

これからのライフスタイルと 環境・エネルギー的側面を考えるべきこと

立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科 教授
立命館サステイナビリティ学研究センター(RCS) センター長

近本 智行



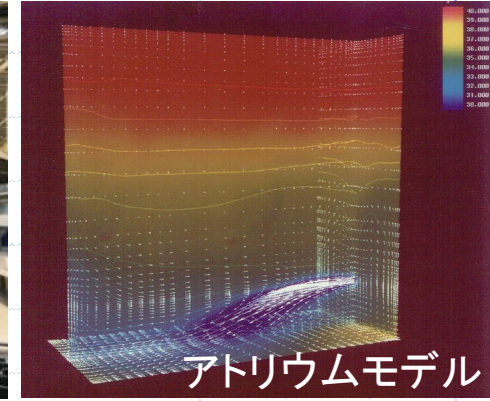
新国立劇場



関西空港ターミナルロビー



東京体育館



アトリウムモデル



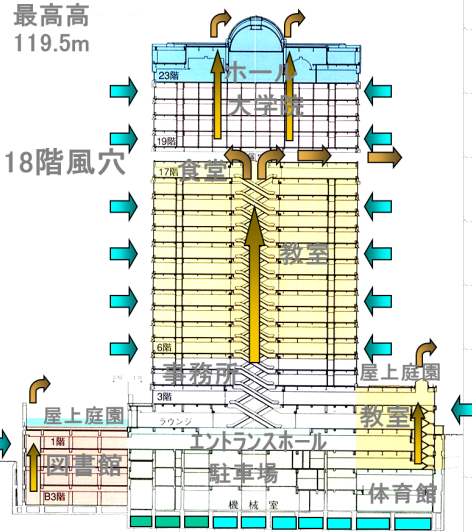
International Journal of Heat and Mass Transfer

Volume 39, Issue 16, November 1996, Pages 3483-3496



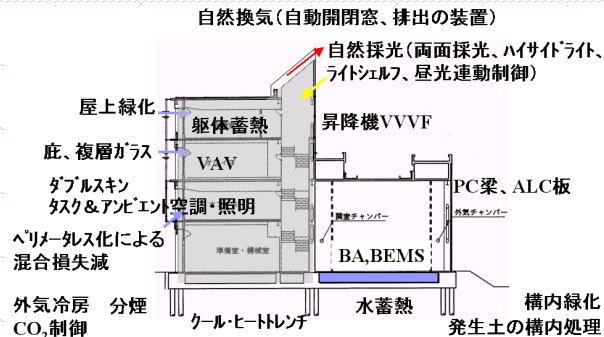
New low-Reynolds-number k - ε model including damping effect due to buoyancy in a stratified flow field

S. Murakami, S. Kato, T. Chikamoto, D. Laurence, D. Blay



自然換気＋ハイブリッド空調

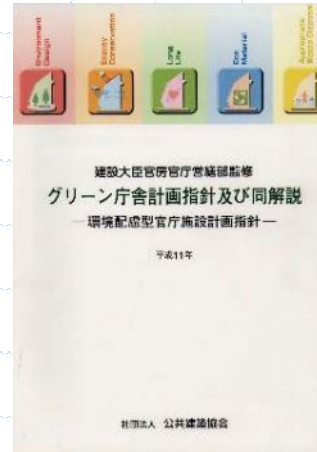
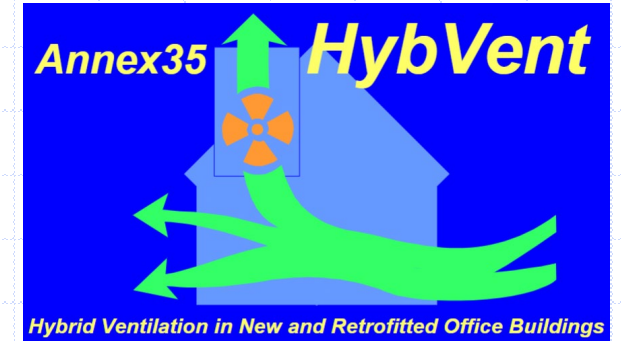
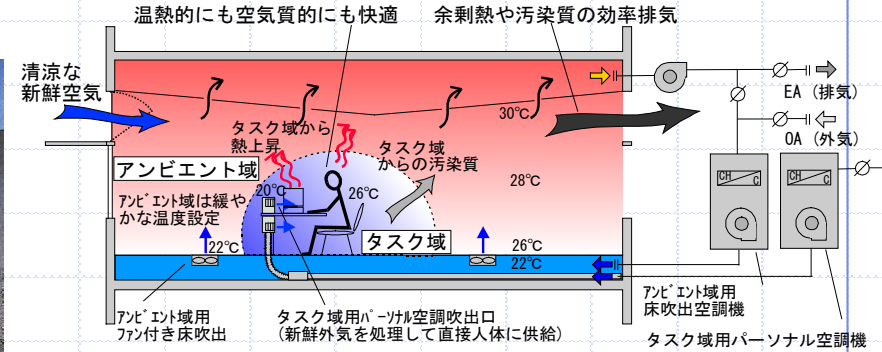
日本初のコミショニング(性能検証)



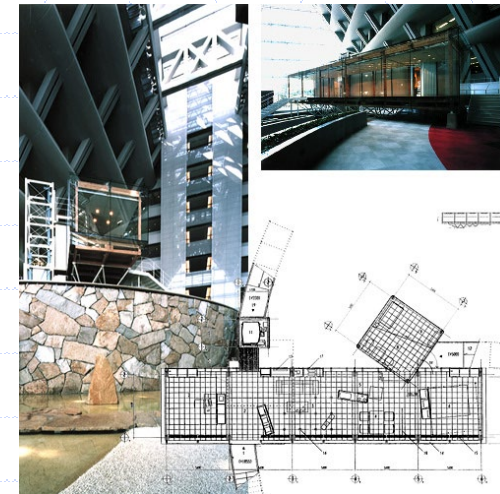
山武R&Dセンター



自然換気＋ハイブリッド空調
＋パーソナル空調



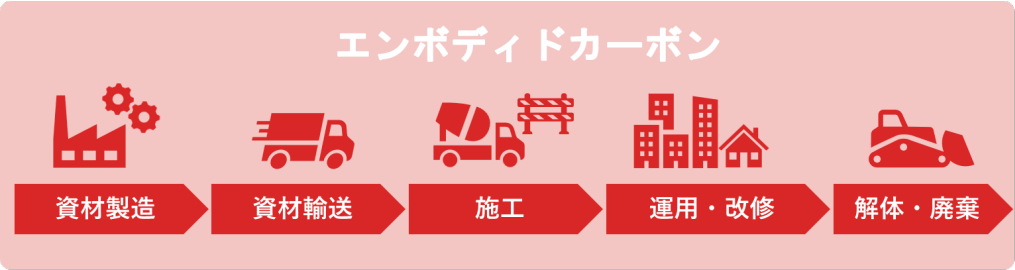
グリーン庁舎／グリーン改修指針



パナソニック
未来の住宅モデル

家庭内情報通信インフラと環境共生視点の調和、SIの実現。
次世代の集合住宅の基準化。可変間取り、省エネ対応の空調・給湯計画、情報・電気インフラの基準化

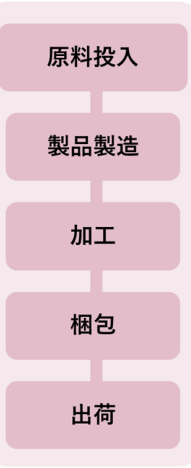
住宅での脱炭素研究：工法の異なる高断熱住宅の LCCO₂ 評価



断熱ボード製造



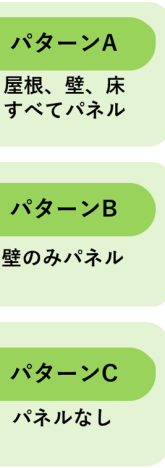
断熱パネル製造



小規模モデルの LCCO₂

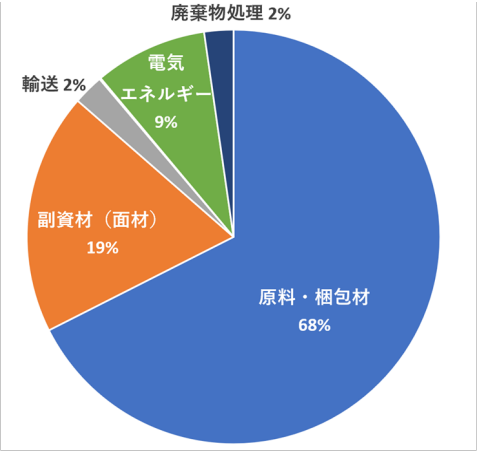


3つの工法



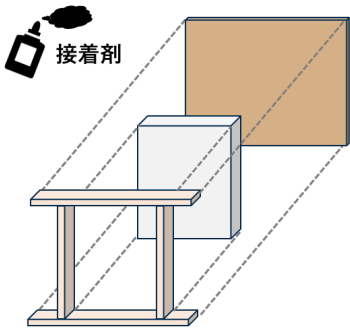
断熱ボード製造工場では1年間に排出されるCO₂
= 5,584,162 [kg-CO₂]

断熱ボード 1 kgあたりの製造に伴うCO₂排出量
= 4.836 [kg-CO₂]



