

---

## 「住宅・建築SDGs フォーラム 第3回 月例セミナー

### 脱炭素・SDGs に資する住まい・地域づくりへの挑戦事例

～パッシブタウン（富山県黒部市）における  
ローカルな環境資源と循環を活かした住環境の構築～

司 会： 井上 隆氏（東京理科大学名誉教授/東京電機大学客員教授）

講 演：・マスタープランの考え方と事業概要  
宮城俊作氏（設計組織PLACEMEDIA/東京大学大学院教授）

・性能評価、満足度調査、SDGsとの関わり  
八木繁和氏（YKK不動産/YKK AP 技術顧問）

・木造化およびP2G技術※の応用と展開  
高井啓明氏（竹中工務店 プリンシパルエンジニア）

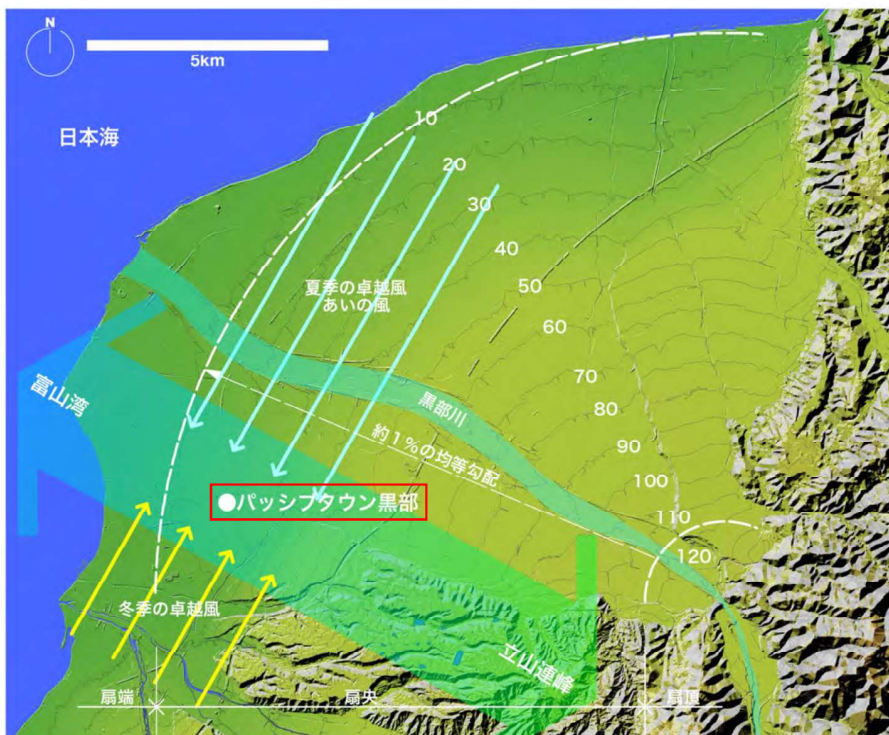
# 黒部市・パッシブタウンの事業概要

宮城俊作

東京大学大学院 工学系研究科 都市工学専攻

PLACEMEDIA, Landscape Architects Collaborative Tokyo / Kyoto JAPAN

01



黒部川扇状地の地形と自然環境の要素

## ローカルな自然環境資源

教科書的な臨海扇状地の地形  
緩やかで均等な勾配のランドフォーム  
良質で豊富な水資源（地表・地下）  
夏季の冷涼な北東卓越風（あいの風）  
排水性に優れた肥沃な土壌



河川・水路ネットワーク（高橋川）

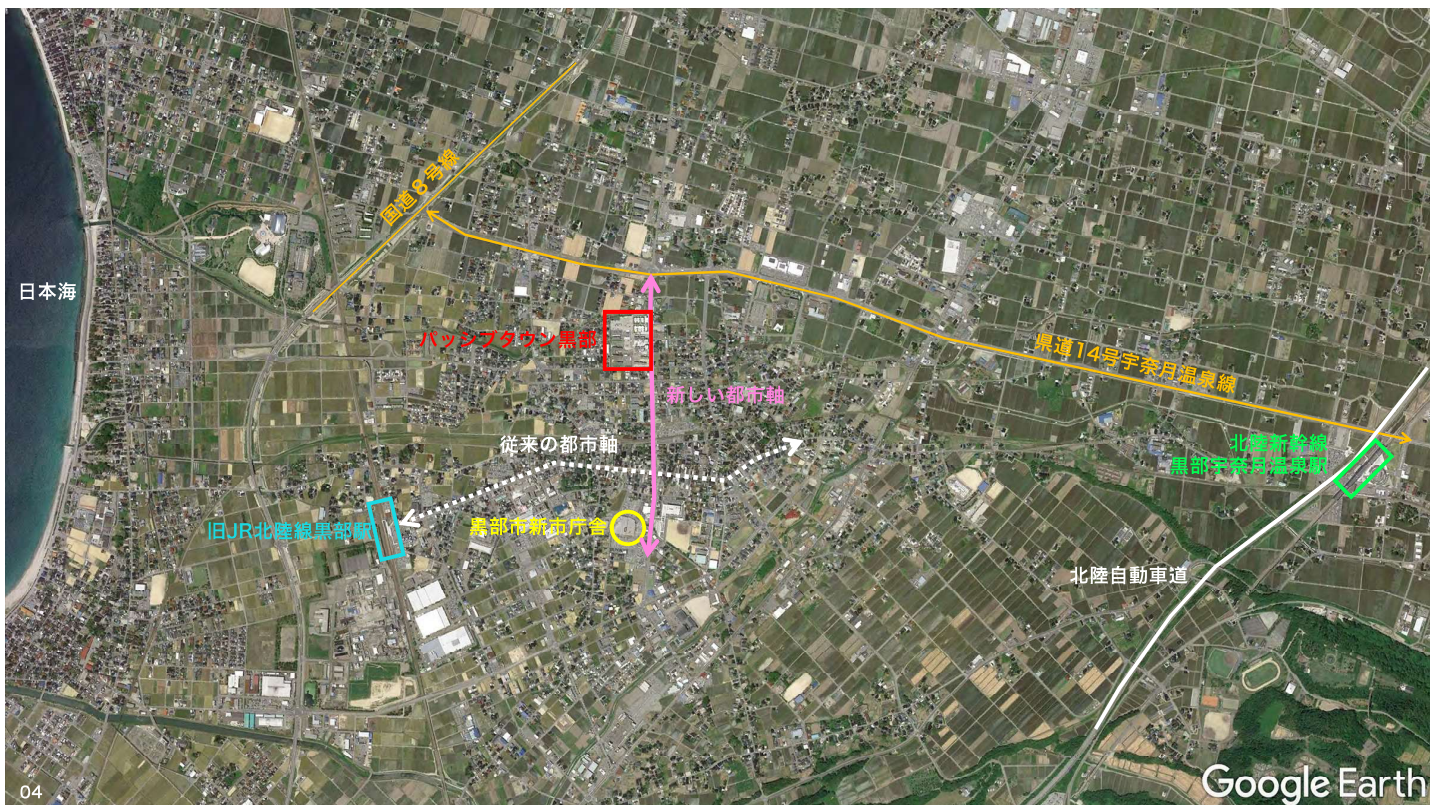
02

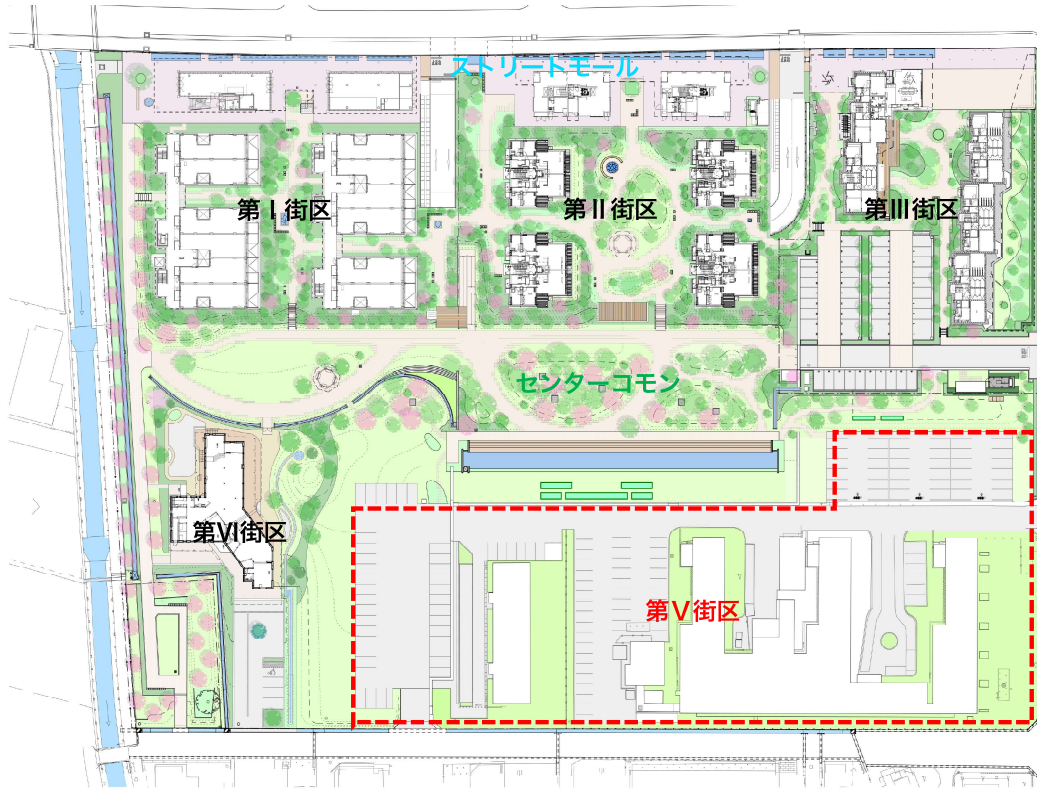
パッシブタウン  
事業コンセプト

ローカルな自然エネルギーを最大限に活用  
エネルギー消費を抑制しつつ快適な住環境を創出  
パッシブデザインの多様なソリューションを提示  
地域にひらかれたオープンコミュニティを形成

パッシブタウン  
事業概要

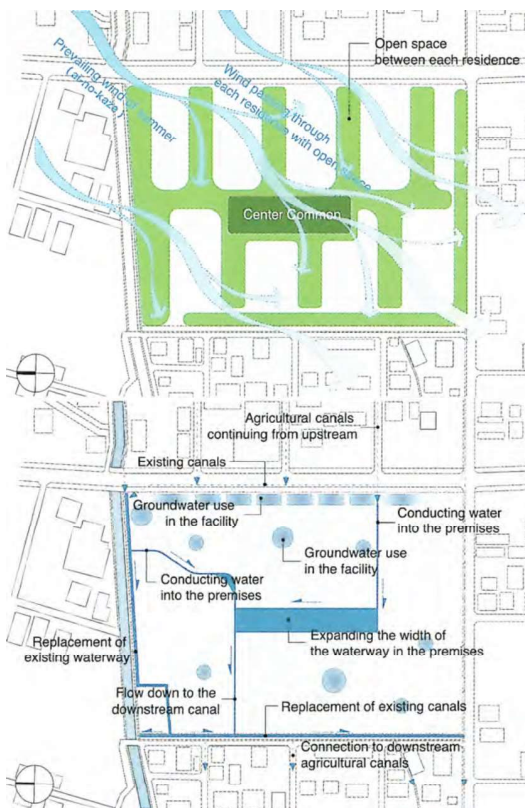
所在地 : 富山県黒部市三日市4016番地  
敷地面積 : 35,620㎡  
開発施設 : 集合住宅、店舗、オフィス、保育園、生活支援施設等からなる複合開発  
計画住戸 : 207戸  
入居者数 : 700人  
延床面積 : 17,050㎡ (第Ⅰ～Ⅳ街区) 第Ⅴ街区は未定  
事業期間 : 2013～2025年  
事業主体 : YKK不動産株式会社  
事業概要については→ <https://www.passivetown.jp>



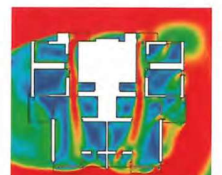
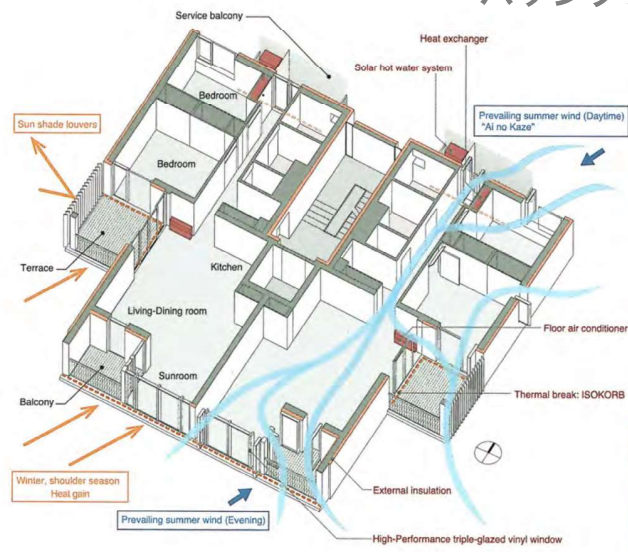


- 第I街区 (2016)
- 第II街区 (2017)
- 第III街区 (2018)
- ストリートモール
- センターコモン
- 第IV街区 (2021)
- 第V街区 (2025)

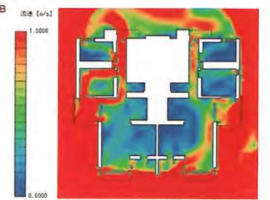
マスタープラン  
設計組織 PLACEMEDIA



### パッシブデザインの要素

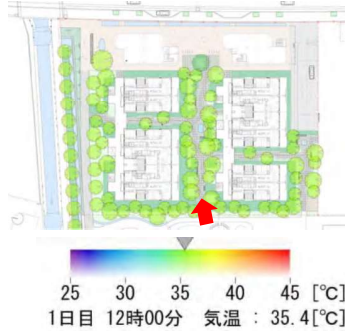
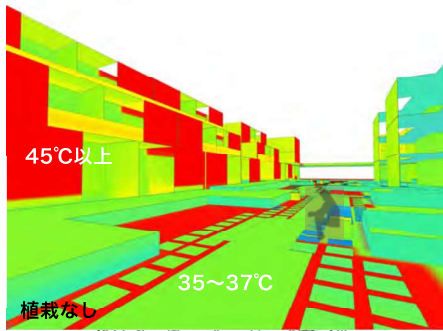


Northeast Wind (the ai-no-kaze)  
／北東の風 (あいの風)



