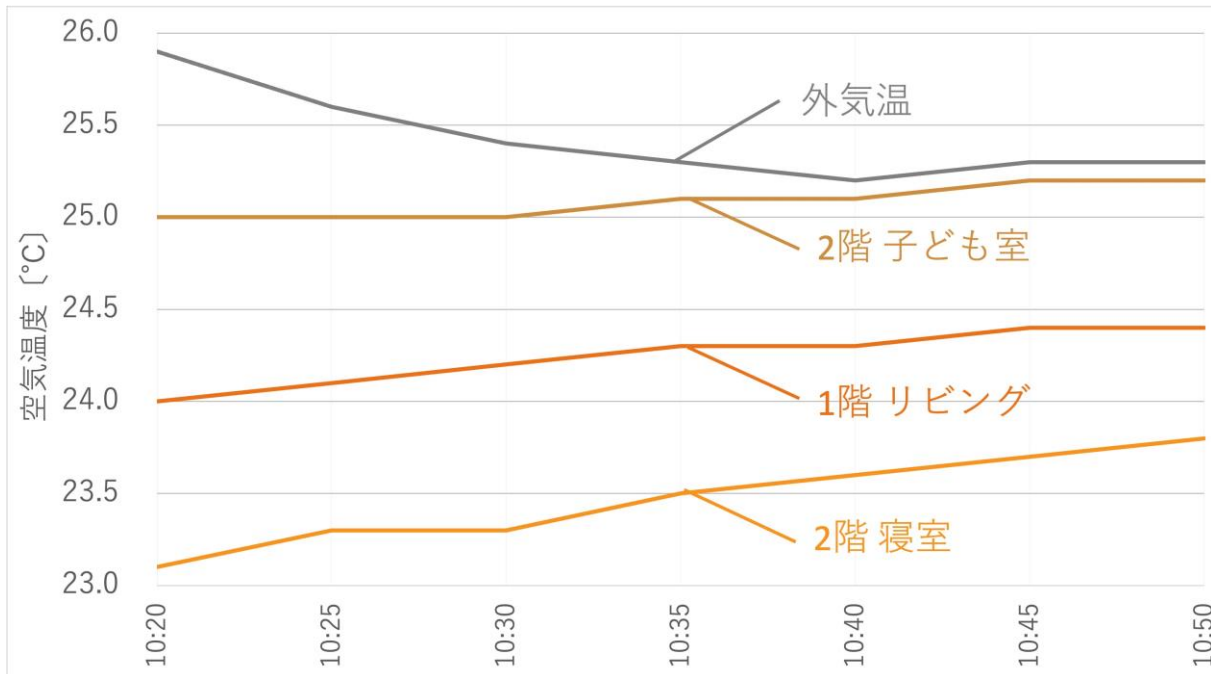
所在地	札幌市豊平区
構造	木造在来軸組工法
家族構成	—
換気手法	パッシブ換気（第三種換気）
UA値	0.26W/m <sup>2</sup> ・K
C値	0.4cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>

# OC・CC 空気温度の経時変化

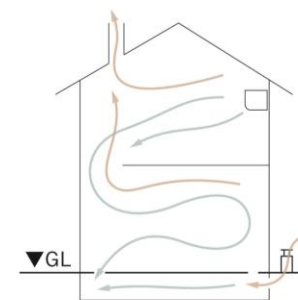
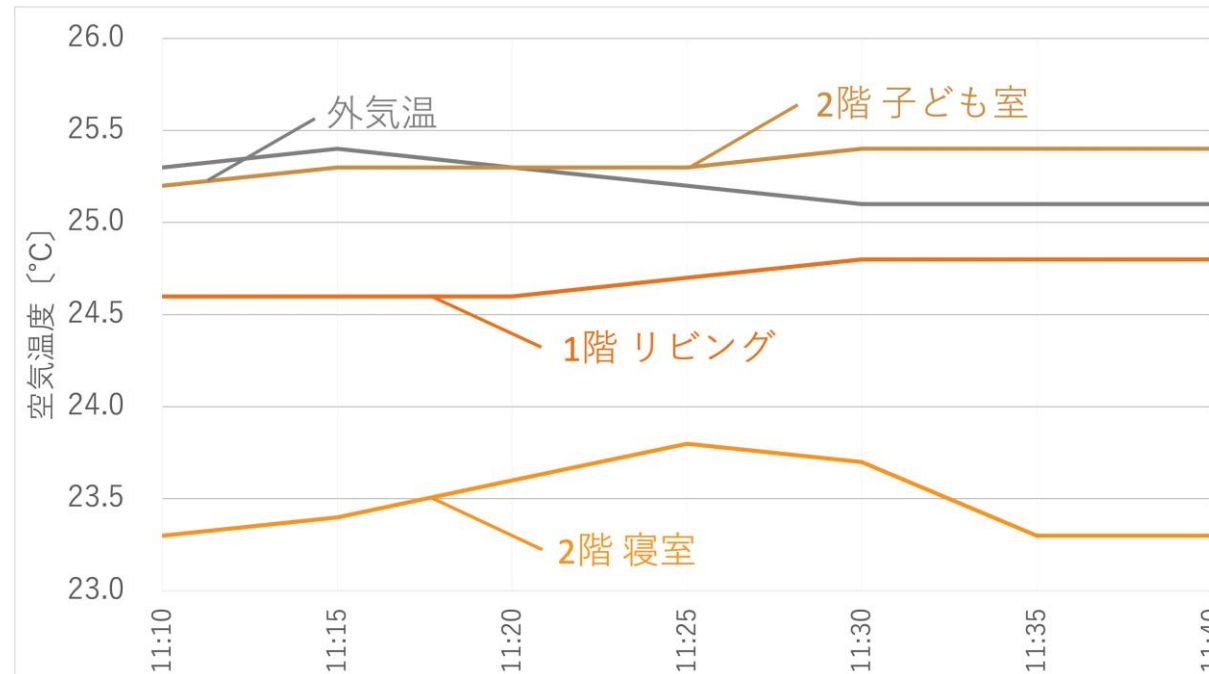
※エアコン稼働：2階寝室 高窓開放：2階子ども室

