

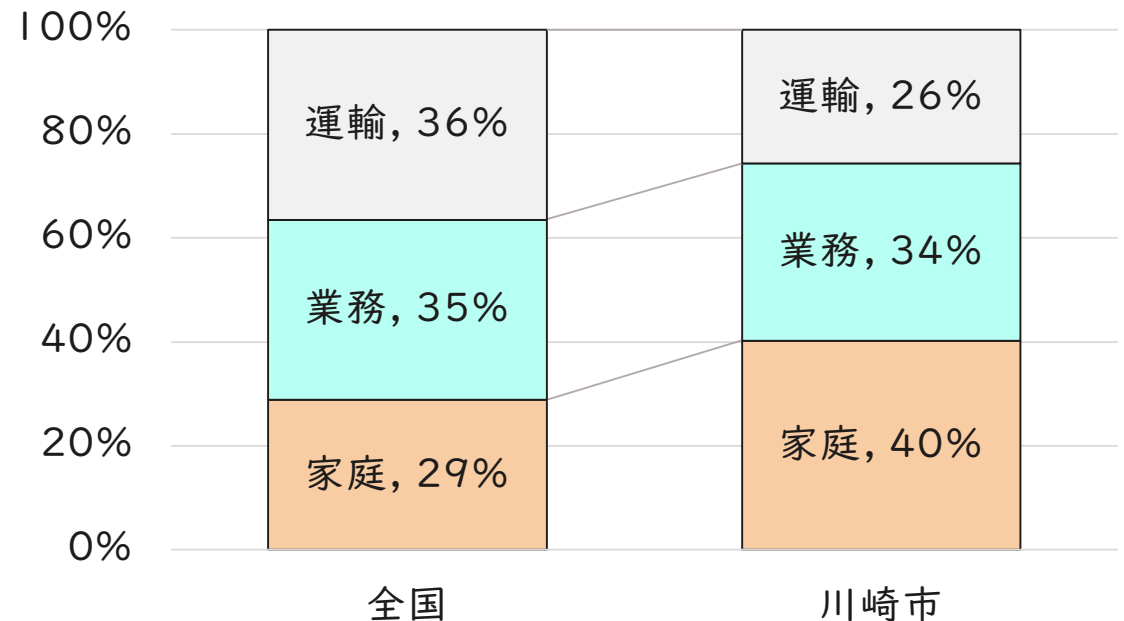
パネル：市民への期待

“住”から脱炭素を考える ～家庭部門の脱炭素化～

芝浦工業大学 システム理工学部
環境システム学科
エネルギー・システム工学研究室

磐田 朋子
t-iwata@shibaura-it.ac.jp

