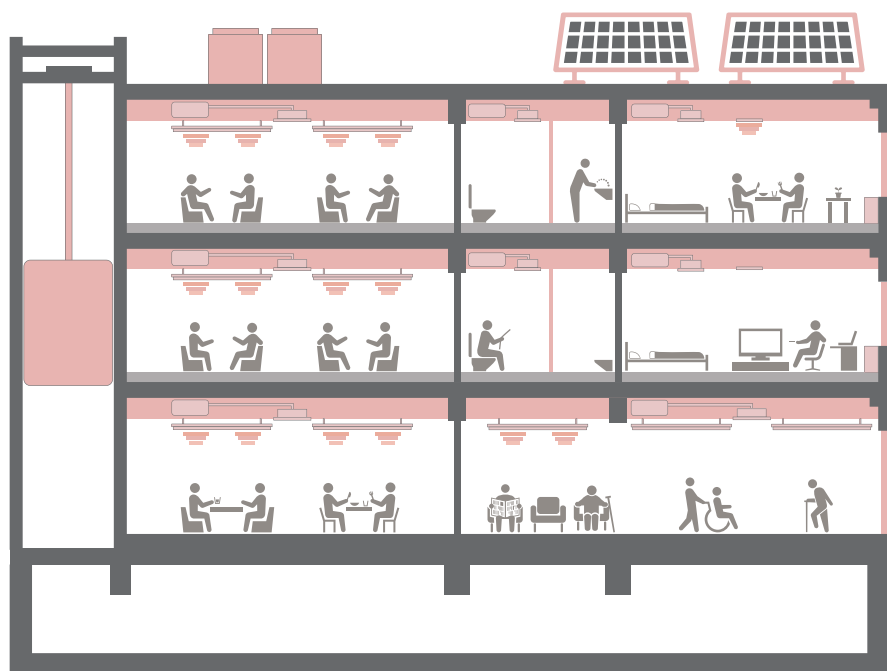


ZEBの実現のために

— 樹脂窓による省エネルギーと快適・健康な室内環境の実現 —



ZEB・ZEHの実現を考える会
塩ビ工業・環境協会

はじめに

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第5次評価報告書によれば、2010年に建築物は世界のエネルギーの約32%を消費しており、このままの状態では2050年には2~3倍に増えると予測しています。我が国でも「エネルギー基本計画（2014年閣議決定）」により、ZEB・ZEHの実現を重要課題の一つに掲げています。

ZEB・ZEHは高効率機器を取り入れるだけでは実現しません。さまざまな省エネルギー対策を取り入れ、かつ効果的に運用して大幅にエネルギー消費量を削減する建築計画が必要となります。

一方、省エネルギーのために室内環境が悪化してはなりません。室内環境を向上させて居住者の快適性と健康維持増進につなげるように工夫することもZEB・ZEHの実現では重要です。

本書では、特に居住機能が優先される業務用建築物（ホテル、病院、老人福祉施設など）を中心に、大幅なエネルギー消費量の削減と、居住者の快適性と健康維持増進につながる室内環境の向上の両立ができるZEBを実現するための考え方を紹介します。

「ZEB・ZEHの実現を考える会」について

本会は、2016年6月より2019年3月までの3年間に渡り、樹脂窓の省エネ性能と室内温熱環境向上効果に注目し、ZEB・ZEHの実現性を検討しました。樹脂窓を導入したホテル、老人福祉施設、集合住宅にて実測や数値シミュレーションを実施し、樹脂窓を導入した建物における暖冷房エネルギー消費量、室内温熱環境、結露リスク等を調査し、樹脂窓の導入による省エネ性能と室内温熱環境向上効果を検討しました。本書は、本会での検討結果を参考にZEBを実現するための考え方を取りまとめたものです。

CONTENTS

- 1 ZEBって何？
- 2 建物はどこでエネルギーを使っているの？
- 3 どうすれば、エネルギーを上手に使えるの？
- 4 ZEBを実現する省エネルギー対策はどんなもの？
- 5 室内温熱環境には、何が影響しているの？
- 6 どうすれば、室内温熱環境が良くなるの？
- 7 樹脂窓による効果の事例紹介

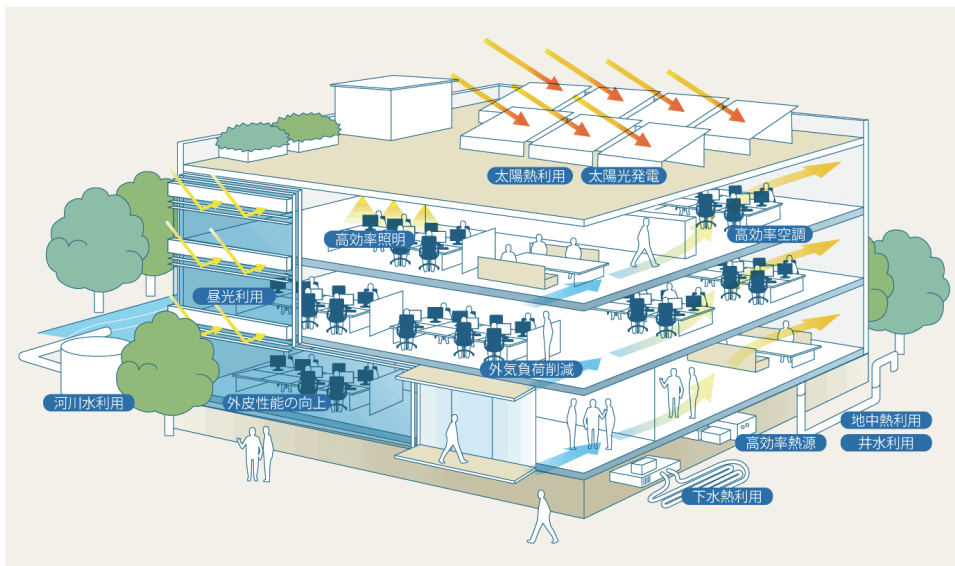


1 ZEBって何？

ZEB（ゼブ）とはネット・ゼロ・エネルギー・ビルの略で、居住者の快適な室内環境を保ちながら、高断熱・日射遮蔽、自然エネルギー利用、高効率設備の利用により、できる限りの省エネルギーに努め、太陽光発電等を用いてエネルギーを創ることで、建物のエネルギー消費量を大幅に削減できる建物です。

