



# 脱炭素キャンパスを どうやってつくるのか？

— ドイツ事例 —

2022.08.26

# Profile

プロフィール



**金田 真聡**

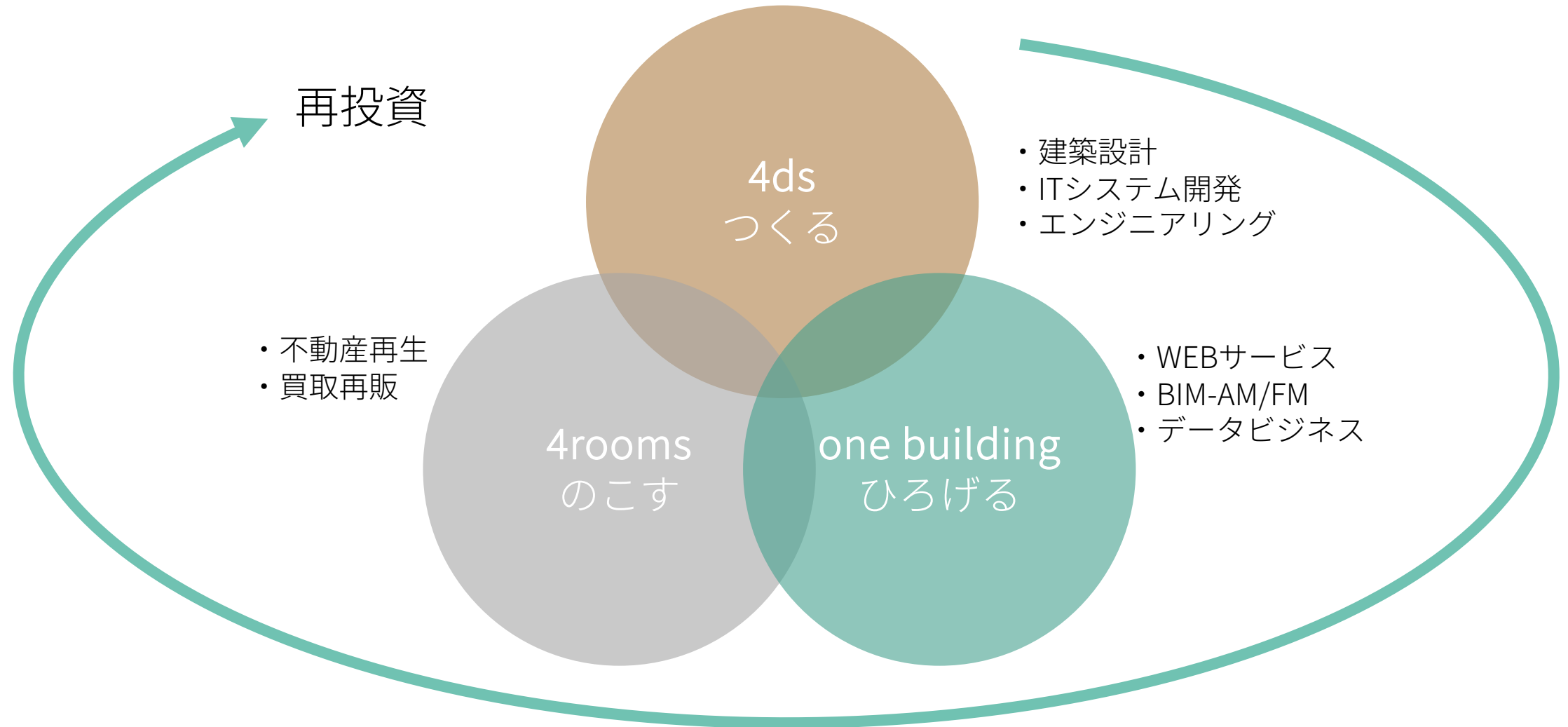
Masato Kaneda

one building / 4ds代表  
建築家・起業家

ドイツ・ベルリン在住。建設会社設計部に5年間勤務した後、2012年に渡独し、plajer & franz studio 勤務。大型の集合住宅や省エネ改修の設計を担当。2018年にドイツ法人4dsを設立。2021年に建築分野のデジタル化を推進し、サステイナブル社会を目指す、株式会社one buildingを設立。

# 4ds Group

建築に関わる設計・システム開発から不動産の再生へ



# Table of contents

## 本日の内容

- 1 ドイツのプラスエネルギー小学校**  
Grundschule Niederheide, Hohen Neuendorf
- 2 ドイツのカーボンマイナス中・高等学校**  
Schmuttertal Gymnasium, Diedorf
- 3 地域の核となる学校と地域改修**  
Garten Stadt Drewitz, Grundschule Am Priesterweg
- 4 建築物の高性能化がもたらすメリット**  
Benefits of sustainable architecture



## 01. ドイツのプラスエネルギー小学校

Grundschule Niederheide, Hohen Neuendorf

# 設備に依存しないプラスエネルギー小学校

ホーエン・ノイエンドルフ ニーダーハイデ小学校



写真：IBUS Architekten und Ingenieure GbR

# プロジェクト概要

## プラスエネルギーを実現した小学校

ホーエン・ノイエンドルフは、ベルリン市内から電車で約30分にある。ドイツ再統一後のベルリンの発展とともに20年間にわたり、一貫して人口を増加させてきた。1994年に約1万3000人だった人口は、2013年には2万5000人に増えた。日本に比べると都市圏のスケールははるかに小さいが、都市部で働きつつ郊外でゆったり暮らしたいというニーズは古今東西変わらない。「ホーエン・ノイエンドルフ ニーダーハイデ小学校（Grundschule Niederheide Hohen Neuendorf）」は、そんなニーズを持つ若い家族が増えたことにより、2011年夏に建設された。

ホーエン・ノイエンドルフ ニーダーハイデ小学校は、ホーエン・ノイエンドルフ駅からバスで10分ほどの場所に建つ。まわりの景色は、ベルリン市内とは異なり庭付きの一戸建てがほとんどだ。小学校と隣接するスポーツパークの周辺を、手入れの行き届いた森がぐるりと取り囲む。まさに森のなかの小学校といった様相である。

総2階建て、延べ面積は約7500m<sup>2</sup>のこの小学校は、550人の児童を抱えている。市の建築課の説明によると、「緑の中の街」というホーエン・ノイエンドルフ市の目指す理想像に相応しい学校を目指すため、発注者である市と設計を担当するIBUS設計事務所との間で、計画初期段階から緊密に連携を図り、この建物のコンセプトでもある、ドイツの学校では初めてプラスエネルギーの規格を実現したプロジェクトである。



敷地北側に配置した芝生の校庭と学校を取り囲む森（写真：金田真聡、資料：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）



建物西側ファサード。建物外壁U値は0.13。教室等の屋根には太陽光発電が見える（写真：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）

# エネルギーコンセプト

## パッシブハウス基準を満たす

建物の特徴として断熱性・気密性の高さが挙げられる。この建物は、ドイツの一般的な省エネ基準をはるかに超える「パッシブハウス基準」と呼ばれる基準を満たしている。

パッシブハウス基準は、1年間・1m<sup>2</sup>当たりの1次エネルギー使用量の基準値が120kWh、1年間・1m<sup>2</sup>当たりの暖房負荷の基準値が15kWh、気密性能は50Paの加圧時の漏気回数0.6回以下=隙間相当面積（C値）0.2cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>以下を満たすことが求められる。これは、日本では40坪（80畳）の住宅を6畳用エアコン1台で賄えるレベルとなる。

敷地南側にあるエントランスホールは全てトリプルガラスに木製高断熱サッシの組み合わせ。窓の複合U値は0.8。南向きのため、水平の日射遮蔽材を設置している。

（写真：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）

この小学校のコンセプトは以下だ。「省エネ性能の追求と自然環境の最大限の利用により、アクティブな技術とライフサイクルコストを最小限にとどめつつ、ドイツ初のプラスエネルギー小学校を目指す」——。プラスエネルギーとは、一年間トータルでの1次エネルギー消費をプラスにするものだ。

ユニークなのは、プラスエネルギーが目標であっても、まずは高断熱・高气密に基づく省エネルギー化が最優先であり、その上で必要最小限の設備と創エネ設備を計画するという発想だ。この点は非常に興味深い。

なぜなら万が一、創エネ設備や蓄電設備が更新されなかった場合、最大限の省エネルギー化が図られていれば、その建物はミニマムエネルギー建築で居続けることができるからだ。

一方、創エネ設備に頼ったプラスエネルギー建築では、エネルギー浪費建築になってしまう。また、プラスエネルギーを必達の目標にしてしまうと、そのための大規模な創エネ設備や蓄電設備が必要となり、メンテナンスや設備の更新に費用がかかってくる。



敷地南側にあるエントランスホール（写真：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）

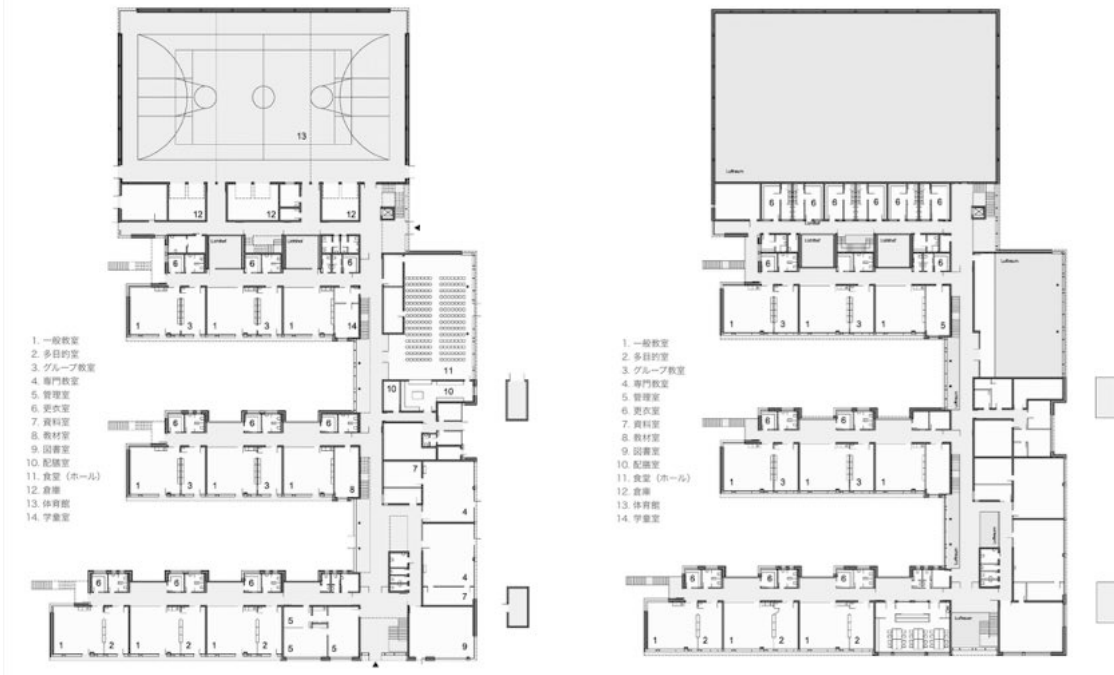


# 建築計画

## 建物概要と建設の背景

建築計画としては、建物南側に正門があり、そこから南北に貫くメインストリート（主廊下）を挟んで右側に専門教室郡とホールを兼ねた食堂、左側に3翼の教室棟が延びる。メインストリートの突き当たり、敷地北側には体育館と付属室を配置する。建物の熱効率を上げるため、全ての施設が連結している。

教室は南向きに、専門教室郡は東側に配置されており、自然採光を考慮した計画となっている。



左は1階平面図、右は2階平面図（資料：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）



南北を貫くメインストリート（写真：金田真聡）

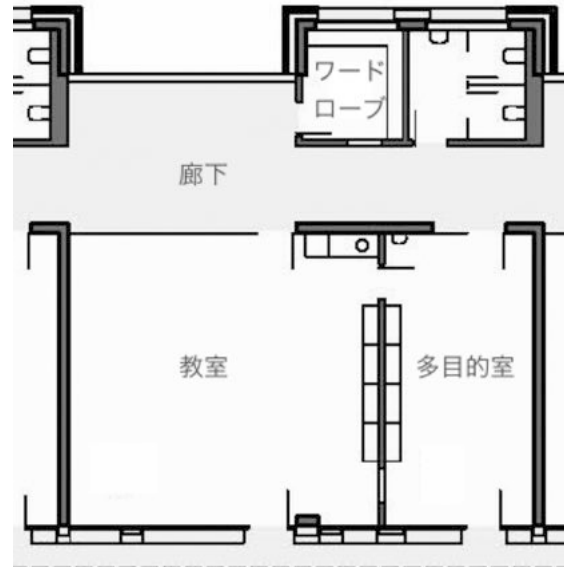
## 教育との関連

### 教室ごとにホームエリアを設置

学校計画でユニークな点は、教室棟内の教室ごとに靴箱とワードローブ、そしてトイレを配置していることだ。そしてそれら一つ一つのまとまりを「ホームエリア」と呼んでいる。これは一見すると靴箱やトイレを集約する計画に比べ、非常に非効率に思える。しかしその意図は、児童にホームエリアを自分のワードローブやトイレだと意識させることにある。清潔に保とうという気持ちや自立心を育てようという試みだ。

写真の左側がワードローブ。廊下を挟んで右側が教室。ホームエリアは教室南側からの採光と、廊下北側からの二面採光となっている。

(資料：IBUS Architekten und Ingenieure GbRの資料を基に金田真聡が作成)



教室ごとに配置されたワードローブ (写真：IBUS Architekten und Ingenieure GbR)

# 教室計画

## 自然光の制御と照明

照明の計画は、LEDとエネルギー効率の良い線状の照明器具を組み合わせで計画されている。また、全ての照明には光センサーが埋め込まれている。

教室内の照明は、窓側から廊下側に向かって個別に照明のオン・オフができるように計画している。また、自然光をコントロールすると同時に照明を補完的に用いる事によって、部屋全体の照度を均一に保つことができる。