産業部門以外の
エネルギー起源CO₂排出量

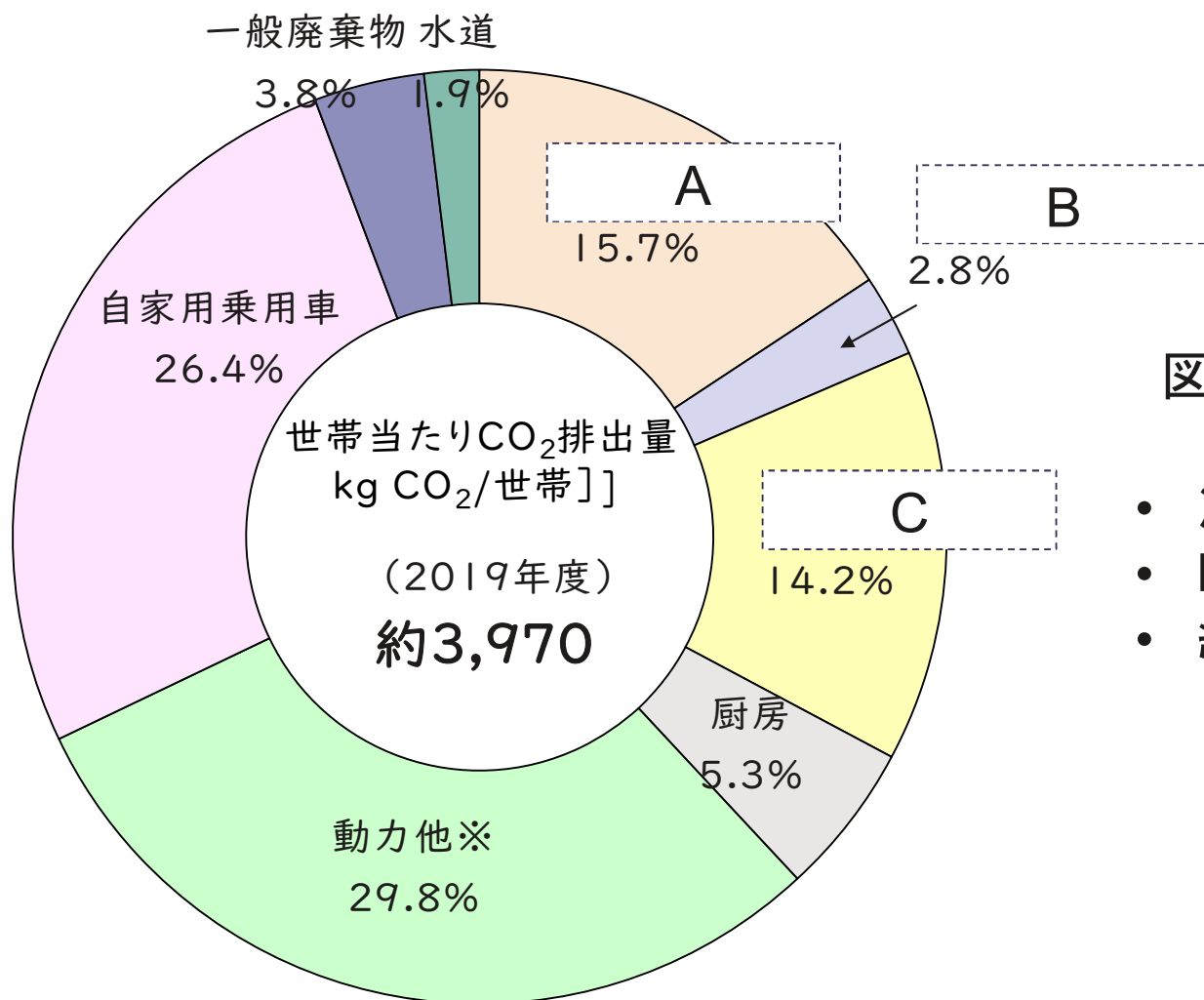


川崎市は全国と比べて、
家庭由来の

- ✓ CO₂排出割合が大きい
- ✓ 1人あたりのCO₂排出量は年間約1.2トン
(東京都とほぼ同じ)