ZEBの住宅版をZEH（ゼッチ）と言い、ネット・ゼロ・エネルギー・ハウスの略です。

ZEBの概念図

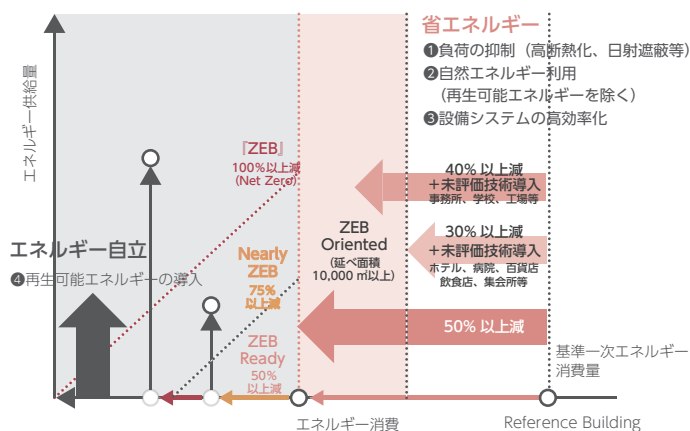


出典) ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業 調査研究発表会資料 (2015年11月) (経済産業省)

ZEBは、省エネルギー対策によって削減されるエネルギー消費量と敷地内の太陽光発電などによるエネルギー供給量の大きさによって種類が以下のように定義されています。

特にエネルギー消費量は、基準となるエネルギー消費量から大幅に削減されていることが必要です。

| | |
|---------------------|---|
| <p>「ZEB」</p> | <p>以下の全てに適合した建物</p> <p>①再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から50%以上の一次エネルギー消費量削減</p> <p>②再生可能エネルギーを加えて、基準一次エネルギー消費量から100%以上の一次エネルギー消費量削減</p> |
| <p>Nearly ZEB</p> | <p>以下の全てに適合した建物</p> <p>①再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から50%以上の一次エネルギー消費量削減</p> <p>②再生可能エネルギーを加えて、基準一次エネルギー消費量から75%以上100%未満の一次エネルギー消費量削減</p> |
| <p>ZEB Ready</p> | <p>再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から50%以上の一次エネルギー消費量削減</p> |
| <p>ZEB Oriented</p> | <p>以下の全てに適合した建物</p> <p>①該当する用途毎に、再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から規定する一次エネルギー消費量を削減すること</p> <p>A) 事務所等、学校等、工場等は40%以上の一次エネルギー消費量削減</p> <p>B) ホテル等、病院等、百貨店等、飲食店等、集会所等は30%以上の一次エネルギー消費量削減</p> <p>②「更なる省エネルギーの実現に向けた措置」として、未評価技術（WEBPROにおいて現時点で評価されていない技術）を導入すること</p> |



出典) ZEB ロードマップフォローアップ委員会とりまとめ (2019年2月) (経済産業省)

2 建物はどこでエネルギーを使っているの？

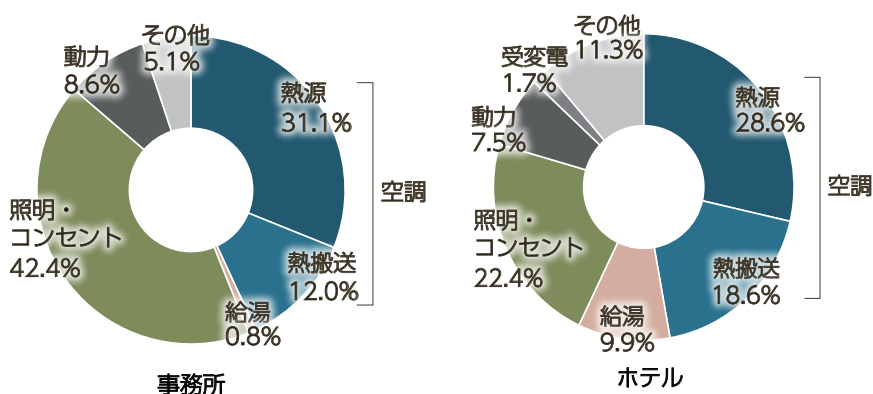
建物は、エアコンなどの空調設備、外気を取り入れるための換気設備、照明設備、お湯を供給するための給湯設備などの様々な設備でエネルギーを使用しています。

それぞれの設備で消費されるエネルギーの割合は、事務所、ホテル、老人福祉施設などの建物用途によって違います。

どの設備でエネルギーを多く使っているかを知るとは、省エネルギー対策を検討する上でとても重要なことです。

例えば、事務所は空調（熱源・熱搬送）と照明・コンセントで多くのエネルギーを使用しています。一方、ホテルは空調と給湯で多くのエネルギーを使っています。どちらの建物用途でも空調のエネルギー消費量の割合が最も大きいです。