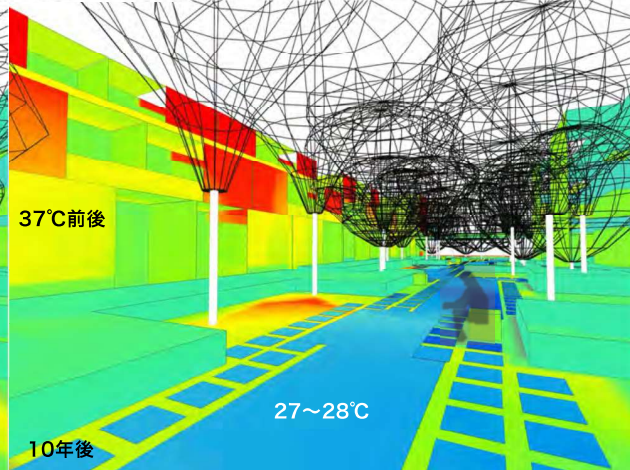
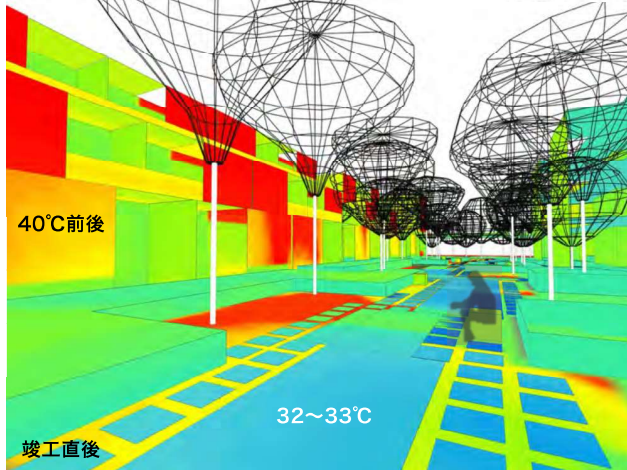
Southwest wind / 南西の風

左上：夏季の冷涼な卓越風の導入とオープンスペースの位置関係  
 左下：河川・水路のネットワークと地下水を用いたクールスポットの配置  
 上：第II街区住棟における通風性能と温熱環境のシミュレーション  
 出典『PASSIVETOWN』 a+u 2018年3月

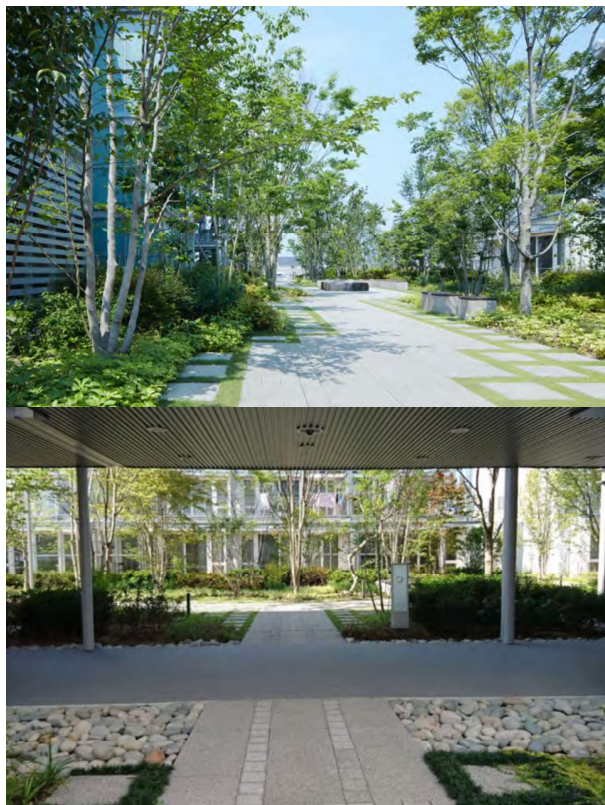


### 住棟間緑地ならびに住棟外壁の 表面温度シミュレーション (第1街区)

地表面被覆の状態による表面温度の違い  
緑陰の形成による表面温度の上昇抑制  
水景の導入によるクールスポットの形成  
シミュレーション結果の設計への反映



制作協力：  
筑波大学大学院  
村上暁信教授  
国土技術政策総合研究所  
熊倉永子主任研究官



### 第1街区

建築設計  
小玉祐一郎 / ESTECH

ランドスケープ設計  
設計組織PLACEMEDIA

敷地面積：5,788㎡  
建築面積：2,141㎡  
延床面積：6,555㎡  
戸数：36戸  
商業施設  
保育所

地上3階、地下1階  
中層フラット  
通気・通風性能  
全面地下駐車場  
逆梁構造



## 第II街区

建築設計  
横総合計画事務所

ランドスケープ設計  
設計組織PLACEMEDIA

敷地面積：5,521㎡  
建築面積：1,470㎡  
延床面積：6,972㎡  
戸数：44戸  
商業施設

地上4階、地下1階

中層フラット

高气密断熱性能

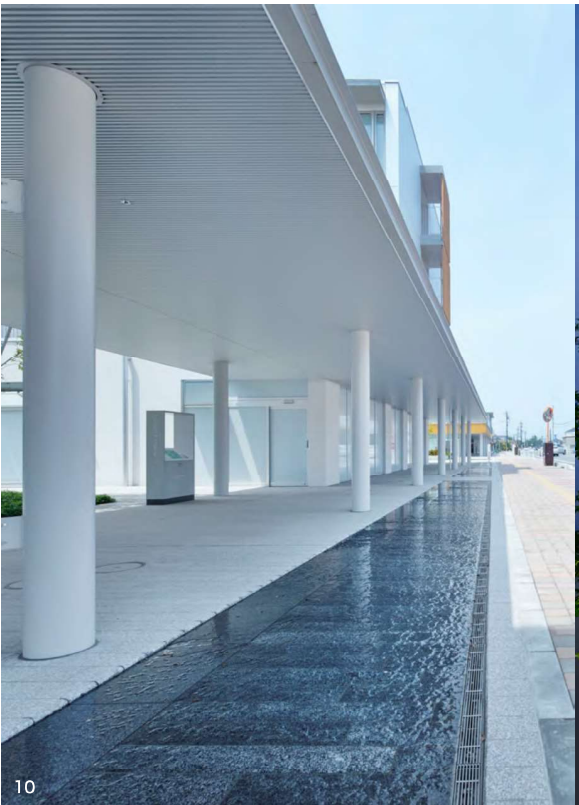
全面地下駐車場

フラットスラブ



左上：住戸内から広場をみる  
(22/07)  
右上：市道側ストリートモール  
下：街区内の広場

09



## 第I～II街区

宅地内フットパス

通風性能の維持

屋根付歩廊の連続

水栈敷の連続

左：市道側の連続する水栈敷  
右：第I街区から第II街区  
へのフットパス

10



### 第III街区

建築設計  
森みわ+キアー+アーキテクト

ランドスケープ設計  
設計組織PLACEMEDIA

敷地面積：4,871㎡  
建築面積：1,003㎡  
延床面積：3,053㎡  
戸数：37戸  
コミュニティキッチン

既存住棟リノベーション

地上4階→3階への減築

フラットとメゾネット

高気密外断熱

平面駐車場

コミュニティ施設



左上：住棟間の緑地（'22/07）  
右上：コミュニティキッチン  
下：北棟の南ファサード

11



### 第I～III街区 センターコモン

ランドスケープ設計  
設計組織  
PLACEMEDIA

南北方向の緑地帯  
パブリックアクセス  
農業用水路による導水  
水路と水盤の親水空間  
落葉樹による緑陰

第I期～III街区と  
センターコモン全景

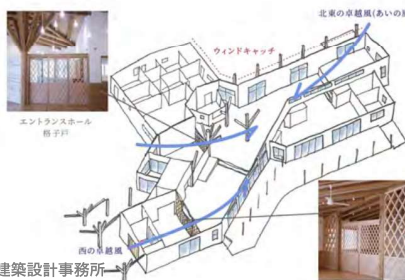
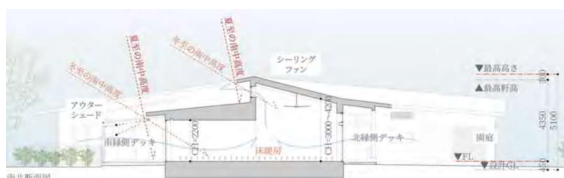
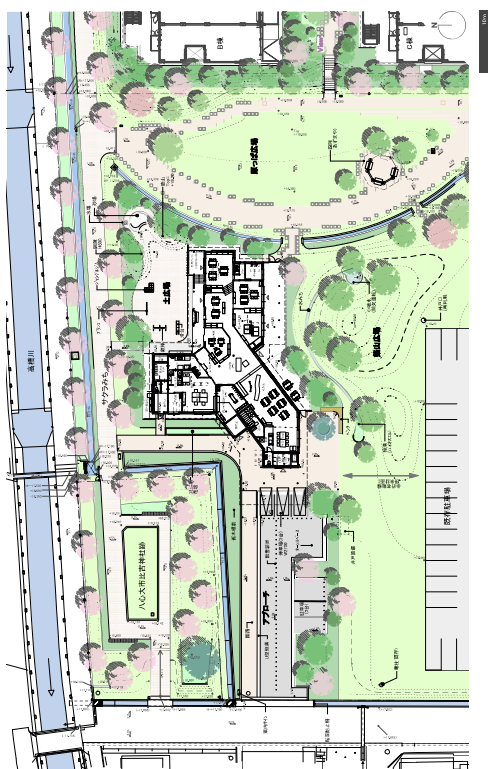
12







センターコモン ('22/07)



田口知子建築設計事務所



#### 第IV街区

建築設計  
田口知子建築設計事務所

ランドスケープ設計  
設計組織PLACEMEDIA

敷地面積：3,167㎡  
建築面積：470㎡  
建築構造：木造平屋  
用途：保育園  
保育定員：30名

ZEB (Net Zero Energy Building) への指向  
成人並みの外気提供  
CO<sub>2</sub>濃度に連動する換気  
設計～施工の完全BIM化  
地元産材の活用  
センターコモンとの一体化



オープンコミュニティ  
開放的な空間構成  
人を惹きつける要素  
生活支援施設の導入  
ワークショップの開催  
コミュニティイベントの継続

左上：パッシブタウン第Ⅰ街区  
右上：パッシブタウン第Ⅱ街区  
左下：毎月開催のコミュニティイベント  
中下：定期的な野遊び体験イベント  
右下：コミュニティイベントの案内（'22/07）  
<https://kayado-f.net>



オープンコミュニティ  
センターコモン  
ストリートモール

月例イベント  
環境学習  
地産地消マルシェ  
フリーマーケット  
食育プログラム  
保育園との連携

マルシェ出店数  
27店舗（2018.08）  
↓  
57店舗（2022.05）



写真：YKK(株)

19

### 第V街区の課題

既成街区の環境資源を環境資産として継承・発展させること

→ 最適化された住棟とオープンスペースの配置

木造建築・P2G導入の成果を地域に還元すること

→ 資源の地域循環を誘発・促進するモデル

### 中長期的な展望

環境に対してパッシブで多様なライフスタイルが定着すること

→ 小さなアクションで住環境をチューニングする暮らし

地域コミュニティのレジリエンスを体現していること

→ 自然災害やパンデミックに対応できる空間の冗長性

長期的に持続可能なまちづくりにつながること

→ 住まいの暮らしからまちの環境に展開する活動拠点

20

## ②パッシブタウン前期街区の性能評価

- ・性能評価と居住者満足度調査の実施
- ・パッシブタウンとSDGsとの関わり

### 八木 繁和

YKK不動産(株) 取締役 兼 YKK AP(株)技術顧問  
 パッシブタウン事業主体  
 パッシブデザイン性能研究部会長

## パッシブタウンの取り組み (エネルギー)

パッシブタウンでは、持続可能な社会にふさわしい「まちづくり・住まいづくり」を追及し、よりサステイナブルな社会の実現を目指しています。

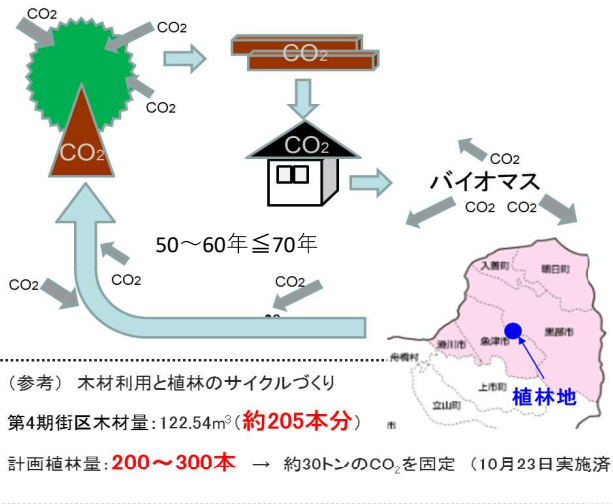


## パッシブタウンの取り組み（木造）

### ・ 富山県東部の杉材の地産地消と植林（炭素固定と吸着）



### ・ 植林⇒伐採⇒建築物⇒バイオマス⇒植林



3

## パッシブデザイン性能評価委員会

### 《目的》

- パッシブタウン各街区で採用したパッシブデザインの効果はどうか
  - エネルギー削減目標が実現できているか
  - 居住者が快適に暮らしているか等
- 公正に評価・検討することを目的として、各専門分野の研究者を中心に構成された組織。評価結果を公開し、省エネルギーな住まいづくりとその暮らし方を提言する事で、持続可能な社会づくりに貢献していく

### 《役割と構成メンバー》

\* 2019年8月9日現在

#### ■パッシブデザイン性能評価委員会

評価方針・計画の策定／調査結果等の成果物評価／評価結果の公表手段検討／結果公表

委員長：井上 隆（東京理科大学 理工学部 教授）  
 副委員長：倉淵 隆（東京理科大学 工学部 教授）  
 委員：前 真之（東京大学大学院 工学系研究科 准教授） 他

#### ■パッシブデザイン性能研究部会（分科会）

各種計測手段・方法の検討・構築／各分野での学術連携／実測（データ収集）と分析

部会長：八木 繁和（YKK AP 専門役員 中央研究所 主幹研究員）  
 委員：倉淵 隆（東京理科大学 工学部 教授）  
 委員：吉澤 望（東京理科大学 理工学部 教授）  
 委員：長井 達夫（東京理科大学 工学部 教授）  
 委員：前 真之（東京大学大学院 工学系研究科 准教授）  
 委員：高瀬 幸造（東京理科大学 理工学部 講師） 他

4

# 調査スケジュールと実測内容

## 【調査スケジュール】

	2016	2017	2018	2019
第1街区	●3月竣工 夏実測	冬実測	夏実測	8月9日 報告会
第2街区	●10月竣工	冬実測	夏実測	
第3街区	7月調査開始	冬実測	夏実測	