【①現状分析】 住まいからCO₂はどれくらい発生しているか？



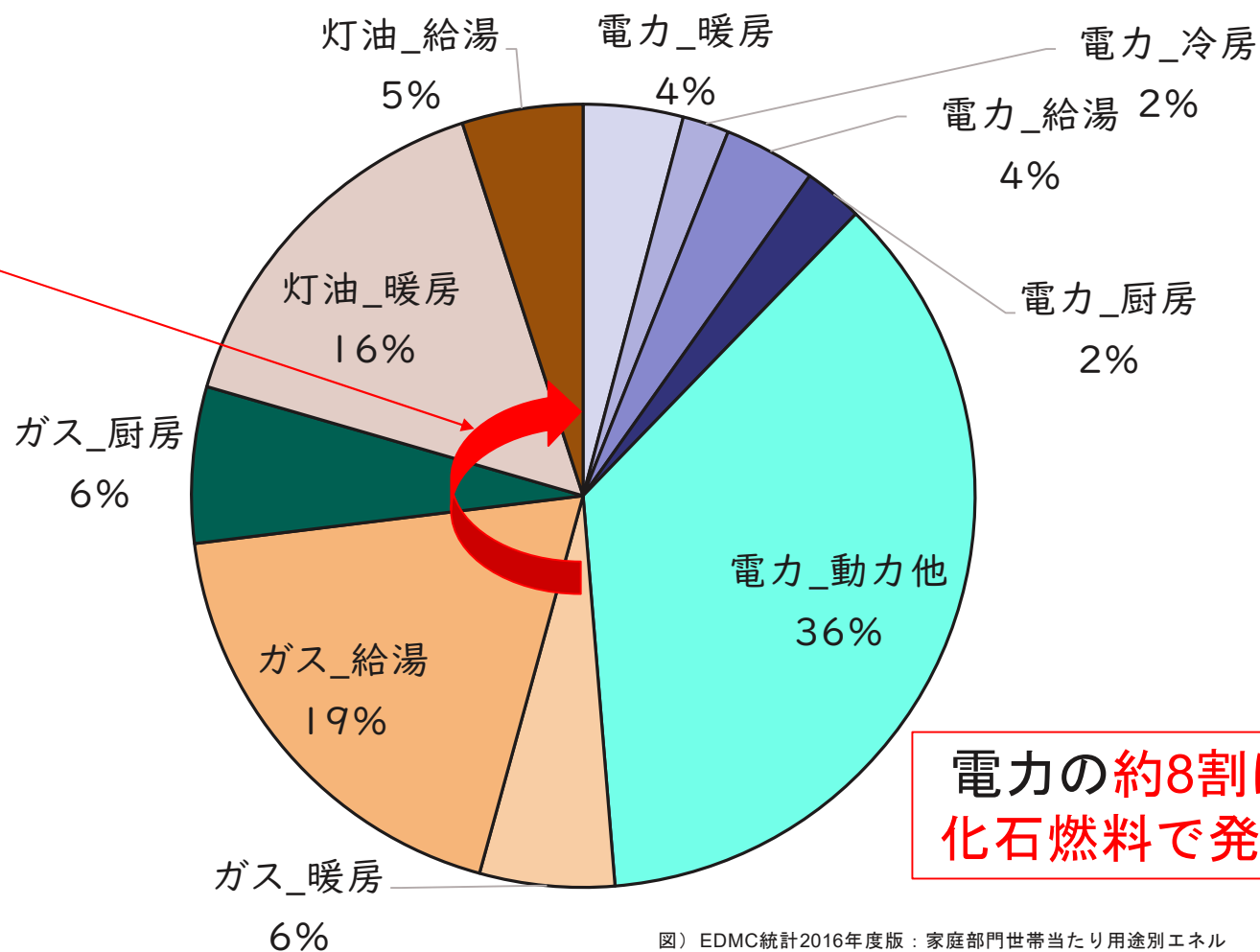
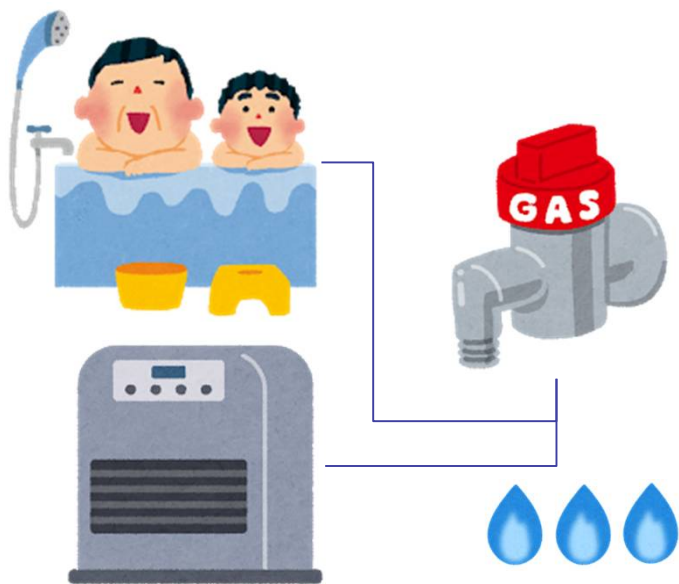
図のA～Dは、次のどれだと思いますか？

- 冷房
- 暖房
- 給湯（お風呂など）



【①現状分析】 住まいからCO₂はどれくらい発生しているか？

家庭のエネルギーの
約半分は、化石燃料を
そのまま燃やして
「暖房」や「給湯」用など
に使用している。



電力の約8割は
化石燃料で発電

図) EDMC統計2016年度版：家庭部門世帯当たり用途別エネルギー源別エネルギー消費量（2014年度値）より作成



②住まいをどうすれば良いのか？

$$\text{CO}_2\text{排出量} = \text{人口} \times \frac{\text{生活の満足度}}{\text{人口}} \times \frac{\text{エネルギー必要量}}{\text{生活の満足度}} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{エネルギー必要量}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}}$$

生活の満足度を削る？
“努力の省エネ”

- (例)
- エアコンの設定温度は夏は28度、冬は20度に。
 - こまめに電気を消しましょう。
 - お風呂は時間を空けずに入りましょう。
- ⇒人によっては生活の満足度を削る対策に・・・。

生活の満足度（快適性）を維持しつつ、
エネルギーの必要量を減らす

エネルギー必要量を満たすためのエネルギー消費を減らす
“効率を上げる”