※気流速度測定時の空気温度データを抽出

## OC



## CC

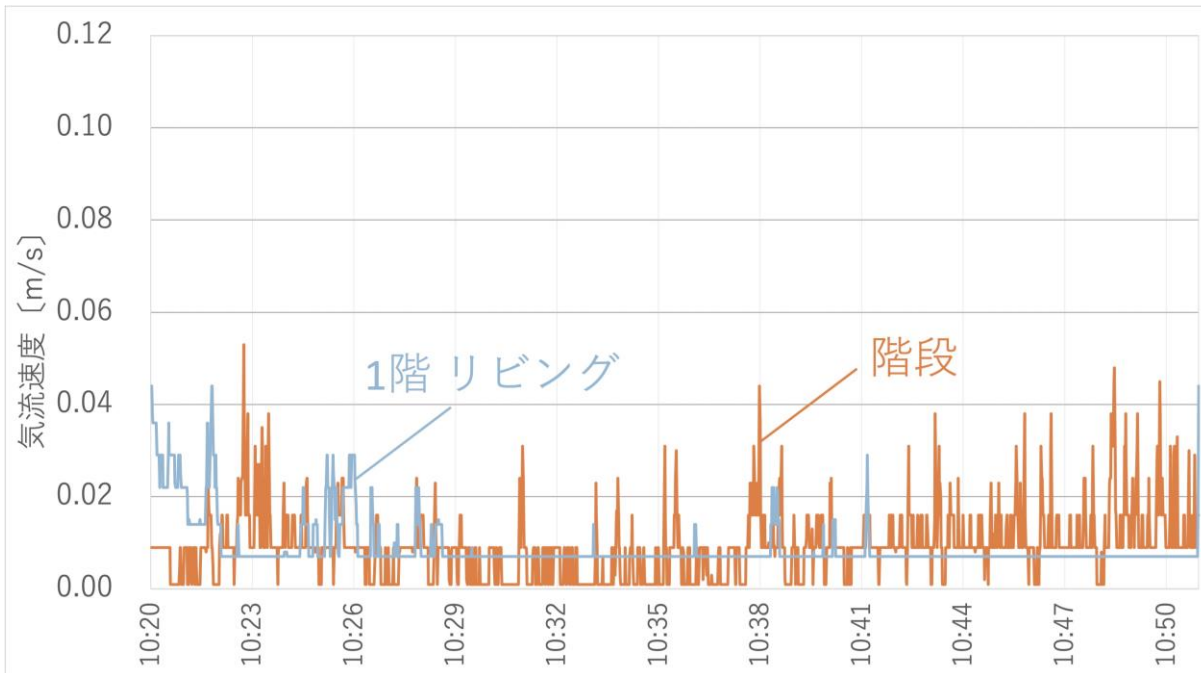


2022.9.8

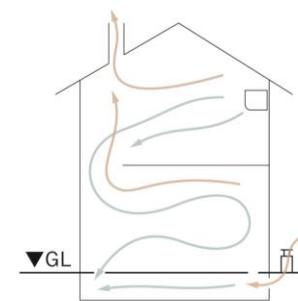
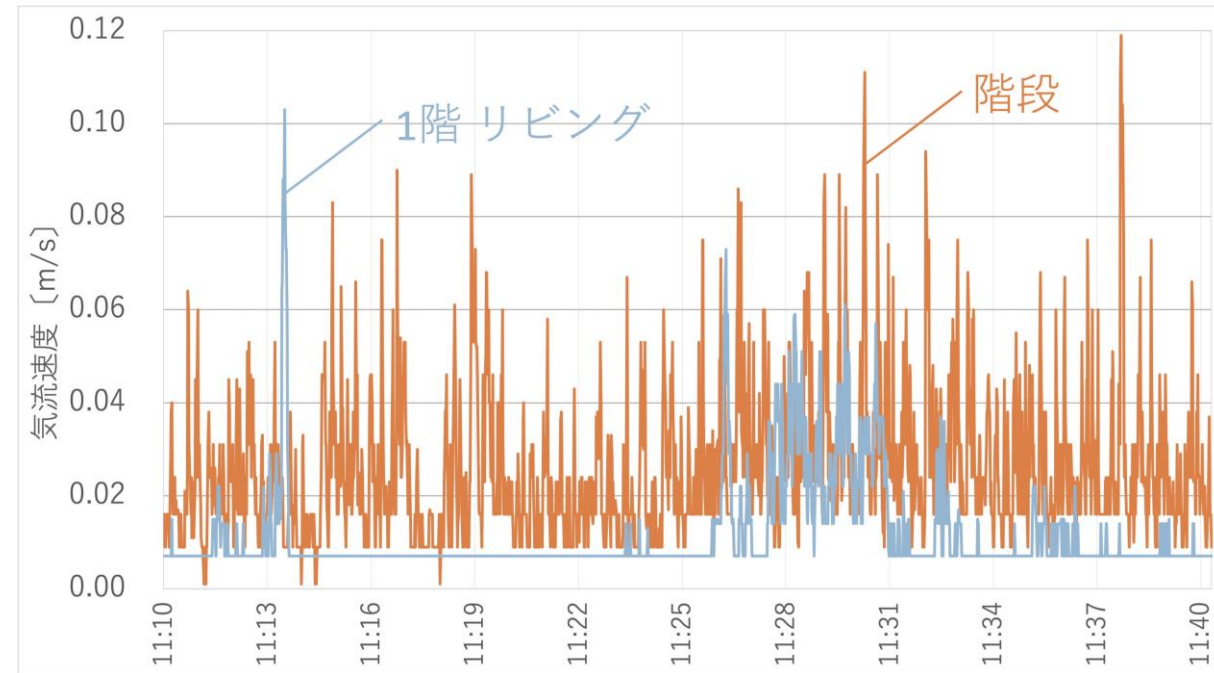
**高窓開放によって排熱が促され、室温を外気温以下に保つ。**

# OC・CC 気流速度の経時変化

## OC



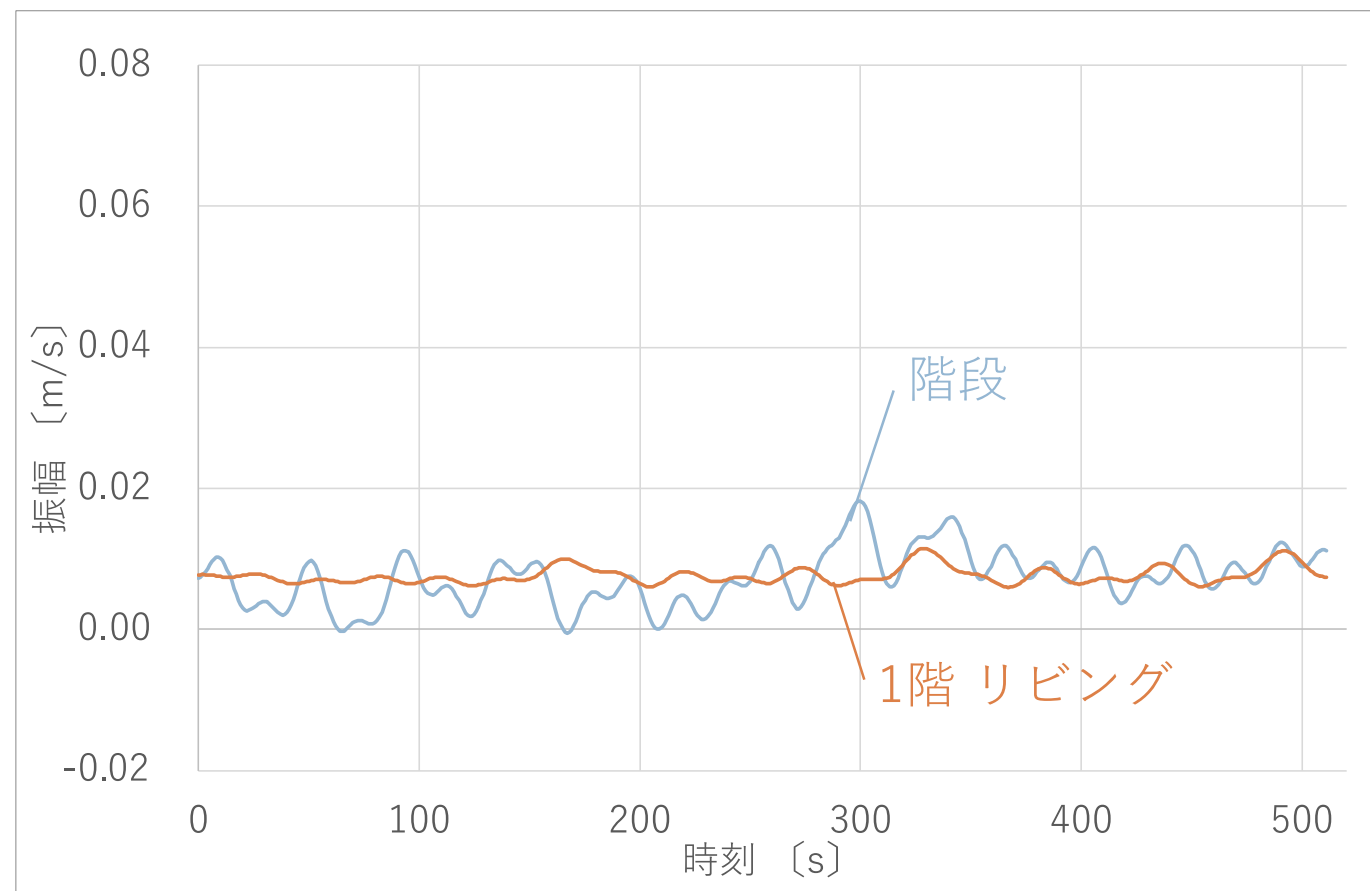
## CC



2022.9.8

**高窓開放によって、空気の動きが分散される。OCはCCの1/2以下の値で変動する。**

# OC フーリエ解析に基づく気流速度の合成波



微細な変動. 約20秒に1回の波が見られた.



# 温暖地（東京都三鷹市-OC住宅）



対象住宅 外観  
撮影日：2022年8月25日

## 住宅の概要

所在地	東京都三鷹市
構造	木造在来軸組工法
床面積	104.34㎡
室容積	263.3㎡
UA値	0.31 W/㎡・K
C値	0.2cm <sup>3</sup> /㎡
断熱仕様	屋根 外壁 外気に接する床 基礎
開口部仕様	PVC断熱樹脂サッシ (Low-E 複層ガラス. 網入りガラス) 金属製高断熱構造ドア
換気設備	バクマ工業(株) KP-08DS+FY-17CFR8V+RE-100JFK
冷房機器	三菱 MSZ-HXV56205

**等級6 (G 2.5)**

外断熱：PF1種2号C1厚60+PF1種2号C1厚60(多目的室以外の屋根)

軸間：高性能グラスウール細繊維16k厚105+外張り：PF1種2号C1厚60

PF1種2号C1厚20 + グラスウール24k/㎡厚200

EPS1号厚50打込み

# 温暖地（東京都三鷹市-CC住宅）



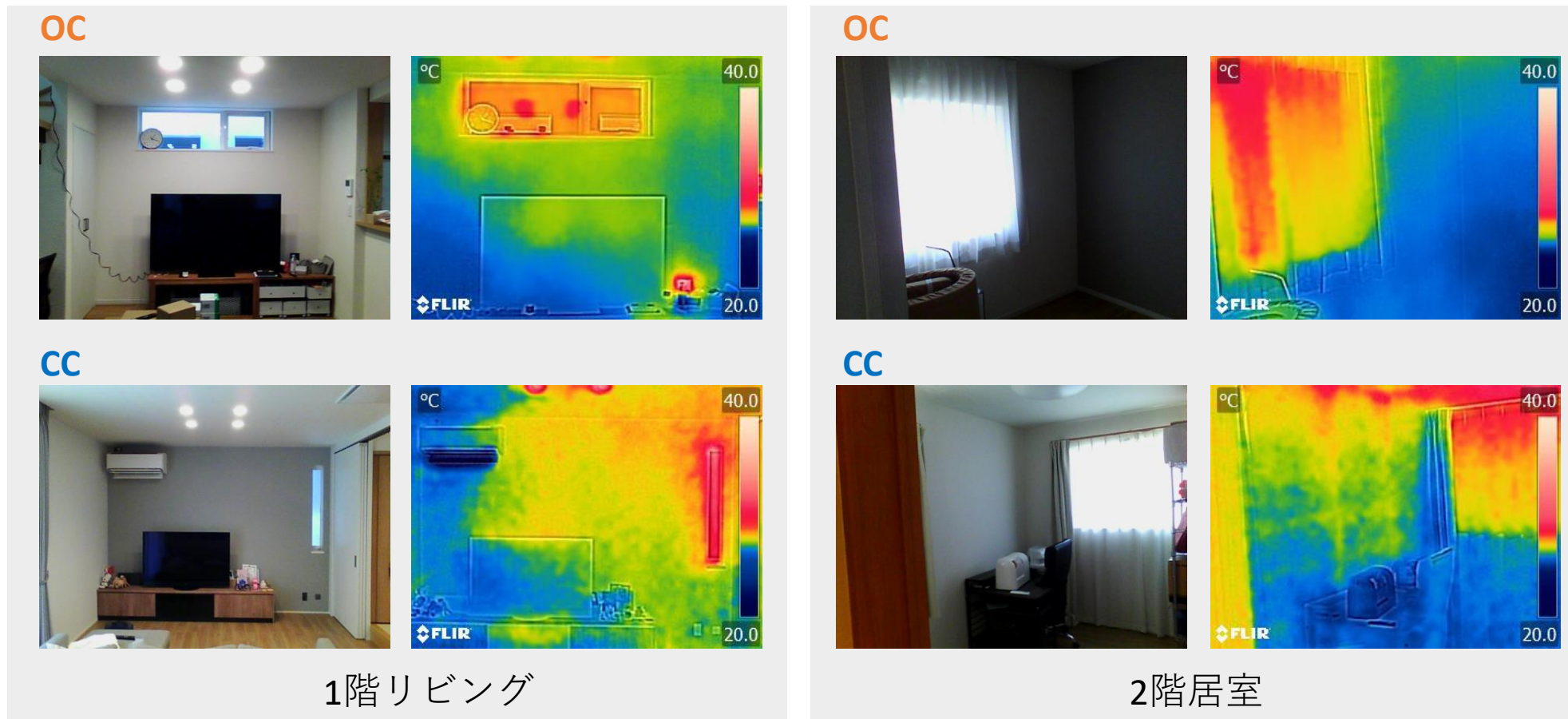
対象住宅 外観  
撮影日：2023年6月22日

## 住宅の概要

所在地	東京都三鷹市	
構造	鉄骨造	
床面積	147.04㎡	
室容積		
UA値	0.42W/㎡・K <b>ZEH+</b>	
C値		
断熱仕様	屋根	グラスウール
	外壁	グラスウール
	外気に接する床	ポリスチレンフォーム、一部 ネオマフォーム[旭化成]
	基礎	
開口部仕様	高断熱ペアガラス、遮断ペアガラス	
換気設備	Airkis仕様	
冷房機器	ダイキン F63ZTRXP-W, F22YTES-W, F22YTFXS-W, F25ZTMXS-W	