●3月J棟/7月K棟 竣工

## 【実測風景】

-温熱環境-



-風速分布-



5

## 室内温熱環境比較（冬期）

第1街区



壁・床パネル（室内温度分布）



壁パネル

第2街区

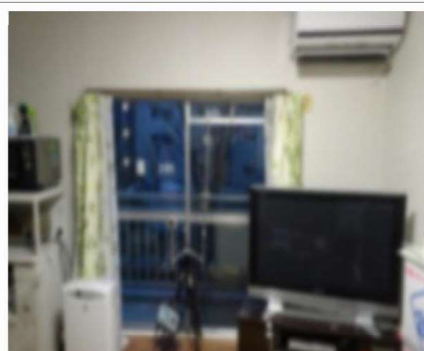


エアコン吹出し（室内温度分布）

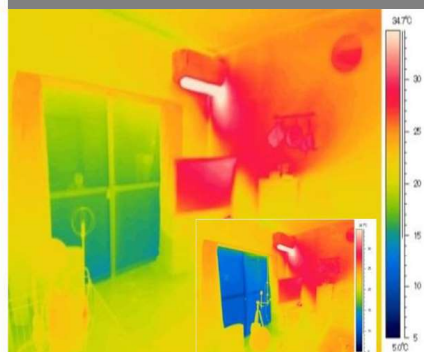


バルコニー熱橋対策

比較住戸



二重窓内窓の有無（エアコン吹出し）



温熱環境・躯体熱橋・省エネルギー性の評価、それぞれの住戸を比較

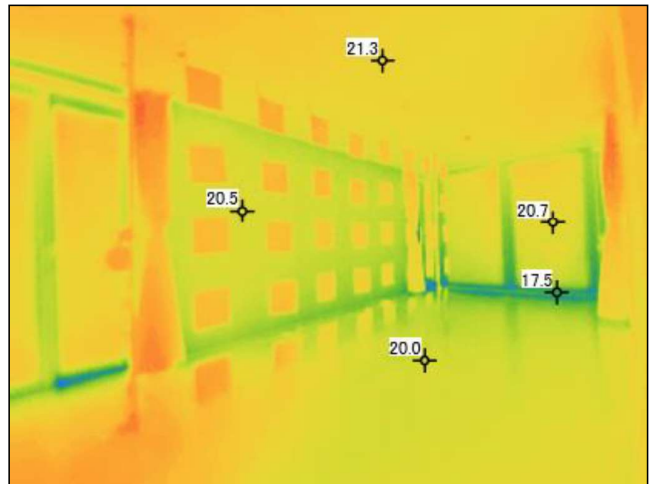
6

## 室内温熱環境（冬期・夏期）

### 【和紙を用いた室内温熱環境の空間分布の把握】



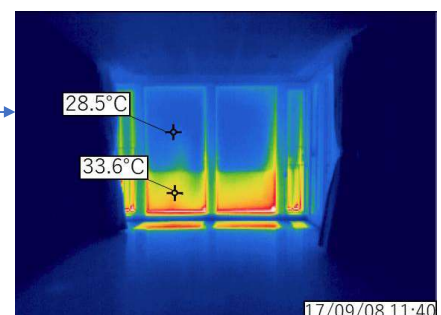
2月14日18:00 外気1.0°C(魚津)



### 【庇による日射軽減効果の把握】



17/09/08 11:57



17/09/08 11:40

7

## 気象データの確認

### ● 気温（夏期7・8月／冬期12・1・2月）

単位 [°C]	2000年 標準年魚津 (設計用 気象データ)	2017年 黒部	2018年 黒部
夏期 平均気温	25.1	<b>27.0</b>	<b>28.3</b>
夏期 最高気温	36.0	36.0	<b>38.7</b>
冬期 平均気温	4.1	4.1	3.9
冬期 最低気温	-7.4	-3.4	-4.8

※標準年：10年程度の気象観測データから、月別に代表的な年を選択し、それらを接合して作成した仮想の1年間のデータ

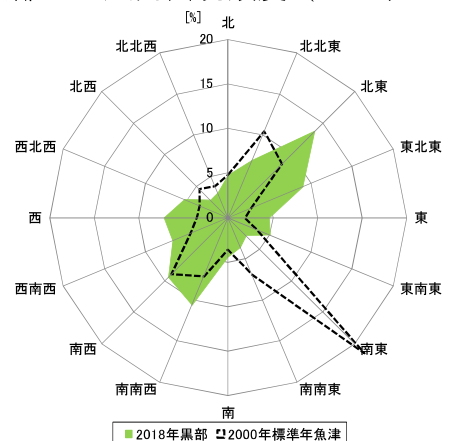
### ● 黒部と東京の月積算全天日射量（2018年）

季節別積算 全天日射量 [MJ/m <sup>2</sup> ]	冬 12月～2月	春 3月～5月	夏 6月～8月	秋 9月～11月
黒部	581	1,477	1,873	947
東京	900	1,550	1,689	945

### ● 気象観測装置（10要素）

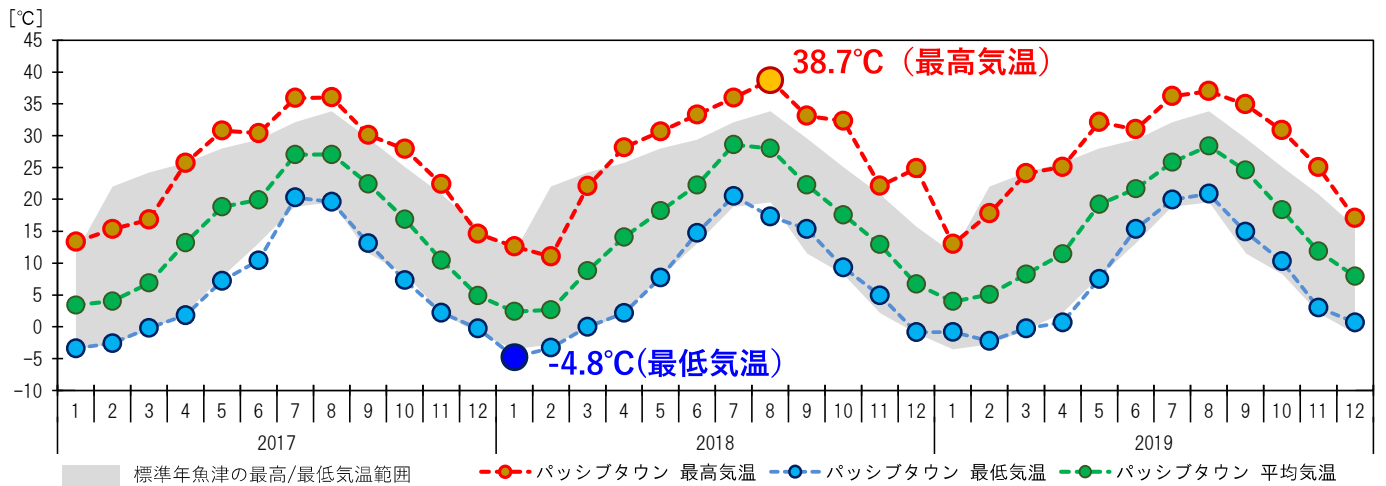


### ● 黒部での風向出現頻度（2018年4～11月）



8

## パッシブタウンで観測している気象データ（外気温度）

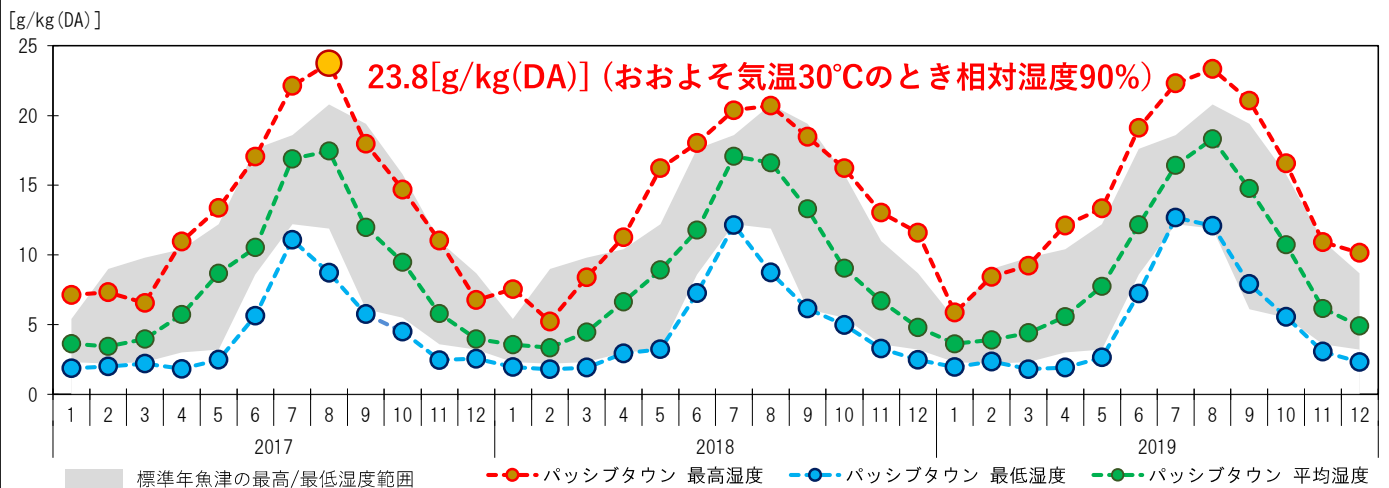


	魚津	パッシブタウン		
	標準年(設計データ)	2017年	2018年	2019年
年平均気温 [°C]	14.0	14.6	15.4	15.6
夏日 [日] (日最高25°C以上)	98	113	113	125
真夏日 [日] (日最高30°C以上)	20	44	61	50
猛暑日 [日] (日最高35°C以上)	0	3	18	7
冬日 [日] (日最低0°C未満)	39	32	36	13
真冬日 [日] (日最高0°C未満)	1	0	3	0

設計気象データに較べると平均的に暑い

- 【夏期】
  - ・2018年が暑い年であった
- 【冬期】
  - ・変化が少ない

## パッシブタウンで観測している気象データ（絶対湿度）



	魚津	パッシブタウン		
	標準年(設計データ)	2017年	2018年	2019年
20[g/kg(DA)]を超える時間 (27°C, 90%(RH))	0	133	24	188
16[g/kg(DA)]を超える時間 (25°C, 80%(RH))	746 時間数(魚津に対する比)	1,160 (155%)	1,221 (164%)	1,328 (178%)
12[g/kg(DA)]を超える時間 (25°C, 60%(RH))	2,359	2,135 (91%)	2,410 (102%)	2,647 (112%)
6[g/kg(DA)]を下回る時間 (20°C, 30%(RH))	3,785	3,882 (103%)	3,351 (89%)	3,707 (98%)

設計気象データに較べると平均的に高湿度

- 【夏期】
  - ・2019年が高湿度であった
- 【冬期】
  - ・変化が少ない

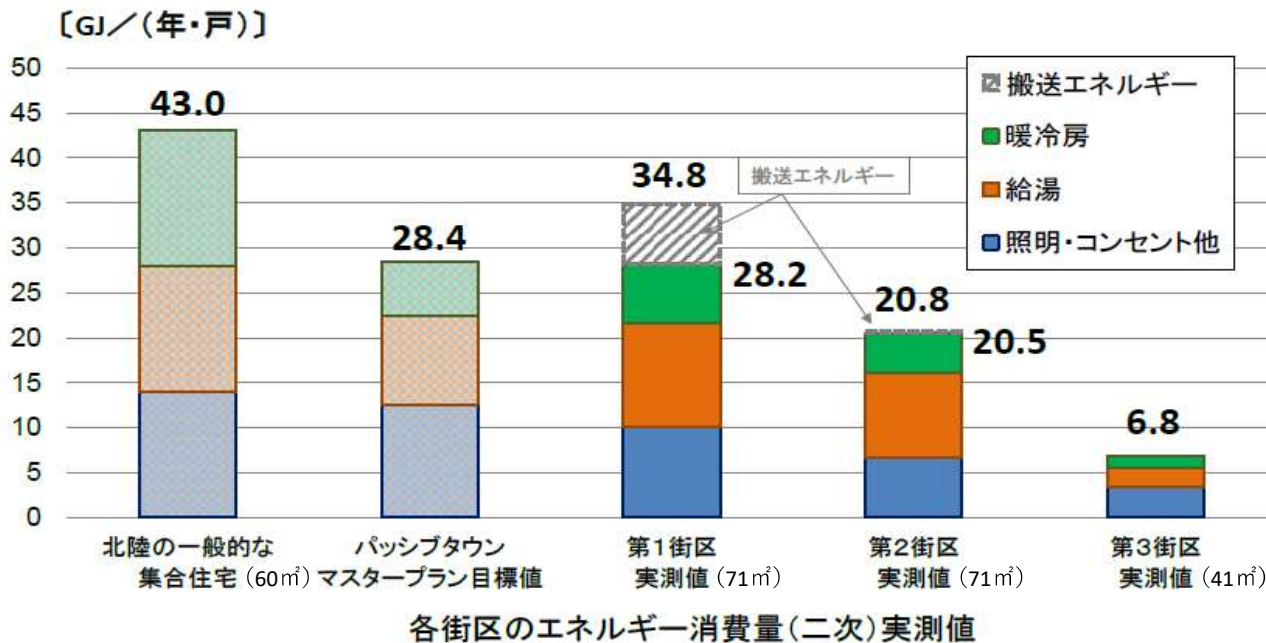
746時間 = 31日相当

1,328時間 = 55日相当



エネルギー消費量(2018年度実測値)