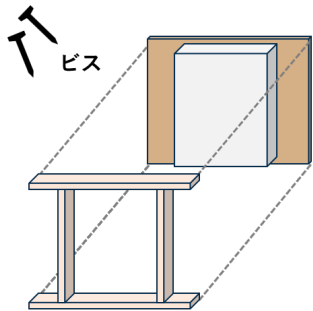
断熱ボード製造に伴うCO₂排出割合

断熱ボード



断熱ボードを合板・木材フレーム
に接着剤で接着

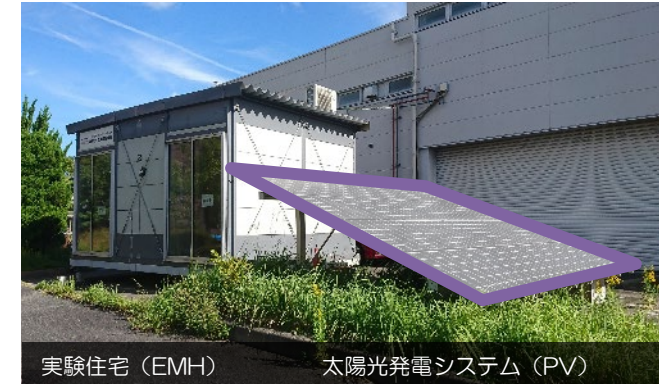
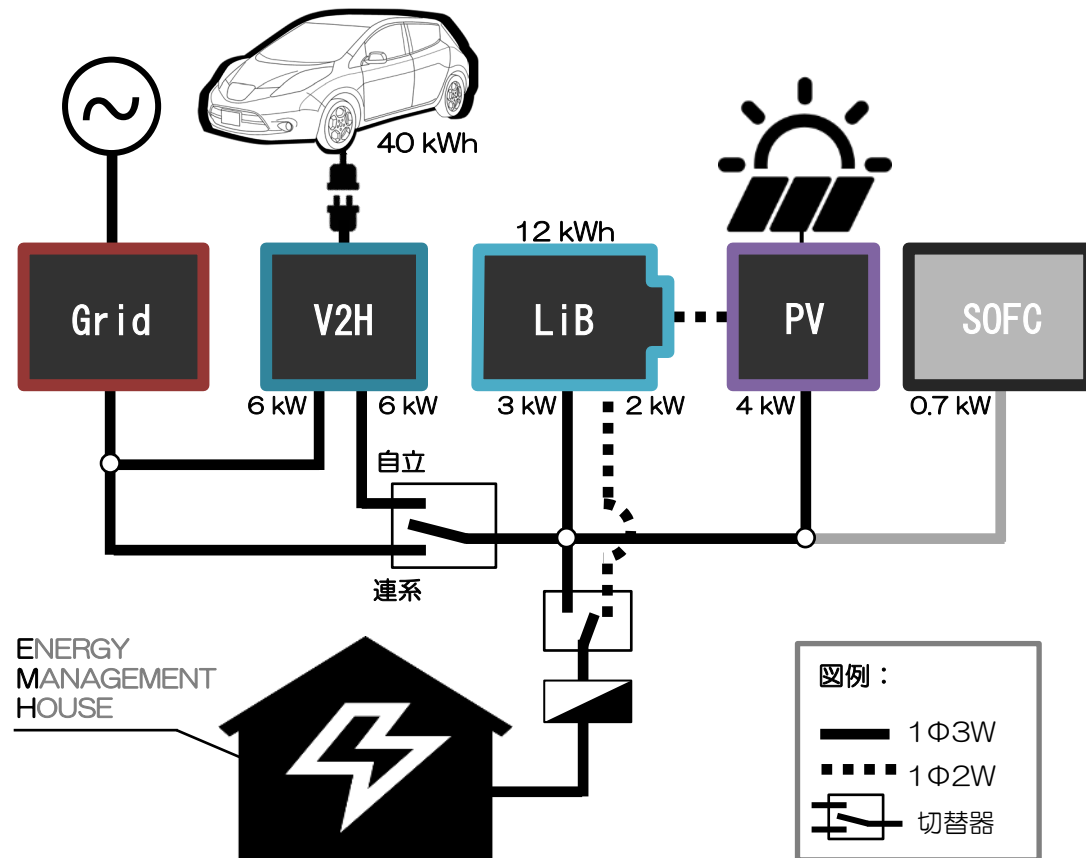
断熱パネル



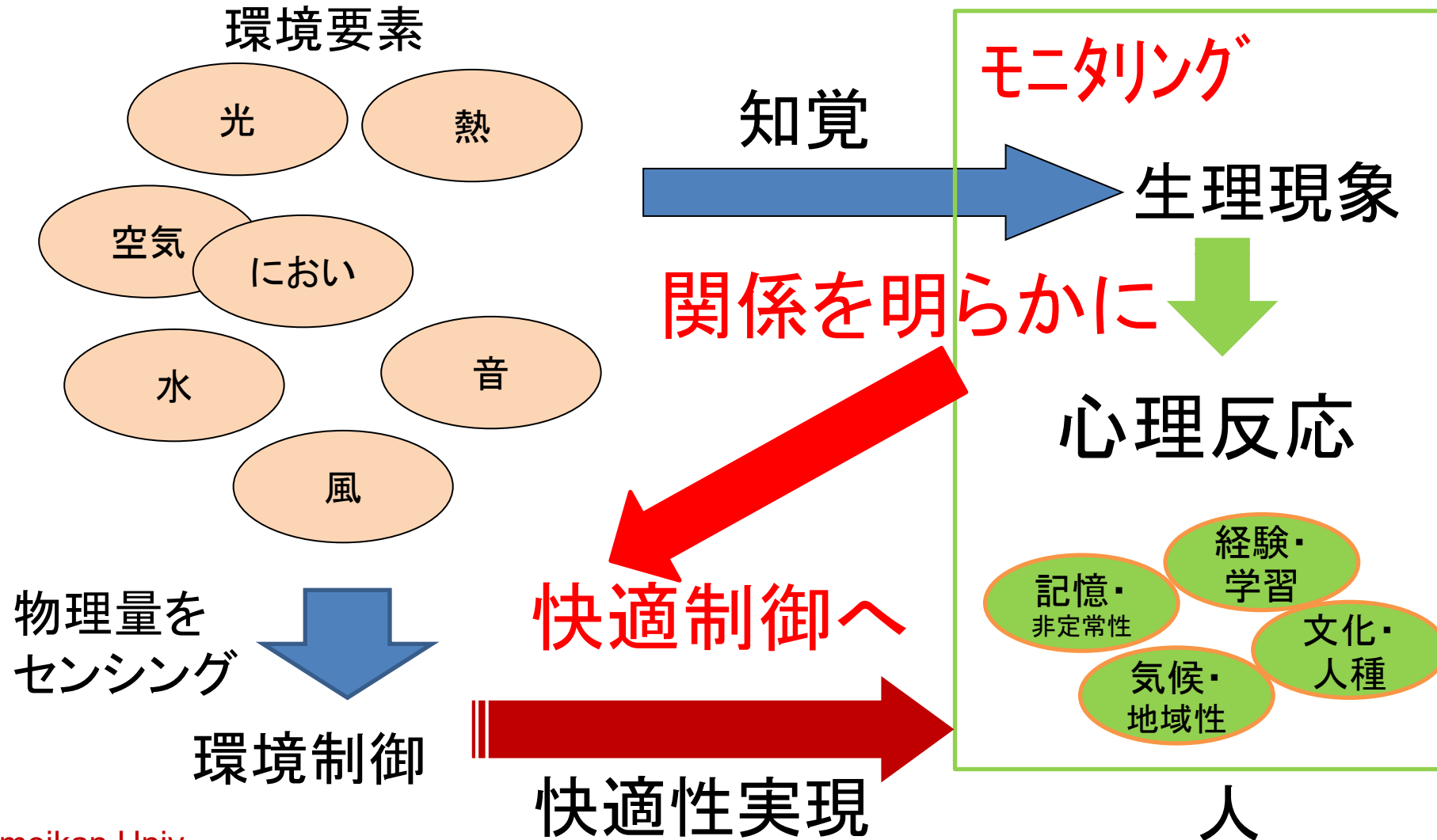
断熱ボードと合板で作成した
断熱パネルをはめ込み、ビスで固定

住宅でのVPP研究: V2H+LiB を持つ実験住宅におけるエネルギー運用

構成



ヒューマンファクターにより快適制御



ヒューマンファクターを利用：双方向情報（大阪ガス北部事業所）



行動観察により導出されたシステムの検証を行うため、運用開始後も行動観察やアンケートによる調査を行い、入居者の意識・行動変化について検証を実施。

BEICS (Building Energy & Interactive Communication System)