スライド原図：熊谷菜花（札幌市立大学デザイン研究科・大学院生）

# OC住宅・CC住宅の表面温度分布

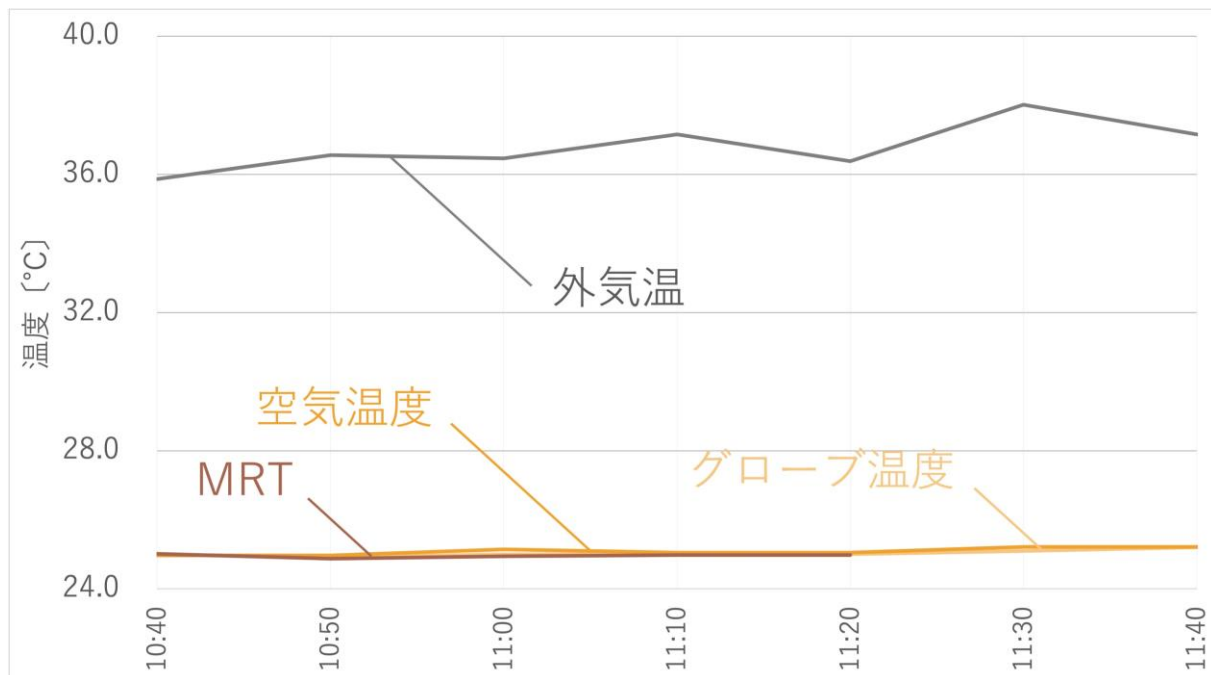


- ・特に上下方向の温度差に特徴が表れている
- ・ **OC住宅**：約1~2°C      **CC住宅**：約2~4°C

室内の温度帯が何°Cの幅かによる寒暑感や熱的快などの感覚への影響が大きいと予想される。

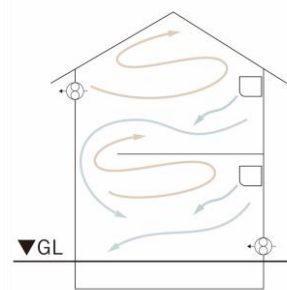
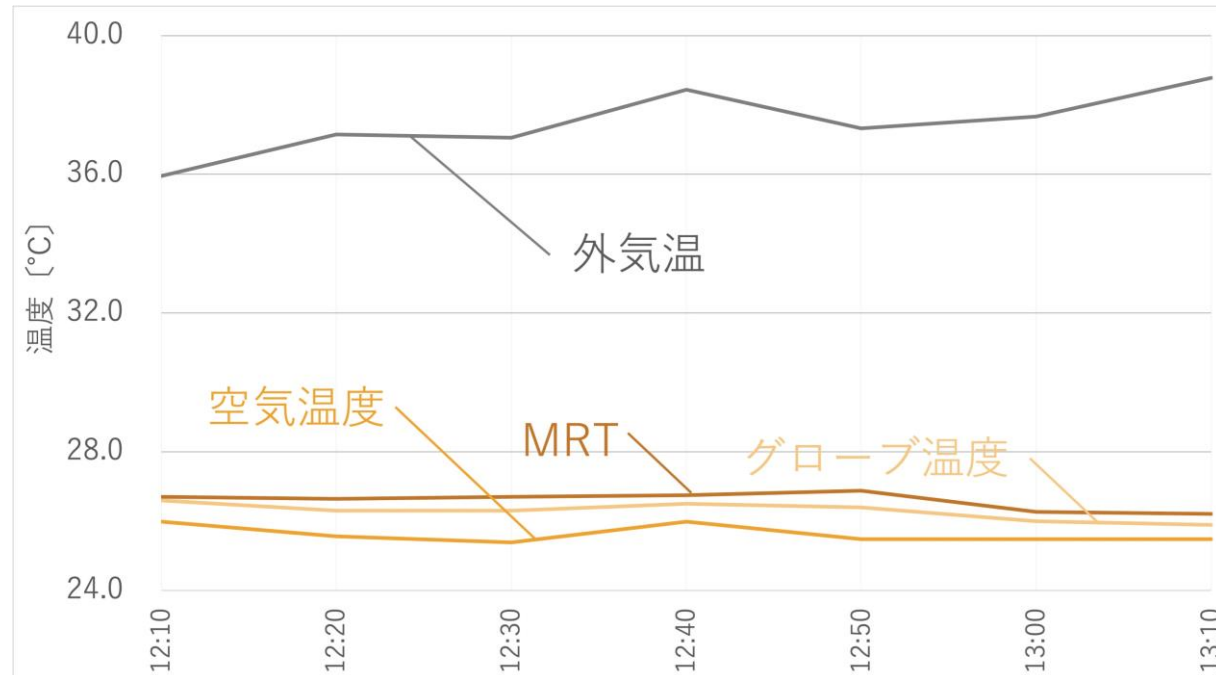
# OC住宅・CC住宅 空気温度・グローブ温度・MRT（平均放射温度）の経時変化