パッシブデザイン  
性能評価委員会  
2019/8/9

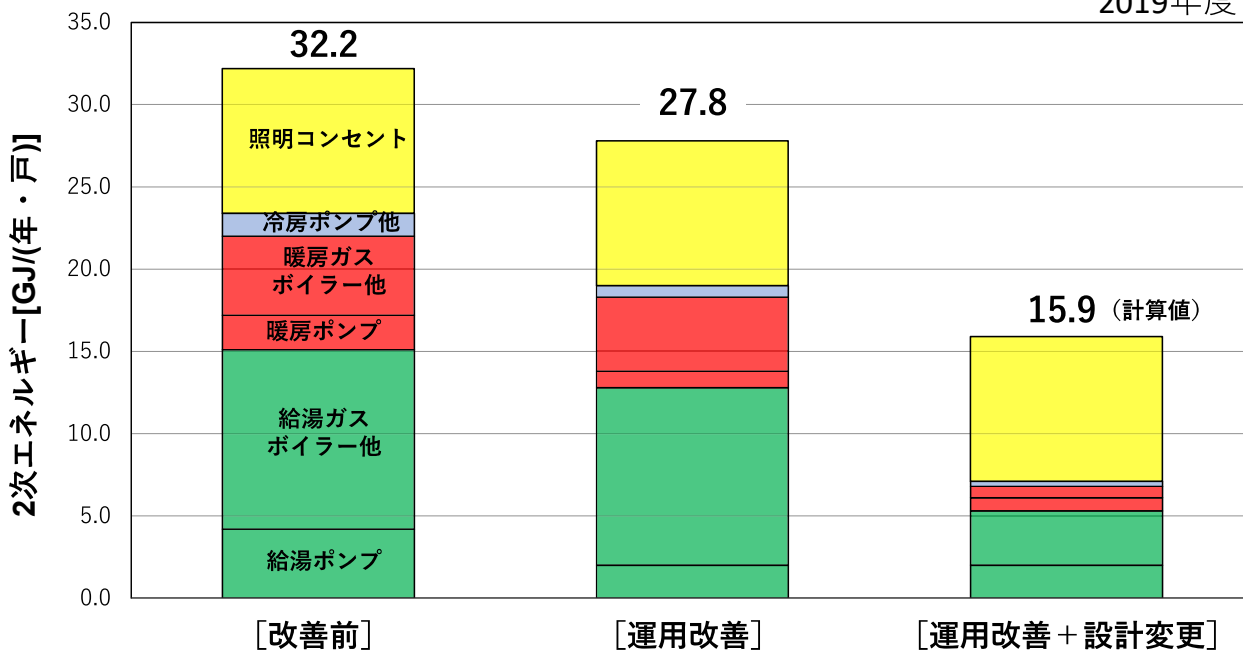


各街区とも北陸の一般的な集合住宅より少ないものの、  
建築外皮性能・設備・規模・ライフスタイル等により大きな差異

進化を続けるパッシブタウンの一例 (運用改善効果)

第1街区のエネルギー消費量 (二次) 削減効果

2019年度



ポンプのインバータ制御  
+ 圧力設定適正化

運用改善  
+ ポンプ容量の適正化  
+ 床パネル⇒壁パネルへ

[運用改善]により、マスタープランの目標値 (28.4 [GJ/(年・戸)]) を達成

## 居住者との意見交換会（対象：第1・2・3街区住民）

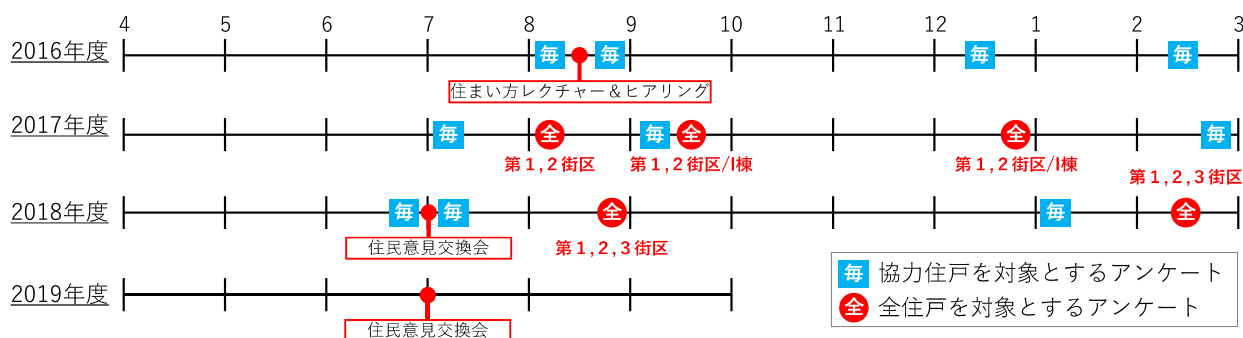
### ・意見交換会



### ・協力住戸/全住戸対象のアンケート調査

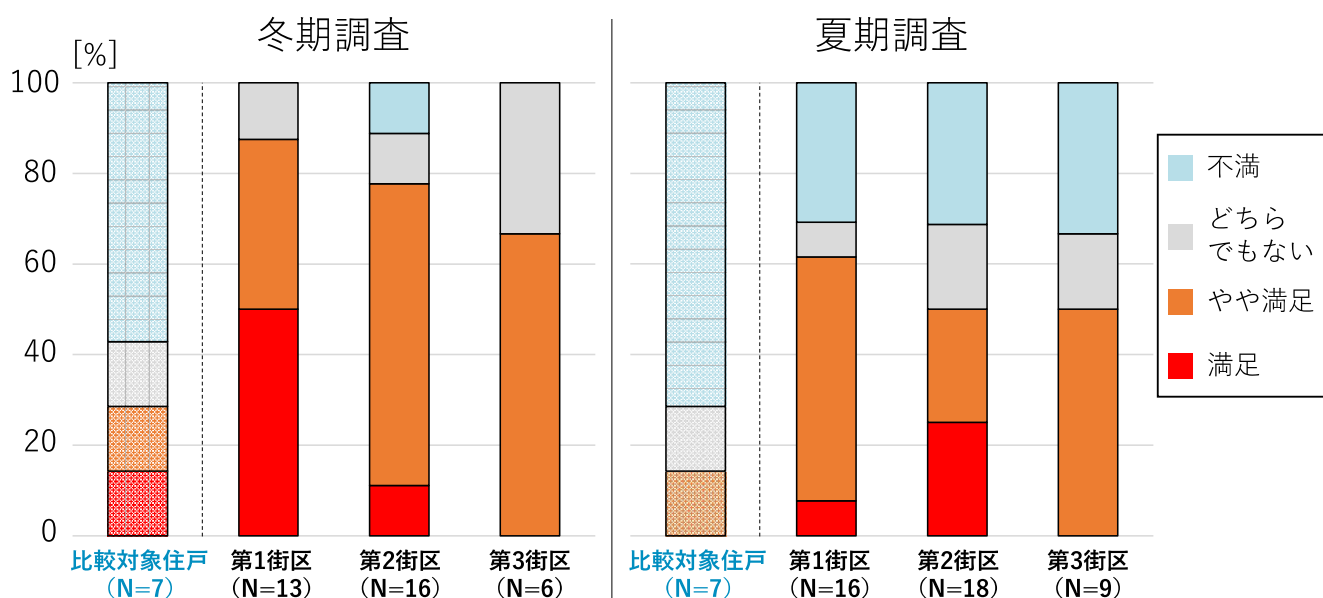
アンケート調査項目（一部抜粋）
熱的快適性 （温冷感、湿度、気流感、快適性、満足度）
室内温熱環境の調節方法 （窓の開閉習慣、エアコン使用時間帯）
環境行動通知（タブレット）の使用状況
パッシブな住まい方と環境に対する意識
各導入技術や設備に対する効果の感じ方
入居以前の室内環境調節方法
入居後の住まい方に対する認識

### ・アンケート調査時期 [月]



13

## 居住者アンケート（2018年実施、比較対象住戸は2017年）



- ・各街区とも夏期/冬期ともに比較対象住戸より大幅に満足度向上
- ・各街区とも冬期が夏期に較べて満足度が高い傾向
- ・開口部からの通風・採光・日射取得などが満足度に影響
- ・外部環境の情報が必要（アンケート・意見交換と実測より）

14

外部と室内の気象状況を伝えるタブレットを居間に設置し、窓を開けるべき時などを知らせるようにした

頻繁に利用 見た事が有る 利用していない

①【画面】 閲覧割合：60% 行動割合：30%



2019年	16%	58%	26%
2020年	28%	36%	36%
2021年	12%	29%	59%

居住者の総合満足度は、年々上昇している

《満足意見》

- ・室内環境が良い、特に温熱環境
- ・暖房をする機会がほとんどない
- ・室内の適温が保てる
- ・結露が無い

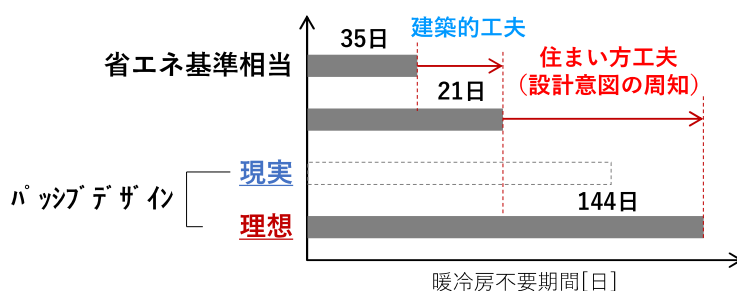
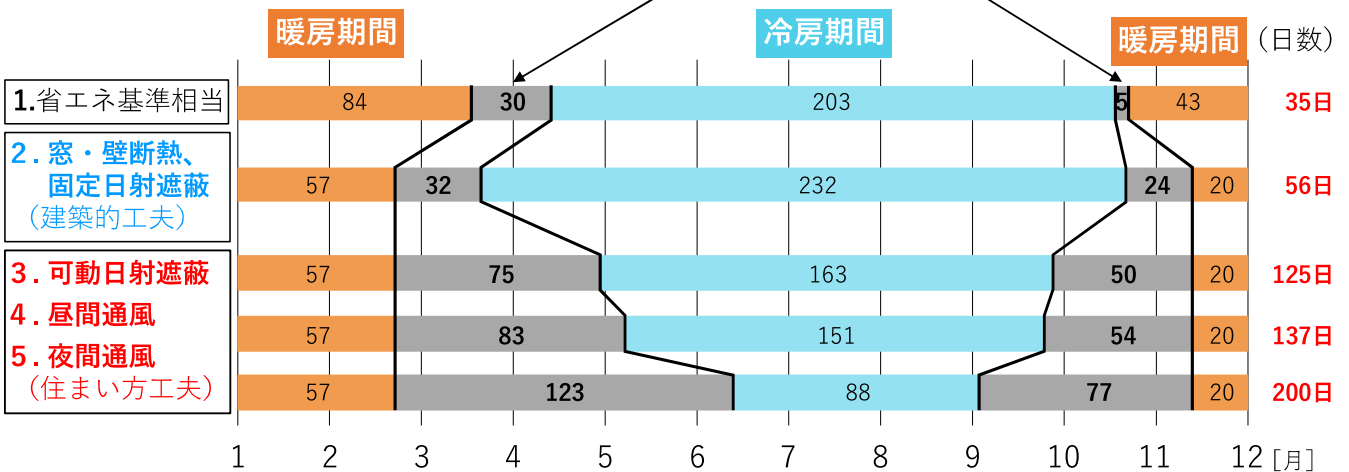
《不満足意見》

- ・冬期に日射が入ると暑くなりすぎる
- ・窓を開けるタイミングが解らない
- ・窓を開けると花粉や匂いが気になる



自然室温による暖冷房不要期間（パッシブ性能評価指標）の算出

パッシブデザイン→省エネ行動で 暖冷房不要期間 を増加



- ・パッシブデザイン = 建築的工夫 + 住まい方の工夫
- ・設計の意図とライフスタイルのマッチングが重要

## パッシブデザインや温熱環境、光環境など多様なテーマでの 研究成果について、学会で51報（海外4報を含む）を報告

### <報告リスト>

日本建築学会大会			
2017年（広島工科大学） 8月31日～9月3日			
1	実測及びCFDに基づくパッシブタウン黒部モデルにおける通風性能評価に関する研究 その1	第1期街区に関する検討	倉瀨研
2	居住者アンケート調査によるパッシブタウン黒部モデルの温熱環境性能評価 その1	第1期街区における夏期アンケート調査	倉瀨研
3	パッシブタウン黒部モデルにおける省エネルギー性・住環境評価 その1	パッシブタウンプロジェクトの概要	YKK AP
4	パッシブタウン黒部モデルにおける省エネルギー性・住環境評価 その2	パッシブタウンでの実測・評価概要	YKK AP
2018年（東北大学） 9月4日～9月6日			
5	パッシブタウン黒部モデルにおける省エネルギー性・住環境評価 その3	全住戸における年間通した環境調節方法と温熱環境評価の実態	倉瀨研
6	パッシブタウン黒部モデルにおける省エネルギー性・住環境評価 その4	パッシブ的住まい方の可能性に関する研究	倉瀨研
7	パッシブタウン黒部モデルにおける省エネルギー性・住環境評価 その5	環境行動通知の開発	YKK AP
8	パッシブタウン黒部モデルにおける省エネルギー性・住環境評価 その6	外断熱工法共用部の省エネ性評価の課題	YKK AP
9	パッシブタウン黒部モデルにおける省エネルギー性・住環境評価 その7	共用部および隣接住戸入居状況が住戸熱損失に与える影響	井上研
10	パッシブタウン黒部モデルにおける省エネルギー性・住環境評価 その8	第1街区における窓装備の開閉状況の実態調査	吉澤研
11	パッシブタウン黒部モデルにおける省エネルギー性・住環境評価 その9	第1街区における窓装備の運用に関する居住者アンケート調査	吉澤研
12	2017年の気象観測値の補完法 黒部のパッシブタウンにおける気象観測に基づく気象データの整備 その1		YKK AP
13	1年間の観測気象データから標準年気象データを作成する2つの方法の提案 黒部のパッシブタウンにおける気象観測値に基づく気象データの整備 その2		YKK AP
14	実測及びCFDに基づくパッシブタウン黒部モデルにおける通風性能評価に関する研究 その2		倉瀨研
RoomVent2018 June 2～5 Espoo Finland			
43	A Study on the influence of environmental adjustment behavior of resident on the thermal environment performance of PassiveTown		倉瀨研
Clima2019 May26～29 Bucharest Romania			
44	Study on Cross-Ventilation Performance of Residences in the PassiveTown Kurobe Model based on Measurements and CFD		倉瀨研
CIE 2019 June14～22 Washington DC USA			
45	AN INVESTIGATION OF ANNUAL DAYLIGHTING METRICS FOR RESIDENTIAL HOUSES		吉澤研