ZEB実現には、空調の省エネルギー対策が重要なのです。



エネルギー消費先別の割合

出典) オフィスビル・ホテルの省エネルギー ((一財) 省エネルギーセンター) を元に作成

3

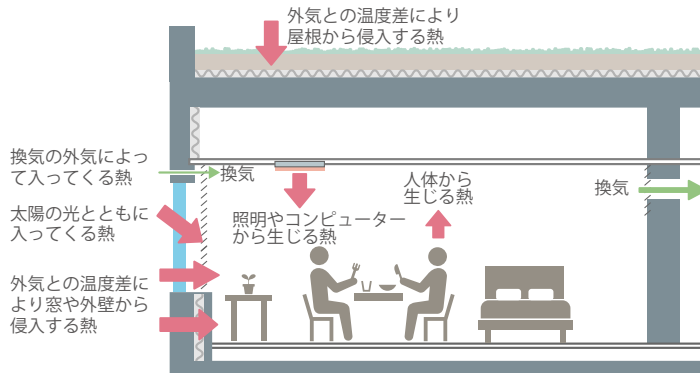
どうすれば、エネルギーを上手に使えるの？

冬の窓近くは寒いので、ついつい暖房を強めてしまいます。窓の断熱性能を高めることは、快適性を高めると同時に、暖房を弱めて省エネルギーにもなります。そんな気づきからZEBの実現は始まります。

エネルギーを上手に使うための5つの視点を紹介します。

- (1) 負荷を減らす
- (2) 効率的に使う
- (3) 未利用・再生可能エネルギーを使う
- (4) 使い方を工夫する
- (5) 無駄使いをしていないか確認する

(1) 負荷を減らす



暖冷房負荷のイメージ

暖冷房負荷を減らす

- ・ 窓などの開口部や外壁の断熱性・気密性を向上し、建物の外部から伝わる暖冷房負荷を減らします。
- ・ 夏期に窓から侵入する日射を遮蔽して冷房負荷を減らします。
- ・ 発熱量の低い高効率な照明や OA 機器などを採用して冷房負荷を減らします。

換気負荷を減らす

- ・ 外気取り入れ量や換気ルート計画を適正に行い、換気による熱負荷を減らします。

照明負荷を減らす

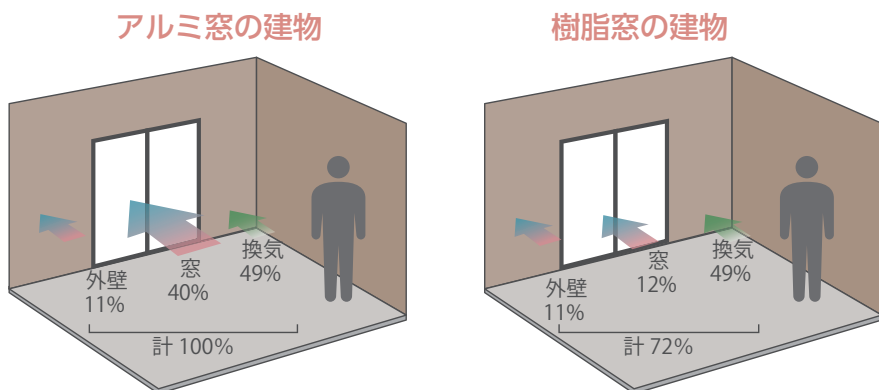
- ・ 窓からの昼光を利用し、照明の使用量を削減し、照明負荷を減らします。

「樹脂窓で窓からの熱の出入りを抑えて、

暖冷房負荷を減らす」

窓からの熱の出入りは、外壁に比べて多く、窓の断熱性能や日射遮蔽効果が重要であることが分かります。開口部の断熱性能強化には、樹脂窓の採用が効果的です。冬期の試算によると、樹脂窓は、窓からの熱の流出が減り、部屋全体の熱の流出が、アルミ窓の部屋の72%に減ります。

ガラスにLow-E 複層ガラスを使用すると断熱効果に加えて、遮熱効果も高まります。Low-E 複層ガラスは、日射の侵入を防いで、夏の冷房負荷を抑える遮熱タイプと、日射を採り込み、冬の暖房熱を外へ逃がさない断熱タイプがあります。



アルミ窓での熱の出入りの量の合計を100%とした場合、樹脂窓の熱の出入りの量の割合

冬期最寒日における1日合計の熱の流出量の割合

【計算条件】

- 対象建物：東京都に建つ3LDK(65㎡)の住宅(中間住戸)
- 換気：風量0.5回/hの24時間換気(第3種換気、熱交換なし)
- 壁：南側と北側が外壁、西側、東側、床、天井は隣接住戸
- 窓：南側掃出窓(8.2㎡)と北側腰窓(3.0㎡)
- 窓の種類と住戸の U_A 値
 - ・アルミ窓住戸：アルミサッシ、単板ガラス
 U_A 値 0.809[W/㎡K]
 - ・樹脂窓住戸：樹脂サッシ、Low-E 複層ガラス
 U_A 値 0.606[W/㎡K]

樹脂窓とは

樹脂窓とは、サッシ部分の材質が断熱性能の高い樹脂製の窓です。通常、ガラスを断熱性能の高い、複層ガラスや3層ガラスにして、断熱性能を向上させて熱の出入りを抑えています。サッシ部分をアルミと樹脂の複合で構成したアルミ樹脂複合窓もあります。