## OC住宅



空気温度，MRTともに約25.0°C  
MRTの方が僅かに低い。

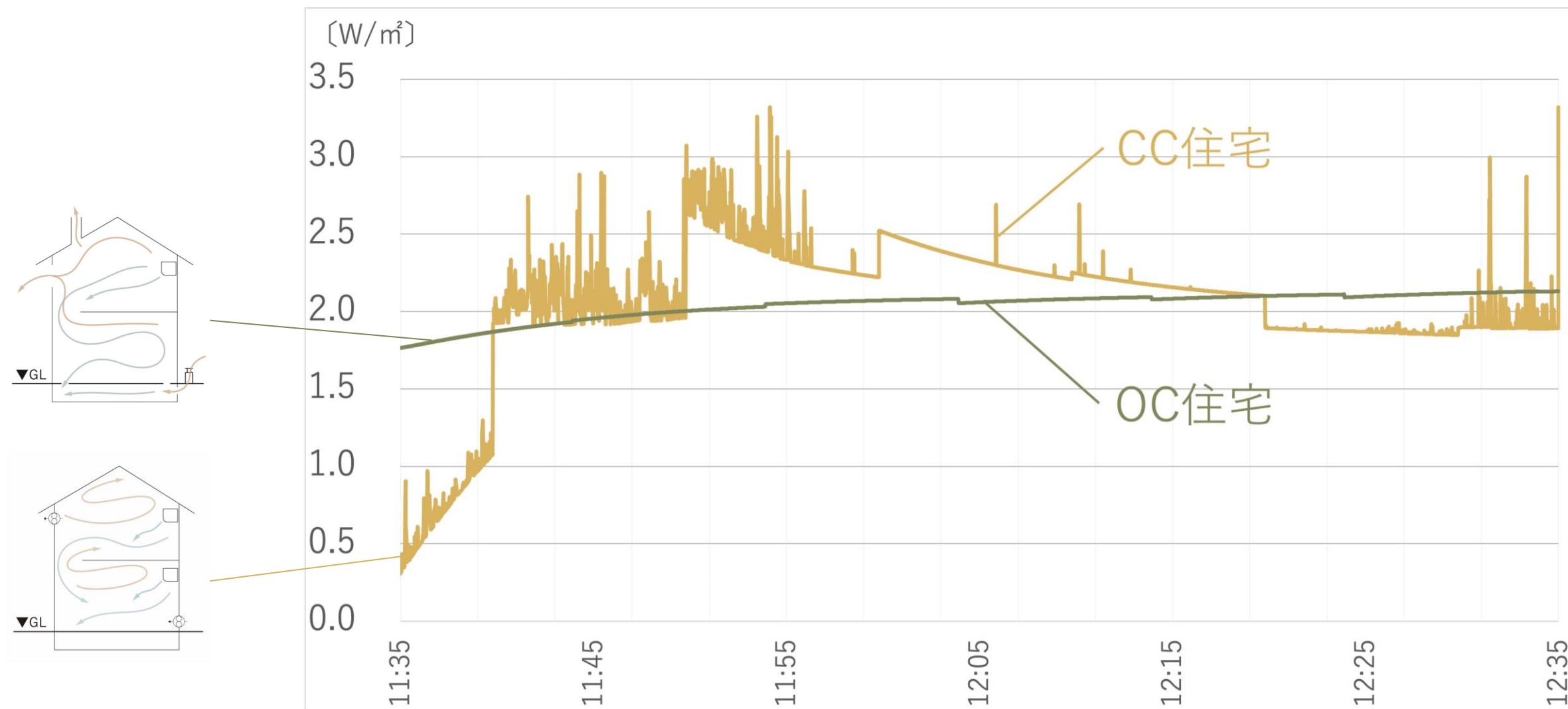
## CC住宅



空気温度が，MRTより約0.5～1.0°C低い。

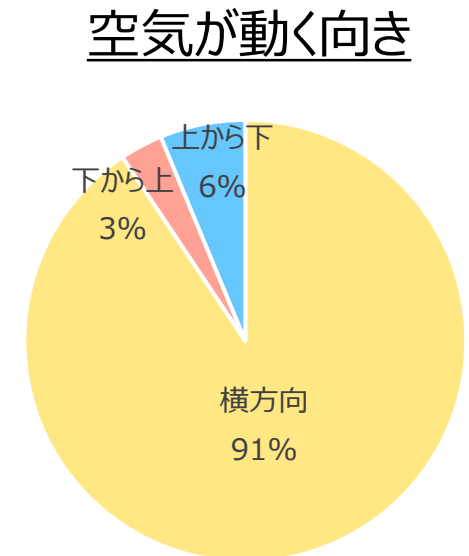
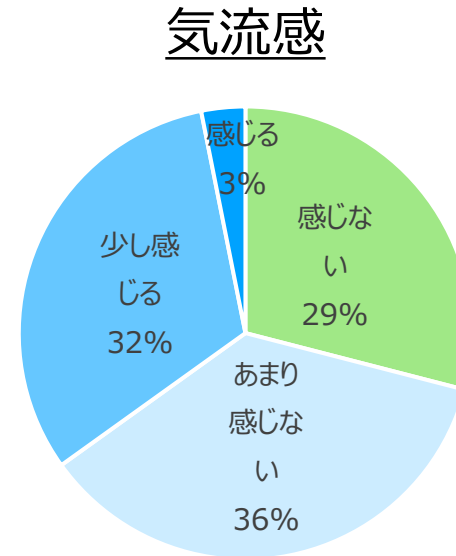
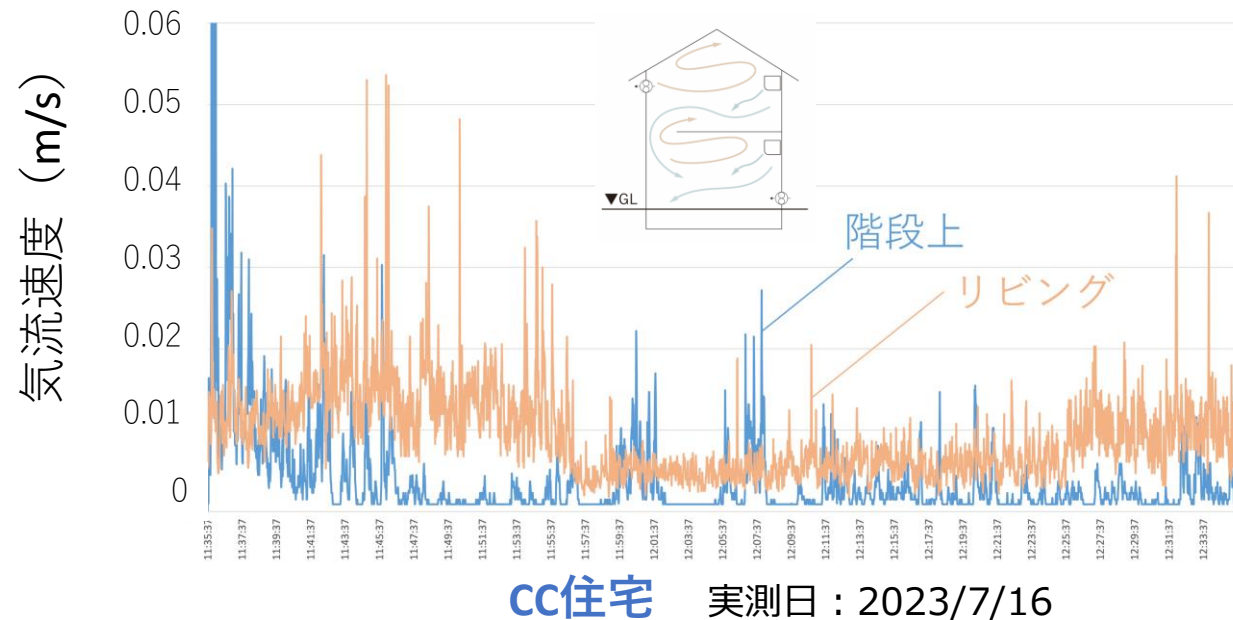
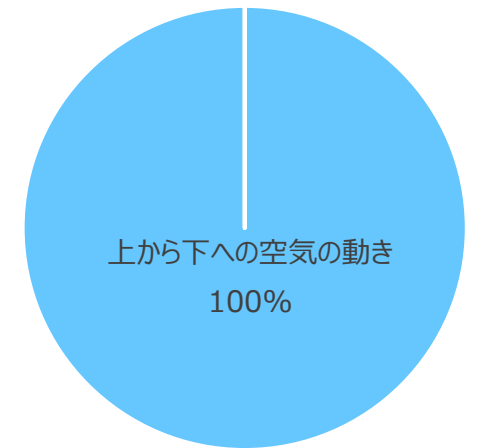
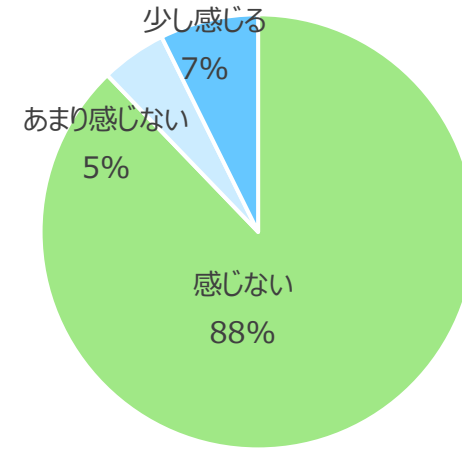
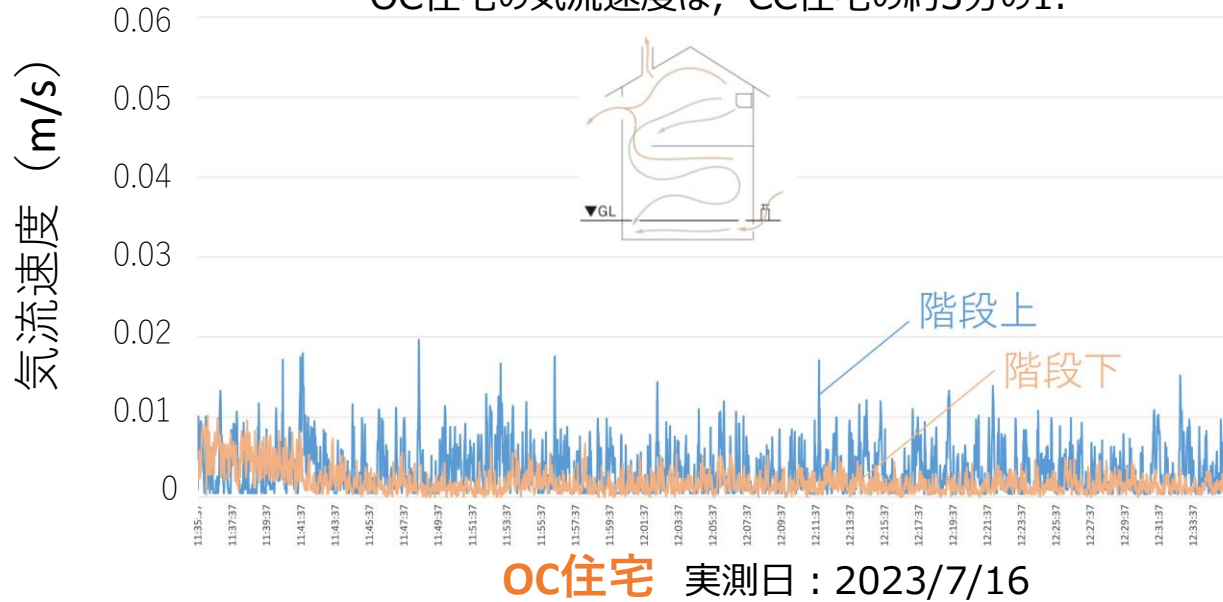
2023.8.5