## 研究成果の社会や業界への還元を図り、建築業界の発展に貢献

17

### パッシブタウン関係の認定や受賞

No.	受賞年月	開催国	街区	棟	受賞	部門		ランク/賞/認証	主催	備考
						部門	ランク/賞/認証			
1	2015年9月	イタリア	1	-	PLEA2015	-	-	最優秀論文賞	パッシブ&ローエネルギー建築会議	-
2	2017年6月	ドイツ	3	J	パッシブハウス認定 (EnerPHit Classic)	集合住宅部門	-	-	パッシブ研究所	日本初
3	2017年10月	アメリカ	3	K	LEED for Homes	-	-	プラチナ認証	アメリカグリーンビルディング協会	最高ランク
4	2017年	日本	3	-	リノベーションオブザイヤー2017	-	-	超高性能エコリノベ賞	リノベーション推進住宅協議会	-
5	2018年1月	日本	1,2,3(J棟)	-	BELS評価	-	-	5つ星「☆☆☆☆☆」	住宅性能評価・表示協会	-
6	2018年2月	日本	黒部市における持続可能なまちづくり・住まいづくり (パッシブタウン含む)	-	第27回地球環境大賞	-	-	フジサンケイグループ賞	フジサンケイグループ	パッシブタウンを含め、ふるさとの森づくり、市内二次交通の整備など、地域と共同した持続可能な街づくり、住まいづくりが評価された
7	2018年7月	アメリカ	3	K	2017 LEED Homes Awards	集合住宅部門	-	Winner	アメリカグリーンビルディング協会	日本初 最高ランク
8	2018年11月	日本	1,2	-	第17回屋上・壁面緑化コンクール	屋上緑化部門	-	環境大臣賞	都市緑化機構	富山県初
9	2018年11月	日本	3	-	第11回景観広告とやま賞	-	-	景観広告賞	景観広告とやま実行委員会	-
10	2019年4月	日本	3	-	第19回JIA環境建築賞	-	-	特別賞	日本建築家協会	-
11	2020年	日本	全体	-	2019年度日本造園学会賞	技術部門	-	学会賞	日本造園学会	最高賞
12	2021年4月	日本	1	-	第61回 日建連表彰	-	-	BCS賞	日本建設業連合会	-
13	2022年1月	日本	4	-	BELS評価	-	-	5つ星「☆☆☆☆☆」	住宅性能評価・表示協会	-

18

パッシブデザイン性能評価委員会から

● 2030 年に実現すべき住まいへの提言  
(第4街区以降に挑戦すべき事項)

前期街区の外皮性能とパッシブデザインによるエネルギー消費量削減を基盤に

- ・ ZEB/ZEHと快適環境の両立で地球環境にも貢献
- ・ 再生可能エネルギーの効率的な利用で、脱炭素/カーボンニュートラルの実現

暖冷房不要期間に基き

- ・ 冬期は、高断熱と日射取得により限りなく無暖房化
- ・ 夏期・中間期は、日射遮蔽と通風により冷房期間の短縮化

脱炭素/カーボンニュートラル実現に向けて

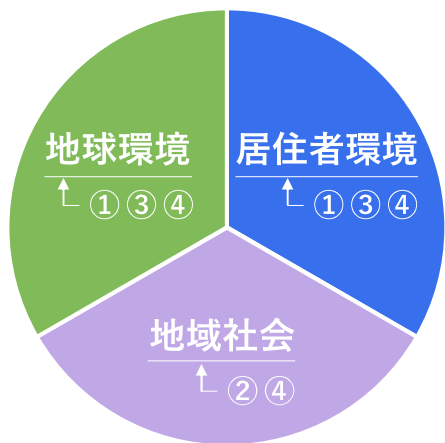
- ・ 太陽光発電の自家消費
- ・ 蓄電池とエネルギーマネジメント技術を導入すべき

・パッシブタウンとSDGsとの関わり

～パッシブタウンをSDGsで読み解く～

パッシブタウンでは、持続可能な社会にふさわしい「まちづくり・住まいづくり」を追及し、より持続可能な社会の実現を目指しています。

パッシブタウンが目指す  
持続可能な社会



【前期街区】

⇒エネルギー消費量の削減と地域活性化

- ① パッシブ技術導入+外皮性能向上による建物のエネルギー消費量の削減
- ② 他用途施設の併設、ランドスケープ整備  
コミュニティ活動実施による地域活性化

【後期街区】

⇒創・蓄エネを加えたエネマネ、木造化

- ③ P2G利用に加えたエネルギー  
マネジメントによる脱炭素化
- ④ 建物の木造化による資源循環の促進

⇒パッシブタウンの取組内容をSDGsの17個のゴールにマッピング

	取組内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
前期	躯体・開口部の断熱性向上																		
	自然エネルギーの活用																		
	居住者への説明会																		
後期	太陽光発電による創エネ																		
	P2Gシステムの活用																		
	地域産材利用による木造化																		
共通	植林を通じた資源循環構築																		
	敷地緑化、水路・水盤整備																		
	商業施設、保育施設の整備																		
	コミュニティ活動の実施																		
	各種環境性能評価・認証																		

【今後の課題】

より多くの持続可能なテーマに取り組み、その深化と地域への広がりをもたらす

## 講演3 木造化およびP2G技術の応用と展開

2022年7月29日  
SDGsフォーラム 月例セミナー

(株)竹中工務店 設計本部 プリンシパルエンジニア  
高井 啓明

## 木造化による脱炭素

### | パッシブタウン黒部第5街区の住宅棟の設計

#### Hermann Kaufmann

ヘルマン・カウフマン

1982年 ウィーン工科大学建築学 修士号取得  
1983年 設計事務所 設立  
1995-1996年 リヒテンシュタイン大学の前身となった  
技術学校にて木造建築講師  
1998 / 2000年 グラーツ工科大学およびリュブリャナ大学 客員教授  
2002-2021年 ミュンヘン工科大学建築学部 教授



私が生まれ育ったオーストリアは、豊かな森林資源に恵まれると共に、古くから木造建築の可能性と向き合ってきた、世界屈指の木造建築大国です。40年にわたって建築家として活動する中で、カナダでは20階建て木造高層住宅建築プロジェクトに参加したほか、木材の素材改良にも携わるなど、近代的な木造建築の可能性を広げるための様々な試みに日々取り組んできました。今回のプロジェクトを通じて、高い耐震性が求められる日本のような国でも近代建築工法による中高層木造建築が大変有意義であることや、パッシブハウス並みの高い省エネ性能を実現できることを証明したいです。もちろんPower to Gas システムの導入による再生可能エネルギーのシーズンシフトも、何となくも実現したい。

欧州で培ったノウハウを活かしながらも、決して固定観念にとらわれることなく、多くの人と共に学び、日本の木造建築の発展に貢献できればと考えています。



## 木造化による脱炭素

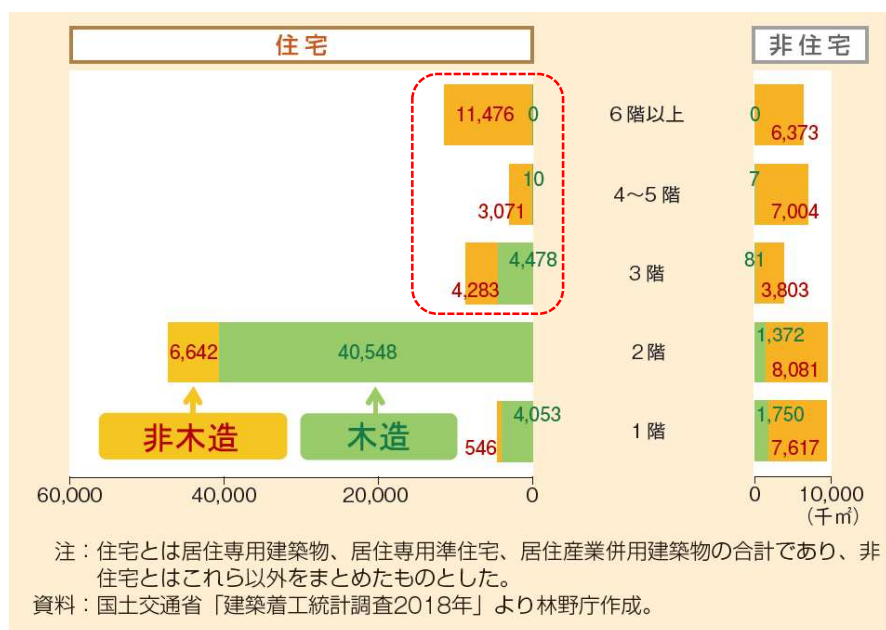
### 森林・林業・木材産業と持続可能な開発目標 (SDGs)

政府「SDGsアクションプラン2021」 令和3(2021)年12月	森林・林業・木材産業の取組み方策 林野庁 林業白書より	関連するSDGsゴール
気候変動対策 世界の持続可能な森林経営の推進及び REDD+ * 5の支援等 ※REDD+とは、途上国における森林減少・森林劣化からの排出の削減、及び森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の強化の役割	陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の推進、持続可能な森林の経営、砂漠化への対処、並びに土地の劣化の阻止・回復及び生物多様性の損失を阻止する	ゴール15を始め、多くの目標に関連
治山対策の推進と国土強靱化への対応	森林が有する国土保全機能や水源涵養機能	ゴール6「安全な水とトイレを世界中に」及び ゴール11「住み続けられるまちづくりを」
気候変動対策 バイオマス利活用の推進	地球温暖化防止機能	ゴール13「気候変動に具体的な対策を」
林業の成長産業化 林業への新規就業者の育成 スマート林業構築推進 山村活性化支援	林業の成長産業化を通じて、林業の現場における賃金の増加	ゴール8「働きがいも経済成長も」
森林の多面的機能の発揮のための取組	木材流通の改革によるウッドマイレージ(物流距離)の短縮	ゴール12「つくる責任つかう責任」
木材利用の推進による森林資源の循環利用		ゴール8、ゴール11、ゴール15等の様々なゴール

2

## 木造化による脱炭素

### 階層別・構造別の着工建築物の床面積(日本)

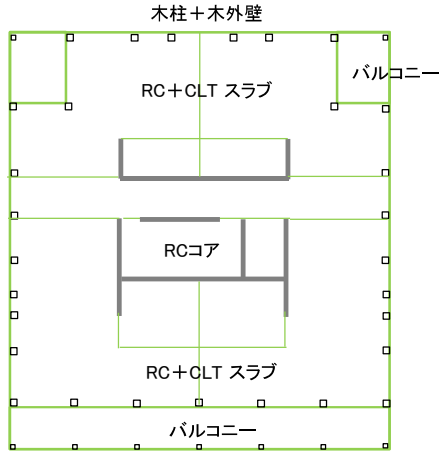


3



## 木造化による脱炭素

### 木造中高層集合住宅の実現

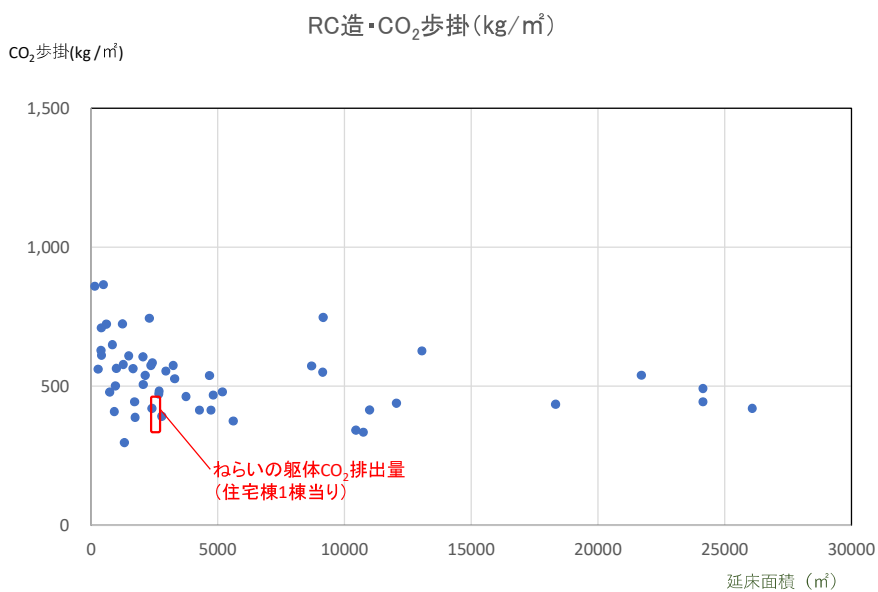


- ・木造・RC造のハイブリッド構造計画
- ・県産木材の最大活用
- ・エンジニアリングウッドの生産と工法
- ・プレファブリケーションと木造建方工期の最短化

4

## 木造化による脱炭素

### 建設段階のCO<sub>2</sub>排出量の比較(躯体)

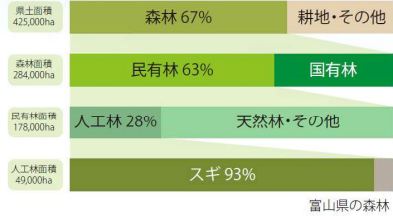


5

# 木造化による脱炭素

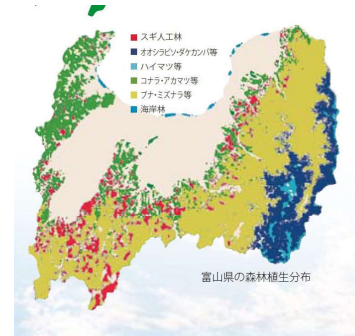
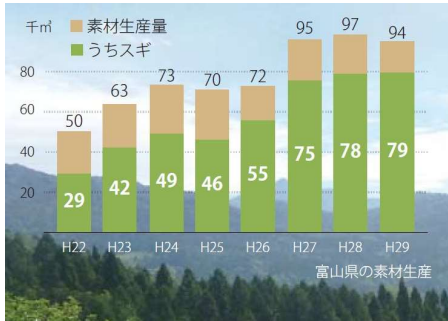
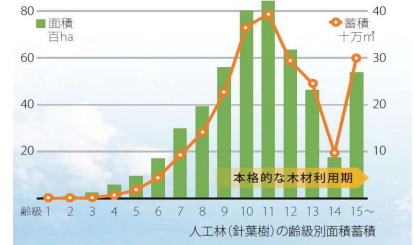
## 富山県土の67%が森林

富山県の森林面積は約284,000haで、県土425,000haの67%を占めています。森林の63%にあたる178,000haは民有林で、そのうち、人の手によって森林更新が行われる人工林は49,000haで、民有林の28%を占めています。



## 充実してきた富山県内人工林資源

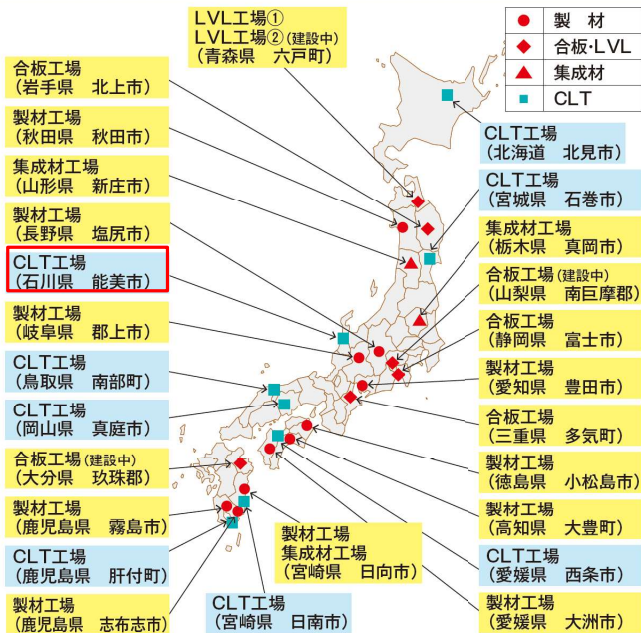
県内人工林では面積の93%をスギが占めています。そのうち9齢級(41年生以上)のスギが、面積・蓄積ともに全体の8割以上を占め、本格的な利用期を迎えています。