センサー付き廊下照明



窓に取り付けているブラインドコントロール



個別にオン・オフ可能な教室内の照明（写真：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）

# 機能とプログラム

## ホール機能を兼ね備えた食堂

食堂は多目的ホールとしても利用され、様々な用途に用いられる。授業時間外には、外部からの利用も可能となっている。

外部からの利用の場合はメインストリートを通してアクセスし、教室棟には侵入出来ないように、セキュリティを考慮した動線となっている。

東向き開口部が高く大きいため、外付けブラインドではなく瞬間調光ガラスを採用。そのためガラスの一部が青みがかっているのがわかる。



食堂兼多目的ホールは、外付けブラインドではなく瞬間調光ガラスを採用（写真：金田真聡）

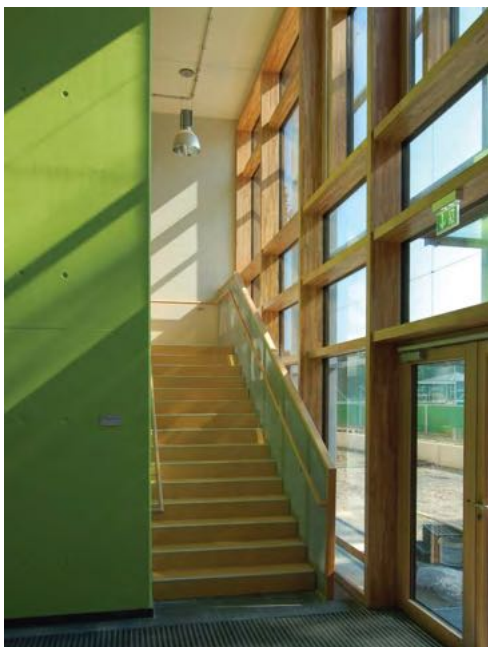
# 機能とプログラム

## 地域に開かれた体育館

体育館は、約1200平米の広さの中にメインホールといくつかの器具室で構成されている。メインホールは3つのフィールドまで分割して利用する事が出来る。2階には、更衣室とシャワー室が隣接されている。

また、食堂兼多目的ホール同様に、外部からの利用が可能となっており、休校期間中の場合でも、外から直接アクセスして体育館のみを利用する事が出来る。

内部空間は木製の巨大な梁が特徴的。ハイサイドライトは、北側のみ透明ガラスでその他は乳白色のガラスを採用している。



体育館用エントランス



体育館に隣接する廊下



巨大な梁が特徴的な体育館内部（写真：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）

# 体育館

体育館も快適性や怪我の防止を考慮して高断熱化



# 採光計画

## 日射遮蔽材を組み合わせたシステム

省エネルギー計画の上で最大のテーマとなったのは、高断熱・高气密はもはや前提として、ドイツの学校建築において電力消費のうちの約60%を占めると言われる照明エネルギーの削減だ。そのために、自然採光の積極的な利用を図ることは自然な流れだった。

しかし一方で、自然採光の利用は往々にして夏季の日射熱負荷を大きくしてしまう。そこでこの小学校では、2つの要素によって相反する要求に応えている。

1つは固定式の水平の日射遮蔽兼リフレクター。教室南側の窓上部に設置した。日本でもよく見かけるものだが、ユニークなのは垂直の外部日射遮蔽を組み合わせることで、夏季の強い日射を遮断しつつ上部からは反射光によって自然採光を得られるように計画したことだ。水平の日射遮蔽兼リフレクターから一歩踏み込んだ発想は、シンプルだが効果的。照明利用の多い日本のオフィスビルなどでも十分に活用できるアイデアだ。



ファサードの立面図と断面図（写真：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）



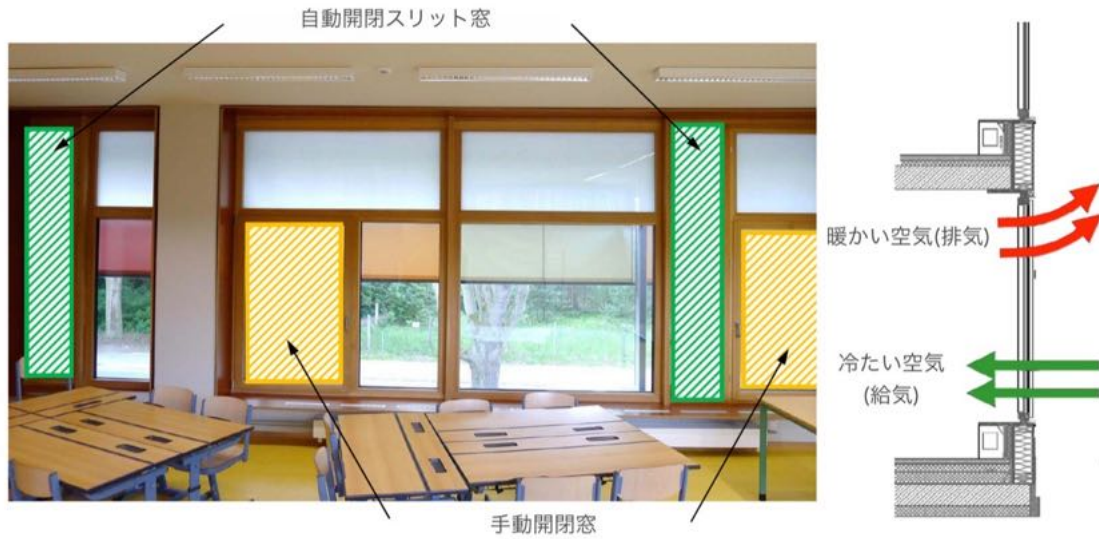
左の写真は垂直の日射遮蔽材、右の写真は水平の日射遮蔽材（写真：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）

# 換気

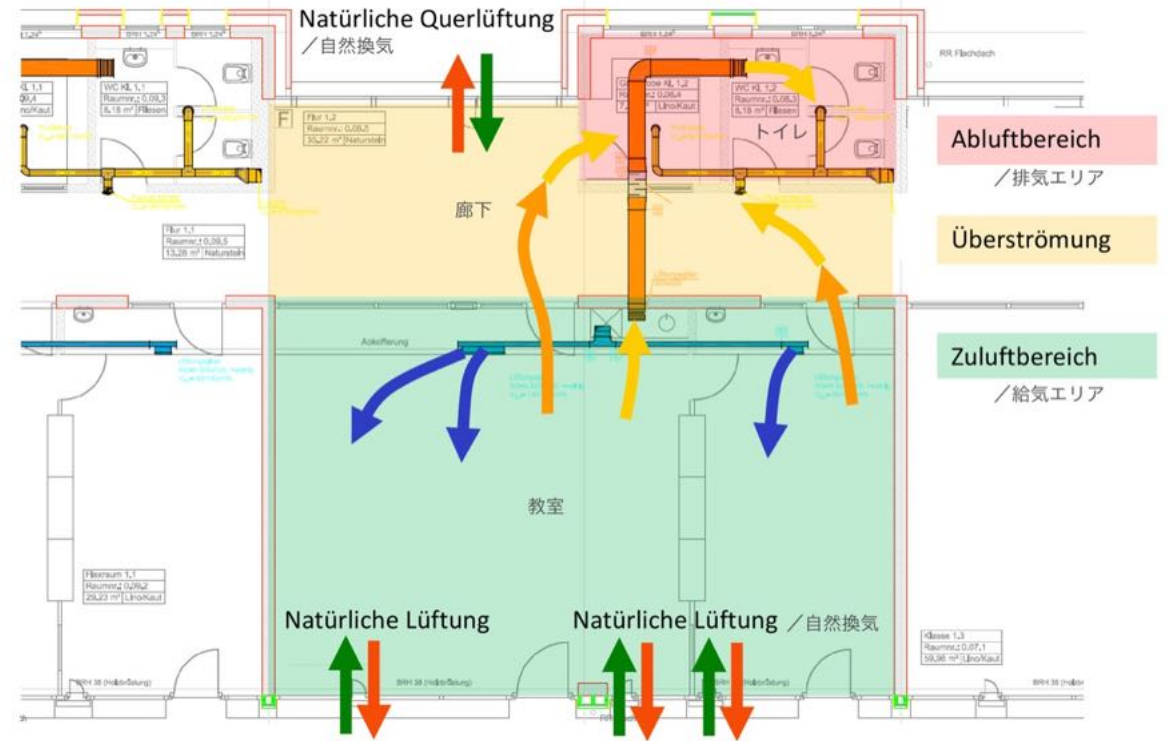
## 自然換気を自動化する

ドイツの最近の環境建築では、自然換気を利用者に任せず、夏季の温度・湿度の高い外気や、冬季の温度の低い外気を取り入れすぎることを防ぐ取り組みが普及してきている。建物の高断熱・高气密化によって躯体の温度変化が小さくなるので、夏季は日射遮蔽、冬季は日射取得を適切に行い、外気さえ不必要に取り入れなければ空調負荷が大幅に減らせるからだ。

教室の換気用のスリット窓は、休憩時間に必要な換気を行うために自動で開閉するようにプログラムしている。夏場には夜間の冷気を取り入れるために開閉し、児童が登校する前に室内を冷やしておく。機械換気が必要な場合は、各ホームエリア上部の機械室で熱交換をして給排気する。ホールを兼ねた食堂室と体育館は、機械換気のみとなっている。



スリット窓の換気ダイアグラム (写真、資料：IBUS Architekten und Ingenieure GbRの写真、資料を基に金田真聡が作成)



換気ダイアグラム。室内環境に負荷のない範囲で自然換気を行い、必要に応じて機械換気を行う。空調機械室はワードローブやトイレの上部に設置している (資料：IBUS Architekten und Ingenieure GbRの資料を基に金田真聡が作成)



# 暖房システム

## 木質ペレットを利用したバイオマスボイラー

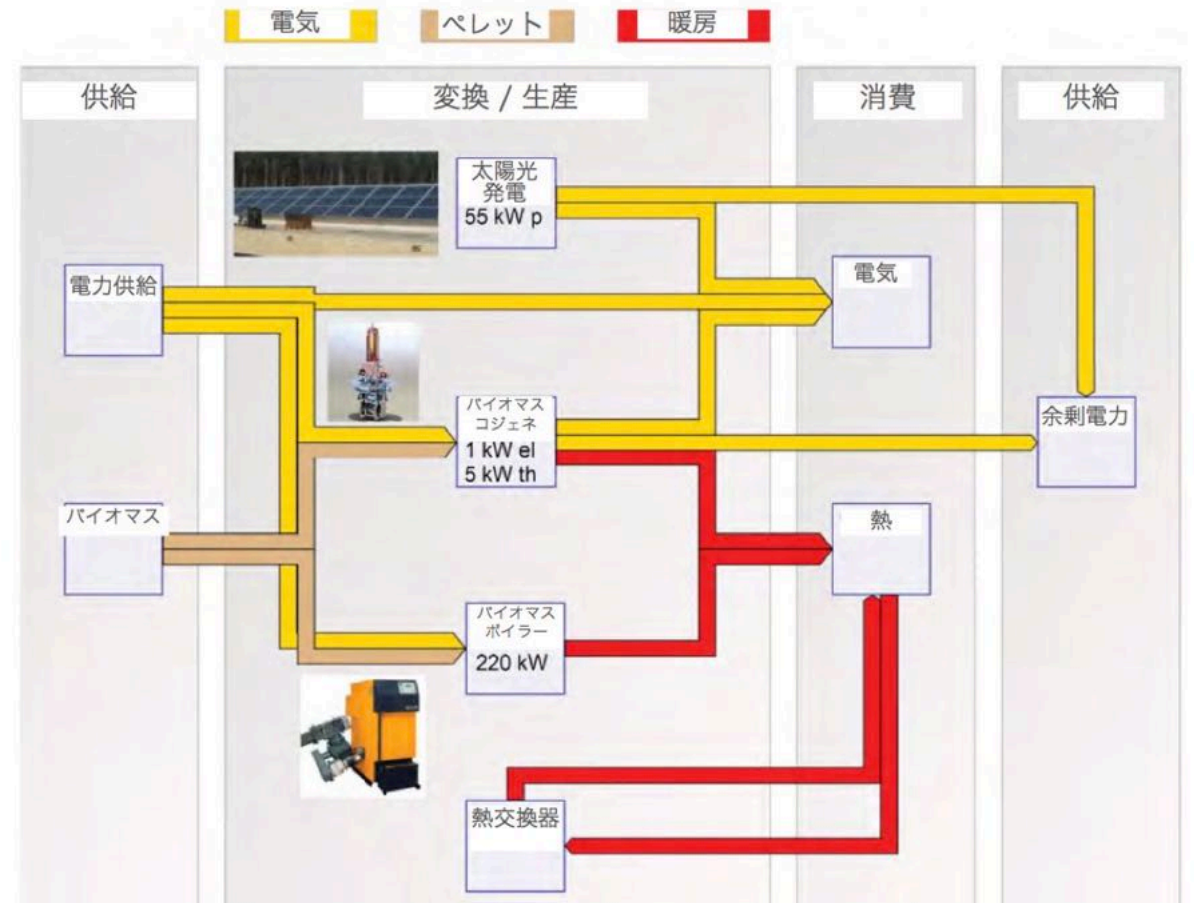
最大限の省エネルギー化を図った後で、いよいよ再生可能エネルギーの導入とプラスエネルギーへの挑戦となる。この小学校では、木質ペレットを利用したバイオマスボイラー（出力220kWh）と太陽光発電（出力55kWh）、そしてバイオマスコジェネレーションシステム（出力／熱：5kWh、電力：1kWh）を計画した。

木質ペレットは1次エネルギー換算係数が0.2であり、電力の2.4（ドイツの場合。日本では2.7）に比べて熱供給に必要な1次エネルギーを大幅に引き下げることができる。その場合、森林資源に近い地域での利用がポイントとなるが、利用しているペレットのほとんどは学校のあるブランデンブルグ州産のものだ。