# OC住宅・CC住宅 人体消費エクセルギーの経時変化



# OC住宅・CC住宅の室内気流速度と気流感申告

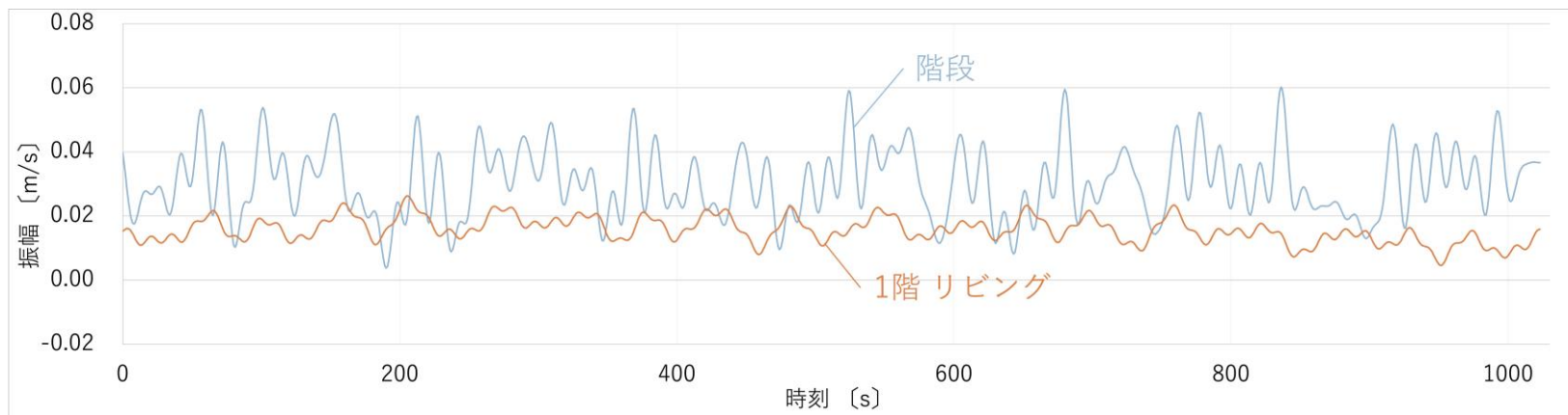
OC住宅の気流速度は、CC住宅の約3分の1。



調査期間：2023/8/27～10/3

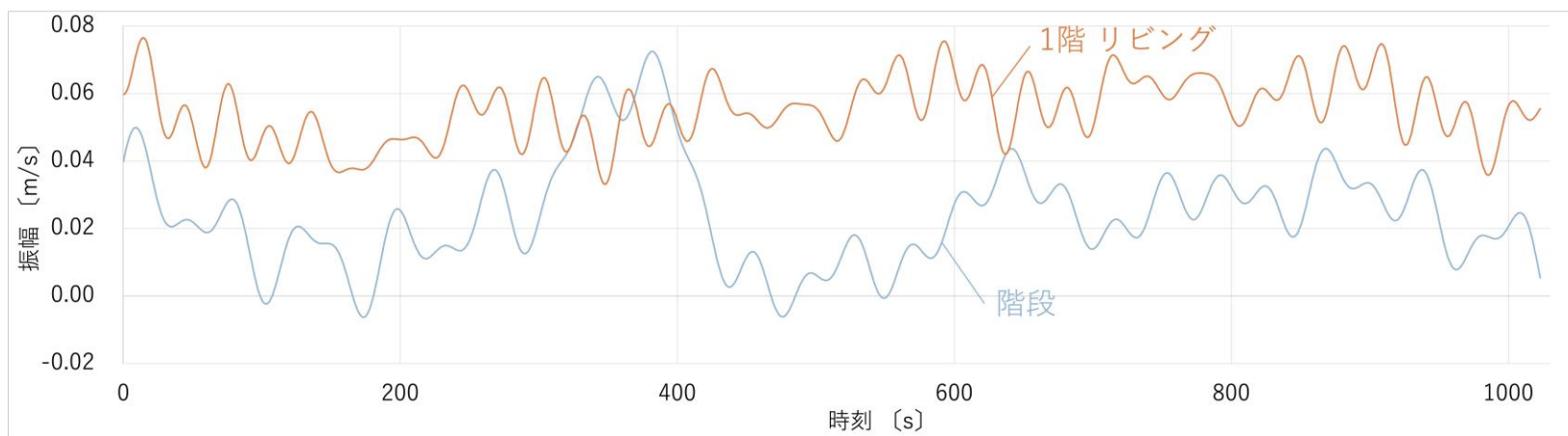
# OC住宅・CC住宅 フーリエ解析に基づく気流速度の合成波

## OC住宅



約18秒に1回の波

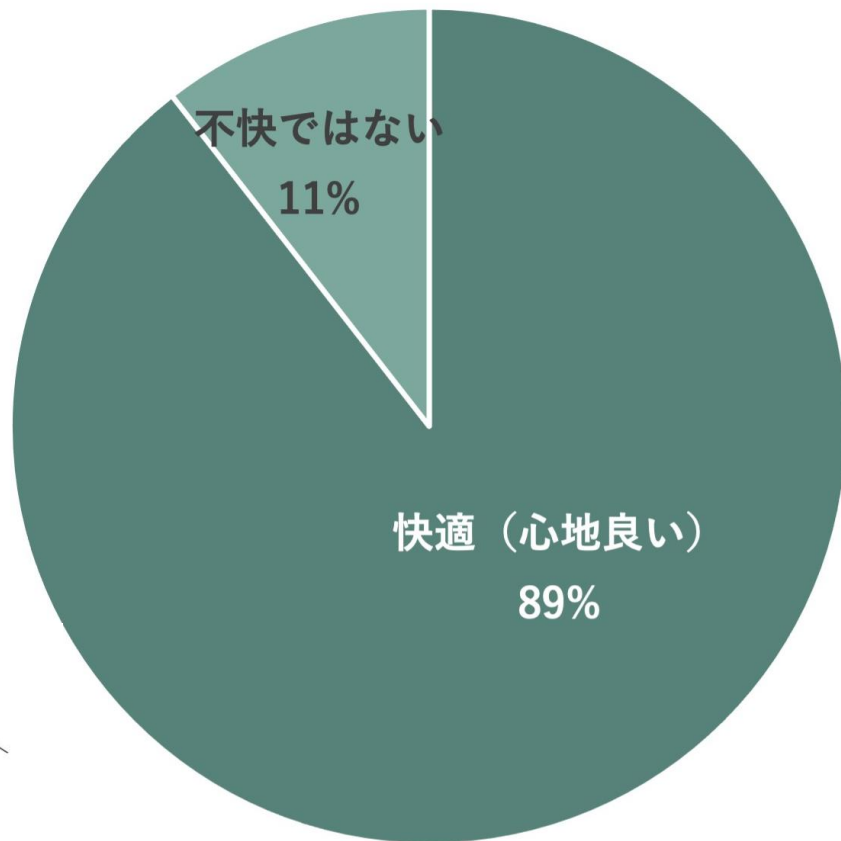
## CC住宅



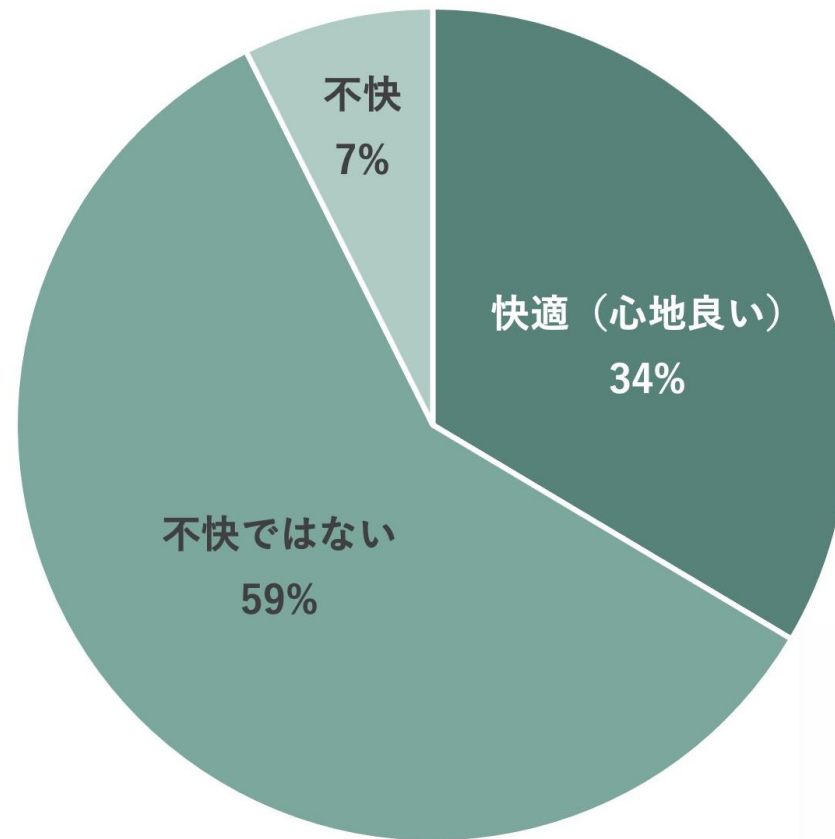
約30秒に1回の波

# OC住宅・CC住宅 熱的快/不快

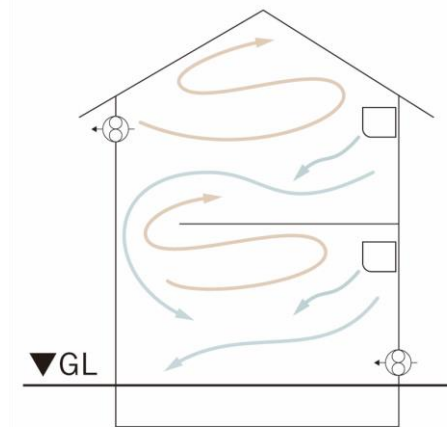
## OC住宅 (n=38)