# 木造化による脱炭素

## 大型木材加工工場及びCLT工場の分布

## CLT製造企業(JAS認定)



CLT製造企業(JAS認定)一覧	樹種	厚さ(mm)	最大(m)
オホーツクウッドピア	北海道北見市	カラマツ	60~210 1.3×3.65
西北ブライウッド	宮城県石巻市	スギ	45~180 (36~450) 1.2×4
<b>中東</b>	<b>石川県能美市</b>	<b>スギ</b>	<b>90~270 1.25×6.2</b>
鳥取CLT	鳥取県西伯郡	スギ	36 1×2
銘建工業	岡山県真庭市	スギ・ヒノキ&スギ・カラマツ・ヒノキ・トマツ	90~270 (60~330) 3×12 (2.7×6)
サイプレス・スナダヤ	愛媛県西条市	スギ・ヒノキ	90~270 (60~400) 3×12
ウッドエナジー	宮城県日南市	スギ	90~270 (36~270) 0.98×4
山佐木材	鹿児島県肝属郡	スギ・ヒノキ&スギ	90~270 (36~450) 2×4

# 木造化による脱炭素

## 品質認証「JAS規格制度」

### とやま県産材のJAS認証区分

木材の品質・性能・大きさ・形状などは「JAS規格制度」によって一定の基準が定められています。

「JAS規格制度」とは、農林水産大臣が制定した「日本農林規格（JAS規格）」に基づく品質検査方法・生産方法・流通方法などの基準を満たす商品に対してのみ、JASマークを付けることが認められている任意の制度です。

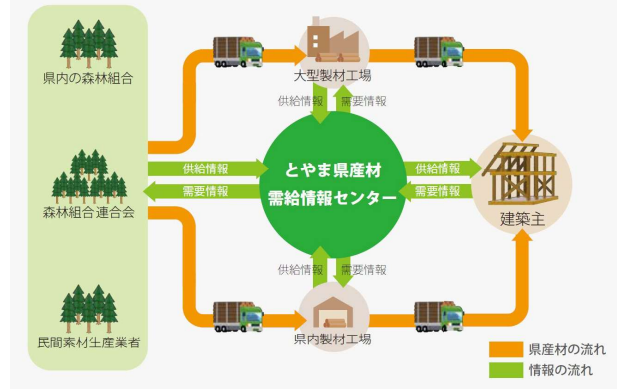
JASマークが付いている木製品は、厳格な審査・管理によって安定した品質・性能を保っていることが証明できます。県内には製材のJAS認定工場が15事業者（平成31年3月現在）ありますので、JAS材を安定して供給できます。



区分	内容	
構造材	機械等級区分 (JAS)	機械によりヤング係数を測定する 材面は目視等級区分の乙3級以上
		材面の節、丸身などの欠点を目視により測定する
	目視等級区分 (JAS)	甲種1~3級 梁などの曲げ性能を必要とするもの
		乙種1~3級 柱などの圧縮性能を必要とするもの
無等級材	上記以外のもの（機械、目視で検査をしない）	
造作用・下地用 (JAS)	敷居や鴨居などの造作に使用するもの 屋根、床、壁などの下地に使用するもの	



## 富山県産材の供給



# 木造化による脱炭素

## 新川森林組合

### 吉田 譲さん

Yuzuru Yoshida

新川森林組合 代表理事組合長



略歴  
 1988年 東城建設株式会社 代表取締役就任  
 2010年 (一社) 富山県建設業協会 常任理事 (魚津支部長)  
 2013年 現在 魚津商工会議所副会頭  
 2021年 株式会社東城 代表取締役退任  
 2021年 現在 新川森林組合 代表理事組合長就任

## 県産木材で カーボンニュートラルの実現を

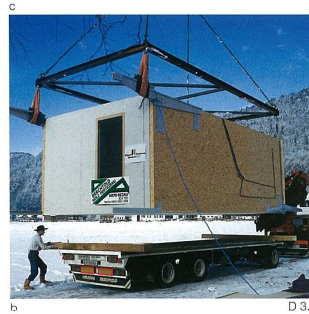
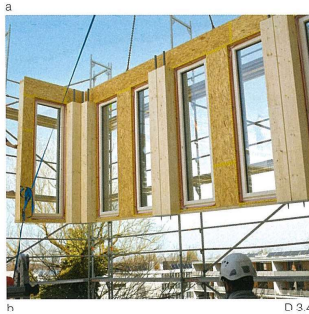
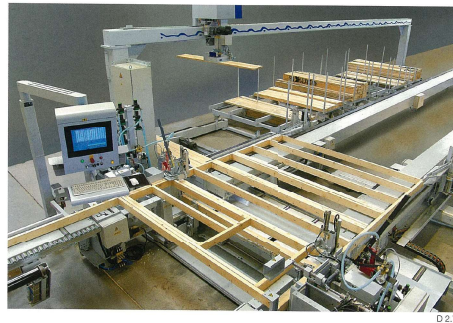
新川森林組合は、パッシブタウン第4期街区から、サステナブルな森林資源の循環活用に向けて協力しています。ですが、現実には目を向けると、ここ数十年は林業に携わる者にとってはかなり厳しい時代です。杉の木の価格はかつて立木で1本2~3万円していたものが、3000円程度にまで下がっています。原因は安い輸入材で、国産材の需要は落ち込み、林業の採算がとれなくなったためです。近年は山の持ち主の植林意識は下がり、山林が放置されるような状態です。私の親の世代が積極的に植林した木が伐期を迎えて、今は十分な供給能力があるにもかかわらず、価格の安い輸入材の影響で需要がないのです。しかも伐期を迎えた山林を長らく放置していると戦後植林された多く

の杉が巨木化してしまい伐期を逃してしまいます。また、皆伐した山林に引き続き植林を行わないで放置して現在のよう状況が続けば、あと20年ほど経つと、災害の発生しやすい荒廃した山林と放置された山ばかりになってしまいます。荒廃した山や放棄林は下草が生えず、直接地面に水が当たり、水害も起きやすくなる。それが今の林業の実態です。今回のパッシブタウンの試みは、皆伐し放置された山に植林することで自然環境を守り、災害を遠ざけ、カーボンニュートラルにも貢献できます。パッシブタウンの取り組みが広がり、植林の意識と木材の需要が拡大していくことを心から願っています。

# 木造化による脱炭素

## プレファブリケーションと木造建方工期の最短化

Hermann Kaufmann / Manual of Timber Construction Detail より

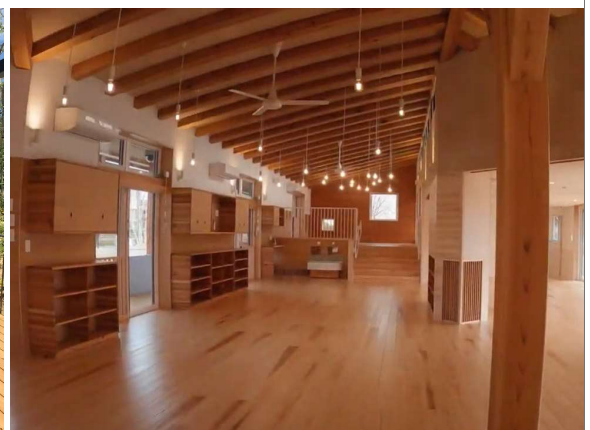


10

# 第4街区保育園の計画と実施

## パッシブタウン第4街区 保育園

竣工：2022年3月  
建築地：富山県黒部市三日市  
構造・階数：木造平屋建て  
延床面積：470m<sup>2</sup>  
材料：県内産の杉材利用  
自然利用：自然採光・自然換気多用  
設備：子どもに配慮した換気  
ZEB：Net ZEB認証取得

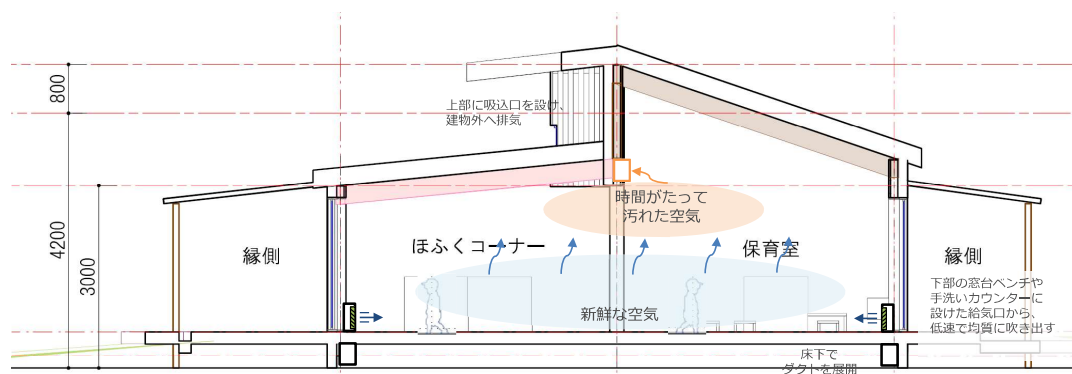


11

## 第4街区保育園の計画と実施

### | 保育園の空調換気

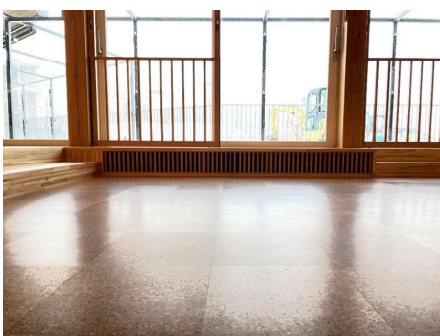
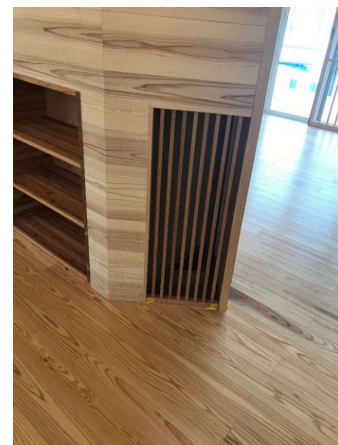
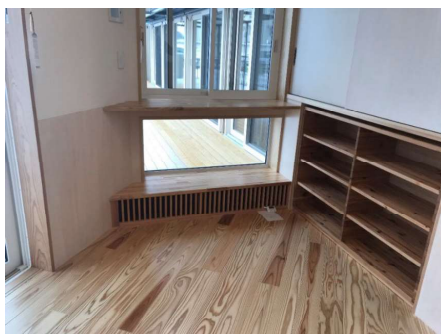
- ・取り入れた新鮮な外気をコイル付き全熱交換器で処理し、子供の高さである窓台ベンチ等の低い位置から吹き出す
- ・高い位置で排気を行い、下から上への空気の流れをつくり、子どもの居住する空間の空気質を最もよいものとする
- ・子どものエリアにパネル式床暖房を行う。各所に壁掛けエアコンを設置し、不足時に温度制御運転を行う
- ・健康や感染防止を重視し、外気供給量と温湿度を適切に維持する。CO2濃度計と温・湿度計を上下のレベルに設置し、計測管理・運用改善を図る



12

## 第4街区保育園の計画と実施

### | 子どもの高さでの新鮮外気供給

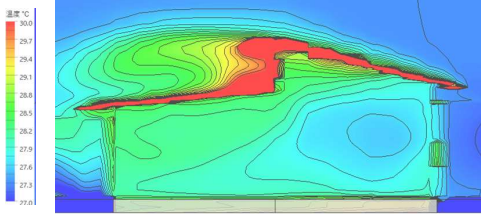


13

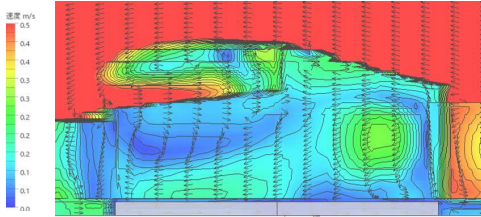
## 第4街区保育園の計画と実施

### 自然換気の計画と実施

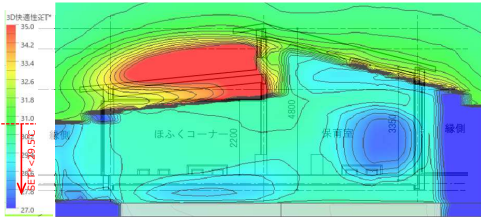
温度分布



風速分布



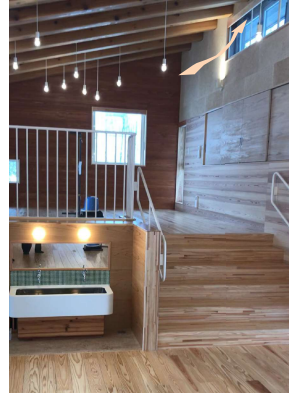
総合環境指標 SET\*分布



こどもの高さで  
風速が0.2~0.3m/s  
温度27.5℃  
SET\*は快適範囲

自然換気用の窓

- ・引違窓からの給気
- ・網戸
- ・子どもの倒れ防止の木柵



高窓からの排気

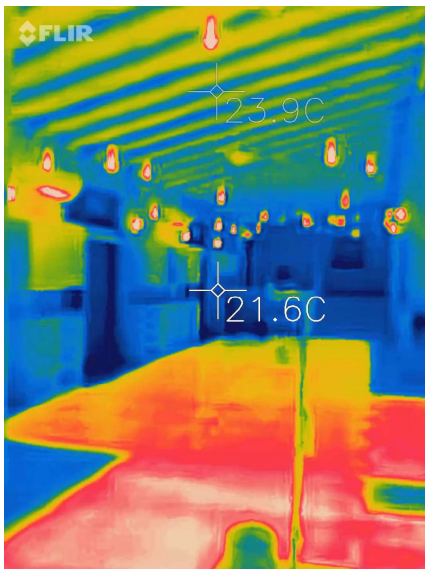


自然換気のお知らせ装置

## 第4街区保育園の計画と実施

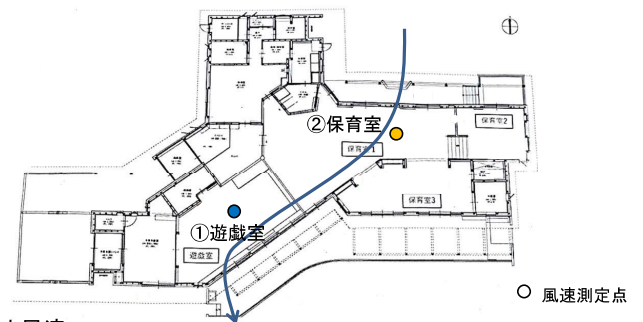
### 冬期(竣工前)の温度分布

保育室

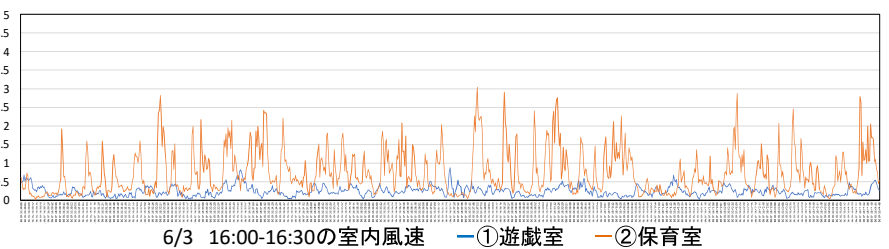


- ・上下温度差のない室内空間
- ・床暖房による暖かい床面(28°C前後)