計画で設置する予定だったバイオマスコジェネレーションシステムは、冬季に熱電併給を行うことで、1次エネルギー需要を引き下げることが意図していた。しかし冬季以外の稼働率が低いことによるコスト効率の悪さから、導入を見送った。プラスエネルギーありきで設備を導入するのではなく、建物の消費エネルギーを最小限にし、創エネ設備も最小限にするというムダを排除する発想こそが、環境建築における根本的な考え方だということを示している。

右の図は、計画時のエネルギーフロー図を示したものである。暖房・給湯に必要な熱供給は木質ペレットを燃料としたバイオマスボイラーから、電力は太陽光発電から、それぞれ供給するように計画した。冬季は太陽光発電による電力が供給不足になるので、バイオマスコジェネレーションシステム（熱電併給システム）の導入を検討していたが、稼働率の低さから最終的に導入を見送った。

（資料：IBUSArchitekten und Ingenieure GbRの資料を基に金田真聡が作成）



計画時のエネルギーフロー図（資料：IBUS Architekten und Ingenieure GbRの写真、資料を基に金田真聡が作成）

# エネルギー消費

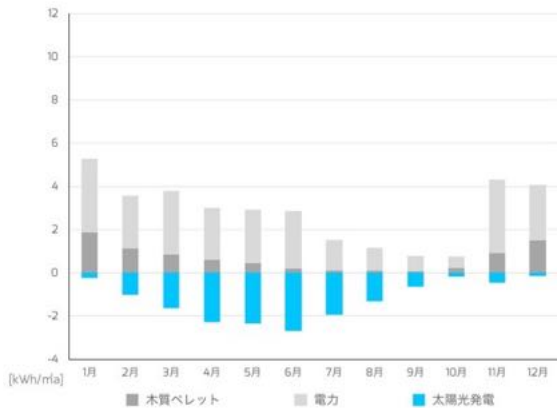
## 継続的なモニタリング

この小学校では、継続的にモニタリングを行い、その結果をインターネット上で公表している。木質ペレットを利用することにより、1次エネルギーの大幅な削減を達成していることがわかる。

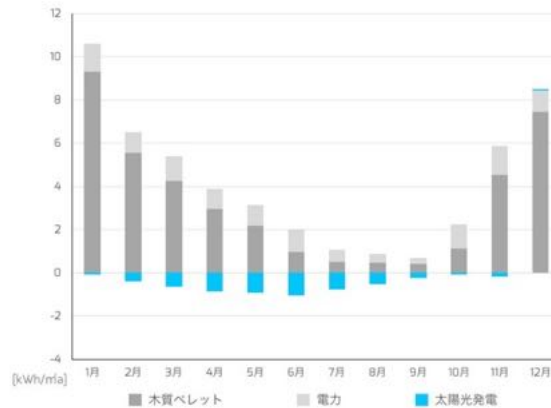
だが冬季は日射量が少なく、熱供給と同時に電力も供給できるコジェネシステムの採用を見送ったため、夏季以外はプラスエネルギーとはならなかった。その意味では、この小学校はニアリーゼロエネルギーというほうが正しいであろう。

このことからやはり、創エネシステムの採用以前に、最大限の高断熱・高气密化や省エネルギー化が必須であることがわかる。しかしそれは、コストとのバランスで決定されたことだ。この小学校が今後の学校建築における一つの指標になることは間違いない。

1次エネルギー消費 (2014年)

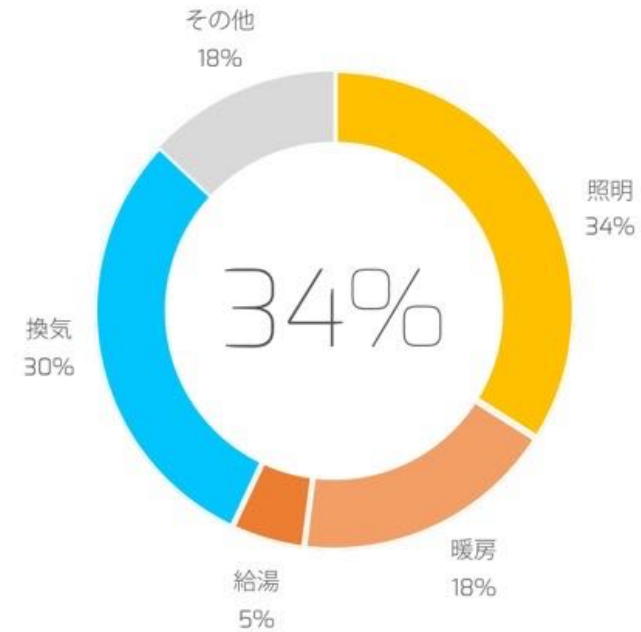


最終エネルギー消費 (2014年)



日射量が少なく、熱供給と同時に電力も供給できるコジェネシステムの採用を見送ったため、夏季以外はプラスエネルギーとはならなかった。都市部であれば冬季の熱エネルギーを地域暖房とすることもできるが、地域暖房網の無い地域では冬季のエネルギー供給に課題がある (資料: daten.eneff-schule.deの資料を基に金田真聡が作成)

ニーダーハイデ小学校のエネルギー消費の割合



ドイツの一般的な小学校では半分近くを占めるといわれる照明エネルギーの大幅削減に成功している。照明エネルギーの比率が下がったため、相対的に他の項目は大きくなって見える (資料右側: IBUS Architekten und Ingenieure GbRの資料を基に金田真聡が作成)

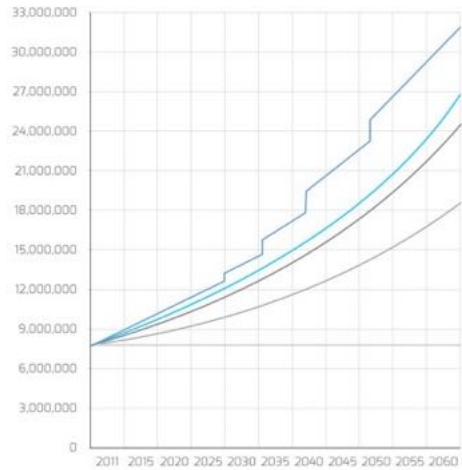
# 持続可能性

## 環境建築はコストメリットがある

この小学校の設計を担当したIBUS建築設計事務所は、計画時に建設費だけでなくその後50年にわたる長期的なコストを含むシミュレーションを実施した。その結果、ニアリーゼロ、もしくはプラスエネルギーを目指すことで建設費は約10%上がるが、学校運営にかかるエネルギーコストは約66%減らせるため、50年後までを見通したトータルコストは21.5%削減できると試算した。

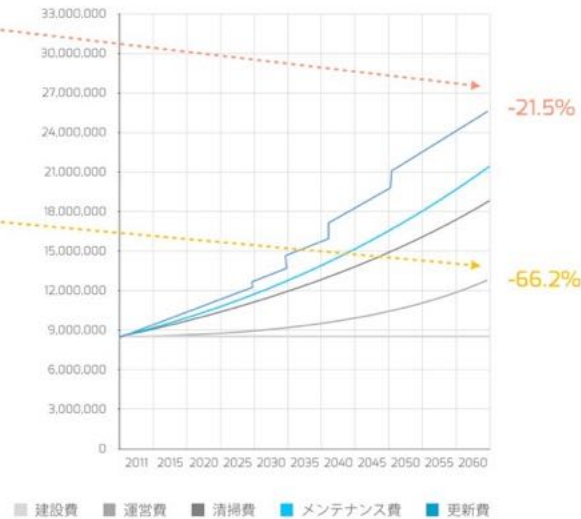
これはクライアントにとって、環境建築がコスト的にもメリットがあることを示す非常に説得力のある内容だ。ドイツでは、自動車のように建物の「燃費」もトータルで考慮することは、一般の人にも根付いてきている。

サンプル建物のライフサイクルコスト



- サンプル建物は2009年省エネ基準を満たす建物とする。
- エネルギーコストは毎年4%ずつ上昇するものとして試算。
- ニーダーハイデ小学校は太陽光発電の発電分を含む

ニーダーハイデ小学校のライフサイクルコスト



左：サンプル建物のライフサイクルコスト、右：ニーダーハイデ小学校のライフサイクルコスト



教室棟間の中庭。棟ごとに心地よいスケールの外部空間を配置している（写真：金田真聡）

# 環境評価

## 学校建築で初のゴールド認定

ドイツで最初のプラスエネルギー小学校を目指したこの建物は、環境省主催の評価システムで、学校建築では初めて、最高ランクにあたるゴールド認定を受けた。

評価システムは、主に以下の項目から構成される。

1. エコロジー
2. 経済性
3. 社会性と機能性
4. 技術と品質
5. プロセスと地域性

全体としてニーダーハイデ小学校は、約80%の基準を達成しており、経済性に関しては90%の基準を満たしている。ドイツでは建築物の環境配慮や省エネルギー化は、もはや一つの文化となっており、そういった思想や文化的背景が、こうした事例が成立する前提として理解する必要がある。



教室棟間の対照的なファサード（写真・資料：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）

# プロジェクトデータ

外皮平均熱還流率は0.20 W/m<sup>2</sup>K

## 建物概要

延べ床面積（構造体を除く）	6.563 m <sup>2</sup>
延べ床面積	7.414 m <sup>2</sup>
建物ボリューム	38.184 m <sup>3</sup>
ファサード面積	15.021 m <sup>2</sup>
ファサード面積と建物ボリュームの割合	0,39 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
利用者合計	540 人

## 消費エネルギー

暖房の消費エネルギー	15,0 kWh/m <sup>2</sup> a
温水や空調を含む暖房の消費エネルギー	35,7 kWh/m <sup>2</sup> a
消費電力	7,2 kWh/m <sup>2</sup> a
再生可能エネルギーの消費	23,6 kWh/m <sup>2</sup> a
再生可能エネルギーの供給	24,1 kWh/m <sup>2</sup> a

## 断熱性能

U値 外壁	0,14 W/m <sup>2</sup> K
U値 窓（窓枠込み）	0,80 W/m <sup>2</sup> K
U値 屋根	0,11 W/m <sup>2</sup> K
U値 床	0,10 W/m <sup>2</sup> K
平均U値 ファサード	0,20 W/m <sup>2</sup> K
ソーラーパネル容量	55 kWp

## 建設費（税込み）

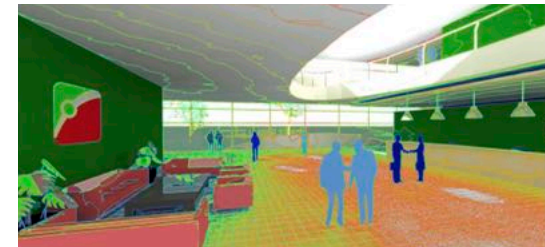
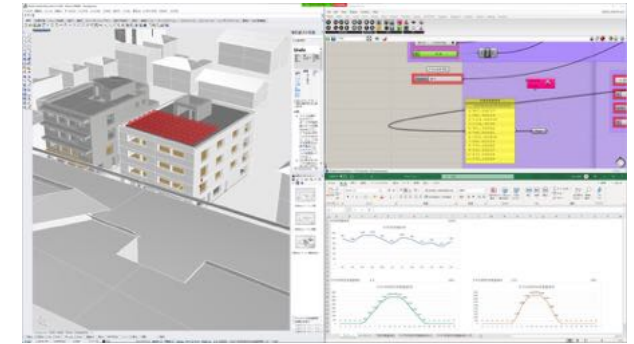
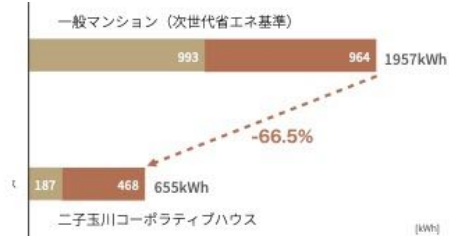
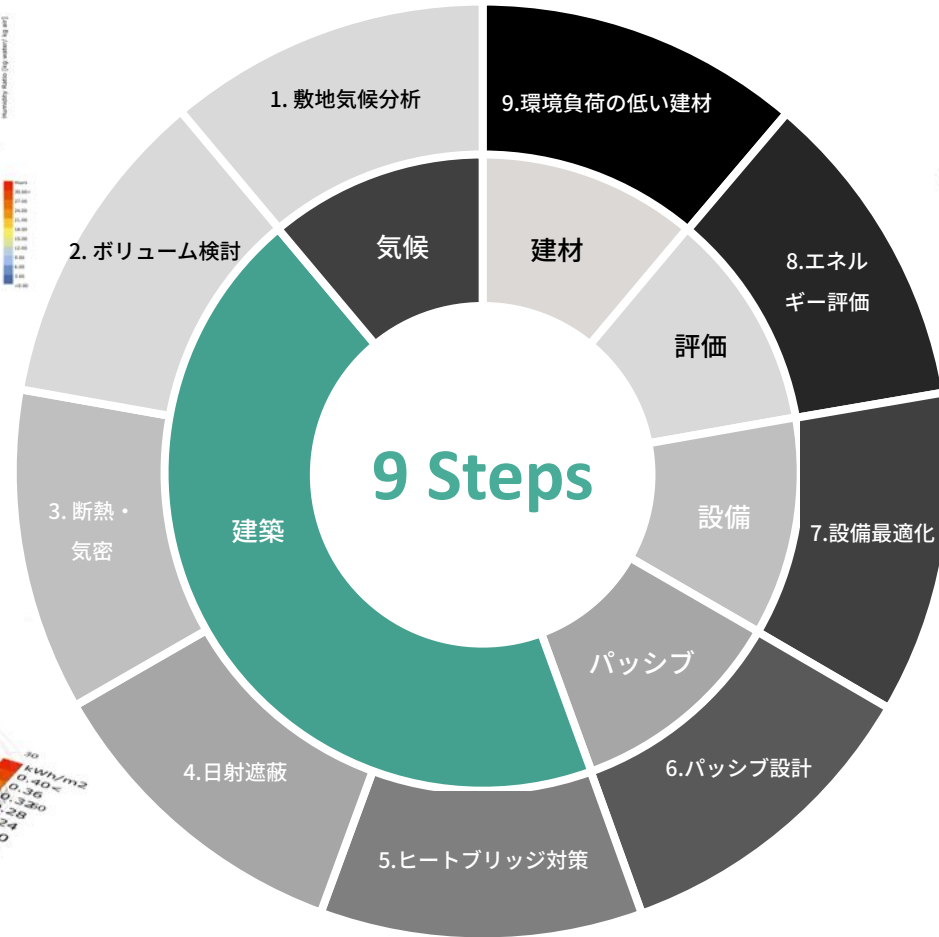
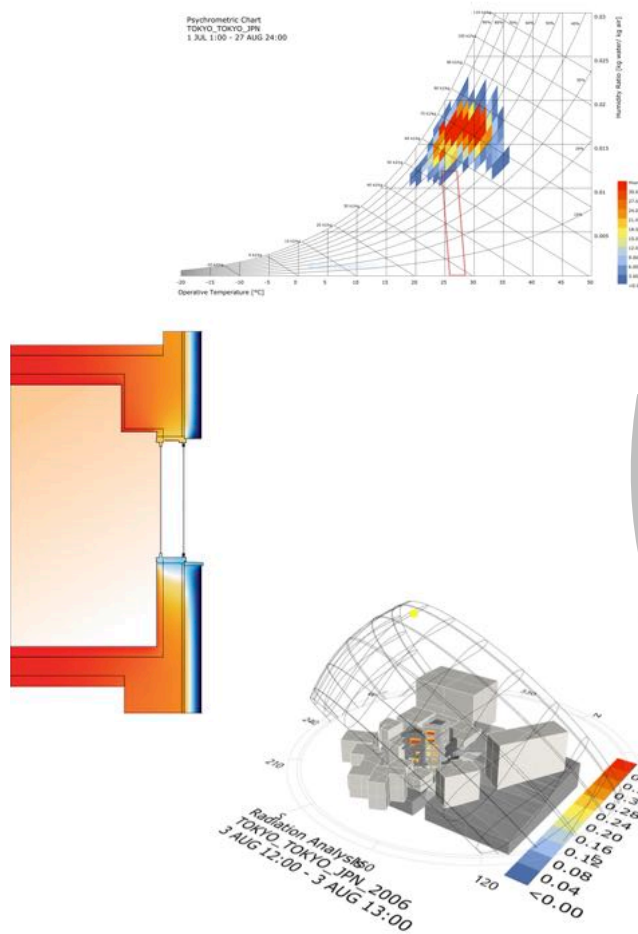
工事費（建物及び設備費のみ）	1.335 €/m <sup>2</sup>
全体工事費	12,3 百万ユーロ
1 平米当たりの全体工事費	1.663 €/m <sup>2</sup>
ライフサイクルコスト (50年)	1.813 €/m <sup>2</sup>