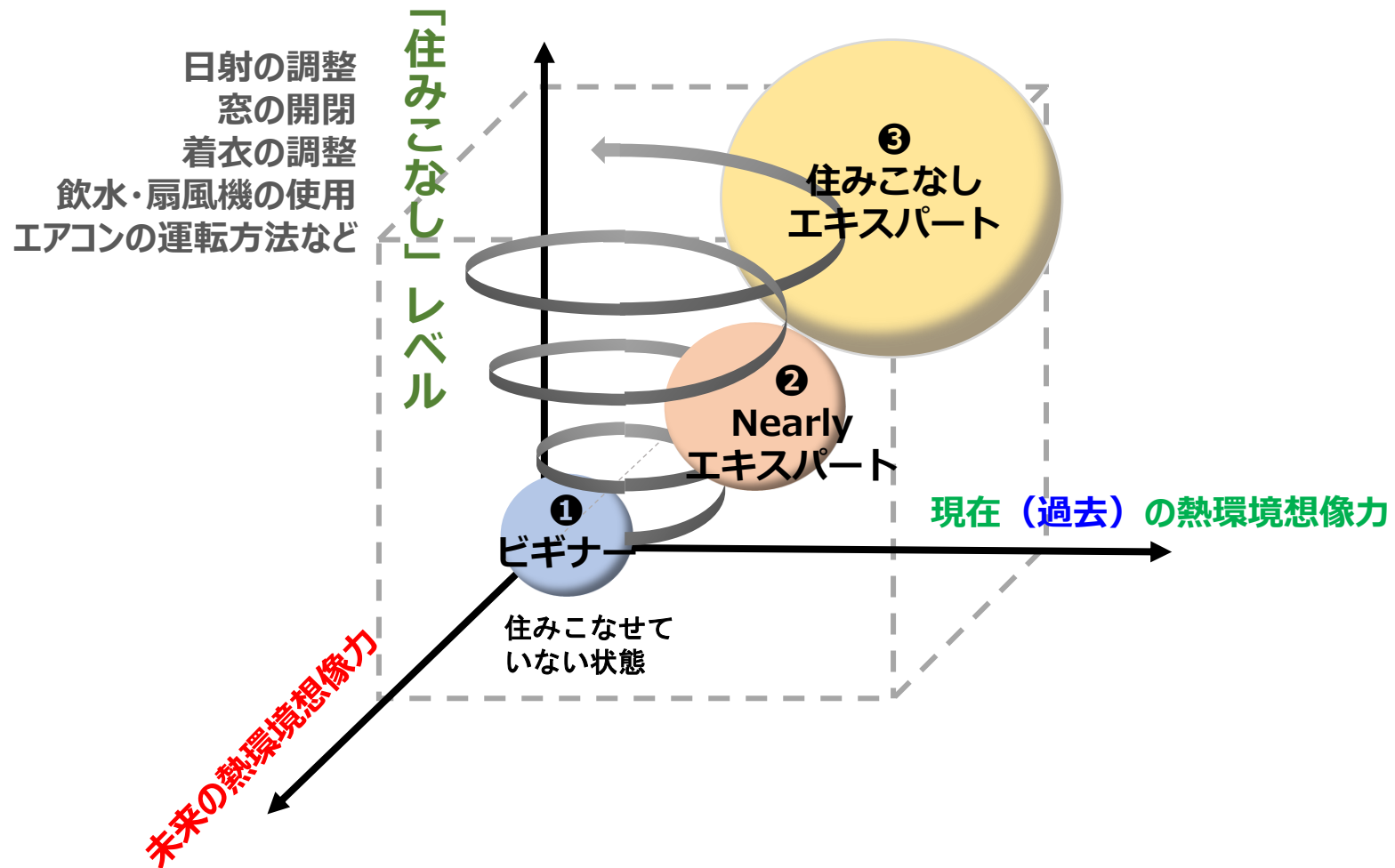
## CC住宅 (n=149)



OC住宅では、「不快」の回答は得られなかった。







現在（過去）・未来の熱環境 想像力と「住みこなし」

「身体に健やかな**温・涼**」をつくるためには、  
「力任せの**暖・冷**」を機械設備によって空気に乗せて吹き付けるのではなく・・・

→ 季節・時間の変化を読みとって、空間の**表面温度**をほどよく整える。

### 表面温度のデザイン（放射環境デザイン）

→ ヒト（動物）の「適応的快」・「住みこなし（多様性）」を引き出す。

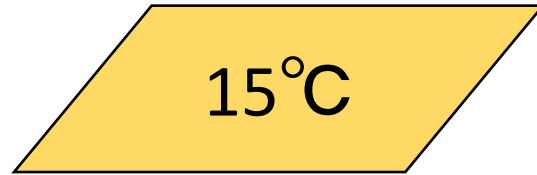
→ 動物の繁殖（少子化対策），植物の繁茂につながる。

→ **断熱ラインの外側：外層空間の内包化は、「移行帯」となる。**  
**生物（動物・植物）の多様性 × 動的不均質**

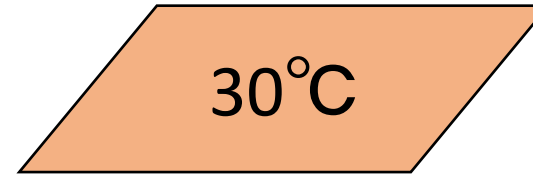




## 熱放射エネルギーを比べる.



15°C



30°C

表面積 1 m<sup>2</sup> あたりから出る

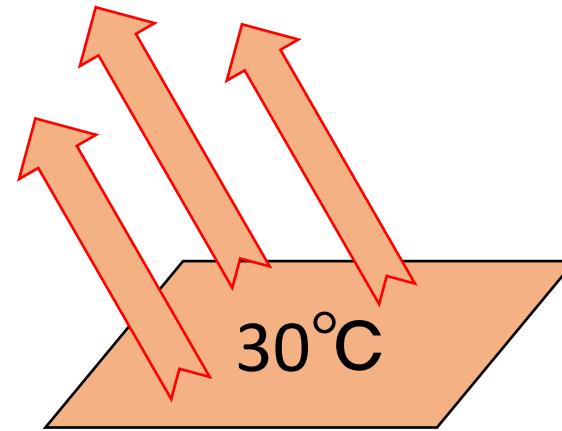
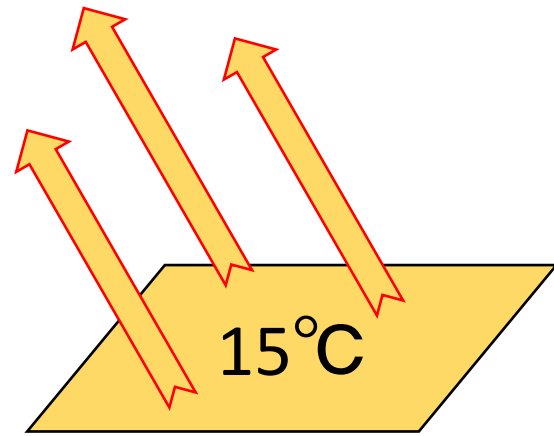
$$\text{放射エネルギー} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad [\text{W/m}^2]$$

$\varepsilon$  : 放射率 = 0.95 (真黒で艶なし表面の物体  $\varepsilon = 1.00$ )

$\sigma$  : シュテファン・ボルツマン定数 =  $5.67 \times 10^{-8} \text{ m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4} / \text{W}$

$T$  : 表面温度 [K] ※絶対温度であることに注意せよ.  $15^\circ\text{C} = 278 \text{ K}$ ,  $30^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$

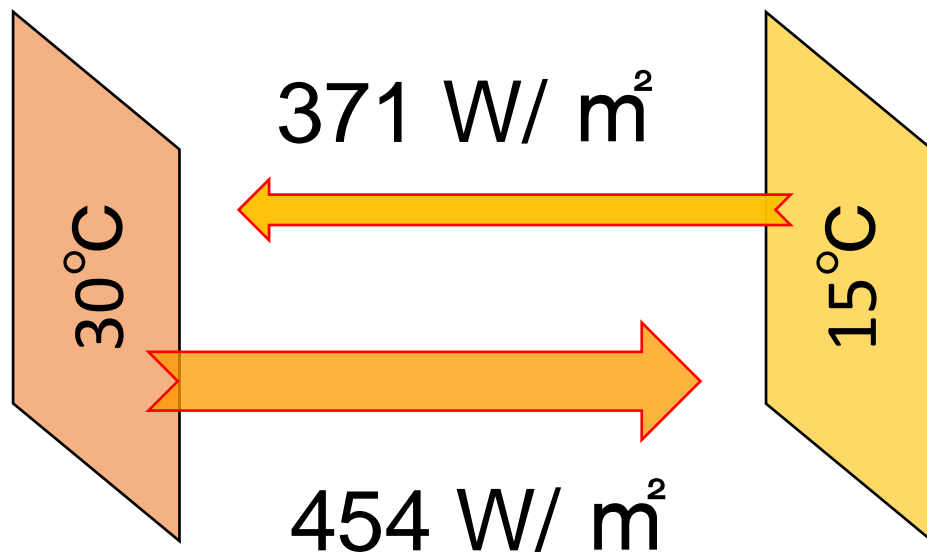
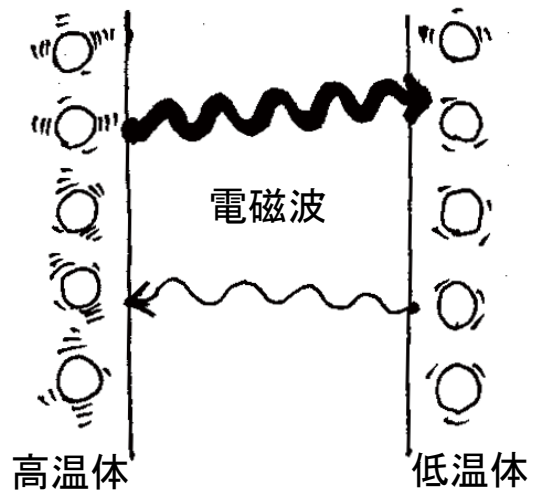
1 m<sup>2</sup>あたりの放射エネルギー