入居者が主体的に省エネ行動しやすいように、

これまで設計者や設備管理者が主に活用していたBEMSを入居者との「コミュニケーションツール」にする

◎省エネ行動への誘導

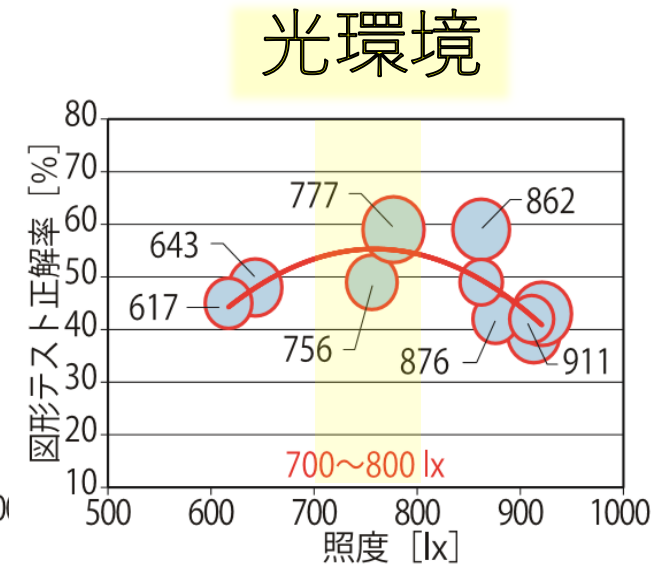
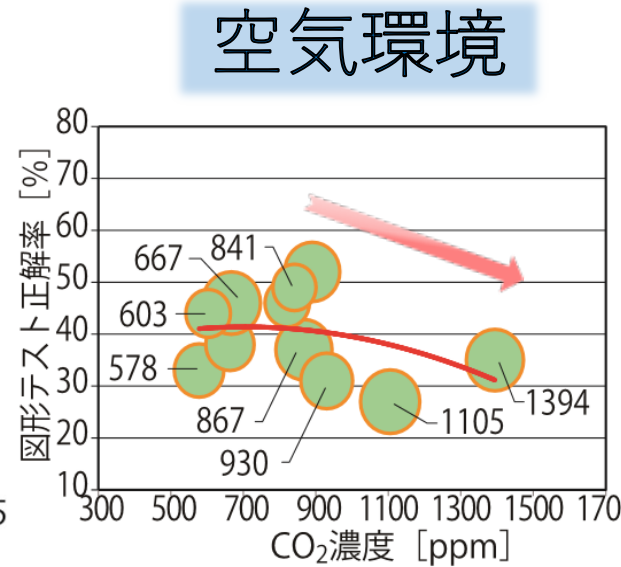
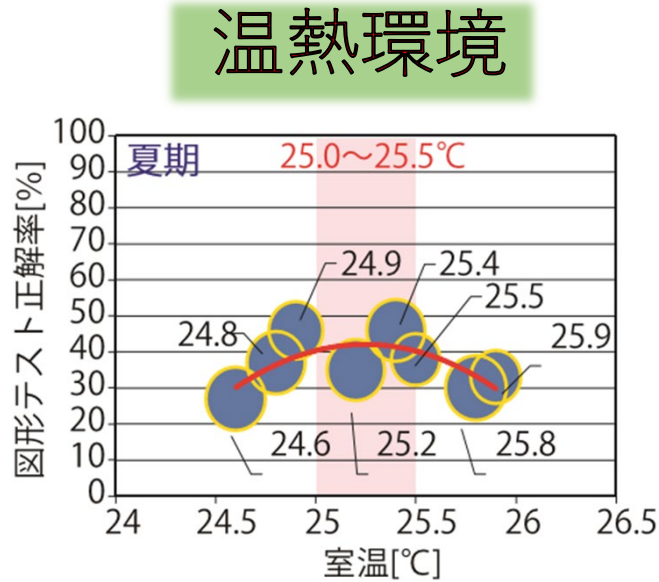
見える化だけでなく省エネ意識の啓蒙を行い、入居者を省エネ行動へ誘導し、省エネ施策を受け入れやすくする

◎納得感のある空調環境の実現

省エネ性があり、かつ入居者にとって納得感のある空調環境を温冷感申告によって作り出す



執務環境と学習効率：空気環境（CO₂濃度）の影響



【図形テスト結果・温度比較】【図形テスト結果・CO₂濃度比較】【図形テスト結果・照度比較】

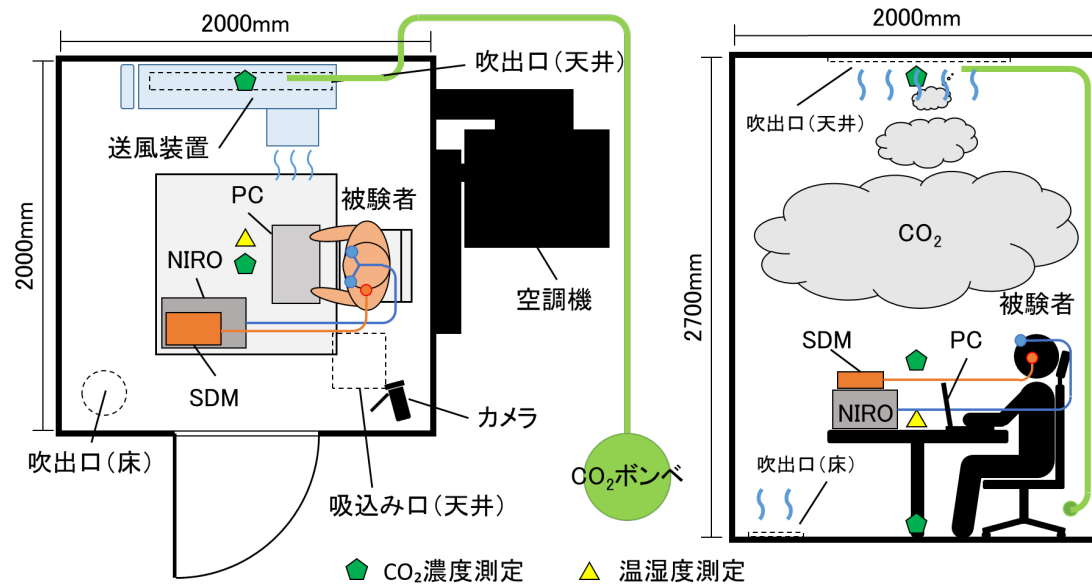
学習環境が学習効率に及ぼす影響を調査した

温度や湿度や光は知覚する環境因子である

それに対して、CO₂自体は知覚しない環境因子である

しかし、高い濃度のCO₂が集中力や生産性に影響を及ぼすと考えられる

実験室における検証（血中CO₂濃度を調査）



主観申告

光環境／温冷感／湿度感／気流感／発汗
 温熱環境満足度／よどみ感
 空気環境満足度／ストレス／集中度

＜自覚症しらべ＞
 ねむけ感／不安感／不快感
 だるさ感／ぼやけ感

作業性テスト

タイピング／100マス計算（各5分×3回）

SDM (経皮的血液ガスモニタリング)	PCO ₂ (血中二酸化炭素分圧)
	SpO ₂ (動脈血酸素飽和度)
	PR (脈拍数)
ニロモニタ NIRO-200 (赤外線酸素モニタ装置)	ΔO ₂ Hb (酸素化ヘモグロビン濃度変化)
	TOI (組織に含まれるO ₂ Hbの割合)
サーモクロン 手動式血圧計 HEM-6324T	平均皮膚温 (7点法) 血圧



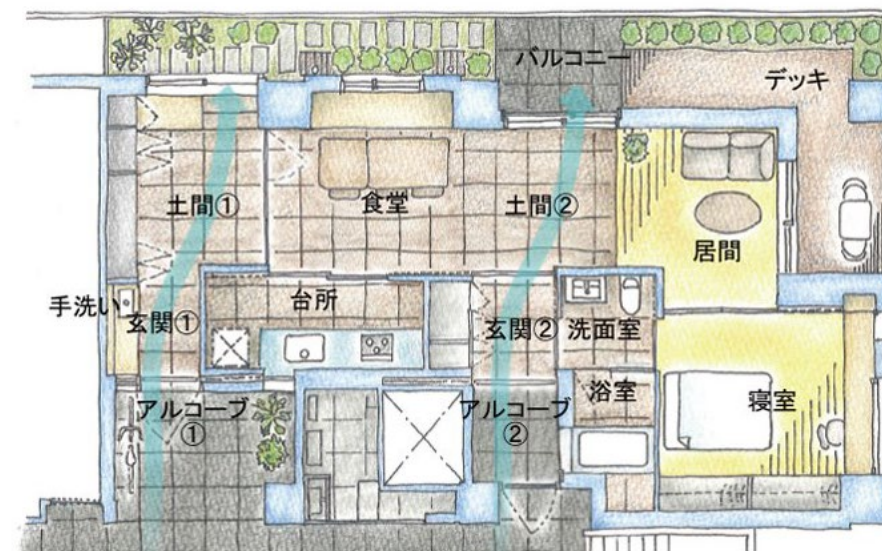
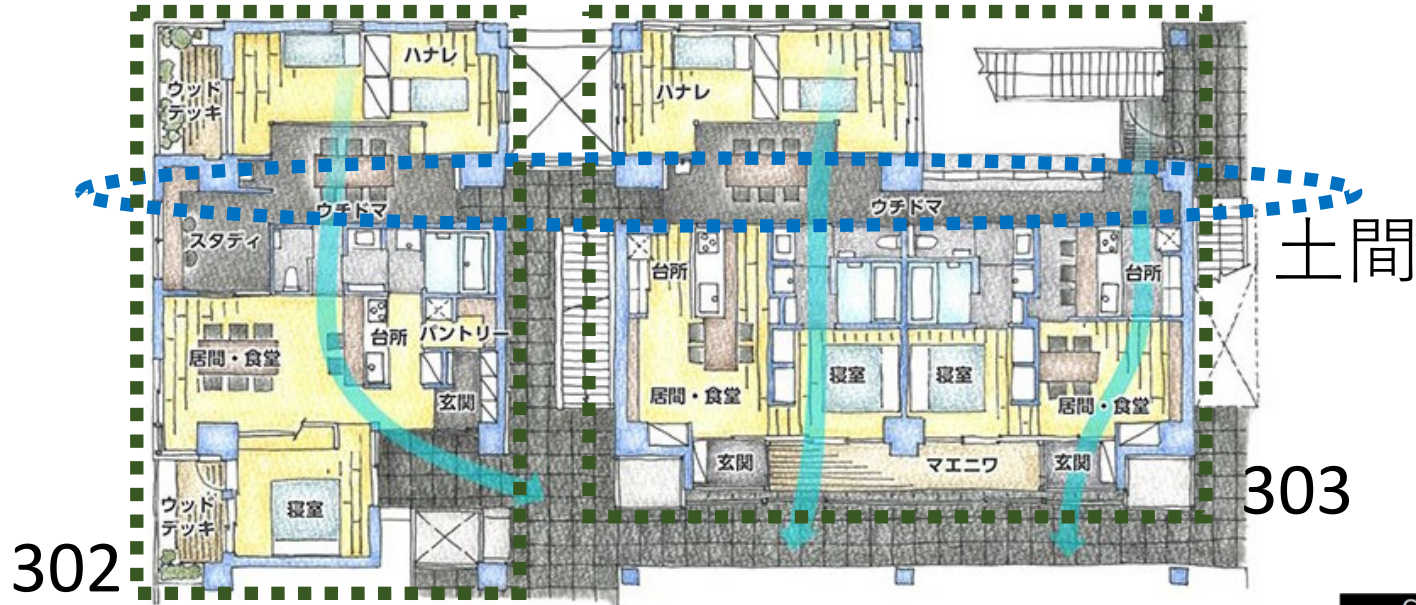
NEXT21における検証