メインエントラン前のファサード（写真：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）

# 環境設計の9つのステップ

建築の躯体環境性能向上が最優先



# Conclusion 01

プラスエネルギー小学校から学ぶこと

設備、創エネの前に建築物の外皮性能の向上が最優先



## 02. カーボンマイナス中・高等学校

Schmuttertal Gymnasium, Diedorf



# シュムッタータル中・高等学校

プラスエネルギーとカーボンマイナスを目指した木造・RCハイブリッド工法



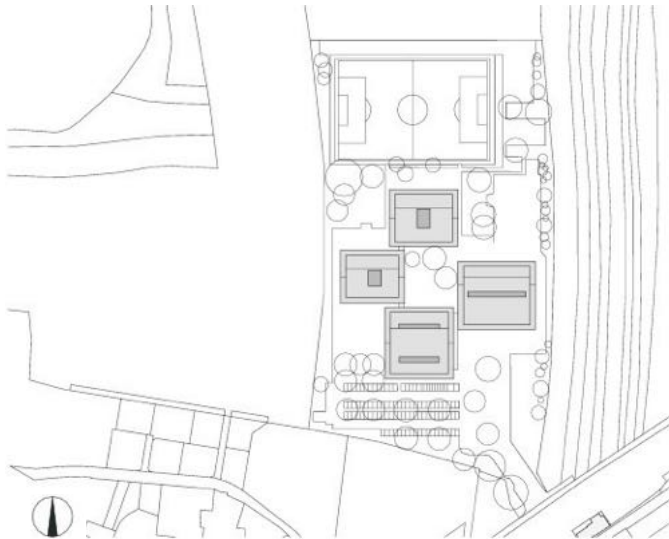
# プロジェクト概要

## プラスエネルギーの木造学校を一般建築のコストでつくる

バイエルン州アウグスブルク近郊にあるシュムッタータル中・高等学校 (Schmuttertal-Gymnasium Diedorf) は、2016年に完成したばかりの新しい学校だ。設計者は、日本でも木造建築の設計で有名なオーストリア人建築家、ヘルマン・カウフマン氏である。

総面積(外壁含む)約1万6000m<sup>2</sup>の学校に、最大1000人の生徒が通うことを想定している。プロジェクトのゴールは、まずは自主性を重視する教育カリキュラムにふさわしい建築計画を創出すること。次に、環境や持続可能性の面で今後の建築物のモデルとなり、一般建築物と同等の建設費でプラスエネルギー学校を実現することだった。プラスエネルギーとは、消費するエネルギーがそこで生み出されるエネルギーよりも少なくなることを指している。

ドイツでは建築物の省エネルギー性能の最低基準を非常に高く設定している。そのため、高性能建材の普及によるコストダウンが進んできており、一般建築と同等の建設費が実現できた。



# 教室空間

高断熱に加え、高い音響性能も実現

約8万1000m<sup>3</sup>の体積を持つこの建物は、大きく4つのブロックに分かれている。教室棟からなる2つのウィング、そしてホール・図書館・食堂、さらに体育館。教室棟は2階から4階が学年ごとの教室、1階は専門教室となっている。

シムッタータル中・高等学校では、授業の約8割の時間をプレゼンテーションやグループ課題など自発性を重んじた内容とし、教師が前に立って話すという旧来の授業スタイルは約2割しかない。



# 先進的な学校教育

## 教育方針とリンクする空間構成



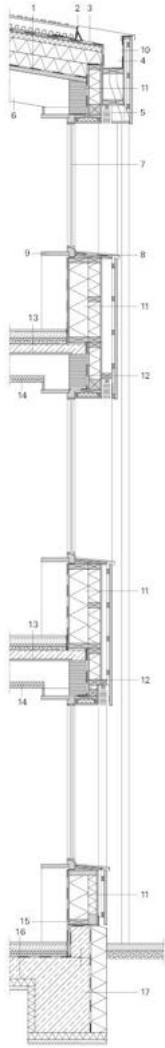
建築計画の特徴としては、教室同士をつなぐ廊下の部分に「マーケット広場」と呼ばれる、ゆったりとしたフリースペースを設けた。

生徒たちはマーケット広場で、授業時間外もリサーチやディスカッションなどを行うことができる。シンプルな色合いでまとめた空間は、フリーアドレスでコミュニケーションを重視した先端企業のオフィス空間のようである。



## 外皮性能と設備計画

学習するための快適性や健康面まで考えた仕様と性能



外皮性能は、外壁が厚さ320mm程度にもなるロックウールの断熱材によって、 $0.14\text{W/m}^2\text{K}$ 、屋根は同じく360mmで $0.1\text{W/m}^2\text{K}$ 、窓は $0.8\text{W/m}^2\text{K}$ 、建物外皮平均熱貫流率は $0.28\text{W/m}^2\text{K}$ というレベルだ。建物外皮は省エネルギー面だけでなく、生徒が学習するための快適性や健康面まで考えて性能や仕様を決定している。

全ての設備機器の性能は最終的な到達点から導いた。建築物自体の断熱性能や蓄熱量、配置計画によって得られる日射の取得量と遮蔽量などを考慮し、最適化した。



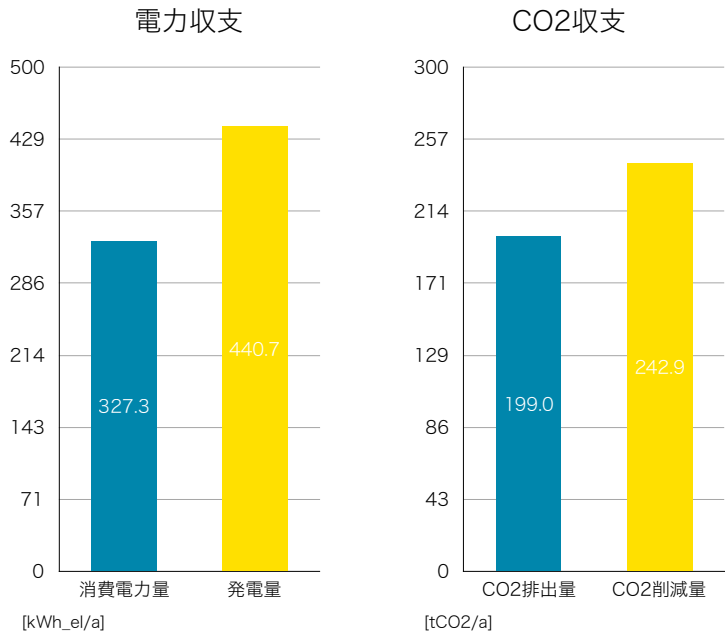
教室ごとに配置されたワードローブ（写真：IBUS Architekten und Ingenieure GbR）

# エネルギー消費とCO2収支

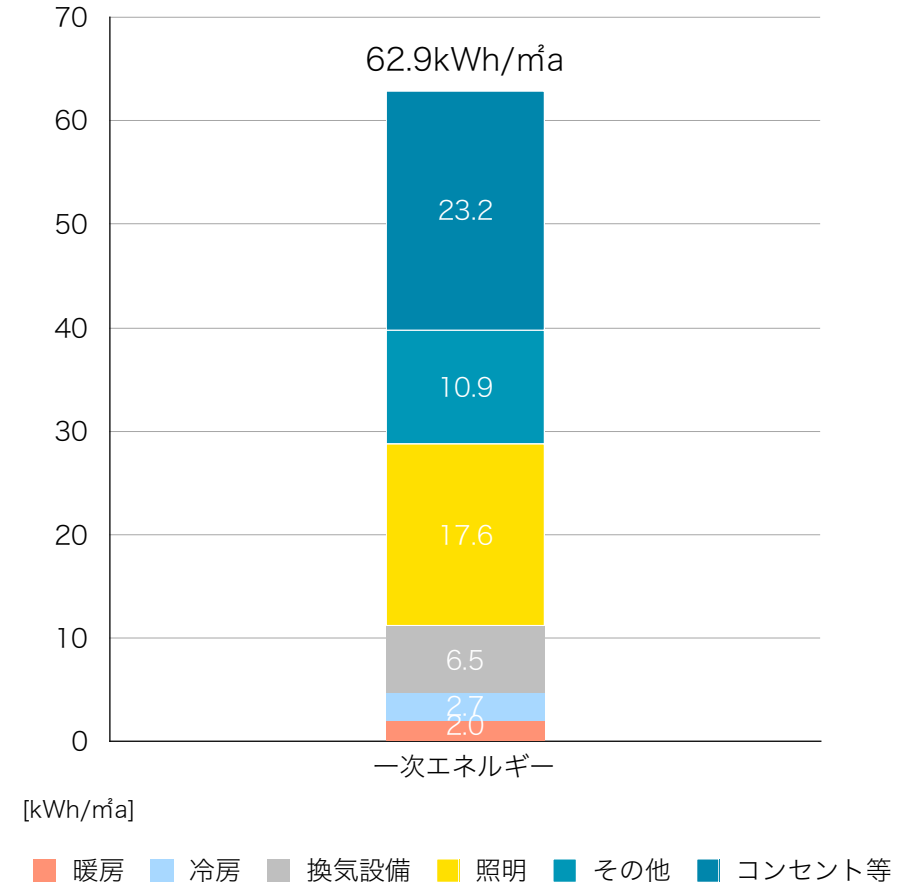
## コンセント等も含むプラスエネルギーとカーボンマイナス

ドイツ連邦交通・建設・都市開発省の「プラスエネルギーハウス」の定義を応用し、設定したこのプロジェクトの「プラスエネルギースタンダード」の定義では、コンセントの使用量なども含めて建物で使用する一次エネルギーが、敷地内で生産するエネルギーを下回ることと規定している。

プラスエネルギースタンダードを達成するためには、バイオマスボイラーによる熱供給が一次エネルギー消費を下げることに貢献する。ドイツの省エネ政令 (EnEV) における木質バイオマスの一次エネルギー換算指数は0.2である。440kWpの太陽光発電によって必要な電力を賄い、プラスエネルギースタンダードを実現した。



## 一次エネルギー需要



## Conclusion 02

カーボンマイナスの建築から学ぶこと

建築物の外皮性能の向上、設備の最適化を行なった上で、  
木質化していくことが重要



### 03. 地域の核となる学校と地域改修

Garten Stadt Drewitz, Grundschule Am Priesterweg



# マスタープラン

## 38.8ヘクタールを省エネ改修

ドレヴィッツ地区の問題を解決するためポツダムでは、2009年からこの地域における省エネ改修や、気候変動対策を核とした「ガーデンシティ・ドレヴィッツ」と呼ばれる地区全体の開発計画を策定した。対象地区は38.8ヘクタール、約3000世帯／5500人の居住者という規模だ。地区内には保育園から学校、病院、ホテルまであり、ポツダムの中心部と結ぶ路面電車が走っている。単なる一建物の省エネ改修ではなく、もはや「省エネ都市改修」と呼べる規模のものである。