371 W/ m<sup>2</sup>

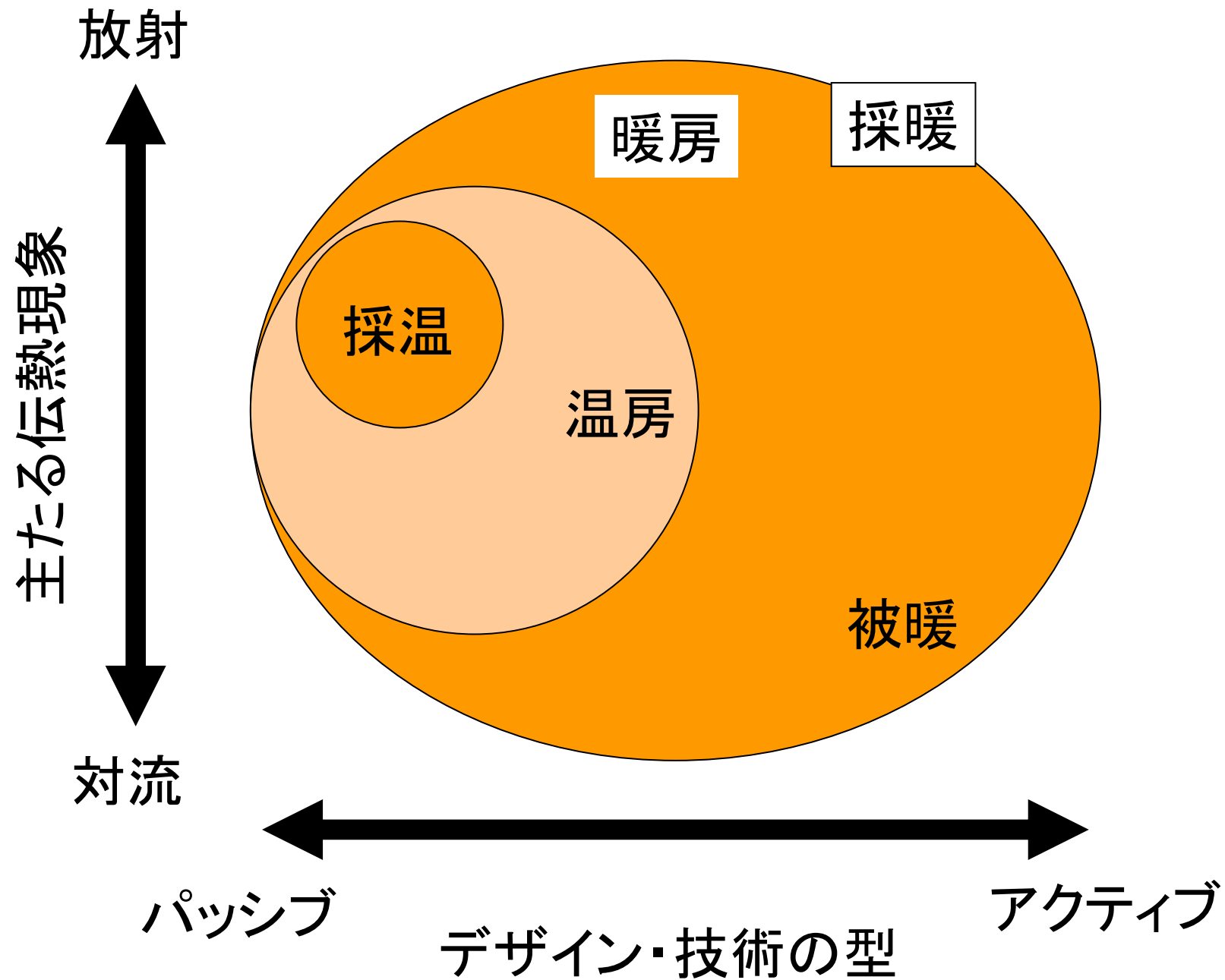
<

454 W/ m<sup>2</sup>

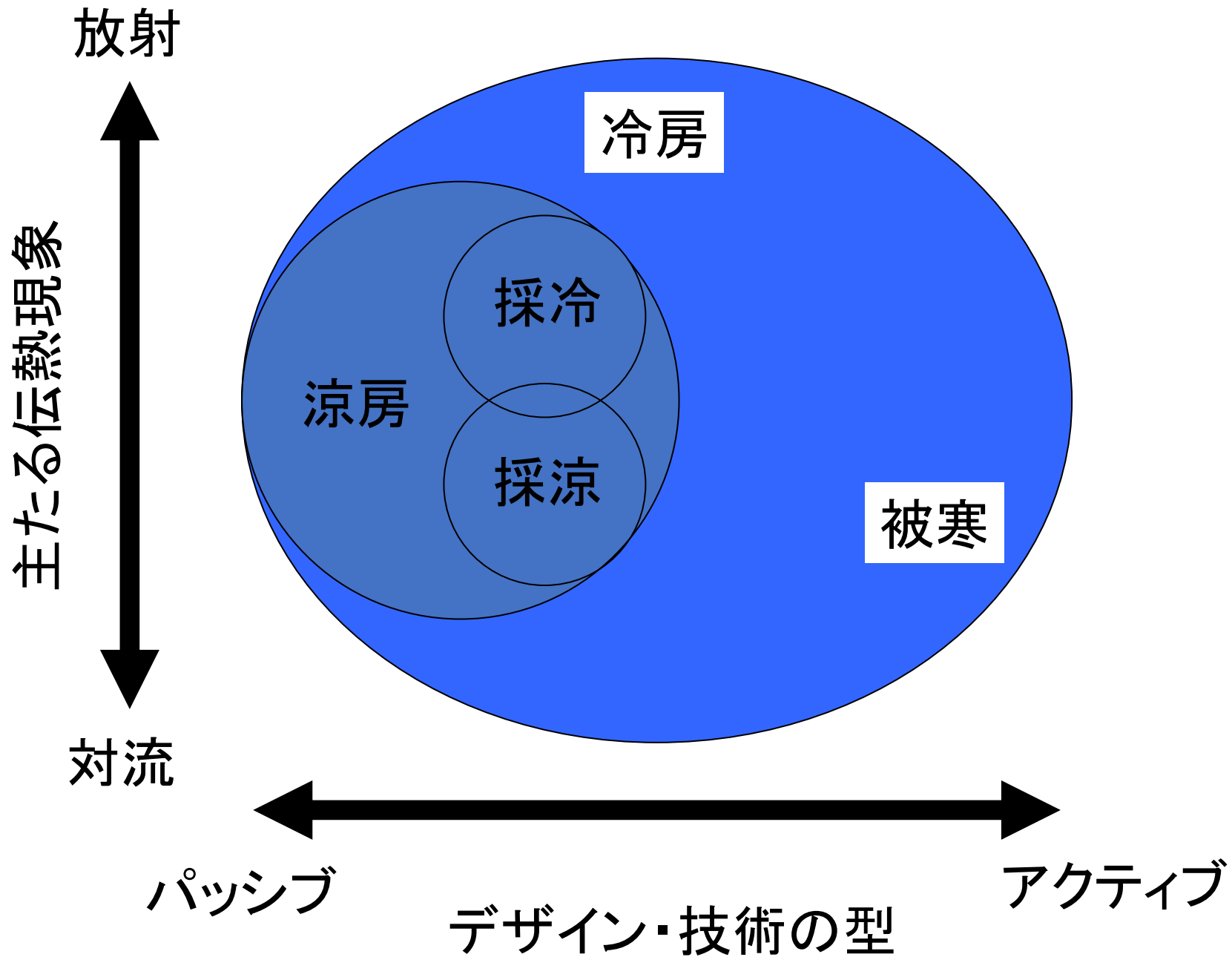


正味の放射エネルギー

$$454 - 371 = \underline{83 \text{ W/ m}^2}$$

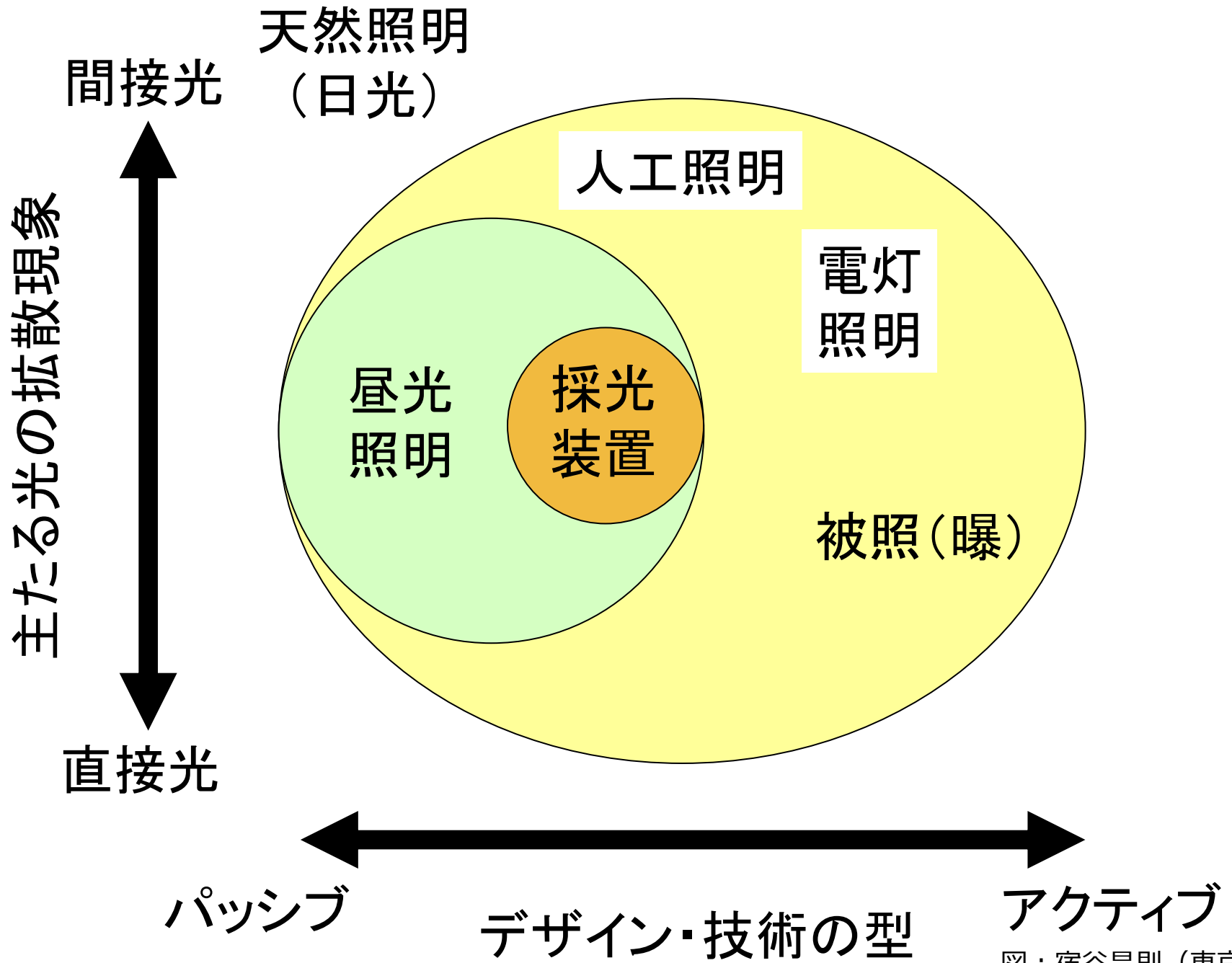


図：宿谷昌則（東京都市大学・名誉教授）



図：宿谷昌則（東京都市大学・名誉教授）





図：宿谷昌則（東京都市大学・名誉教授）

アクティブ型住まい術

高

ヒトの安全性・健康性・快適性

これからの  
再構成される  
建築環境システム  
(より高度な快)

かつての  
建築環境システム  
(ローテク, 快or不快)

いまの  
建築環境システム  
(ハイテク, 快?)