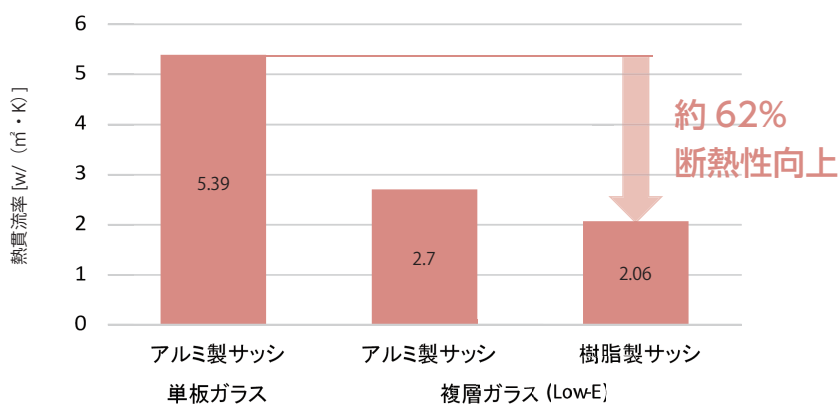
単板ガラスのアルミ窓に比べて、樹脂窓は熱貫流率が約62%小さく、断熱性能が非常に高くなります。



樹脂窓の断面

アルミ樹脂複合窓の断面

出典) YKK AP



注) 全て明色ブラインド設置の場合

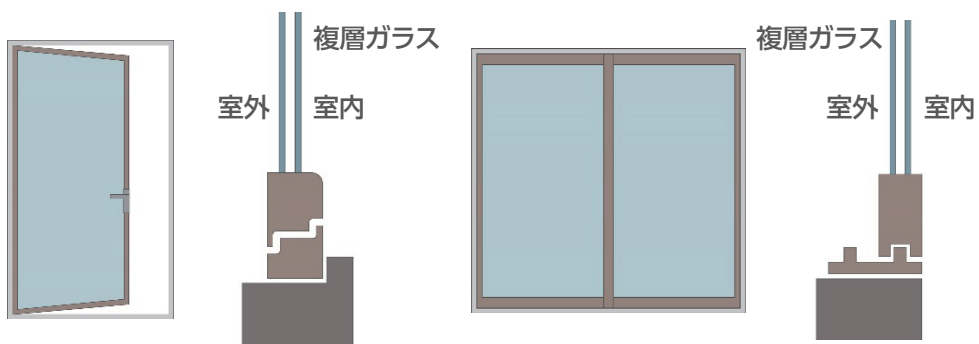
窓の熱貫流率の比較

出典) 平成28年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報 (建築研究所)

樹脂窓の種類

樹脂窓の種類には、大きく分けて外窓と内窓があります。外窓は窓そのものが樹脂製のもの、内窓はアルミ窓等の既存の窓の内側にもう1つ樹脂製窓を設置するものです。

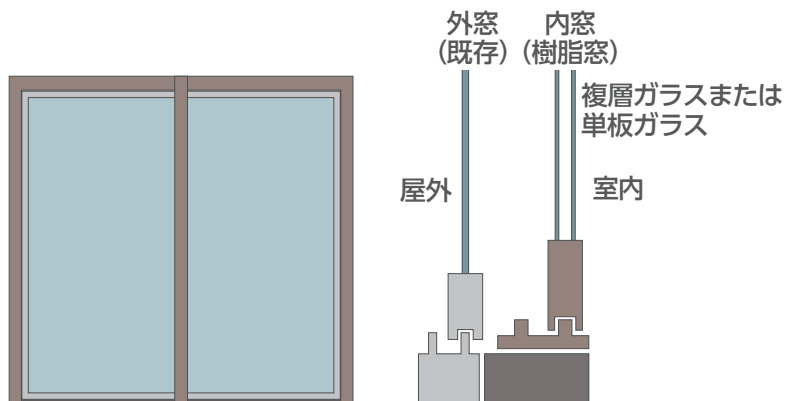
◆外窓



たたすべり出し窓

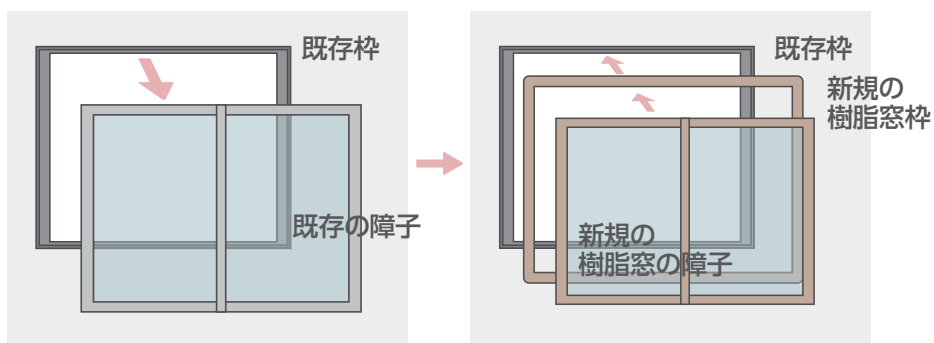
引き違い窓

◆内窓（既存の窓の内側に樹脂窓を設置するもの）



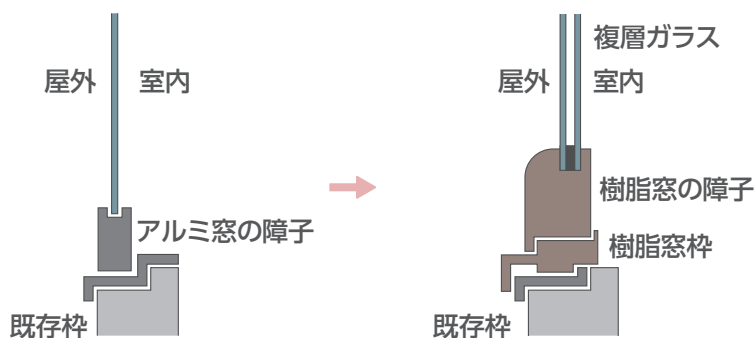
外窓の樹脂窓への改修方法

既存のアルミ窓などの外窓を、樹脂窓に改修する方法の一つとして、「カバー工法」があります。カバー工法は、既存窓枠の上に樹脂窓（枠と障子）を設置し、外窓を樹脂窓に改修する方法です。