どうしても発生してしまう
エネルギー消費を、
脱炭素エネルギーで供給する



②住まいをどうすれば良いのか？

$$\text{CO}_2\text{排出量} = \text{人口} \times \frac{\text{生活の満足度}}{\text{人口}} \times \frac{\text{エネルギー必要量}}{\text{生活の満足度}} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{エネルギー必要量}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}}$$

➤ 生活の満足度（快適性）を維持しつつ、**エネルギーの必要量を減ら**

- **す** エネルギーを使わなくても“豊か”な生活へ。“**足るを知る**”社会。
ex. 『不便さを楽しむ』 『買えない“幸せ”を考える』 『ミニマムライフ』

教育・価値観

- 自然エネルギーを取り入れた家へ。“**パッシブ**”な暮らし。
- **高断熱な家**へ。（そもそも冷暖房に必要となるエネルギー自体を減らす）

建築対策

まちづくり

- **シェアリングエコノミー**（**銭湯文化**、カーシェア、 **シェアオフィス**

②住まいをどうすれば良いのか？

$$\text{CO}_2\text{排出量} = \text{人口} \times \frac{\text{生活の満足度}}{\text{人口}} \times \frac{\text{エネルギー必要量}}{\text{生活の満足度}} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{エネルギー必要量}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}}$$

➤ エネルギー必要量を満たすためのエネルギー消費を減らす“**効率を上げる**”対策

- 省エネ家電・設備への買い替え促進
- 未利用熱の利用によるエネルギー効率向上
- 電化の促進？
(脱炭素電気の購入とセットにする必要あり)

消費行動

新技術による
高効率化



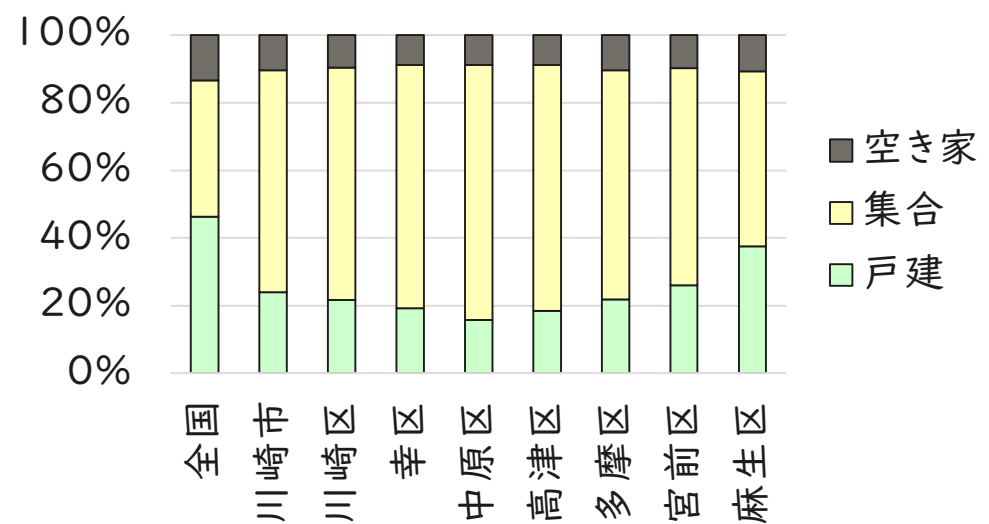
②住まいをどうすれば良いのか？

$$\text{CO}_2\text{排出量} = \text{人口} \times \frac{\text{生活の満足度}}{\text{人口}} \times \frac{\text{エネルギー必要量}}{\text{生活の満足度}} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{エネルギー必要量}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}}$$


- どうしても発生してしまうエネルギー消費（電気・熱）を、
脱炭素エネルギーで供給する
- 太陽光発電の設置（4kWで一般家庭の電力需要をほぼまかなえる）
→（例）さらに、電気自動車に蓄電して夜間に家で使えば、自給率向上・防災貢献
- 太陽熱利用設備の設置（4m²程度で一般家庭の熱需要の約8割をまかなえる）
- カーボンフリー電力の購入（原子力や水力、太陽光、風力、バイオマス発電電力など）
- バイオガスの購入