### 中間期の自然換気時の室内風速



保育室・遊戯室の室内風速



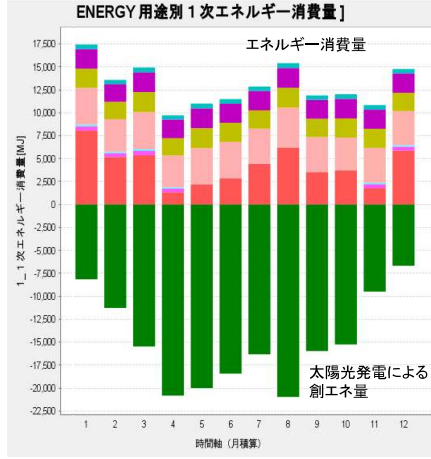
6/3 16:00-16:30の室内風速 ①遊戯室 ②保育室

- ・北側保育室窓から外気が流入し、南側遊戯室窓から流出
- ・保育室測定点は0.5~2m/s、遊戯室測定点は0.2~0.3m/sの風速

# 第4街区保育園の計画と実施

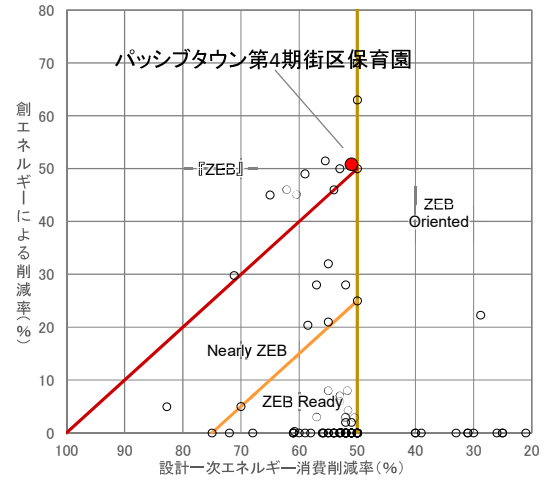
## 太陽光発電による創エネとNet ZEB

太陽光発電パネル(PV)  
 敷設容量:18.75kW  
 設置方位:南向き  
 設置角度:約7°



年間のエネルギー消費量、PV発電量 計算結果

屋根面の太陽光発電パネルにより、年間の消費量を上回る創エネが達成可能と予測



建築物省エネ法計算(最終認証)でNet ZEBを達成 ZEB認証を取得

# P2G技術の住環境での応用と展開

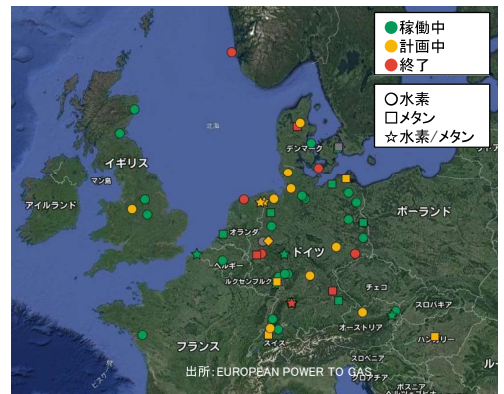
## 欧州のパワー・ツー・ガス(P2G)の実施状況

パワー・ツー・ガス(Power to Gas, P2G):

太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの出力時に生じた余剰電力を水素やメタンなどの気体燃料に変換して貯蔵する技術。蓄電池等の電力貯蔵手法と比べて、長時間かつ大容量の貯蔵が可能である。貯蔵時間が長いほど、P2G貯蔵が有利となる。余剰電力利用でエネルギー自立性を高めるのでオフグリッドや脱炭素につなげることのできる技術である。

欧州:

EUにエネ消費における再エネ率を高める目標設定あり。再エネ由来のガス製造コンセプトが多く示される  
 → 欧州の主要国がP2G実証を先行している

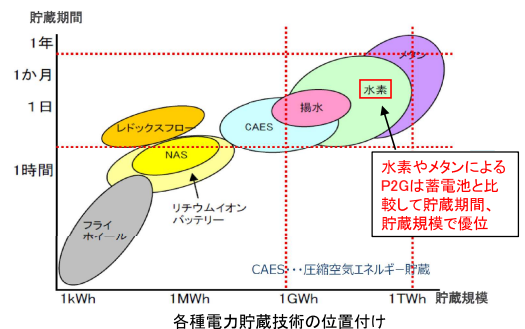


欧州におけるP2Gプロジェクト

### 欧州におけるP2G実証プロジェクト事例

プロジェクト名・場所	電解装置	容量 (kW)	開始年	TRL	国	特徴等
Hybrid power plant Falkenhagen	アルカリ	2,000	2013	7	ドイツ	メタネーション、ガス管
Wind Gas Hamburg	PEM	1,000	2015	7	ドイツ	ガス管
Energie Park Mainz	PEM	6,000	2015	7	ドイツ	ガス管
Bio Power2 Gas	PEM	1,200	2015	6	ドイツ	バイオ、メタネーション、ガス管
Bio Cat Project/PowerStep	アルカリ	1,000	2016	7	デンマーク	バイオ、メタネーション、ガス管
Ingrid-Store&GO Italy	PEM	1,000	2016	7	イタリア	メタネーション、ガス管
Swisspower Hybridkraftwerk	-	1,000	2018	6	スイス	バイオ、メタネーション
Energy valley	PEM	12,00	2018	7	オランダ	
H2V Product	アルカリ	100,000	2020	8	フランス	ガス管

出所: Review of power-to-Gas projects in Europe, Christina Wulf



## P2G技術の住環境での応用と展開

### 欧州のパワー・ツー・ガス(P2G)の実施状況

ブリュッテン集合住宅(新築): PV(屋根・外壁) + 水素製造・季間貯蔵 + 燃料電池、断熱・気密住宅



水素貯蔵タンク (建設時)



長期蓄熱槽 (建設時)

アウグスブルグ集合住宅(改修): PV(屋根) + 水素製造 + メタン製造・季間貯蔵 + コージェネ、断熱・気密住宅



水電解装置



メタン製造装置



CO2回収装置



酸素・CO<sub>2</sub>・メタンガス貯蔵タンク

## P2G技術の住環境での応用と展開

### 外皮性能の向上を基本にした脱炭素化新技術の最適化

## 井上隆さん

Takashi Inoue

東京理科大学 名誉教授

パッシブデザイン性能評価委員会 委員長



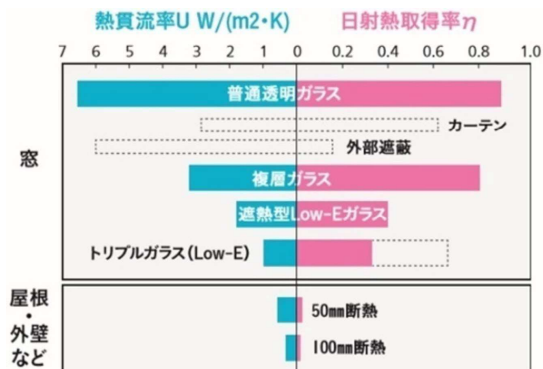
略歴

1982年-1989年 東京大学 工学部 助手  
 1989年-2002年 東京理科大学 理工学部 専任講師・助教授  
 2002年-2020年 東京理科大学 理工学部 教授  
 2014年-2016年 空気調和・衛生工学会 会長  
 2020年-現在 東京理科大学 名誉教授/東京電機大学 客員教授

住宅における外皮性能の重要性一。これまで性能評価を通じてパッシブタウンに関わる中で、私がまず実証を試みたのがこの点でした。特に重要なのは、窓の断熱性能を高めることです。

エネルギー需要を季節・時刻・用途ごとに把握し、安全で快適な暮らしを環境負荷の小さいエネルギー供給システムで支えることが大切です。生活の場である住宅においては安全性の確保に細心の注意を払いつつ、新技術の導入と運用を通してその最適化を図ることで、次世代に継承すべき貴重な知見を導き出すことができるのではと期待しています。

### 高性能窓・外皮が担保する快適空間





## P2G技術の住環境での応用と展開

| 建築における負荷と消費の最小化が大前提 ー住宅の熱性能・室内環境・消費性能の設定(検討資料から)ー

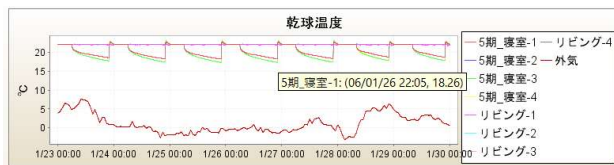
性能項目		想定値検討
外皮断熱性能	外壁U値	≦ 0.15
	屋根U値	≦ 0.15
	床U値	≦ 0.15
	開口部U <sub>W</sub> 値	≦ 0.8
	外皮平均熱貫流率U <sub>A</sub> 値	≦0.3W/(m <sup>2</sup> ・K)
気密性能	C値	目標 0.5
室内環境	冬期	室温 概ね20°C以上
	夏期	夏は室温 概ね27°C以下 絶対湿度 概ね15g/kg以下
エネルギー消費性能 (一次エネルギー) ※自然換気削減分は含まない	暖房	30 kWh/m <sup>2</sup> ・年 (108 MJ/m <sup>2</sup> ・年)
	冷房	
	住戸全体 (照明・家電・空調換気・キッチン・給湯)	120~180 kWh/m <sup>2</sup> ・年(検討中) (432~648 MJ/m <sup>2</sup> ・年)

20

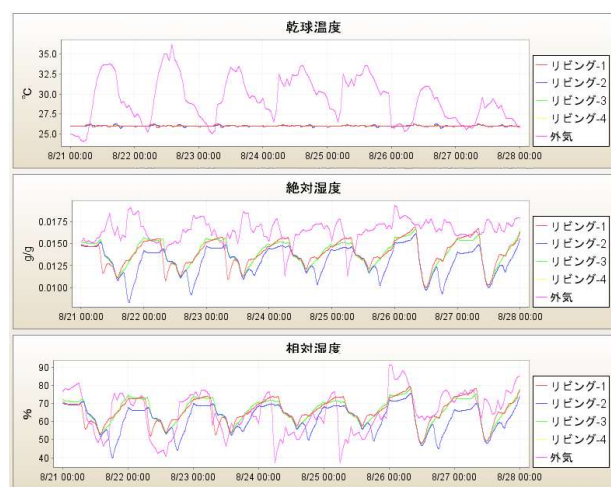
## P2G技術の住環境での応用と展開

| 最寒日・最暑日の室内環境の検討(温度・湿度)

冬:リビング・寝室 1/23(月)~1/29(日)  
最寒日8/22(火)



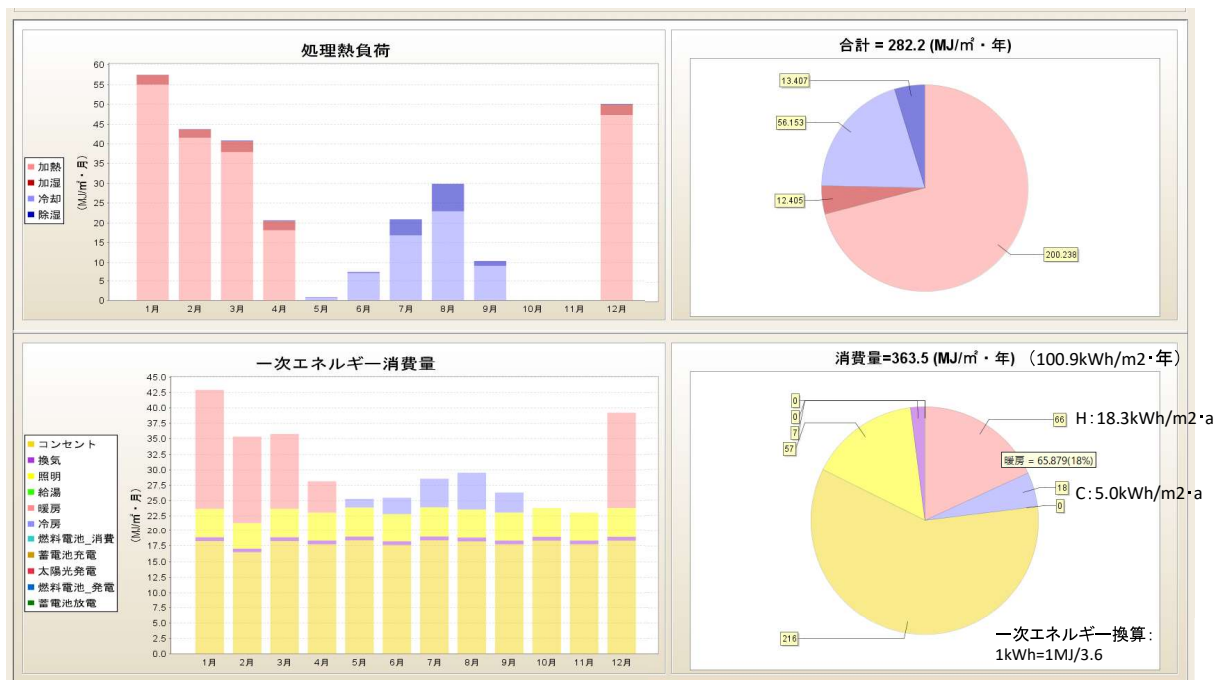
夏:リビング 8/21(月)~8/27(日)  
最暑日8/22(火)