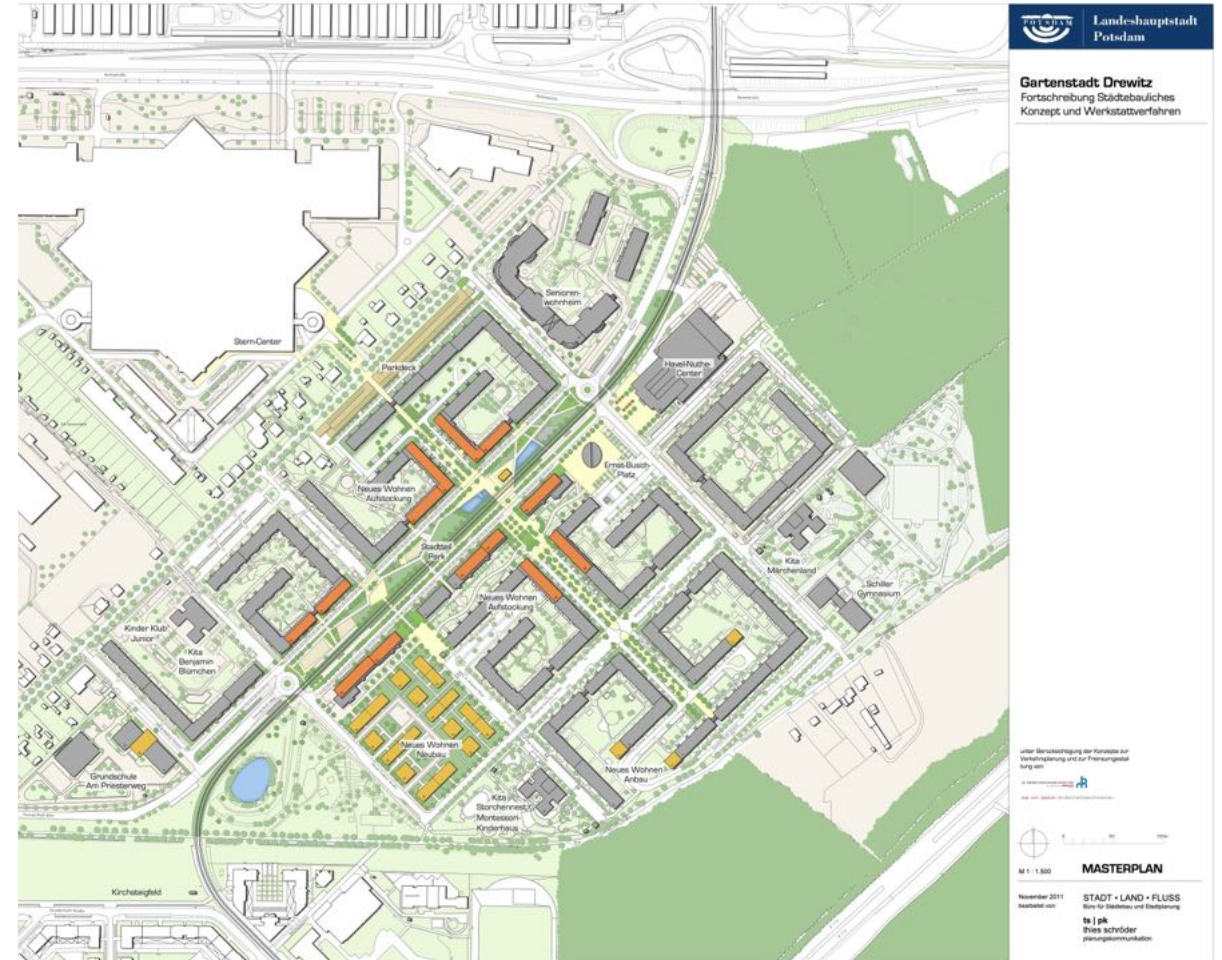
「ガーデンシティ・ドレヴィッツ」の基本コンセプトは、以下の4つの分野で構成する。

- (1) 建築分野
- (2) エネルギー分野
- (3) 交通分野
- (4) 都市計画分野

これは、ドイツのエネルギーヴェンデ（エネルギー転換）をそのまま実践した計画ともいえる。各分野が連動して取り組むことで、省エネやエネルギー効率の向上を目的とした大規模プロジェクトは「部分最適から全体最適へ」というフェーズに移行できる。省エネ改修も一般化し、再生可能エネルギーからの電力供給率も30%を超える状況に到達した今となれば、エネルギー分野や都市計画分野も含む地区レベルで改修に取り組んだほうが、費用対効果も大きく地区全体のポテンシャルを総合的に高められる。



改修前のドレヴィッツ地区



「ガーデンシティ・ドレヴィッツ」のマスタープラン。図面中央の街区が開発計画区域。グレーで塗られた部分は改修予定の建物、オレンジは新築予定（資料：Landeshauptstadt Potsdam）

# ポツダム・ドレヴィッツ地区の省エネ団地改修計画

地域全体でカーボンニュートラルを目指す



資料：PROJTKOMUNIKATION Hagenau GmbH

# 旧東ドイツの板状住宅群

38.8ヘクタールの地域全体を省エネ改修



改修前のドレヴィッツ地区

(資料：Landeshauptstadt Potsdam)

# プロジェクト概要

## 郊外団地の大型改修計画

ベルリン中央駅から近郊列車で約30分、ポツダムはベルリン市内で働き、郊外に暮らしたい人にも人気の人口約16万人の街だ。歴史的には、第二次世界大戦でドイツが降伏した後、欧州の戦後処理を決定するポツダム会談が行われたことでも知られている。

現在はブランデンブルグ州の州都であり、観光地としても人気が高い。ただ、東西ドイツ分裂時代は旧東ドイツ領だった。当時の簡素なプレハブ式の集合住宅の表情に、今も当時の雰囲気を感じることができる。

今回取り上げるドレヴィッツ地区は、旧東ドイツ政府が開発を進めたプラッテンバウ(板状住宅)と呼ばれる集合住宅を中心に構成した街で、1980年代後半に建設した。その雰囲気は日本の高度経済成長期の団地の風景と共通する部分も多く、建物の老朽化や居住者の高齢化、世帯人員の減少、地区環境の悪化などの問題が起こっていた。こうした問題はドレヴィッツに限らず、旧東ドイツ領の他の街でも見られる問題だ。ドイツの「東西格差問題」として、ベルリンの壁崩壊から四半世紀以上経過した現在も残る課題の一つといえる。



老朽化が進む団地。ドレヴィッツ地区では建物の老朽化とともに、居住者の高齢化も進行している。1991年には5%以下だった65歳以上の人口は、現在20%近くまで上昇している (写真：金田真聡)



緑化整備された歩行者用道路と既存建物 (写真：金田真聡)

# 省エネルギー改修

学校と公民館を繋ぎ、地域の核となる施設を目指す



(資料：Landeshauptstadt Potsdam)

# プロジェクト概要

郊外団地の大型改修計画



(資料：Landeshauptstadt Potsdam)



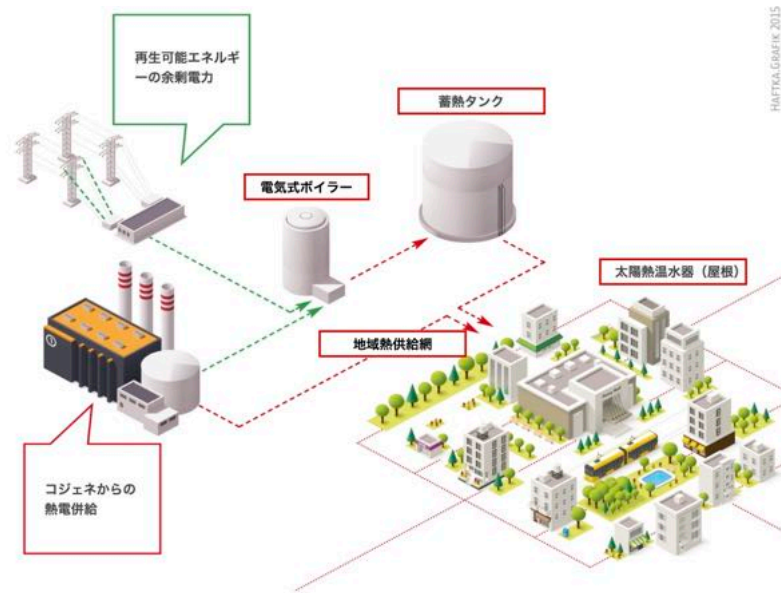
(資料：Landeshauptstadt Potsdam)

# エネルギー分野

## 熱エネルギーを中心に削減

ユニークな点がPower to Heat（パワー・トゥ・ヒート）という技術だ。現在ドイツでは再生可能エネルギーからの電力供給率が3割を超え、余剰電力が多くできる時間帯も増えてきた。そこでこの余剰電力を使い、温水をつくって蓄熱タンクに貯めて必要に応じて使う計画だ。

地域の熱供給を賄うための巨大な蓄熱タンクの建設も進み、まもなくシステムが稼働する見込みだ。エネルギー分野での省エネといっても、電力ではなく熱エネルギー中心の対策であることに注目したい。全体最適という点では、再生可能エネルギーからの供給比率が高いからこそ、一つのシステムに依存するのではなく、複数のシステムを組み合わせることで、需給調整やリスク分散に考慮している点を強調したい。

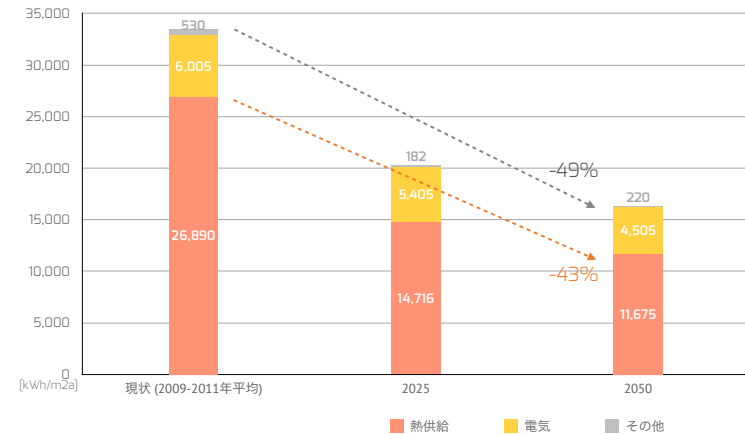


ドレヴィッツ地区の熱エネルギー供給の概念図。天然ガスをベースにしたコジェネからの熱供給に加え、再生可能エネルギーの余剰電力、建物屋上の太陽熱温水器によって、暖房や給湯にかかる熱エネルギーの大部分を賄う計画だ  
(資料：PROJEKTKOMMUNIKATIONHagenau GmbH)

2025年と2050年の最終消費エネルギー削減計画。現在、最終消費エネルギーの約80%を占める、暖房・給湯にかかる熱エネルギーを半減させる計画だ。この計画を達成するためには消費側の建築分野と供給側のエネルギー分野の両方で取り組むことが重要になる。

(資料：Landeshauptstadt Potsdam, Fachbereich Stadtplanung und Stadterneuerung "Integriertes Energie - und Klimaschutzkonzept Potsdam-Drewitz"を元に金田真聡が作成)

## 最終エネルギー消費の削減計画



Landeshauptstadt Potsdam, Fachbereich Stadtplanung und Stadterneuerung "Integriertes Energie - und Klimaschutzkonzept Potsdam-Drewitz"

現在から2050年までの最終消費エネルギーの削減計画

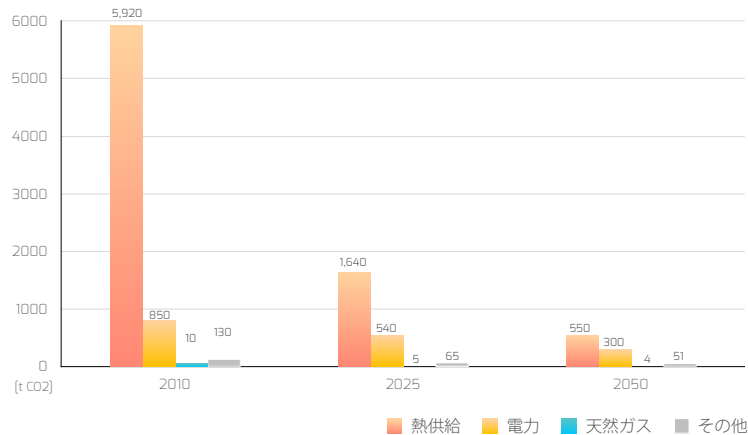
# 都市計画分野

## CO2を90%近く削減

建築分野では、2025年までの集合住宅の省エネ改修によって、2010年比でCO2排出量の55~67%を削減できる見込みだ。交通分野では、同42%を削減できる見込み。さらに2050年までには、建築分野と交通分野を合わせて78~87%の削減を目指す計画となっている。まとめると、「ガーデンシティ・ドレヴィッツ」プロジェクトでは以下の政策を連動して進めている。

- ・需要側の建築物の省エネ改修
- ・供給側の地域熱供給と搬送の効率化
- ・地域内外の再生可能エネルギーの創出量アップ
- ・環境に優しい交通機関の拡大
- ・屋外空間の緑化推進によるヒートアイランド防止

プロジェクトの最大の特徴は、単なる1つの建物の省エネ改修という枠を超えて各分野が連動した目標を掲げ、都市全体として大きな成果を上げようとしている点にある。団地再生という課題に対し、デザインやソフトの工夫だけではなく、エネルギーの観点も取り入れて地域全体の再生を目指している。こうした取り組みは、日本でも参考になるはずだ。