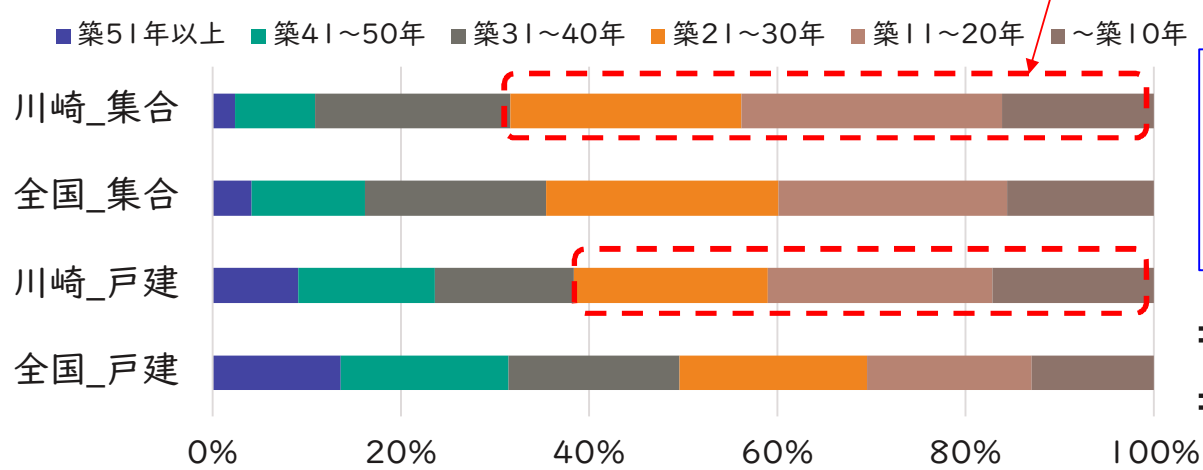
一、（例）生ゴミの分別回収でバイオガス生産  Shibaura Institute of Technology  電気車例あり

③「川崎市の」住まいの脱炭素化を後押しする政策とは？



✓ 集合住宅向けの対策が特に必要
(戸建向けの対策はもちろんのこと)

✓ 築30年以内の住宅割合が多い
⇒ 今住んでいる家で何ができるか。



建物の更新は30~40年に一度 (2050年までにチャンスは一度)。
「更新のチャンス」を逃してはなら

ない。
⇒ 新築に何を求めるか。
⇒ 次の建て替えの際に何をすべきか。

③「川崎市の」住まいの脱炭素化を後押しする政策とは？

	生活の 満足度 人口	×	エネルギー 必要量 生活の 満足度	×	エネルギー 消費量 エネルギー 必要量	×	CO₂排出量 エネルギー 消費量
CO ₂ 排出量 = 人口 ×							
今住んでいる家で何をすべきか。	①まずは、2050年の社会において、何を実現することで住まいのCO₂ゼロを実現しているか想像して、それぞれの項目についてやるべきことを分類してみましょう。 ②次に、それを実現するためには何が必要か考えてみましょう。 ▪ 情動的提案（ex.教育、情報提供） ▪ 経済的提案（ex.新ビジネス提案、補助金、金利優遇） ▪ 規制的提案（ex.法律、条例）						
新築に対して何をすべきか。							
街全体で何をすべきか。							



④住まいの転換に向けて、市民への期待

誰も経験したことのない脱炭素社会
だからこそ
“豊かな暮らし”と“脱炭素”の両立
を目指した市民目線の提案に期待！

ご静聴ありがとうございました。



以下、
住まいの脱炭素化を考えるための
参考資料です



②住まいをどうすれば良いのか？

$$\text{CO}_2\text{排出量} = \text{人口} \times \frac{\text{生活の満足度}}{\text{人口}} \times \frac{\text{エネルギー必要量}}{\text{生活の満足度}} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{エネルギー必要量}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}}$$

➤ 生活の満足度（快適性）を維持しつつ、**エネルギーの必要量を減ら**

- **す** エネルギーを使わなくても“豊か”な生活へ。“**足るを知る**”社会。
ex. 『不便さを楽しむ』 『買えない“幸せ”を考える』 『ミニマムライフ』