2014年 403住戸の中間領域研究より参加

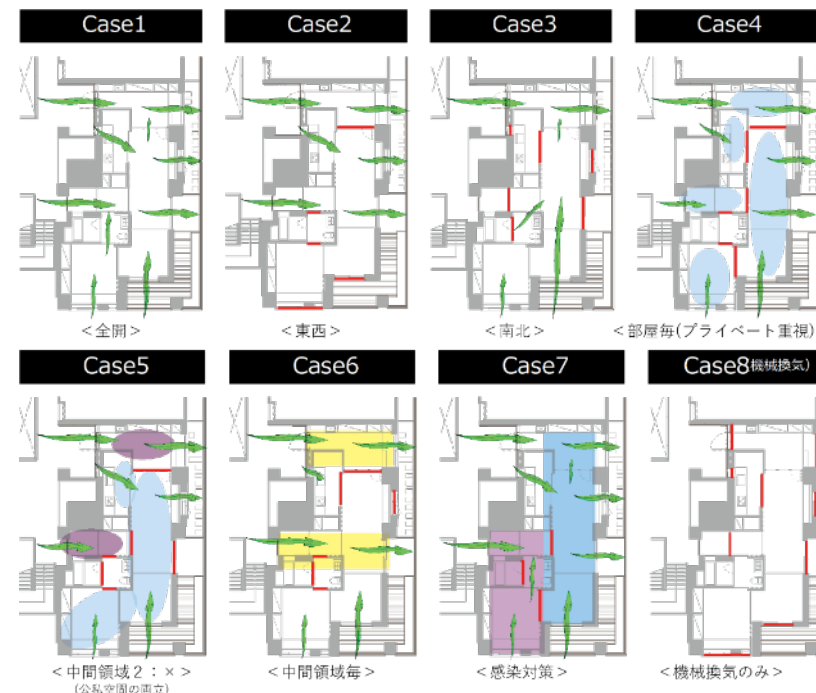
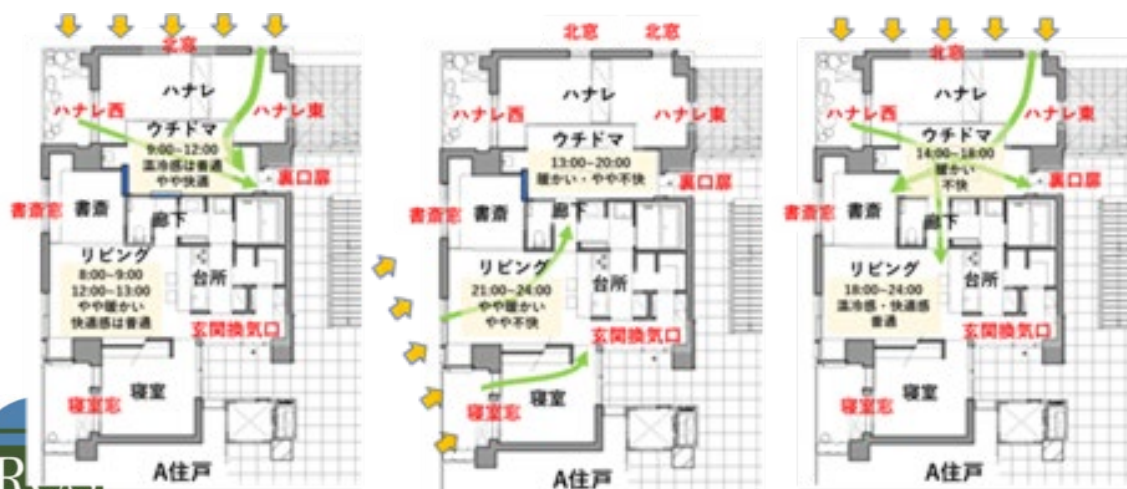
最近の検討例

302・303住戸

605住戸



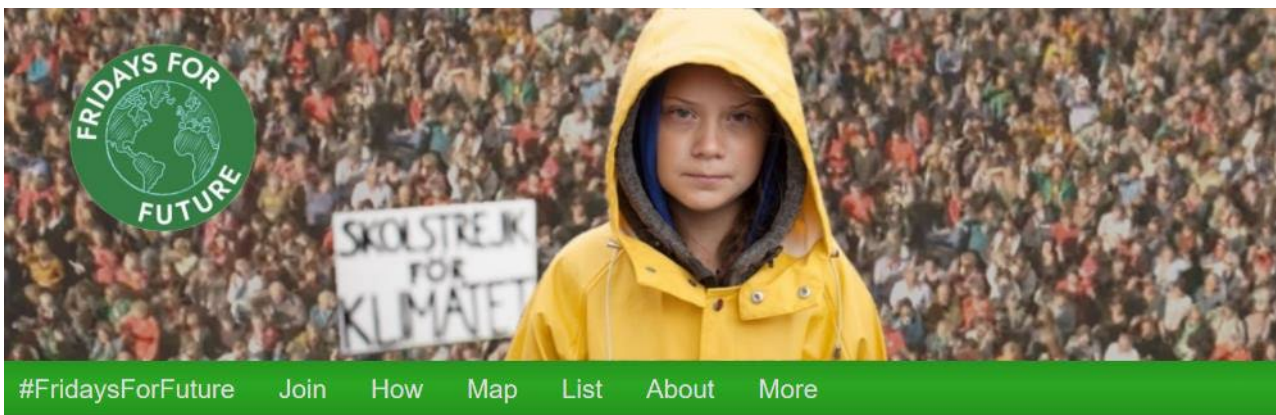
土間空間を通した風・光の導入



自然換気を最適利用する風のレシピの開発

若い世代からの視点に対し

若い世代こそ将来のことを考えている



Recently updated:

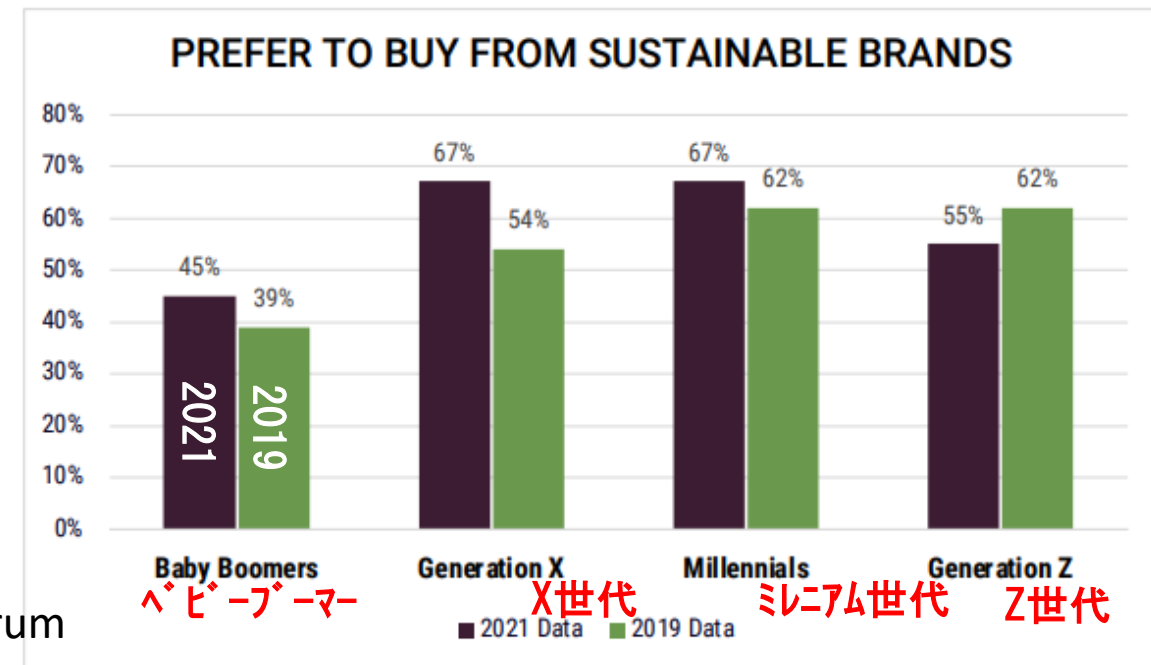
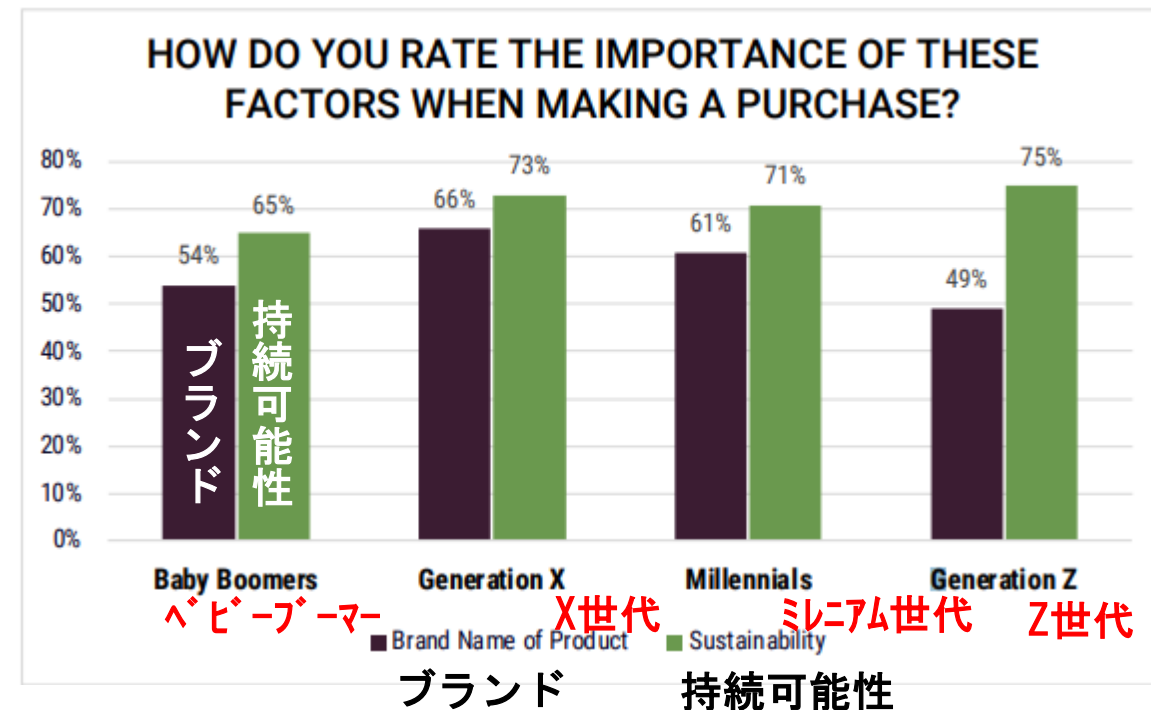
News: FFF Countdown to Global #WeekForFuture
September 20-27, 2019