ドレヴィッツ地区のCO2削減計画（資料：Landeshauptstadt Potsdamの資料を基に金田真聡が作成）



資料：PROJKT KOMUNIKATION Hagenau GmbH



## Conclusion 03

地域改修から学ぶこと

地域ごとエネルギー改修を行う場合は、  
より効率的な施策が行える可能性もある



## 04. 建築物の高性能化がもたらすメリット

Benefits of sustainable architecture

# 建築概要

## Project outline

### MEGUROHAUS

所在地：東京都品川区上大崎

主用途：共同住宅

地域・地区：第一種中高層住居専用地域

建蔽率：63.14%（許容70%）

容積率：222.01%（許容300%）

前面道路：東側5.58m

駐車場台数：0台

敷地面積：233.16㎡

建築面積：147.22㎡

述べ面積：738.15㎡（うち容積不算入220.49㎡）

構造：鉄筋コンクリート造

階数：地下1階、地上6階

耐火性能：耐火建築物

断熱方式：湿式外断熱システム t-150mm（一般部）

開口部：アルミサッシ+樹脂内窓  
（一部アルミ樹脂複合）

空調方式：空気式ヒートポンプエアコン

換気方式：ダクトレス第一種熱交換換気システム  
（一部住戸はダクト式）

日射遮蔽：外付けブラインド（南側）



Photo: Akira Nakamura

# Our vision

私たちの目指したもの

未来のスタンダードを目指して

# MEGUROHAUSの6つの目標

日本の建築物が抱える問題点の改善

## 1. 長寿命

鉄筋コンクリート造がいくら堅牢であるからといって、放置すれば劣化します。コンクリートを外壁の側から覆う断熱材によって、コンクリート面が保護され、構造体大幅に長寿命化する事ができます。

## 2. 安全性

高級感や優れた耐久性から根強い人気の外壁タイル。ですが、実は浮きや剥離など施工の不具合を起こしやすい素材です。本物件では剥離の心配が無く安全性の高い外壁を採用しています。

## 3. 資産価値

構造体を長寿命化し、タイル剥離等のリスクをなくし、建物の資産価値を長期に渡り高く保つ事ができます。

## 4. 高気密・高断熱・蓄熱

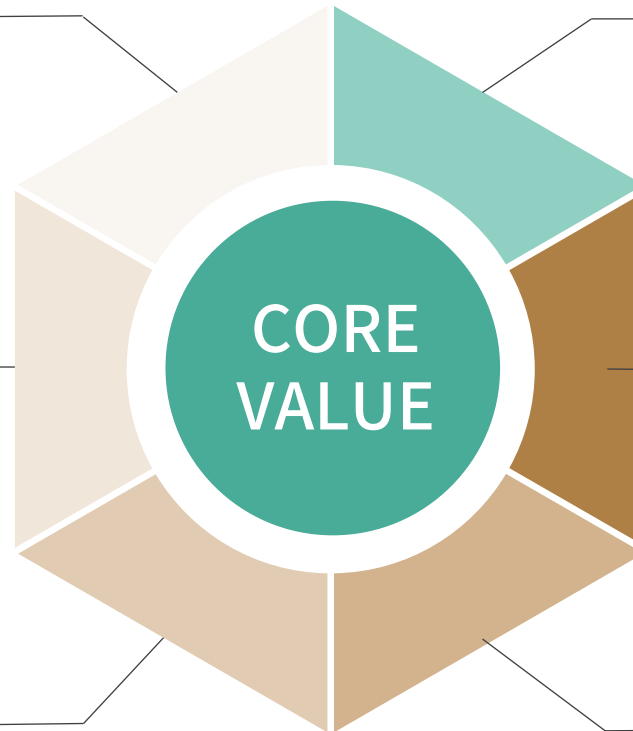
外断熱工法と高断熱窓を併用することで、コンクリート躯体や開口部から外気の影響を受けにくくなります。屋内の温度はより安定し、家の中の温度ムラも抑えられます。

## 5. 健康

外断熱によって外気から守られた蓄熱性の高いコンクリート造のマンションでは、冷暖房を切っても、急激な温度変化はおきず、床・壁・天井が徐々に蓄えた膨大な熱量が、ゆっくり輻射されていき、ほのかな暖かさや涼しさの感じられる快適な空間を保ちます。

## 6. 省エネルギー

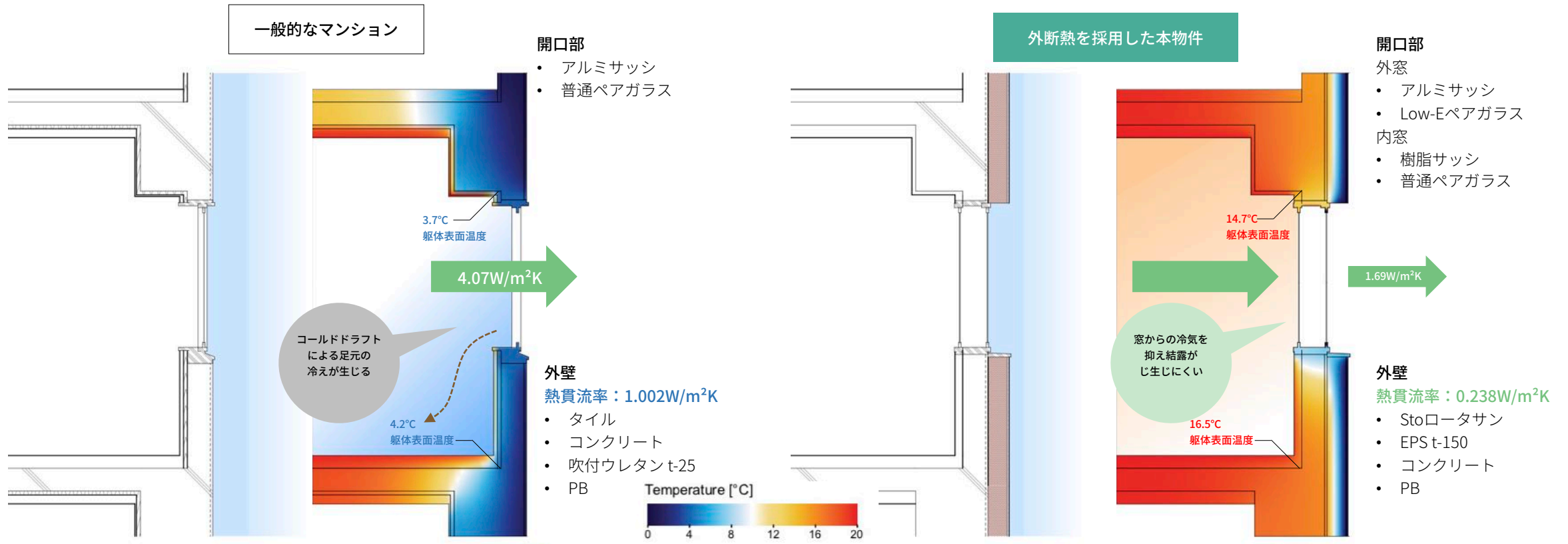
換気冷暖房における消費エネルギーを次世代省エネルギー基準の建物に比べ約50%削減しています。



## 2. 断熱・気密・蓄熱

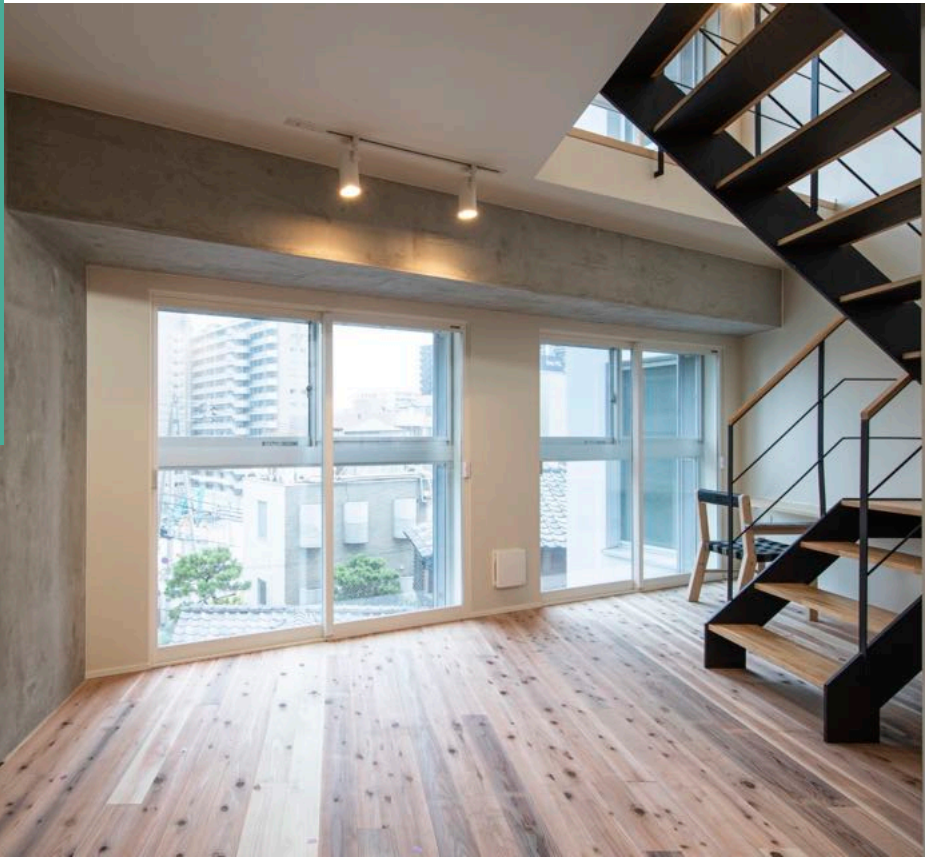
### 一般マンションとMEGUROHAUSの躯体温度シミュレーションによる比較

一般的なマンションでは、内断熱工法のため建物外壁そのものが外気に近い温度まで冷え、窓際の寒さや結露の原因となっています。MEGUROHAUSでは、**外断熱工法と高断熱窓により、コールドドラフトと結露を抑制しています**。断熱性能は、本シミュレーションによる結露予防、投資回収期間、ドイツの基準を参考に決定しています。