教育・価値観

- 自然エネルギーを取り入れた家へ。“**パッシブ**”な暮らし。
- **高断熱な家**へ。（そもそも冷暖房に必要となるエネルギー自体を減らす）

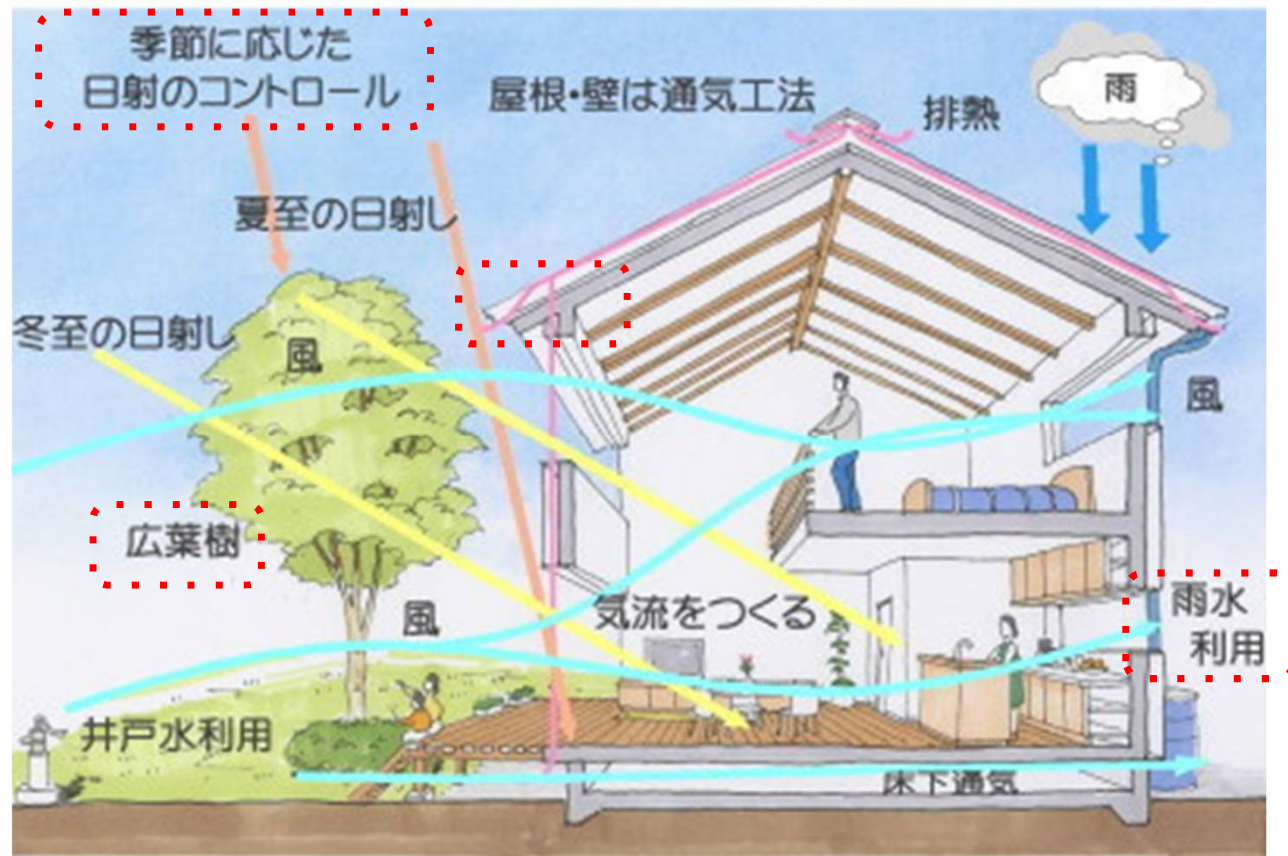
建築対策

まちづくり

- **シェアリングエコノミー**（**銭湯文化**、カーシェア、 **シェアオフィス**

(参考) パッシブな暮らしとは？

- ・ 自然エネルギーを取り入れた家へ。“パッシブハウス”
⇒できるだけ設備機器を使わないで済む暮らしを可能にする家

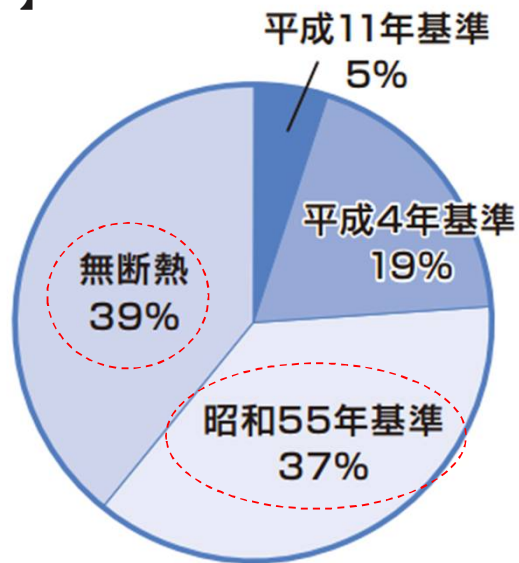


図引用元) <https://www.archi-c.com/%E8%96%84%E5%91%B3%E3%81%AA%E6%9A%AE%E3%82%89%E3%81%97/>