[Read Newsletter](#)

UNITY - Fridays For Future (Musicvideo)

FFF in Vienna have a new anthem in English for the FFF movement. Record your version and send to FFF-Vienna to be added to a combined WORLD UNITY Fridays For Future music video! [Read more here!](#)

出典：Fridays for Future



出典：World Economic Forum

若い世代からの視点に対し～減築という視点



魚谷賞

N00078

- 減ることで生まれる小さなNEXT 経済圏 -
NEXT 減築100年物語

谷 卓思(広島大学大学院)

塚村 遼也(広島大学大学院)

綱島 雄真(広島大学大学院)

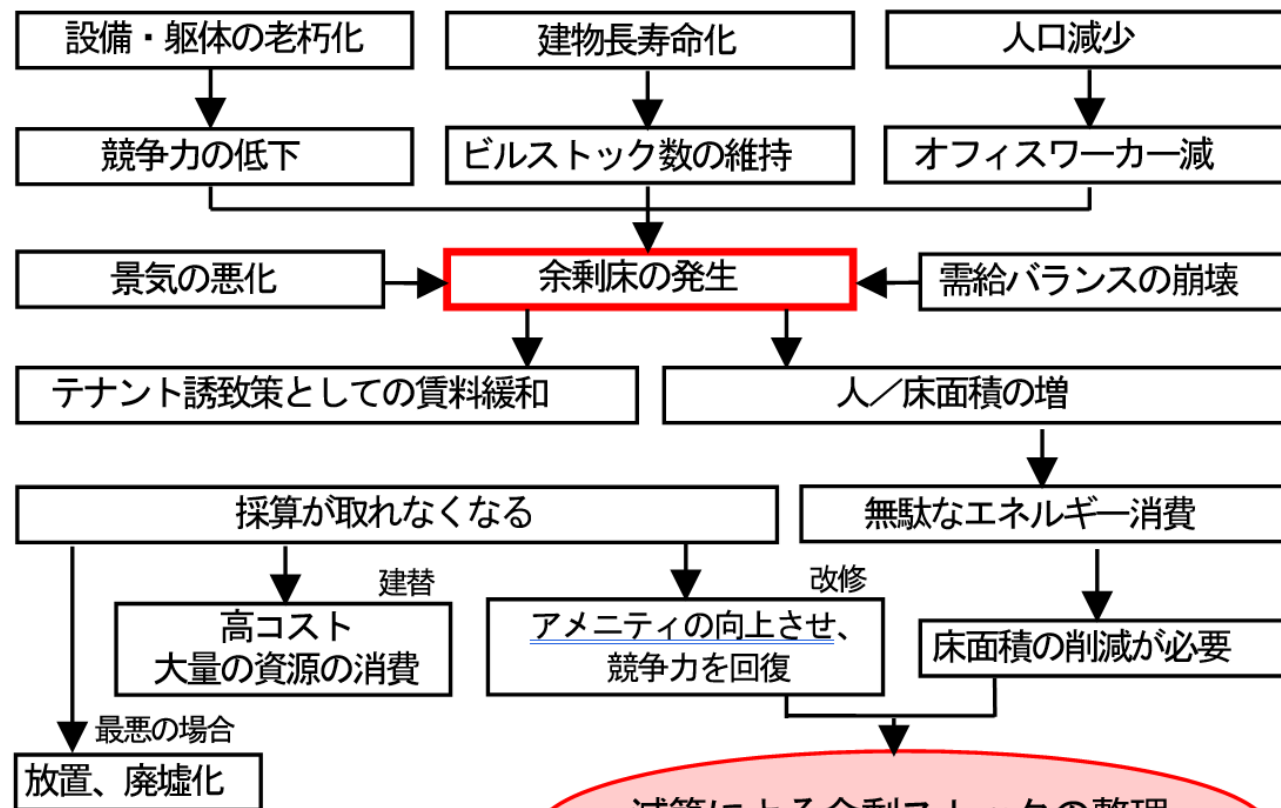
嶋 颯斗(広島大学大学院)



減築時代の幕開け、BELCA
News、2013.4

エネルギー消費量は床面積に概ね比例する傾向があり、CO₂排出量の大幅な削減のためには、床面積を減らすことが重要。需要を超えた過剰供給を回避することは、空室率の上昇に苦しむ、テナントビル経営にも朗報となる可能性がある。しかし減らすことによるコストメリットが見出しにくいのが現実。

既存のオフィスで、床面積の削減を吹き抜けなどの豊かな空間づくりに用い、アメニティ向上につなげることができれば、競争力・資産価値向上もCO₂排出量の削減や、建て替えに伴う資源消費の削減にもつなげることができる。



減築による余剰ストックの整理
競争力・資産価値の向上

若い世代からの視点に対し～水資源という視点

水の借りぐらし

昨今の経済が抱えている最も深刻な問題の一つである。急速な人口増加や、都市部の過密化、それに伴う気候変動・自然災害など、天然資源の持続可能性が脅かされている。その結果、多くの都市が深刻な水不足に直面している。都市部では自然資源が乏しく、水は人工的に供給されなければならない。しかし、水は地球上で最も貴重な資源の一つであり、その持続可能な利用は人類の未来にとって不可欠である。とりわけ日本は天然資源の自給率が10%前後とかなり低く、この点から天然資源の乏しい状況にある。持続可能な未来のために、電力と水資源を統合的に管理することが必要である。電力と水を統合的に管理することは、電力と水を統合的に管理することによって実現される。



501号棟
15年間で最大30%の削減が期待されている。雨水によって70%削減が期待されている。雨水によって70%削減が期待されている。雨水によって70%削減が期待されている。

502号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

503号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

504号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

505号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

506号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

507号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

508号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

509号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

510号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

511号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

512号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

513号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

514号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

515号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

516号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

517号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

518号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

519号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

520号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



501号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



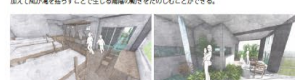
502号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



503号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



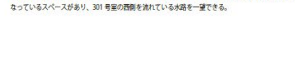
504号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



505号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



506号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



507号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



508号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



509号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



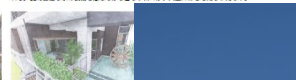
510号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



511号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



512号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



513号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



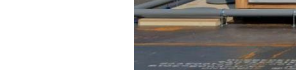
514号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



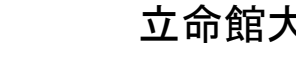
515号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



516号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



517号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



518号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



519号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



520号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



521号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



522号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



523号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



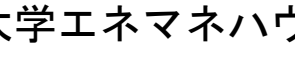
524号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。