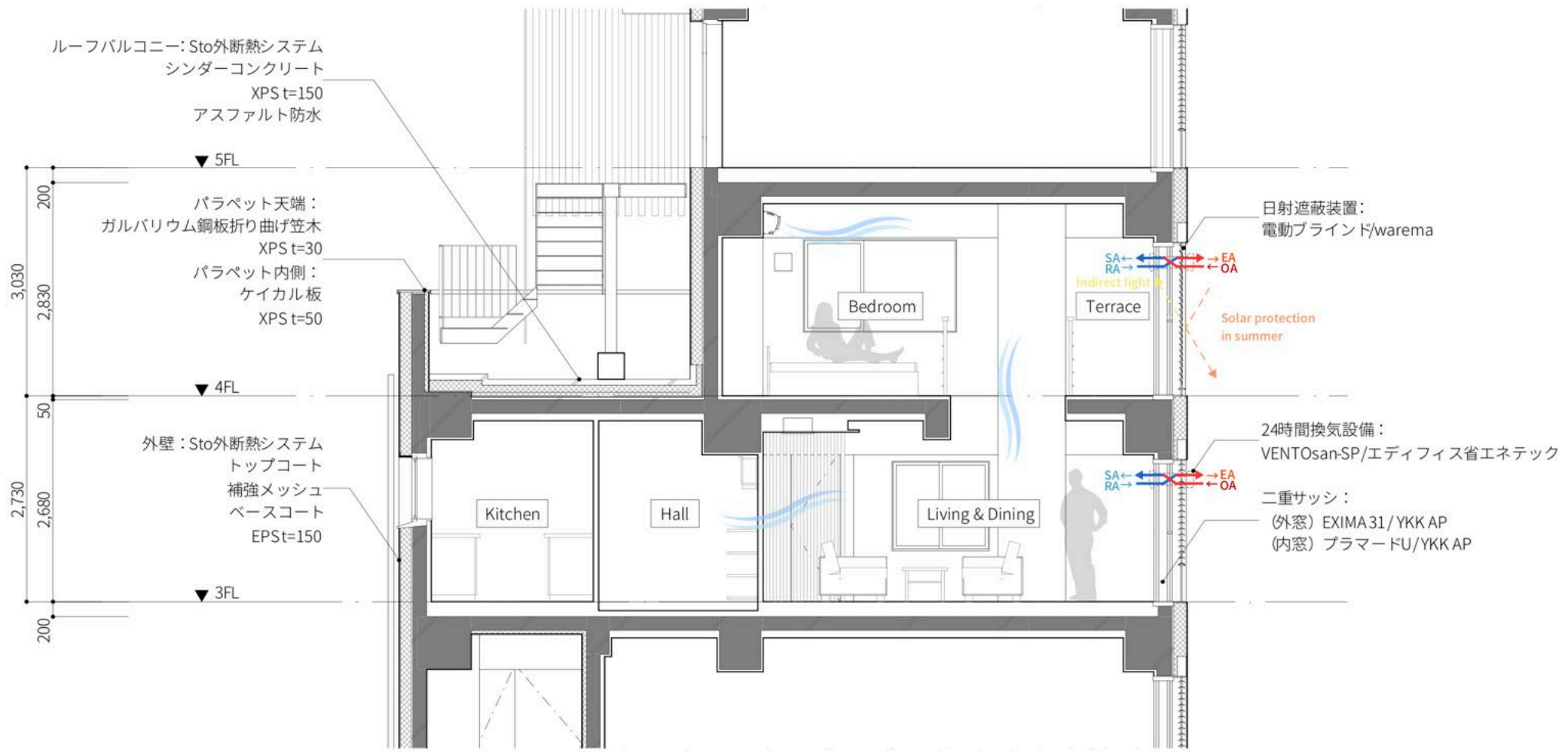


Meguro  
Lab.  
Maisonette, 70 sqm



# Meguro Lab.

約70m<sup>2</sup>のメゾネット住戸をエアコン一台で空調

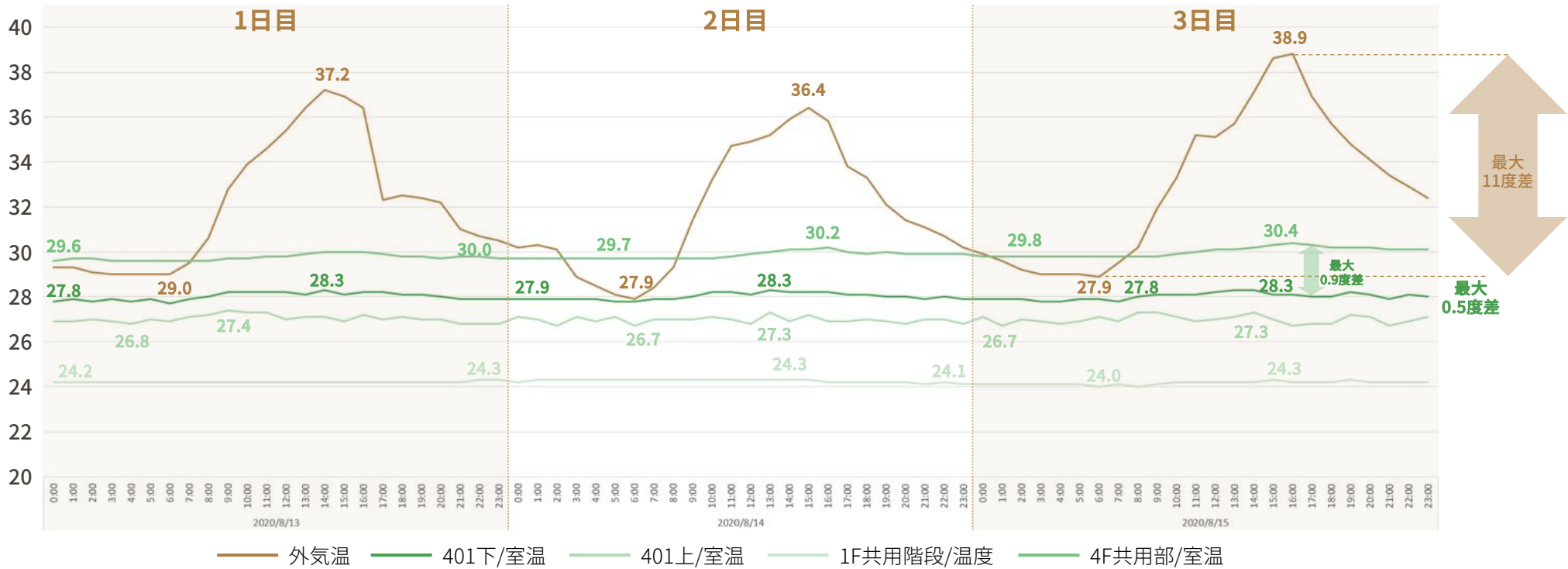




# 日本におけるドイツ型のZEB モニタリング調査

夏季

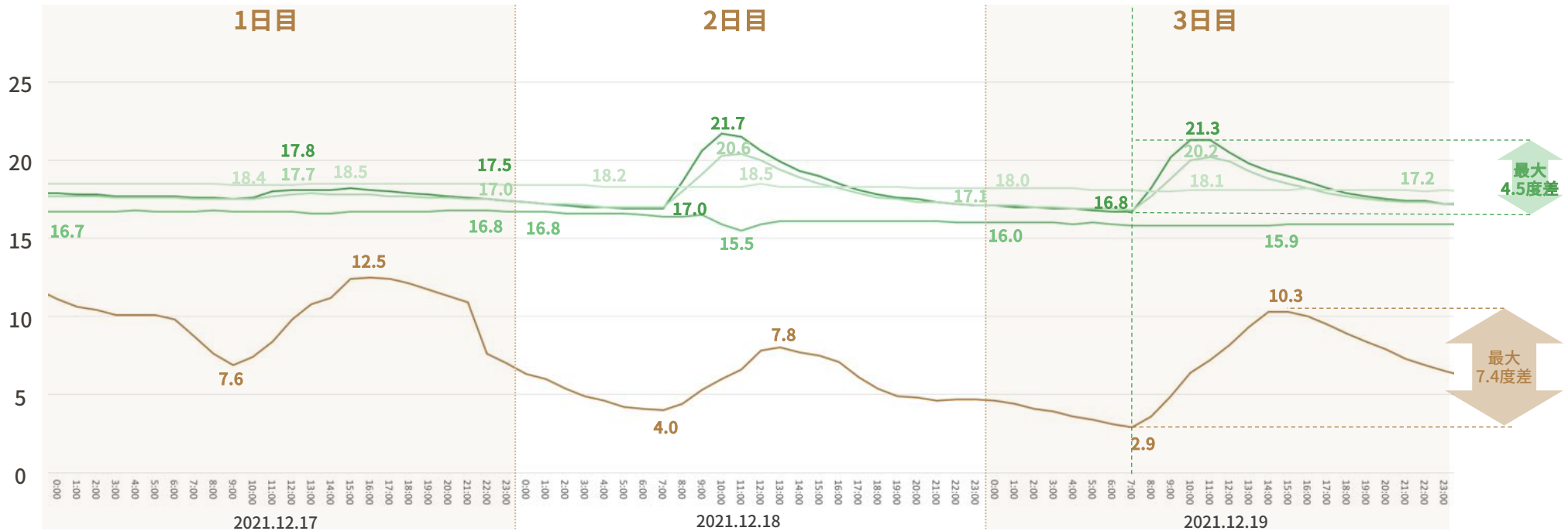
外気温が約28度から39度まで変動する中、住戸内・共用部の温度変化は約0.5度程度であった。



# 日本におけるドイツ型のZEB モニタリング調査

冬季

計測期間最低気温が2.9°CのAM7:00でも無暖房で室温16.9°C、日射が入ると20度以上を保っていた。

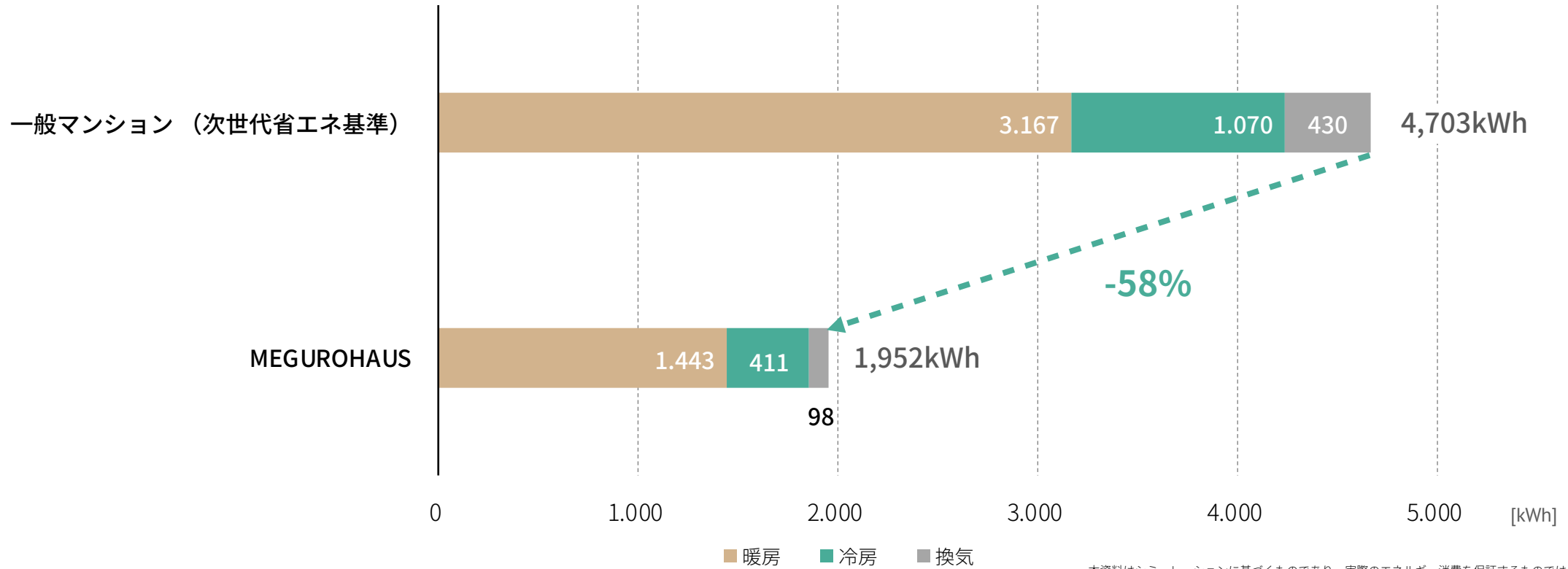


— 外気温 — 401下/室温 — 401上/室温 — 1F共用階段/温度 — 4F共用部/室温

# エネルギー消費比較

## サンプル住戸における空調・換気の消費エネルギー

これまで紹介した各種の環境配慮・省エネルギー技術により、MEGUROHAUSでは暖房・冷房・換気におけるエネルギー消費を、約58%削減している。コロナ禍において住宅滞在時間と光熱費が増加している昨今、本計画と同等の省エネルギー性能が、今後スタンダードになるべきであると考えている。



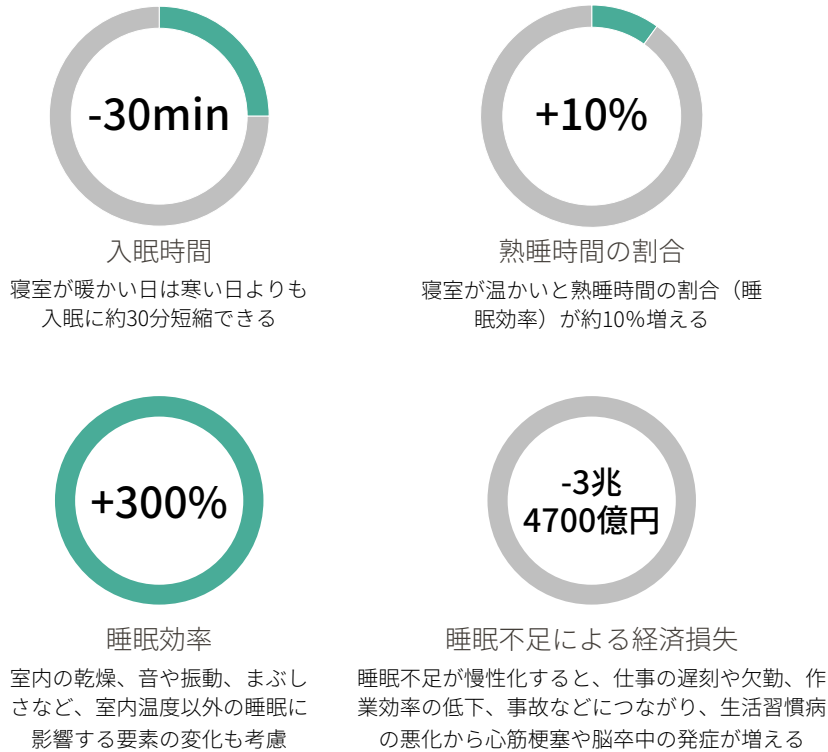
- 本資料はシミュレーションに基づくものであり、実際のエネルギー消費を保証するものではありません。
- エネルギー単価は社会情勢により変動します。

# 断熱と健康

## 断熱と防音による睡眠への好影響

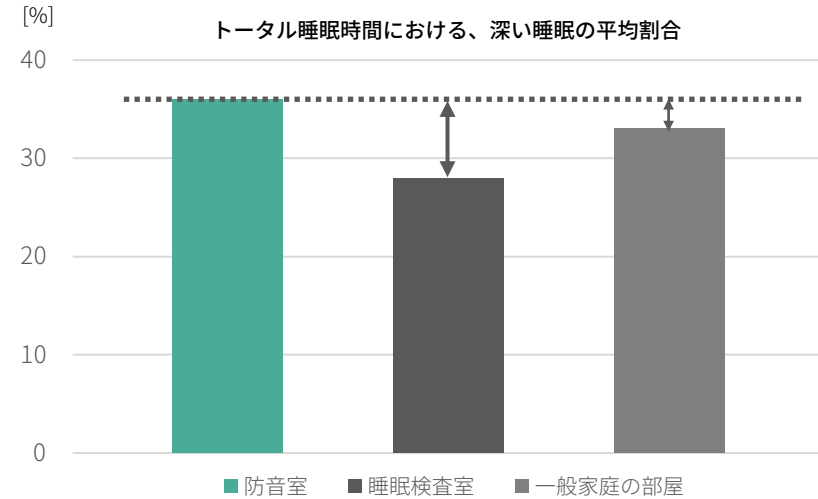
### 断熱による健康や生産性への好影響

断熱性の高い住宅を新築した1万人を対象に調査を行った結果、断熱性能の改善によって調査した全ての疾病で有病者が減り、完治しないまでも状態が好転した人も多くいました。下のグラフでは80名を住宅断熱以外に優位差のない2群で比較し、健康寿命が長ければ一般的に年間80万円程度とされる家系からの介護負担を減らすことができるとされています。



### 防音による睡眠への好影響

一般家庭における深い睡眠の割合は約33%だが、病院の睡眠検査室（入院時と同じ環境）で検査した場合、深い睡眠の割合が20%台に下がる。防音室を使って睡眠の質を調べると、自宅より病院の方が深い睡眠が得られることが実験により証明された。