① 既存窓のガラス障子を外す

② 新しい樹脂窓枠と樹脂窓の障子を取付け



(2) 効率的に使う

効率の高い設備機器の導入や制御手法の採用によって、エネルギーを効率的に使うことで省エネルギーが可能です。

「効率の高い暖冷房機器の採用」

年間効率（A P F）の高い機器、適正な容量の機器（余裕の見すぎは機器の効率低下を招きます）、省エネルギー制御ができる機器を採用

「効率の高い換気設備の採用」

高効率モーター、全熱交換器、換気制御（センサー制御、スケジュール制御、インバーター制御など）を採用

「効率の高い照明設備の採用」

LED・有機EL照明の採用、照明制御（人感センサー、明るさセンサー、タイマー制御など）を採用

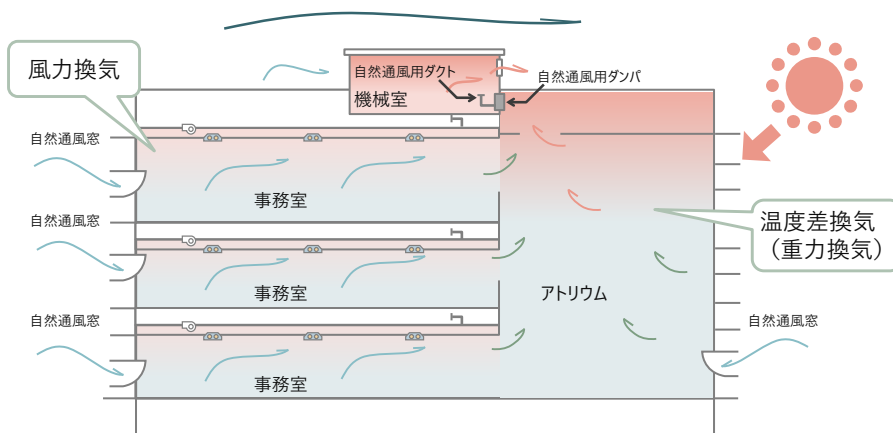
「効率の高い給湯設備の採用」

高効率給湯機、節水・節湯器具、断熱浴槽、配管断熱を採用

(3) 未利用・再生可能エネルギーを使う

更なる省エネルギーや創エネルギーを実現するために未利用・再生可能エネルギーを採用します。

- 太陽光発電
- 太陽熱利用 (給湯、暖房)
- 自然換気 (風力換気、温度差換気)
- 地中熱利用 (地中熱ヒートポンプ、ヒートトレンチ^{※1})
- 井水熱利用
- フリークーリング^{※2}



自然換気の例

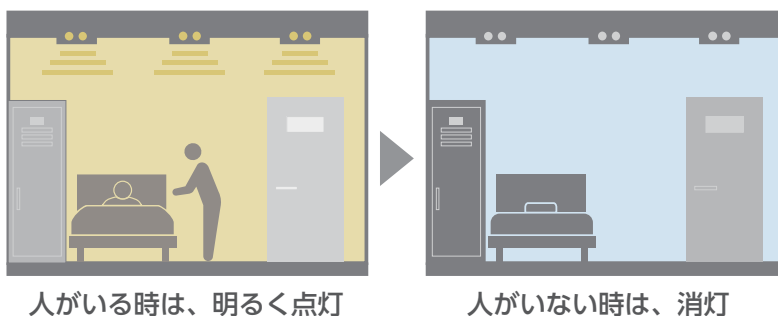
※1 ヒートトレンチとは、地中に埋設したトレンチ (チューブ) に空気を流して、地中の温度で暖めたり冷やしたりするシステム

※2 フリークーリングとは、外気温度の低い時期に熱源を稼働せず冷却塔単独で冷水を製造し、冷房するシステム

(4) 使い方を工夫する

建物利用者の使い方の工夫も省エネルギーにつながります。

- 空調の適正な温度設定
(設定温度の下げ過ぎ、上げ過ぎをしない)
- 窓開けによる自然通風利用
- 扉や窓の不要な開放の抑制
- 照明の不要時消灯
- 湯の不要な使用の削減
- 空調設備、換気設備のフィルター等のメンテナンスによる効率維持



照明の不要時消灯のイメージ

(5) 無駄使いをしていないか確認する

エネルギーの無駄使いをしないためには、取り入れた省エネルギー対策が間違いなく運用されて、省エネルギーが目標通りに達成できていることを確認する必要があります。

建物利用者にエネルギーの使用状況を見せて、省エネルギー意識を向上させることも重要です。

- 設備のエネルギー消費量、運転状況の「見える化」
- 設定温度、実際の温度の状況の「見える化」
- 建物利用者への表示パネルなどによる「見せる化」での省エネ意識向上