525号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

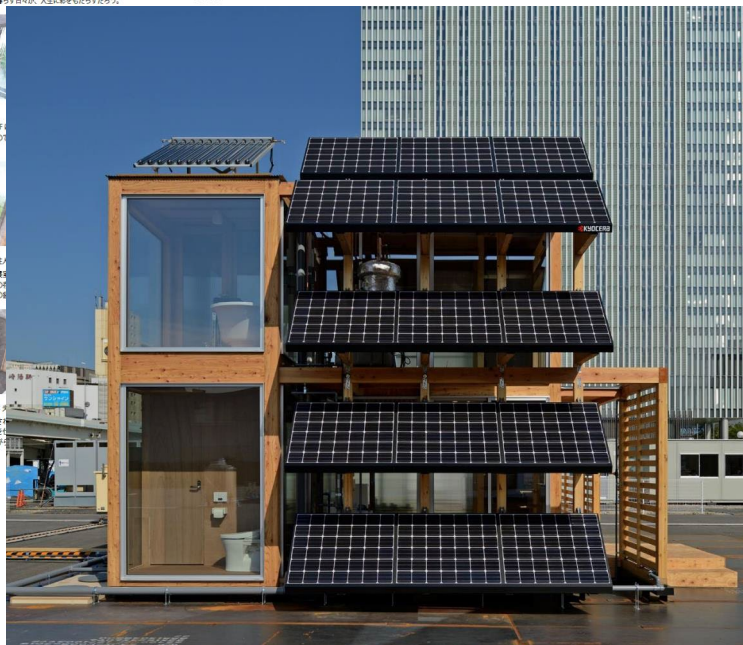


526号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

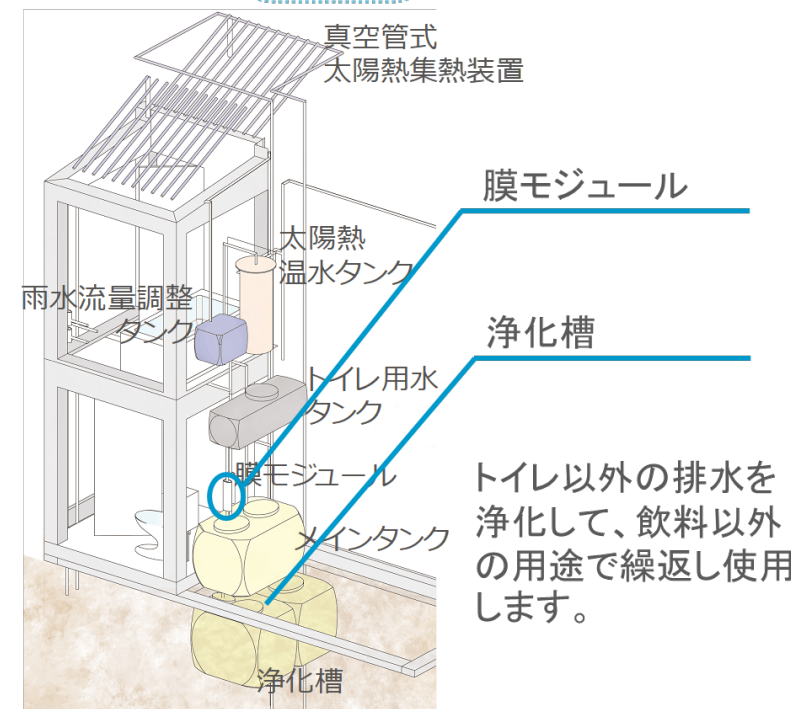
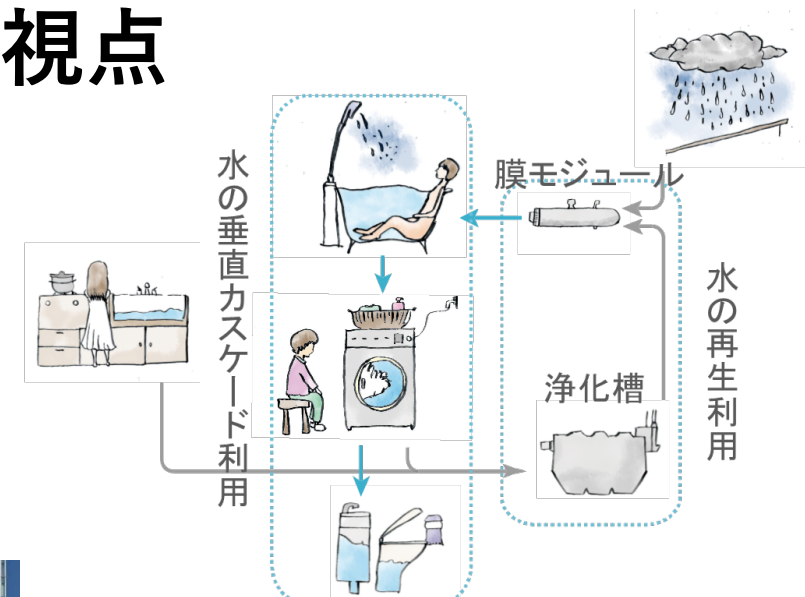


527号棟
雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。雨水の活用が期待されている。

水のある暮らしを営むために、将来にわたって水を確保することはエネルギーと同等に重要



ZEH+水 (ZWH:net Zero Water House)
立命館大学エネマネハウス2015



N00111
水辺の借りぐらし

井本 海希(岡山県立大学)

脱炭素 + ヒューマンファクターへ

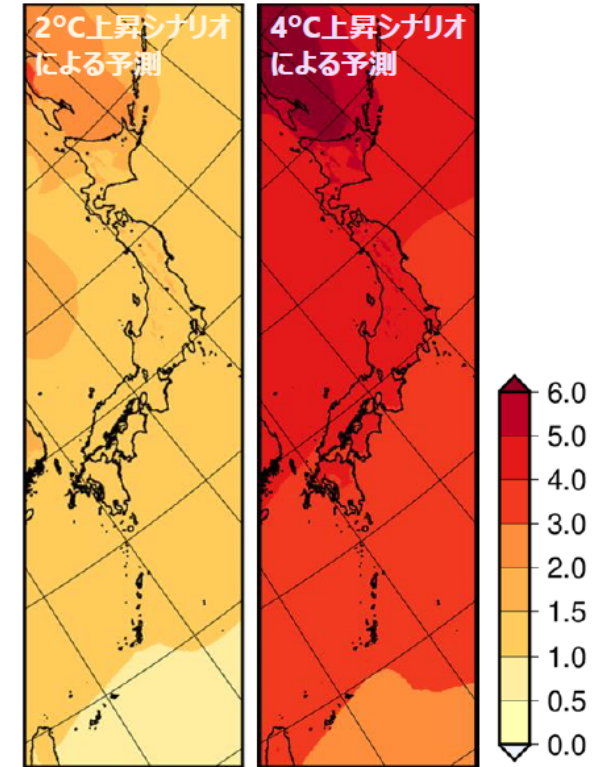
温暖化の進行

気温の上昇（文科省・気象庁 2℃／4℃上昇シナリオ）

将来予測

	2℃上昇シナリオによる予測 パリ協定の2℃目標が達成された世界	4℃上昇シナリオによる予測 現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界
年平均気温	約1.4℃上昇	約4.5℃上昇
【参考】世界の年平均気温	(約1.0℃上昇)	(約3.7℃上昇)
猛暑日の年間日数	約2.8日増加	約19.1日増加
熱帯夜の年間日数	約9.0日増加	約40.6日増加
冬日の年間日数	約16.7日減少	約46.8日減少

- いずれのシナリオにおいても21世紀末の日本の平均気温は上昇し、多くの地域で猛暑日や熱帯夜の日数が増加、冬日の日数が減少すると予測される。
- 昇温の度合いは、2℃上昇シナリオより4℃上昇シナリオの方が大きい。
- 同じシナリオでは、緯度が高いほど、また、夏よりも冬の方が、昇温の度合いは大きい。



21世紀末の日本の年平均気温

21世紀末（2076～2095年平均）における年平均気温の20世紀末（1980～1999年平均）からの偏差

出典：文部科学省・気象庁「日本の気候変動2020」, 2020年12月4日 (<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>)

温暖化の進行

気温の上昇（文科省・気象庁 2℃／4℃上昇シナリオ）

21世紀末の日本は、20世紀末と比べ...