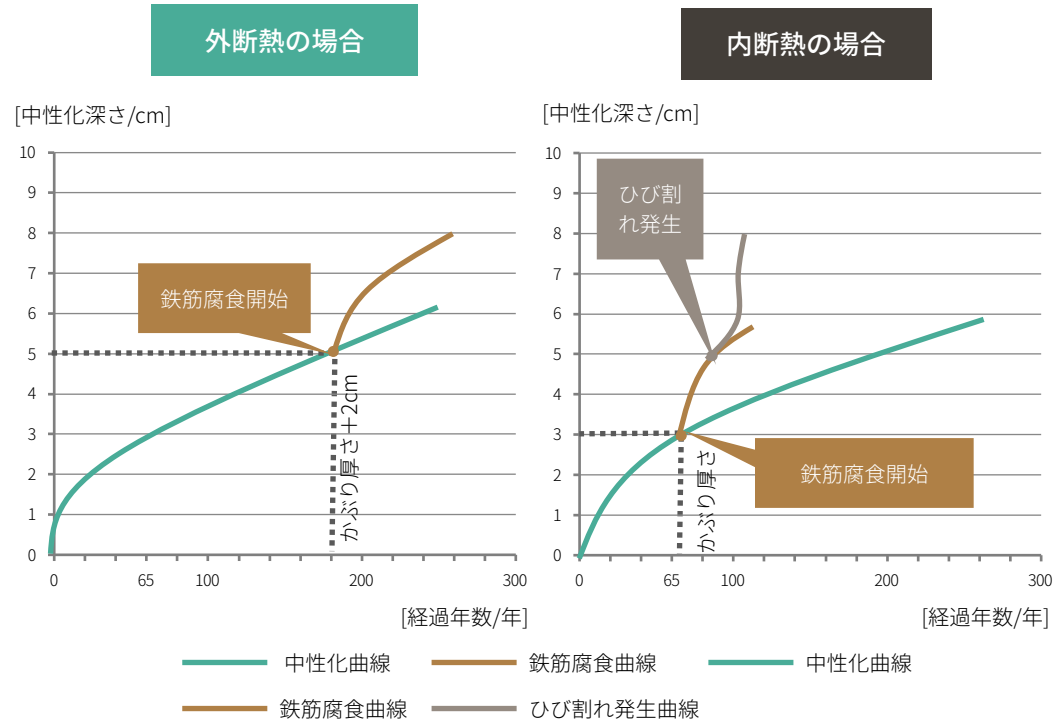
睡眠時間における、深い睡眠の平均割合	平均差分	標準誤差	有意性
N3(睡眠検査室)-N3(防音室)	-7.51%	1.44%	0.000%
N3(睡眠検査室)-N3(一般家庭の部屋)	-3.62%	1.21%	0.019%
N3(防音室)-N3(一般家庭の部屋)	3.89%	1.36%	0.026%

# 長寿命と安全性

## 外断熱工法による躯体保護

### 外断熱により、コンクリートの寿命を大幅に延長

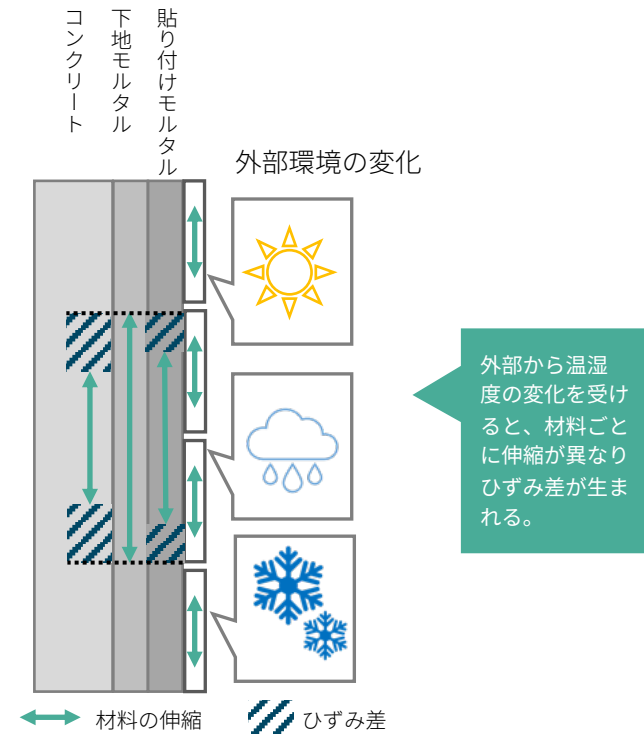
外断熱の重要なメリットの一つが、躯体の長寿命化である。中性化の主な原因は、温度変化によるひび割れと紫外線劣化などであり、**外断熱工法の躯体保護効果により、内断熱の場合の約3倍程度の期間、鉄筋の腐食開始時期を遅らせる事ができる。**



出典：日本コンクリート工学会資料・北海道建築技術協会資料をもとにASOBU GmbHで作成

### タイル剥離の原因と防止による資産価値の維持

近年事故や管理費を圧迫する問題としてタイル剥離と落下がある。外部から温度変化を受けると、材料ごとに伸縮が異なりひずみ差生まれ、タイル剥離と落下が起こる。**外断熱工法は軽量の断熱材と湿式の外壁材により、タイル剥離の対策にも使われる安全な工法です。**



# Evidence-based design

設計初期段階から数値やデータを元に計画を行うことが重要

申請に必要な省エネ申請業務のみ外注事務所に委託するため、複数回の検討や初期段階での検討は不可能建築主やオーナーにとって重要な省エネ・LCCなどの検討ができていない。

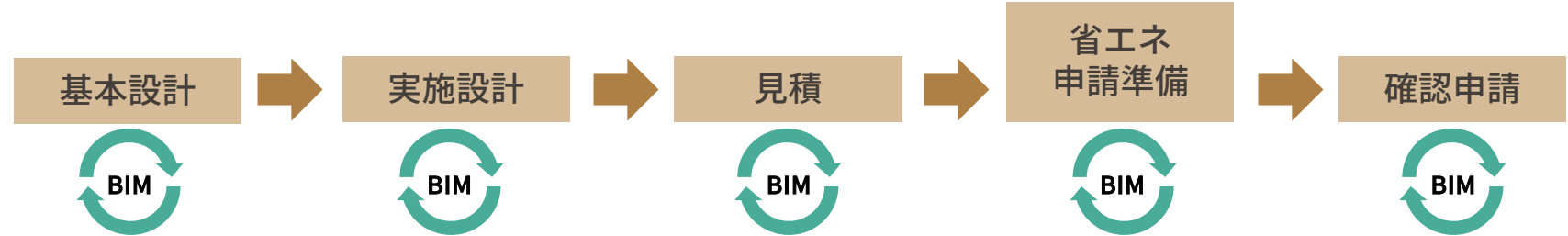


この期間、実質省エネ・LCC計算・検討は行われていない・・・

従来



新しい  
ワークフロー



BIM - DEV

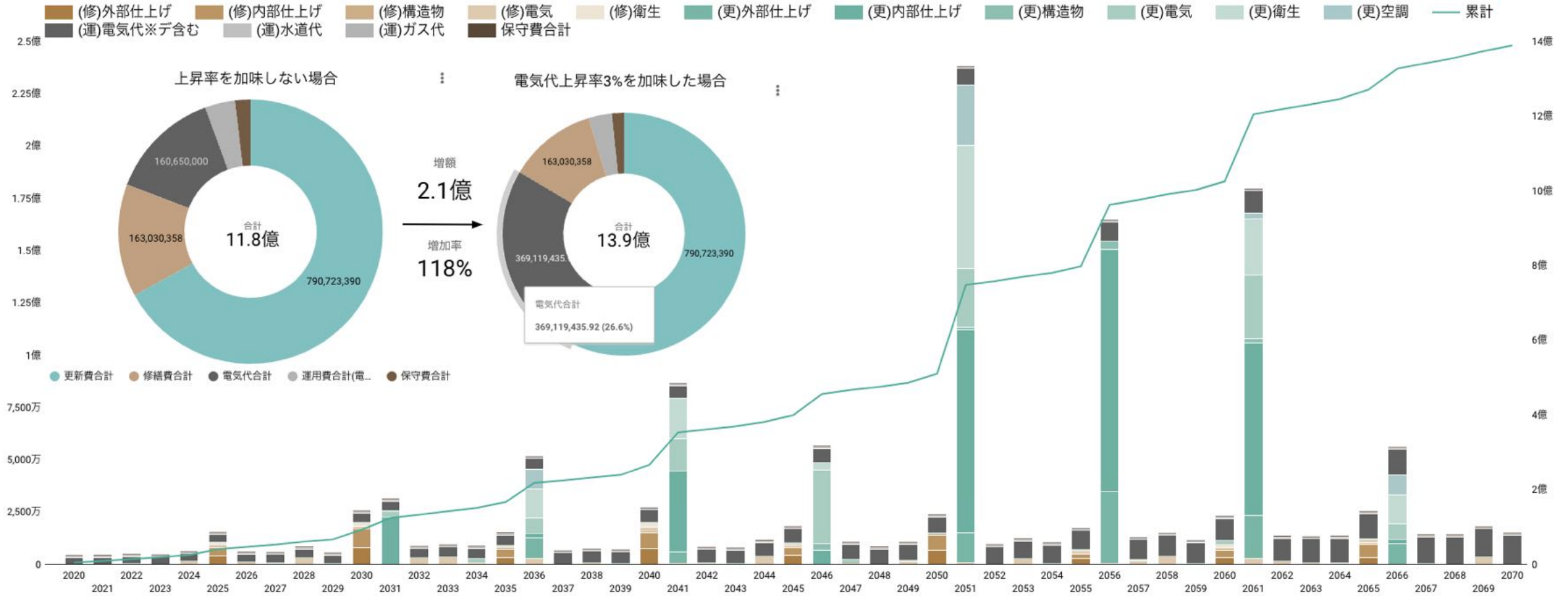
光熱費・空調負荷・LCC計算・検討

・省エネ判定  
・申請書作成

# ライフサイクルコストの低減

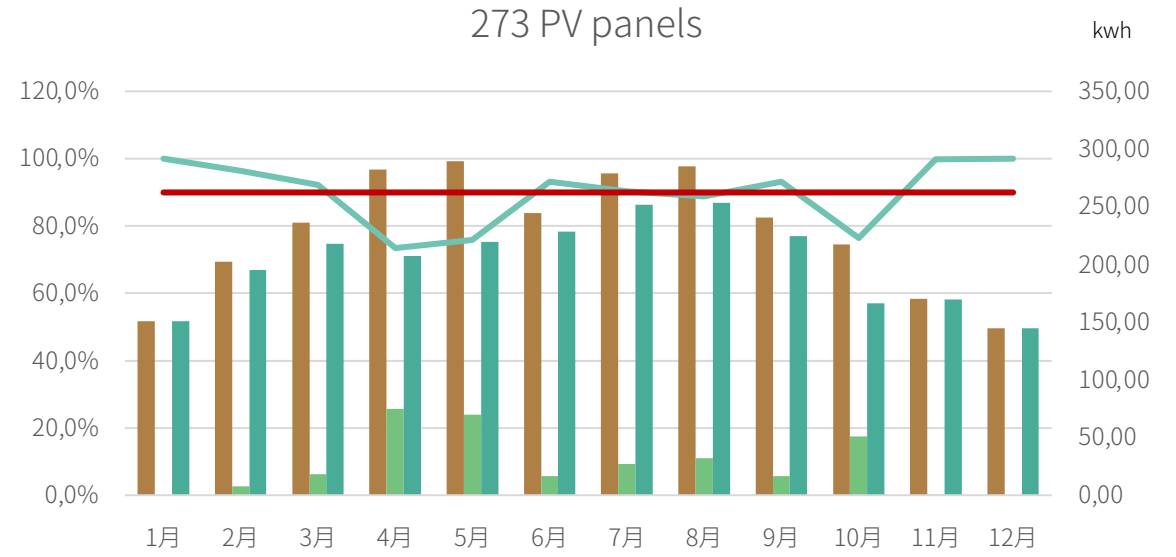
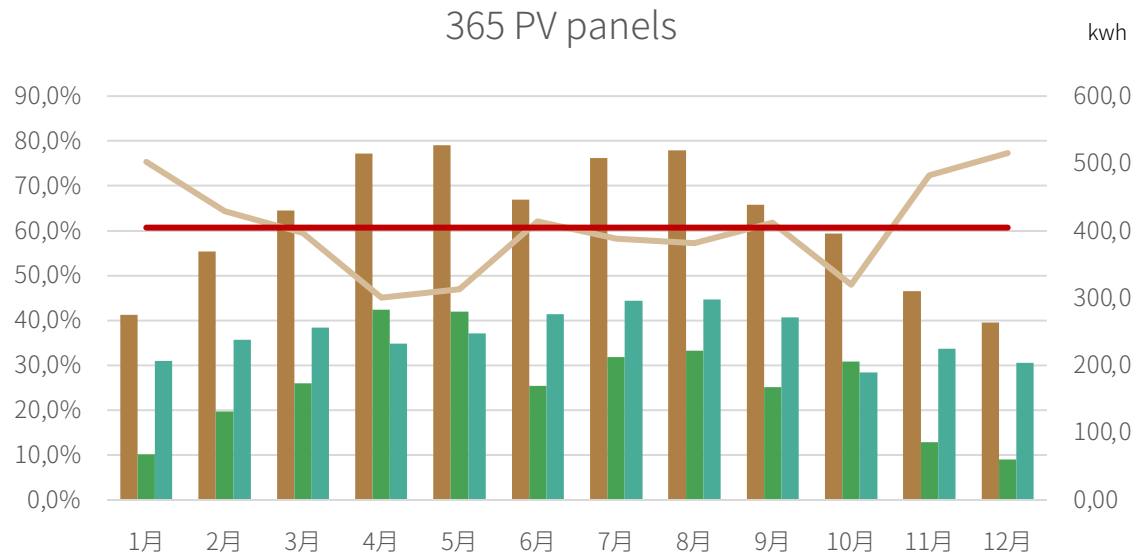
電気代の上昇率が3%と仮定した場合

## LCC合計



# 太陽光発電と需要シミュレーション

理論上及び実需要と発電予測を比較し、最適化を図る



- Total electricity generation
- Surplus electricity
- Self electricity consumption
- Self electricity consumption (%)
- Average of self electricity consumption (%)

- Total electricity generation
- Surplus electricity
- Self electricity consumption
- Self electricity consumption (%)
- Average of self electricity consumption (%)



## Conclusion 04

高性能建築物から学ぶこと

理論や事例は既に存在する  
発注者と専門家の連携を高め、  
目標達成に向け要求水準を高めていくことが重要



# International Building Exhibition 1957

ドイツの築60年以上の住宅



# International Building Exhibition 1957

ドイツの築60年以上の住宅



# From 1945 to 2020

75 years later



資料：Wikipedia

# From 1957 to 2020

63 years later



資料：Hansaviertel.berlin

# Conclusion

本事例を通して学ぶこと

脱炭素キャンパスを考えることは  
人が育つ環境のあり方を考えること



Thank you for your attention!