エネルギーの「見える化」



エネルギーの「見せる化」

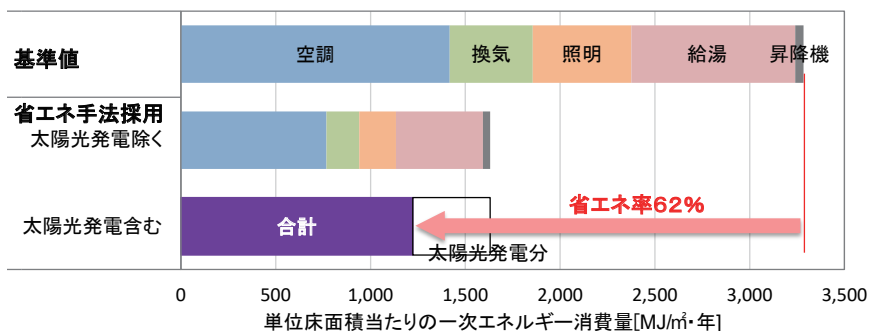
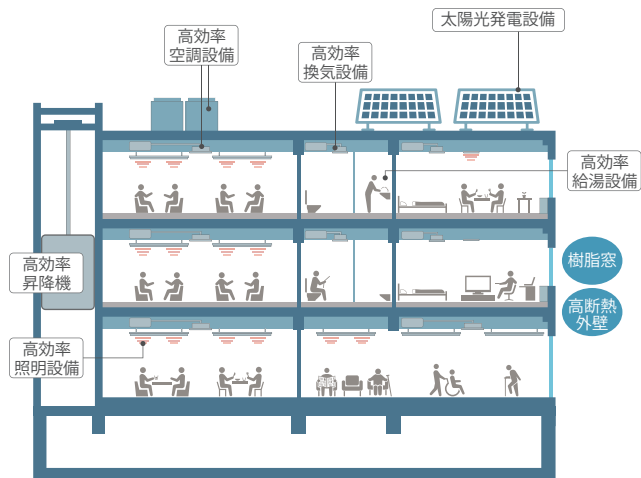
4 ZEBを実現する省エネルギー対策はどんなもの？

これまでに説明したエネルギーを上手に使う方法（省エネルギー対策）を採用した老人福祉施設の建物で、どの程度の省エネルギーが実現できるのでしょうか？

試算では、建物全体の年間一次エネルギー消費量の62%を削減でき、ZEB (ZEB Ready) が実現できることが分かりました。

採用した省エネルギー対策

- 樹脂窓
- 外壁の高断熱
- 自然通風システム
- 高効率空調熱源
- 高効率換気ファン・インバータ制御
- 高効率照明 (LED 照明)
- 照明制御 (人感センサー、昼光利用)
- 高効率給湯機
- 高効率昇降機
- 太陽光発電



※延床面積約4000㎡の老人福祉施設での試算結果

5

室内温熱環境には、 何が影響しているの？

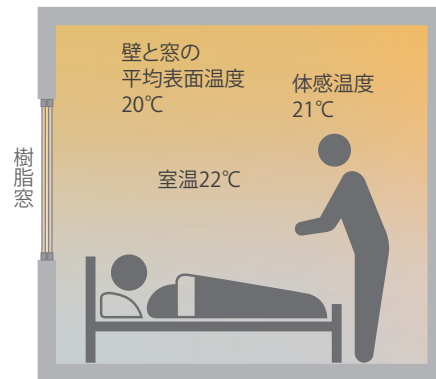
室内温熱環境（人が感じる暑さ寒さの感じ方）は、室温（室内の空気温度）だけで決まるものではありません。窓や壁などの表面温度による放射の影響を大きく受けています。冬に窓の近くによるとヒヤッとした感じがするのが冷放射です。人の暑さ寒さの感じ方は体感温度で評価することができます。体感温度は、簡易的には窓や壁などの表面温度と室温の平均値で示すことができます。

室温が同じでも、断熱性能の低い建物は、冬に窓や壁などの表面温度が低くなるため、体感温度が低下し寒く感じます。

断熱性の低い建物



断熱性の高い建物

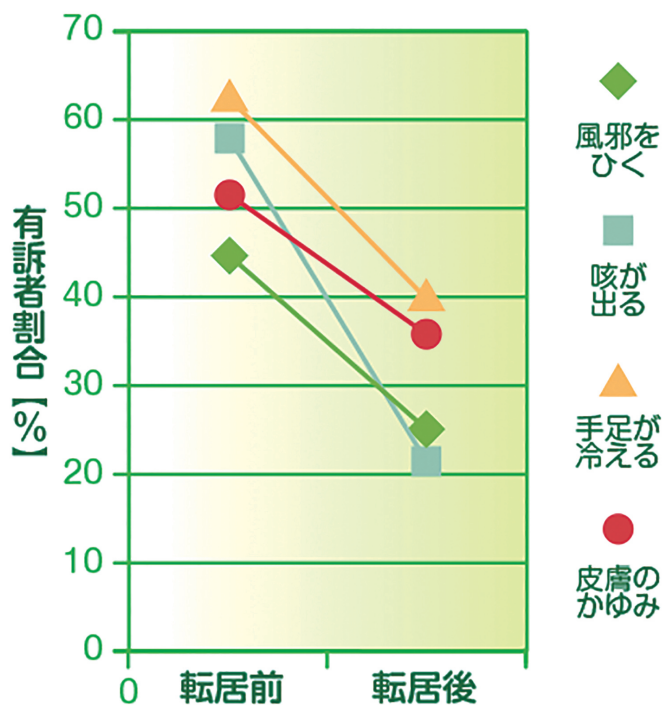


「良い室内温熱環境で健康状態が改善」

断熱レベルの低い家（冬期に寒い家）に住む人ほど、起床時の高血圧の確率、動脈硬化指数や心電図異常所見の発生率、夜間頻尿リスクが高く、断熱改修をすると起床時の血圧が低下、夜間頻尿回数が減少するなどの報告*があります。