21

## P2G技術の住環境での応用と展開

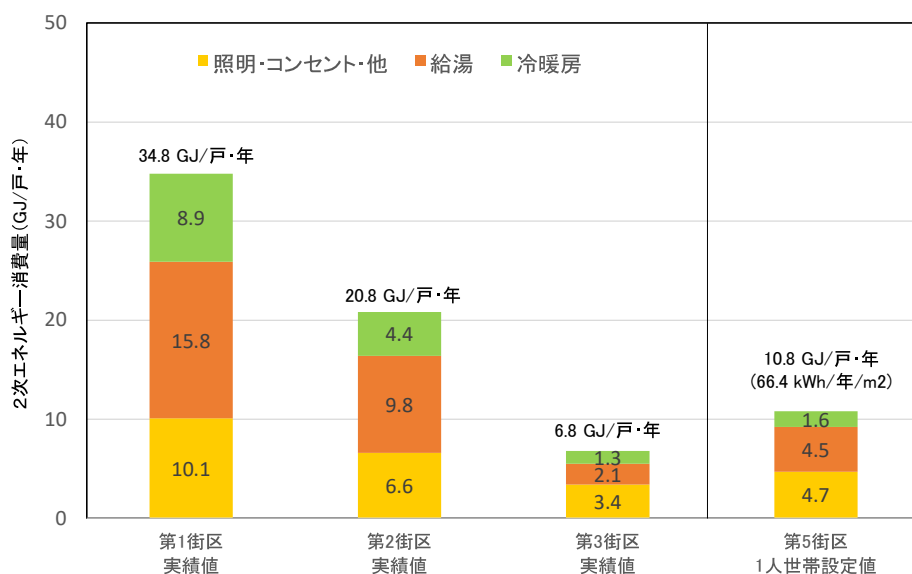
### 熱負荷・冷暖房消費量(給湯除く)の検討



22

## P2G技術の住環境での応用と展開

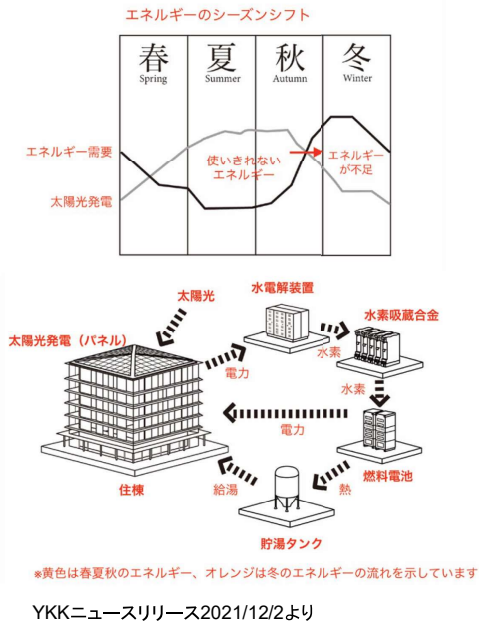
### 1期～3期の消費量実績と5期の消費量目標の設定(2次エネルギー)



23

## P2G技術の住環境での応用と展開

### 第5街区のパワー・ツー・ガス(P2G)計画



□水素エネルギー供給システム (Power to Gas) の構築 (日本で初めて集合住宅に実装) とエネルギーの地産地消

□県産木材の調達による木造中高層集合住宅の実現 (北陸地域で初)

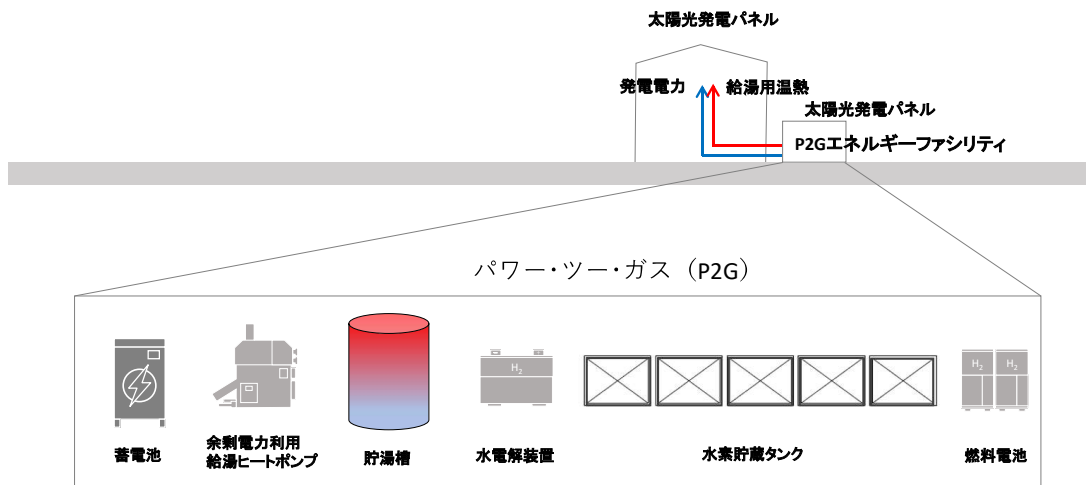


太陽光発電の余剰電力を水素に変換して季節貯蔵、冬にエネルギーとして利用することにより、カーボンニュートラルを実現する

24

## P2G技術の住環境での応用と展開

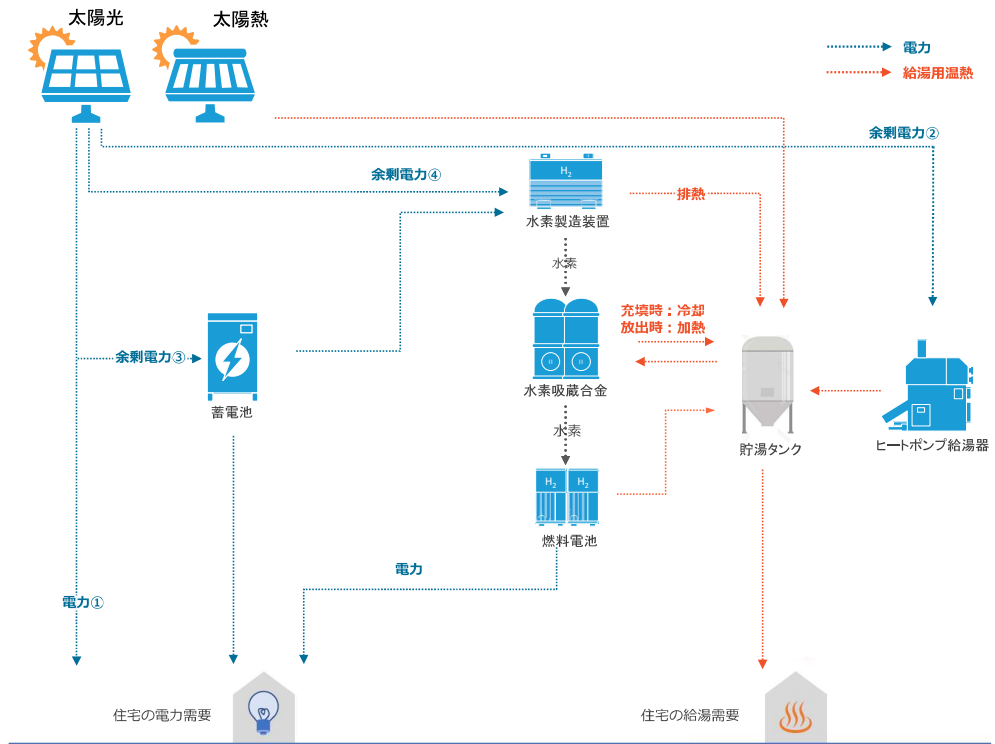
### 第5街区のP2G計画



25

## P2G技術の住環境での応用と展開

### 第5街区のP2G計画

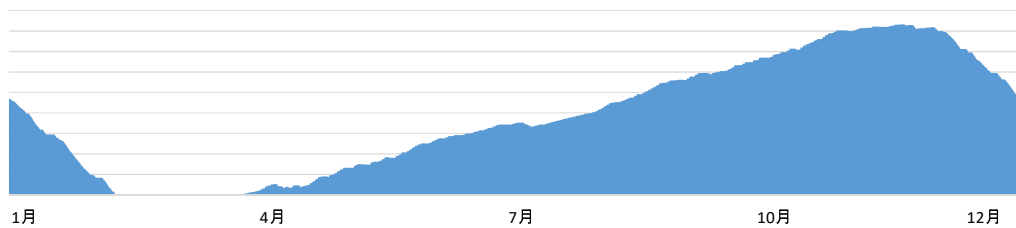


## P2G技術の住環境での応用と展開

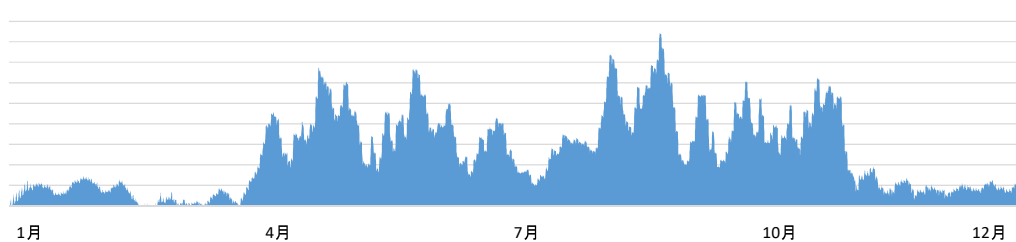
### 第5街区のP2G検討

夏・秋における太陽光発電の余剰電力を水素に変えて季節貯蔵し、冬期に電力・温熱として使う

年間の水素貯蔵量(イメージ)



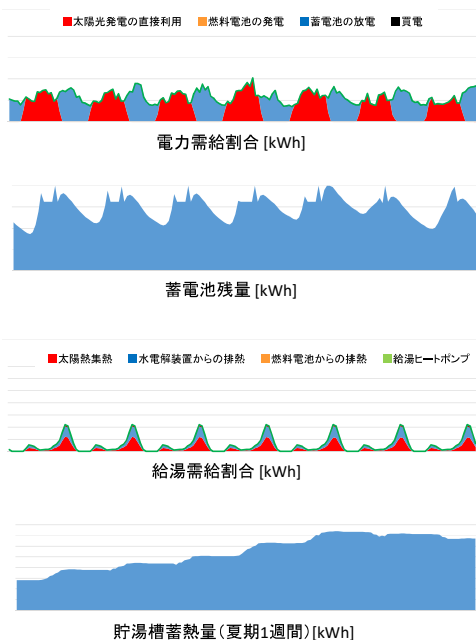
年間の貯湯槽蓄熱量(イメージ)



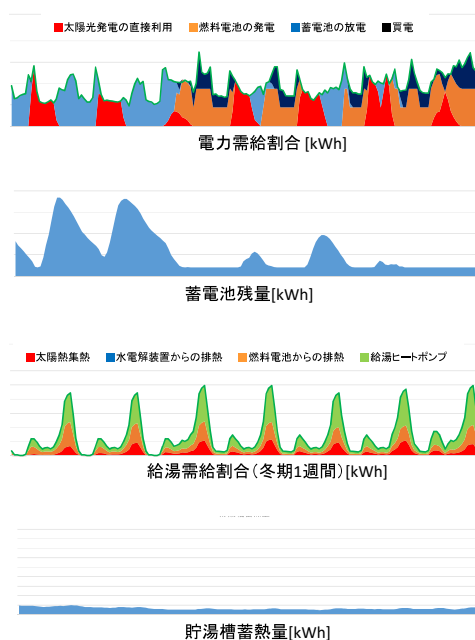
# P2G技術の住環境での応用と展開

## 第5街区のP2G検討 脱炭素であるオフグリッドを目指す

夏期1週間のイメージ



冬期1週間のイメージ



# P2G技術の住環境での応用と展開

## 再エネ利用をP2Gの社会実装で拡大

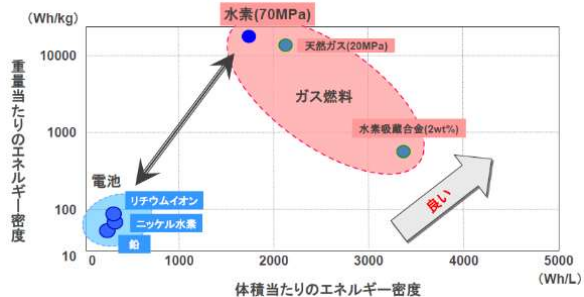
### 飯山明裕さん

Akihiro Iiyama  
山梨大学 特任教授  
燃料電池ナノ材料研究センター長



略歴  
2008年 日産自動車 総合研究所 燃料電池研究所長  
2010年 同 EVシステム研究所長  
2011年 同 エキスパートリーダー  
2015年-現在 山梨大学 特任教授  
燃料電池ナノ材料研究センター長

水素と蓄電池のエネルギー密度比較 (作成:竹中工務店)



水素貯蔵方式の比較 (作成:竹中工務店)

方式	低圧 (1MPa未満)	高圧 (1MPa以上)	吸蔵合金
体積、必要面積	×	○	◎
重量	◎	○	△
エネルギー損失	◎	○	○
応答性	○	○	○ 低温時は△
安全関連法規	自主安全基準	高圧ガス保安法	自主安全基準
イニシャルコスト	◎	○	△(将来的に○)
ランニングコスト	○	×	○

## 再生可能エネルギーの利活用を P2G の社会実装で拡大

水素を合金に吸蔵させて貯蔵する方法は、エネルギー損失をかなり低減させつつタンクの中で一年以上保存できます。また、圧縮ガスや液化ガスの状態で貯蔵するよりも体積をコンパクトにできる利点があります。

私たちがガスを日常的に問題なく利用できていることから明らかです。加えて水素は軽いので空中に放散すれば危険を避けることができます。さらに「吸蔵合金」は、安全性においても、他の水素を使ったインフラシステムに比べて大変優れた特性を持っています。もちろん、暮らしの中に組み込むとなれば、安全性を担保するための手立てを十全に尽くす必要はありますが、パッシブタウンにP2Gを実装することができれば、グリーンエネルギーの地産地消が可能になるのではと期待しています。

# SDGsへの取組み(技術的評価からの検討)

## 第1街区～第3街区の取組み評価 (CASBEE-SDGs自主評価の例)

### 第1街区



### 第2街区



### 第3街区



## 第5街区の取組みイメージ (CASBEE-SDGs自主評価の例)

### 第5街区

# CASBEE®-建築(新築) SDGs対応版 評価結果

<b>1-1 建物概要</b>		階数	地上5F	<b>1-2 外観</b>
建物名称	ハッパンタウン第5街区	構造	木造	
建設地	富山県富山市	平均居住人員	165人	
用途地域	第1種中高層住宅地域	年間使用時間	8,760時間(年(建築費))	
地域区分				
建物用途	事務所・飲食店・集合住宅	評価の段階		外観イメージ 図面は小さくすると変更は シートの保護を破損してください
竣工年	2025年3月	評価の実施日	2021年5月29日	
新築面積	0㎡	作成者	高井啓明	
延床面積	7,000㎡	建設日		
		確認者		