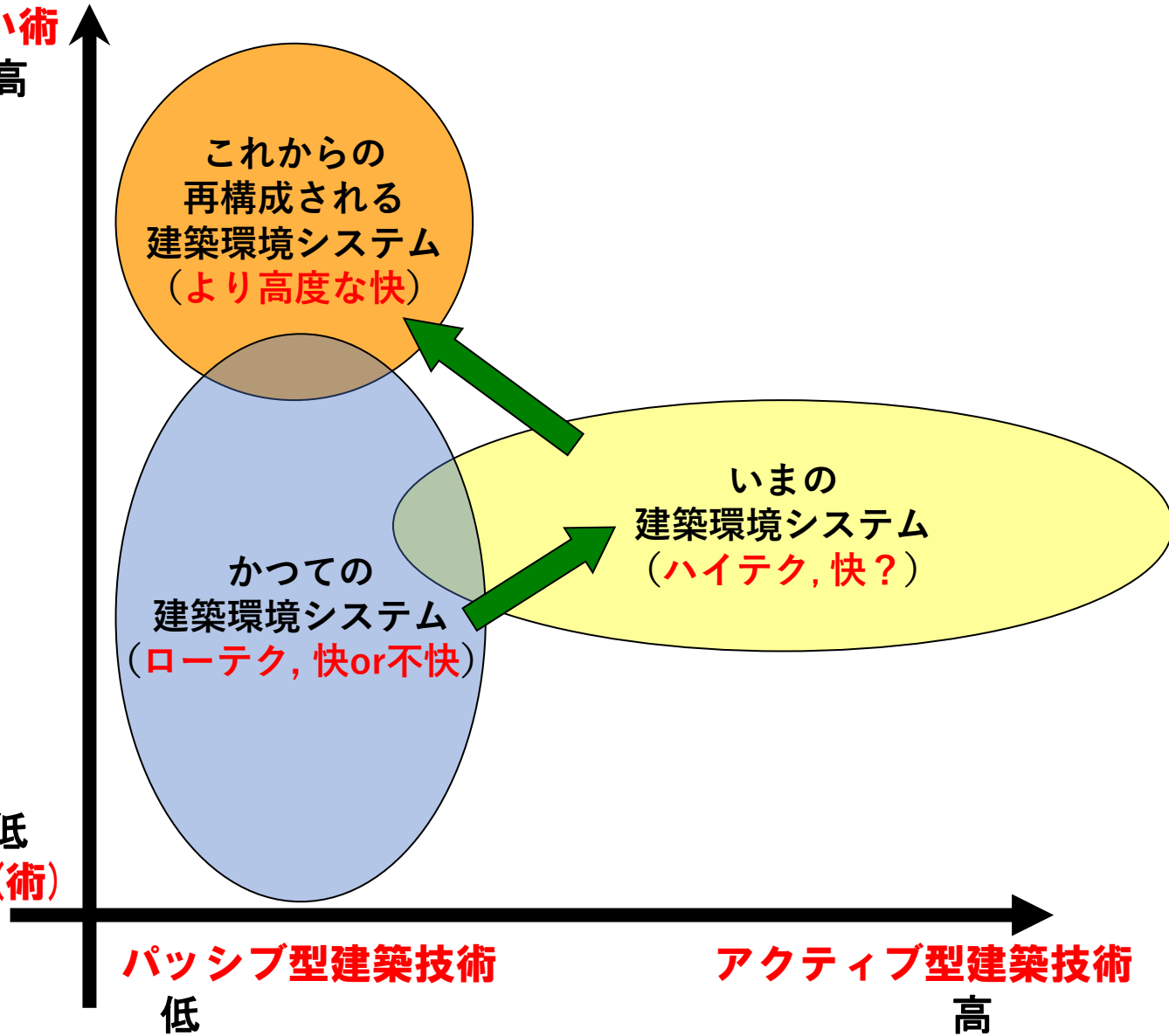
パッシブ型住まい(術)

低

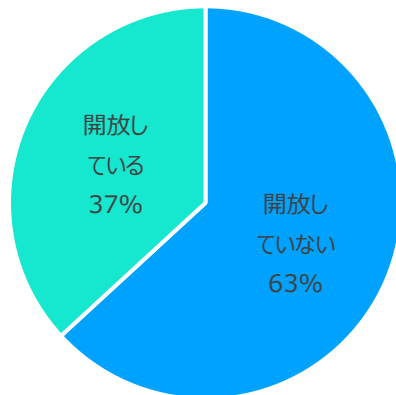
パッシブ型建築技術  
低

アクティブ型建築技術  
高

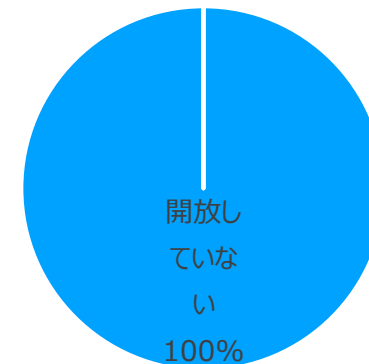
建築環境システムのエネルギー使用量  
(化石燃料・電力使用量)



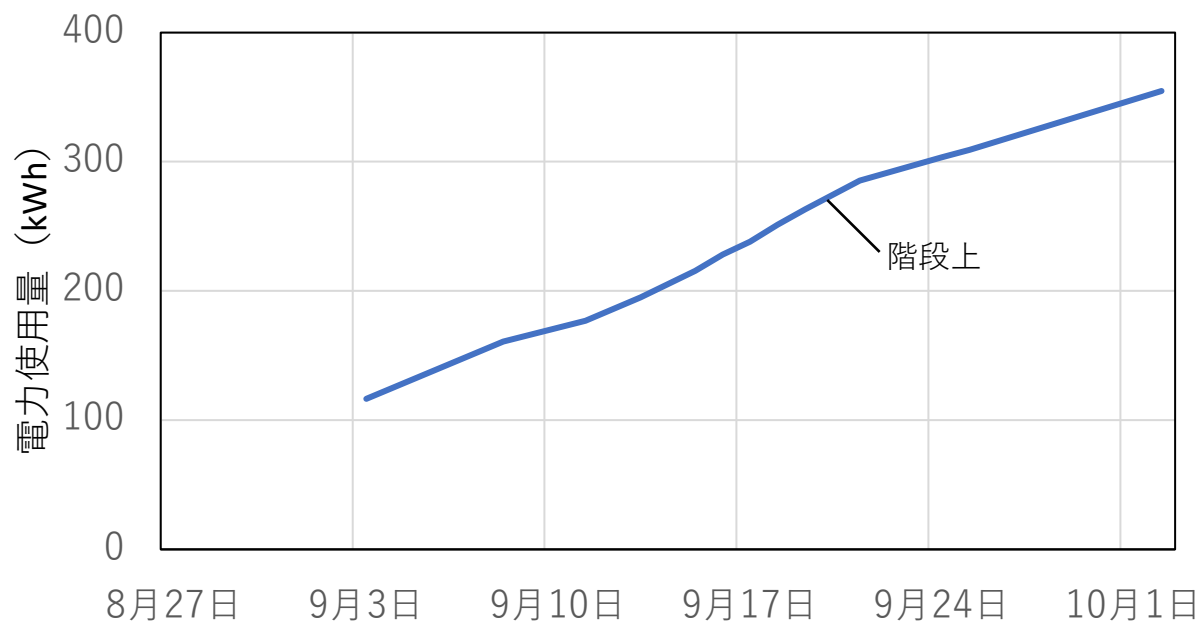
調査期間：2023/8/27～10/3



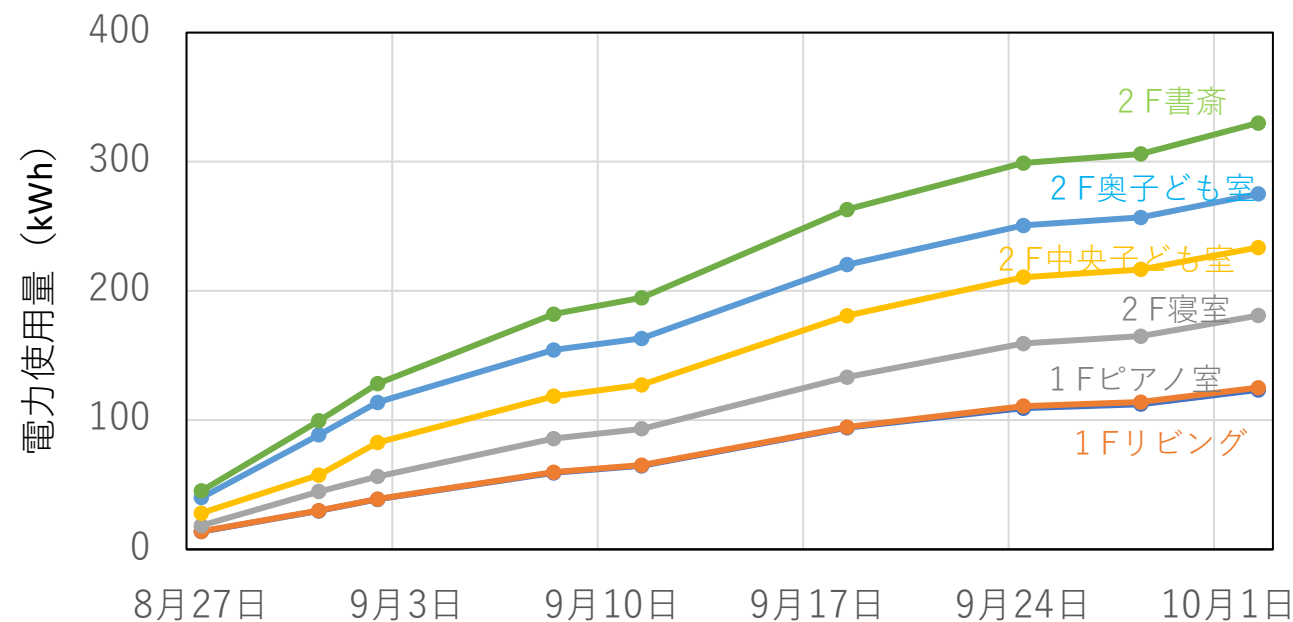
OC住宅\_エアコン電力消費量



CC住宅\_エアコン電力消費量



エアコンの平均設定温度：24.3℃



エアコンの平均設定温度：26.1℃