断熱レベルの低い家から、高断熱住宅（冬期でも暖かい家）に転居すると、風邪・咳・冷え・皮膚のかゆみを訴える人の割合が減少しており、室内の温熱環境が良いと健康状態が改善することが分かります。

*住宅の断熱化と居住者の健康への影響に関する調査の中間報告（国土交通省）



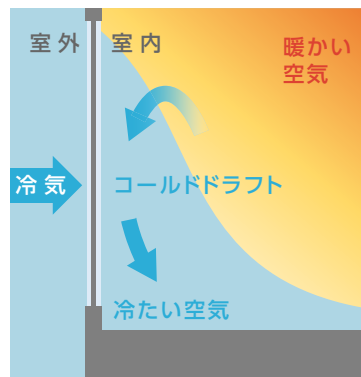
各症状の有訴者の割合

出典) 一般社団法人健康・省エネ住宅を推進する国民会議

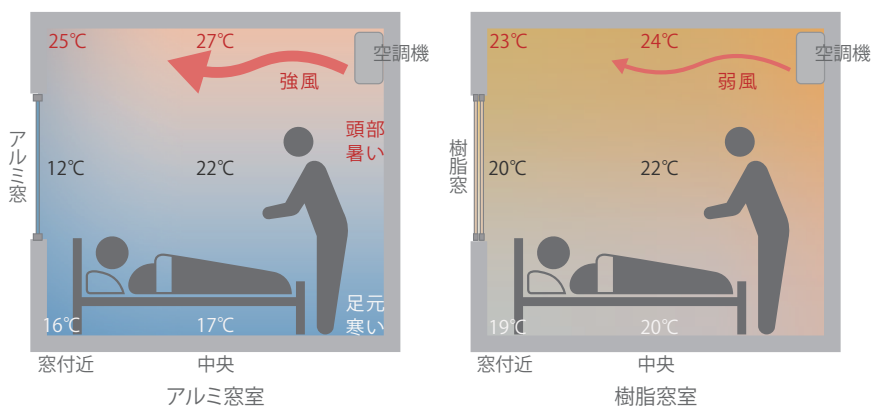
6 どうすれば、室内温熱環境が良くなるの？

「樹脂窓で室内温度分布が小さくできる」

断熱性能の低いアルミ窓は、冬期に表面温度が低くなりますが、断熱性能の高い樹脂窓は、表面温度の低下が抑制され、高い温度を保つことができます。高い表面温度を保つことによって、窓面から床付近への冷たい空気の流れ（コールドドラフト）を抑えることができ、足元の冷たい状況が緩和されます。



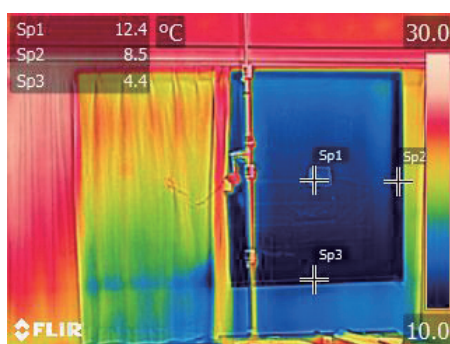
室内の上下温度分布測定結果を見ると、アルミ窓に比べて、樹脂窓は上下温度差が少ないことが分かります。特に、アルミ窓の窓近傍は床付近の温度低下が大きいですが、樹脂窓にすることによって、緩和されていることが分かります。



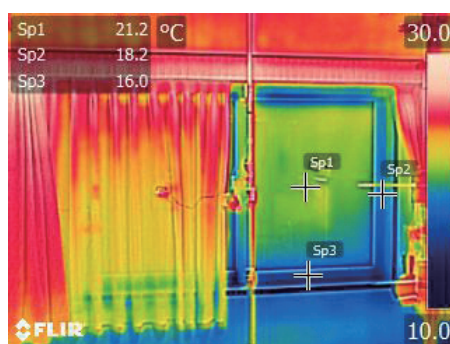
上下温度分布測定結果

「樹脂窓で表面温度の低下と結露が抑制できる」

断熱性能の高い樹脂窓を採用することによって、冬期は窓の表面温度の低下を抑え、夏期は窓の表面温度の上昇を抑えることができ、窓からの放射を改善できます。更に、冬期に窓の表面温度の低下を抑え、高い温度を保つことにより、カビなどの原因となる窓表面の結露を抑えることもできます。