※ 黄色は2℃上昇シナリオ（RCP2.6）、
紫色は4℃上昇シナリオ（RCP8.5）による予

年平均気温が約1.4℃/約4.5℃上昇

海面水温が約1.14℃/約3.58℃上昇



猛暑日や熱帯夜はますます増加し、
冬日は減少する。



温まりやすい陸地に近いことや暖流の影響で、
予測される上昇量は世界平均よりも大きい。

降雪・積雪は減少

雪ではなく雨が降る。
ただし大雪のリスクが
低下するとは限らない。



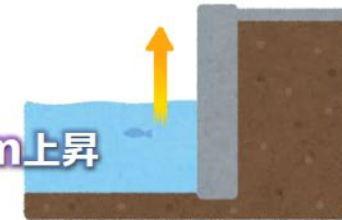
激しい雨が増える

日降水量の年最大値は
約12%（約15 mm） / 約27%（約33 mm）増加
50 mm/h以上の雨の頻度は 約1.6倍/約2.3倍に増加



強い台風の割合が増加
台風に伴う雨と風は強まる

沿岸の海面水位が
約0.39 m/約0.71 m上昇



3月のオホーツク海海氷面積は
約28%/約70%減少



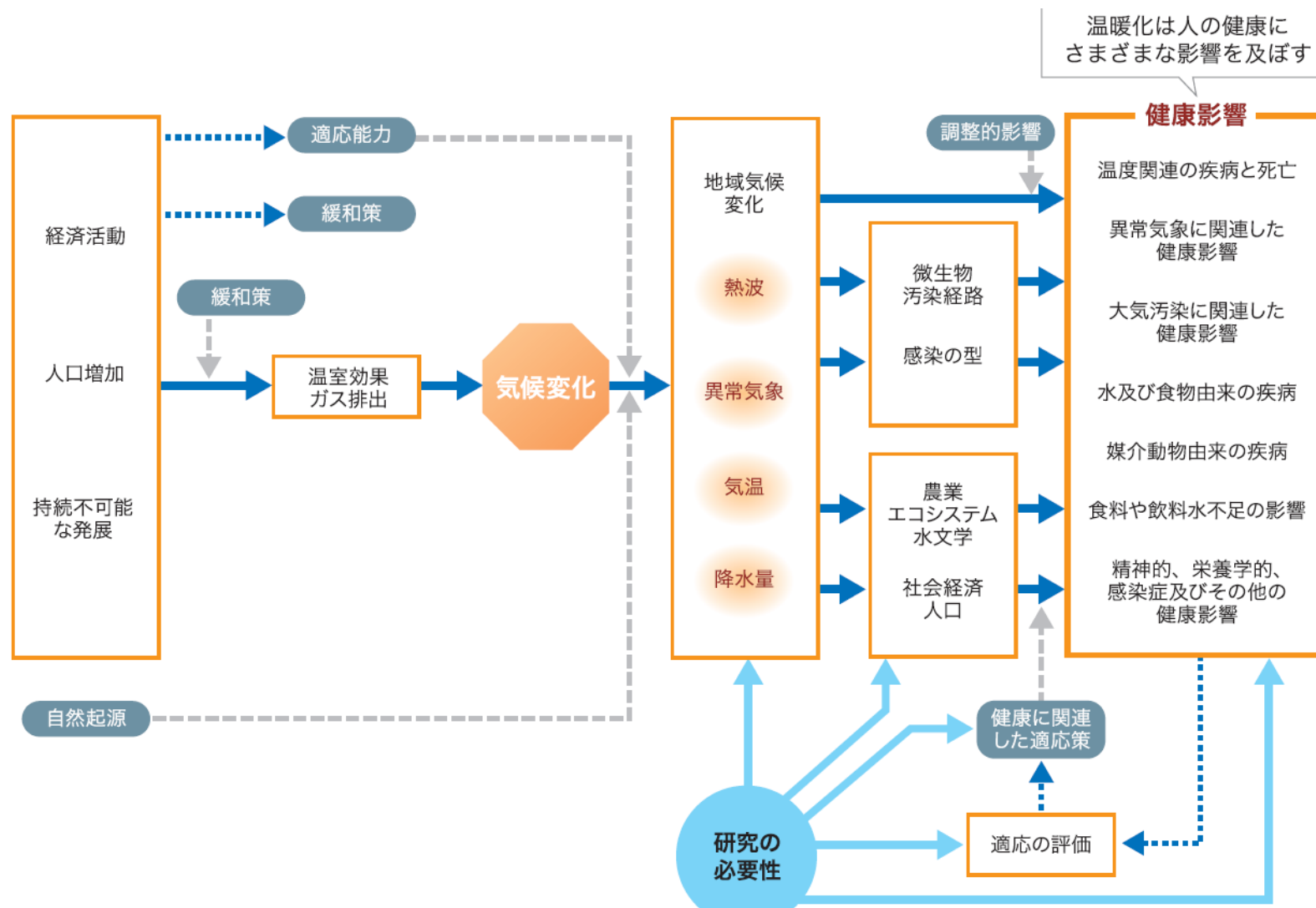
【参考】4℃上昇シナリオ（RCP8.5）では
21世紀半ばには夏季に北極海の海氷が
ほとんど融解すると予測されている。

日本南方や沖縄周辺においても
世界平均と同程度の速度で
海洋酸性化が進行



温暖化の進行

気候変動による健康被害



熱中症や感染症の頻度増加による健康リスク、知的生産性への悪影響、そして社会活動の停滞をも引き起こしうる

出典：地球温暖化と感染症－いま、何がわかっているのか？（2007年3月）（<https://www.env.go.jp/press/8132.html>）

緩和と適応

温暖化の進行を抑制する脱炭素社会の実現

エネルギー使用量の削減

+

非化石化



×



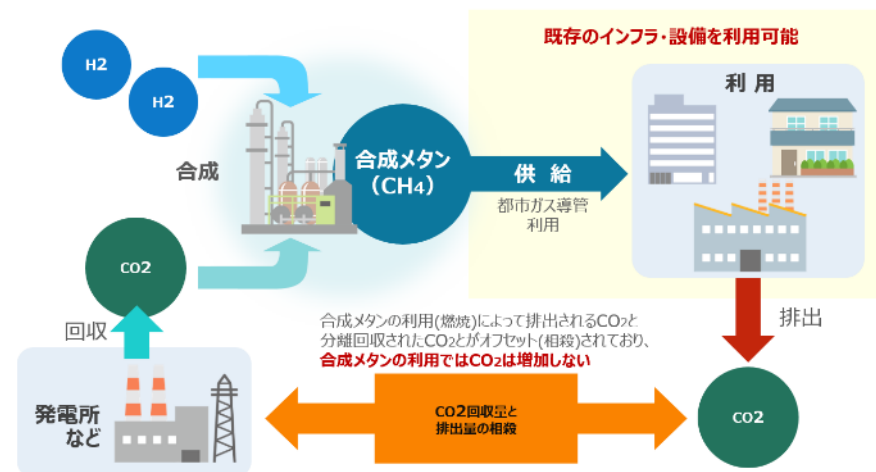
$$A \times B = 1.0 \times 1.0 = 1.0$$

$$A \times B = 0.7 \times 0.7 = 0.49$$

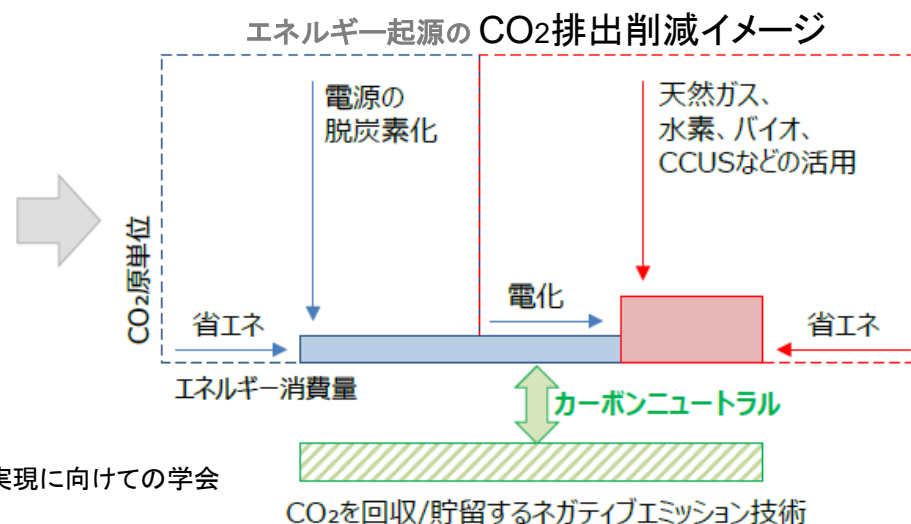
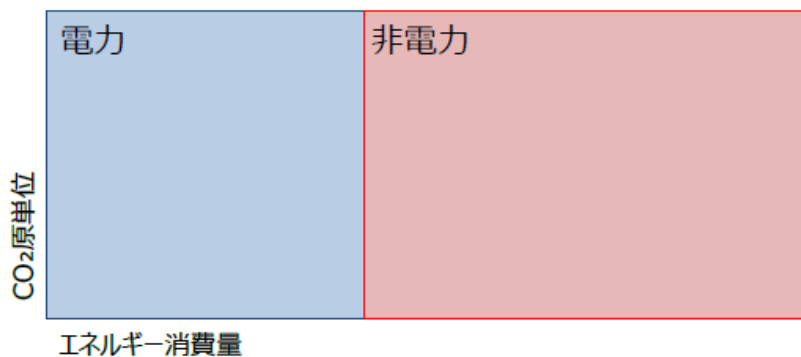
⇒ **51% CO2削減**