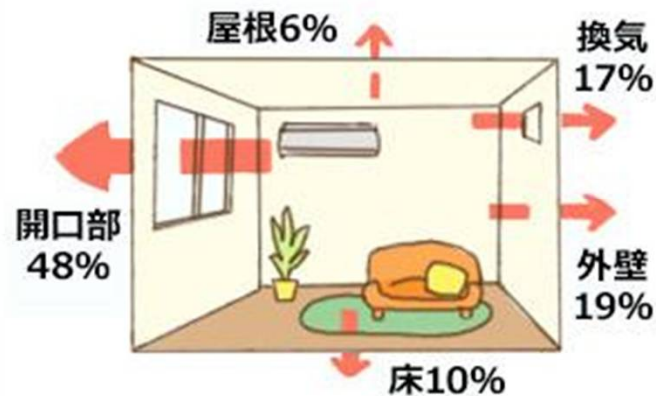
(参考) 高断熱な家とは？

【住宅ストックの断熱性能（2021年度）】



出所：統計データ、事業者アンケート等により推計（平成24年）
※国土交通省作成

冬の暖房時に外に熱が逃げる割合の例



夏の冷房時に外から熱が入る割合の例



平成4年省エネ基準レベルの断熱性能の住宅での計算例

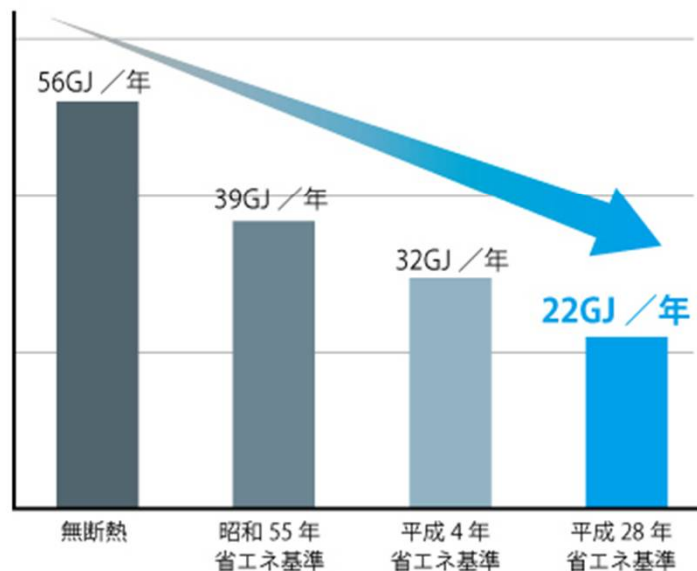
図引用元）エネ庁： https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/housing/

特に開口部の断熱は
費用対効果が高い
(安い費用で高い効果)