アルミ窓（単板ガラス）



樹脂窓（複層ガラス）

ホテル施設の冬期の窓表面温度の熱画像実測結果



外窓のみ

外窓+内窓

窓の結露の状況

出典) LIXIL

7 樹脂窓による効果の事例紹介

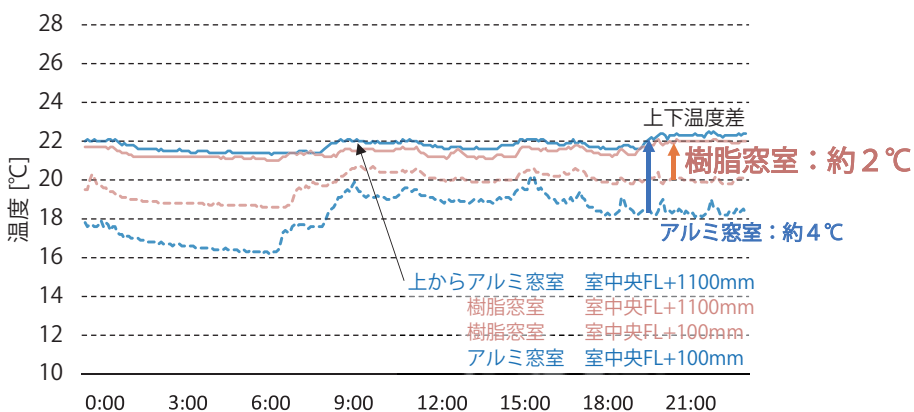
事例：ホテル

ホテルの客室をカバー工法で樹脂外窓に改修した事例では、冬期に、アルミ窓に比べて樹脂窓のガラスやサッシの表面温度の低下が抑えられています。樹脂窓の客室は、室内の上下温度差も抑制され、室内環境が改善されました。室内の気温の上下温度差が、アルミ窓の室は約 4℃に対して、樹脂窓の室は約 2℃と緩和され、足元の寒さが改善されました。夜間はもっと大きな改善効果がありました。



| | |
|-------------|---------------------------------------|
| 所在地 | 神奈川県足柄下郡箱根町 |
| 用途 | リゾートホテル |
| 敷地面積 / 延床面積 | 1,196㎡ / 305,8㎡ |
| 構造 | RC造 地上3階建 |
| 総客室数 | 123室 |
| 計測対象客室 | 和洋室 (床面積 28.8㎡) 窓サイズ H1.4m × W2.1m |

空調機の処理熱量は、夏期は代表日で1日当たり0.8kWh、7%の増加となりましたが、冬期は1日当たり6.0kWh、31%削減され、大きな省エネ効果が確認できました。



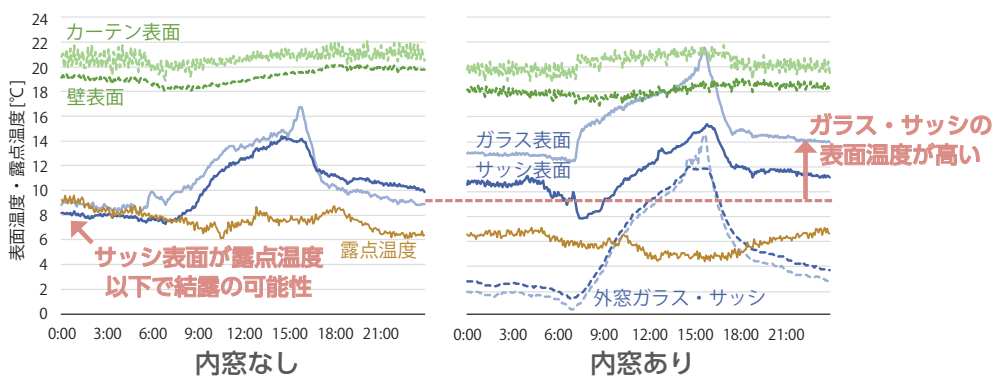
室内の温度 (床上 100mm と 1100mm) の変動 (冬期)

事例：老人福祉施設

老人福祉施設の居室に樹脂内窓を設置した事例では、冬期に、アルミ窓の室に比べて樹脂窓を設置した室のガラス・サッシ表面温度は、2～5℃程度高くなっており、表面温度低下が抑制されていることが分かります。樹脂窓によって、冷放射やコールドドラフトが抑制されていると思われます。

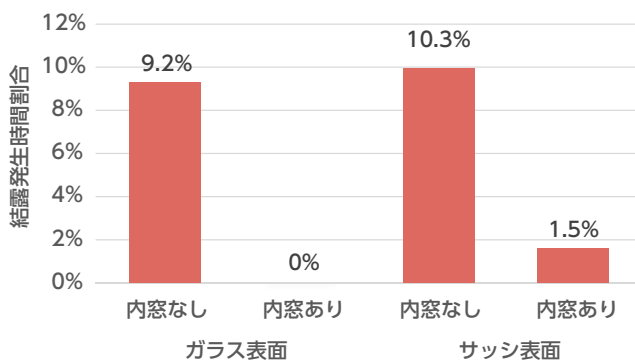


| | |
|-------------|----------------------|
| 所在地 | 埼玉県秩父郡横瀬町 |
| 用途 | 老人福祉施設 |
| 敷地面積 / 延床面積 | 約約 3,100㎡ / 約 2,600㎡ |
| 構造 | RC 造 地上3階建 |



ガラス・サッシ・壁の表面温度変動（冬期）

樹脂内窓を設置することによって、結露発生時間の割合が大きく減少し、樹脂内窓による結露防止効果が確認できました。



結露発生時間の割合

樹脂窓導入によるメリット

本書で紹介したZEBを実現するために有効となる樹脂窓の導入には、以下のメリットがあります。

- 窓の断熱性能の向上により、暖冷房エネルギー消費量が削減されます。
- 冬期は、冷たい外気による窓の表面温度低下が少ないので、コールドドラフトで足元が寒くなったり、不快な冷放射を感じる事が少なくなります。また、窓部分の結露が抑制され、カビの発生が抑制されます。
- 夏期は、日射による窓の表面温度の大きな上昇が生じないため、室内の温熱環境が快適に維持されます。

ZEB・ZEHの実現を考える会の体制

会長 秋元孝之 (芝浦工業大学・教授)

会員等 岩本静男 (神奈川大学・教授)

サッシメーカー、空調メーカー、建築設計者

経済産業省 資源エネルギー庁、埼玉県

塩ビ工業・環境協会、日建設計総合研究所