エネルギー消費量の比率：A

CO2排出量の比率：B



メタネーション



水素利用

出典) 空衛学会、カーボンニュートラル社会実現に向けての学会方針検討委員会資料、2024.9.12

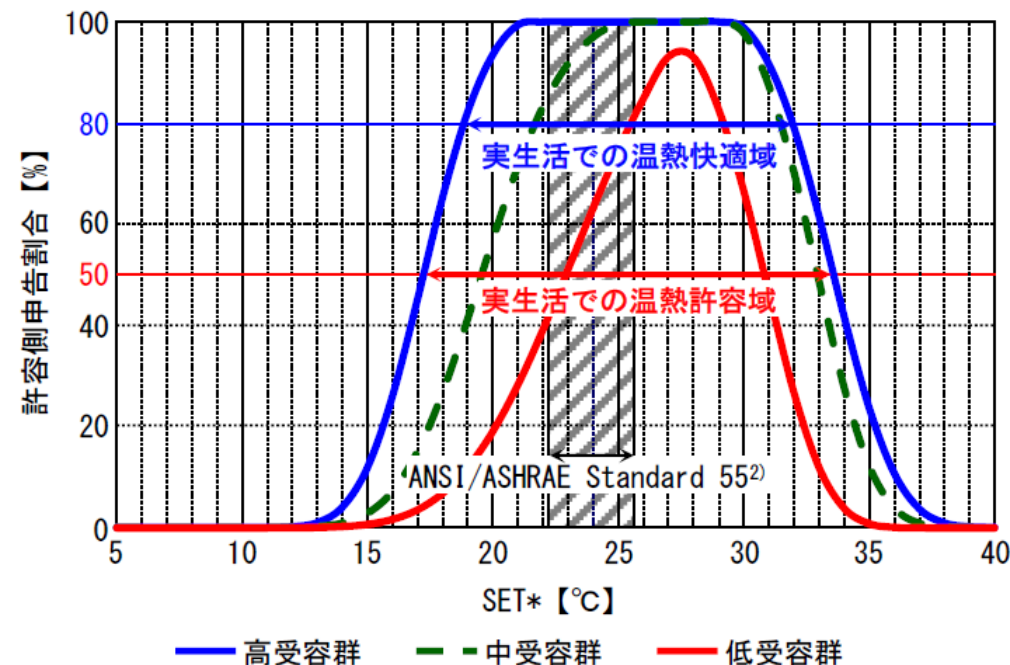
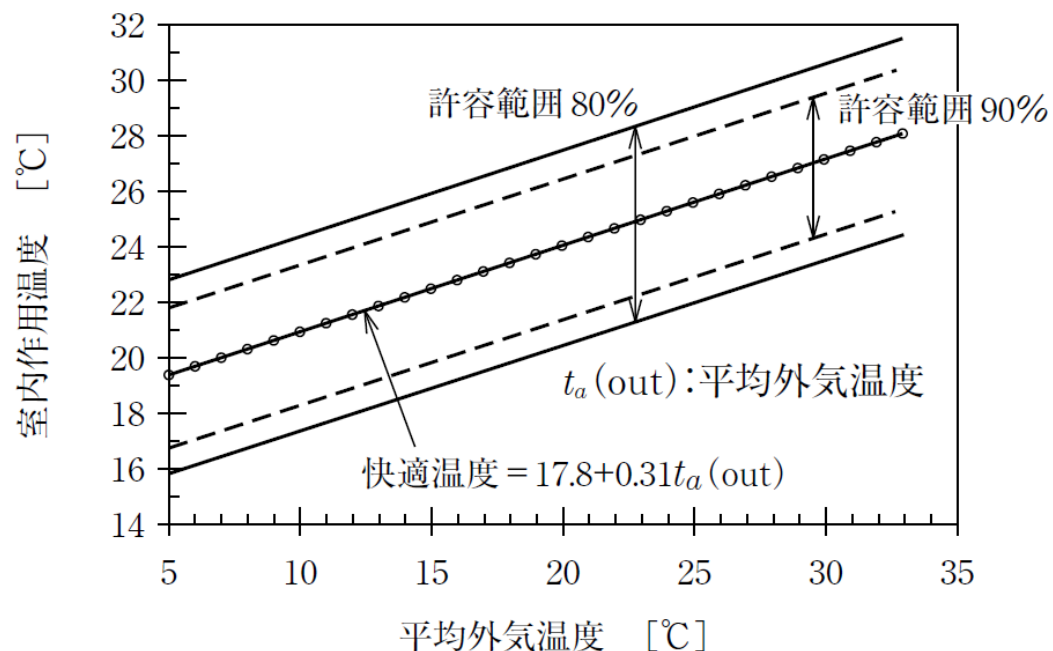
CO₂を回収/貯留するネガティブエミッション技術

熱波、寒波、集中豪雨、集中豪雪、台風、パンデミックなどの頻度および規模の高まり

→ マルチハザードに対する準備

ヒューマンファクターを考慮

→ 平常時および非常時を想定した環境条件の許容範囲



出典：「自然換気建物における平均外気温度と快適室内作用温度の関係(de Dearら)-空気調和・衛生工学 便覧より-

出典：「低炭素ライフスタイルイノベーションを展開する評価手法構築事業委託業務報告書（平成28年3月）」（環境省委託業務：富士総研、日本環境技研）

環境工学的視点による中間領域の評価と暮らし方の検討に加え

「脱炭素社会における暮らしの在り方」へ

・住宅における環境制御性の向上

(環境・自然要素の取捨選択・遮蔽、制御、エネルギー主体で生活を見直す)

エネルギー：エネルギー需給の変化を表示し、需給に合わせた暮らし方・暮らす場所を探索

気象予報・変動するエネルギー取引価格に応じた創電・蓄電・電力消費、ガス利用の可能性

風：気象条件に合わせた自然換気開口制御（居住者の気づき誘発）＋ 機械換気（室内空気質に合わせたファンアシスト、熱交換）

熱・日射：外部の熱の導入・遮断の可変性・最適性（外気の導入・遮蔽・熱交換）

→ 居住者の気づき（暮らし方）

換気：上記に合わせた非定常、局所性による自然＋機械換気制御、最適性、超低気密→高気密＋効率の良い換気装置

湿気：しっくい・畳・障子・ふすま・土壁の内装材の吸放湿特性、室内の湿度分布と換気性能との対比

・中間領域を活かした豊かな暮らし方

我慢 vs 適応（アダプティブ）

室内空間、**中間領域**、屋外空間毎の環境制御目標（人の生理量を計量することで、最適な制御へ）

間取り：フレキシブルな仕切り、ハナレ、プラスワンのスペース、土間や縁側などの中間領域

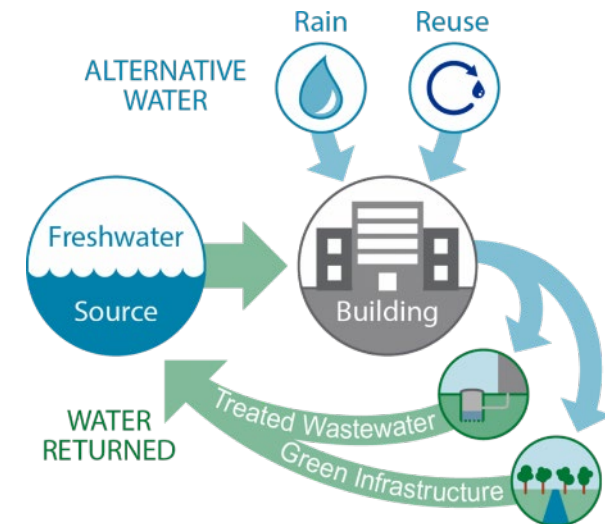
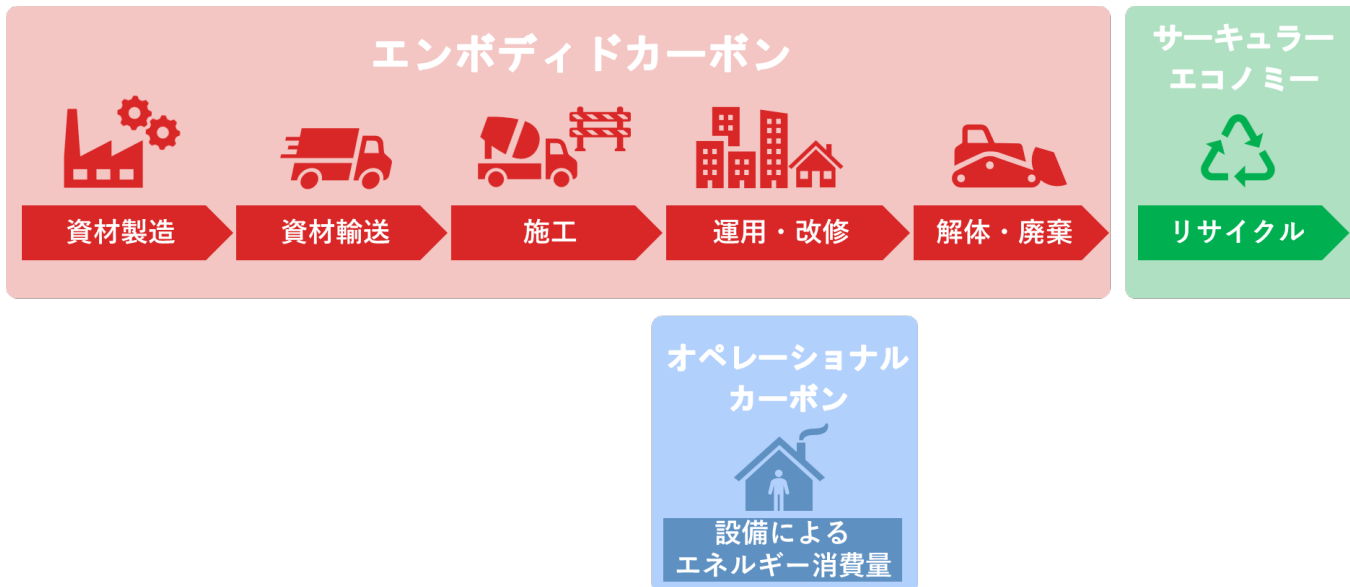
・できるだけエネルギーを使わない暮らし方へ

高効率機器の選択（燃料電池など）、太陽熱利用（給湯・暖房）、薪等のバイオマス利用（厨房・暖房）、雨水利用、必要な場所だけの照明、昼光の導入、自転車や自動車のシェアリング利用、エシカル消費（旬のものや国産品を買う、水のカーブド利用等、井戸、早寝・早起き、発酵・保存食

環境工学的視点による中間領域の評価と暮らし方の検討に加え

「サーキュラーエコノミー社会に向けた定量化」へ

- ・材料の持つ特性の分析（育成する地域・人、加工・技術、搬送、廃棄、リサイクル（再利用））
→ 材料毎の環境制御性能を定式化、LCCO2算出
- ・エンボディドカーボンの評価
- ・エネルギーだけではなく水の視点も必要
- ・リサイクル：木材の活用、食材の廃棄量削減(コンポスト・住棟でのバイオ処理)



ご清聴ありがとうございます