窓： 一枚 → 複層、二重へ
サッシ： アルミ → 樹脂へ



断熱レベルと年間の冷暖房電力消費量の比較



出典：国土交通省 低炭素社会に向けた住まいと住まい方推進会議 資料

断熱性能が上がるほど、
エネルギー必要量は少なく、
ヒートショック（温度差による
血圧上昇等）のリスク
も減少するが・・・

【高断熱住宅普及の阻害要因】

- 非常に長い投資回収年数
- 住宅の環境（開口部の方角、日照環境など）によって“個人差”が大きい省エネ効果
（一概に左図の効果が得られるとは限らない）

建物概要※1	基準適合させるための追加措置※2	追加コスト	総建設費※3に占める追加コストの割合	光熱費の低減額※4	回収期間
大規模住宅 (30戸×70㎡=2,100㎡ の共同住宅)	【屋根】 ・硬質ウレタンフォーム2種2号・10mm ⇨ ・硬質ウレタンフォーム2種2号・30mm 【外壁】 ・吹付け硬質A種1・10mm ⇨ ・吹付け硬質A種1・40mm 【床】 ・A種押出法ホリスチレンフォーム保温板3種b・20mm ⇨ ・A種押出法ホリスチレンフォーム保温板3種b・45mm	約22万円/戸 (約3,200円/㎡)	約1.3%	約1.1万円/戸・年	約20年
中規模住宅 (9戸×70㎡=630㎡ の共同住宅)	【開口部】 ・アルミサッシ ⇨ ・アルミサッシ ・単板ガラス ⇨ ・複層ガラス	約26万円/戸 (約3,700円/㎡)	約1.5%	約1.6万円/戸・年	約17年
小規模住宅 (120㎡の戸建住宅)	【天井】 ・グラスウール10K・50mm ⇨ ・高性能グラスウール16K・150mm 【外壁】 ・グラスウール10K・35mm ⇨ ・高性能グラスウール16K・85mm 【床】 ・A種押出法ホリスチレンフォーム保温板2種b・20mm ⇨ ・A種押出法ホリスチレンフォーム保温板3種b・60mm 【開口部】 ・アルミサッシ ⇨ ・アルミサッシ ・単板ガラス ⇨ ・複層ガラス	約87万円/戸 (約7,200円/㎡)	約4.0%	約2.5万円/戸・年	約35年

(参考) シェアリングエコノミーとは？

マンションでカーシェア



シェアオフィス (コワーキングスペース) の設置

銭湯で“お風呂シェア” (ウォームシェア)



図引用) <http://kawasaki1010.com/common/pdf/2020ca.pdf>

(参考) ヒートアイランド対策とは？

集合住宅

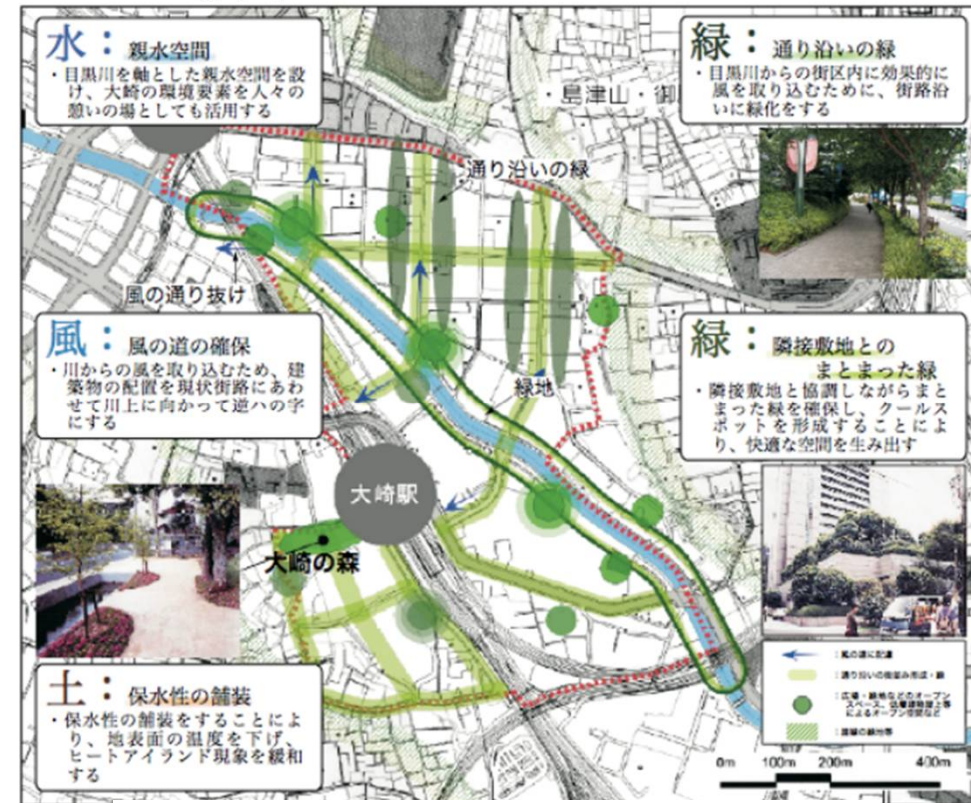


戸建住宅



図引用) https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/heat_island/guideline.files/heatguideline_sum.pdf

- ・建物周辺を含む面的な対策
- ・風、水、緑地、土壌の最適



品川区大崎駅周辺地域都市再生ビジョン

図引用) <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0730pdf/ks073009.pdf>



②住まいをどうすれば良いのか？

$$\text{CO}_2\text{排出量} = \text{人口} \times \frac{\text{生活の満足度}}{\text{人口}} \times \frac{\text{エネルギー必要量}}{\text{生活の満足度}} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{エネルギー必要量}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}}$$

➤ エネルギー必要量を満たすためのエネルギー消費を減らす“**効率を上げる**”対策

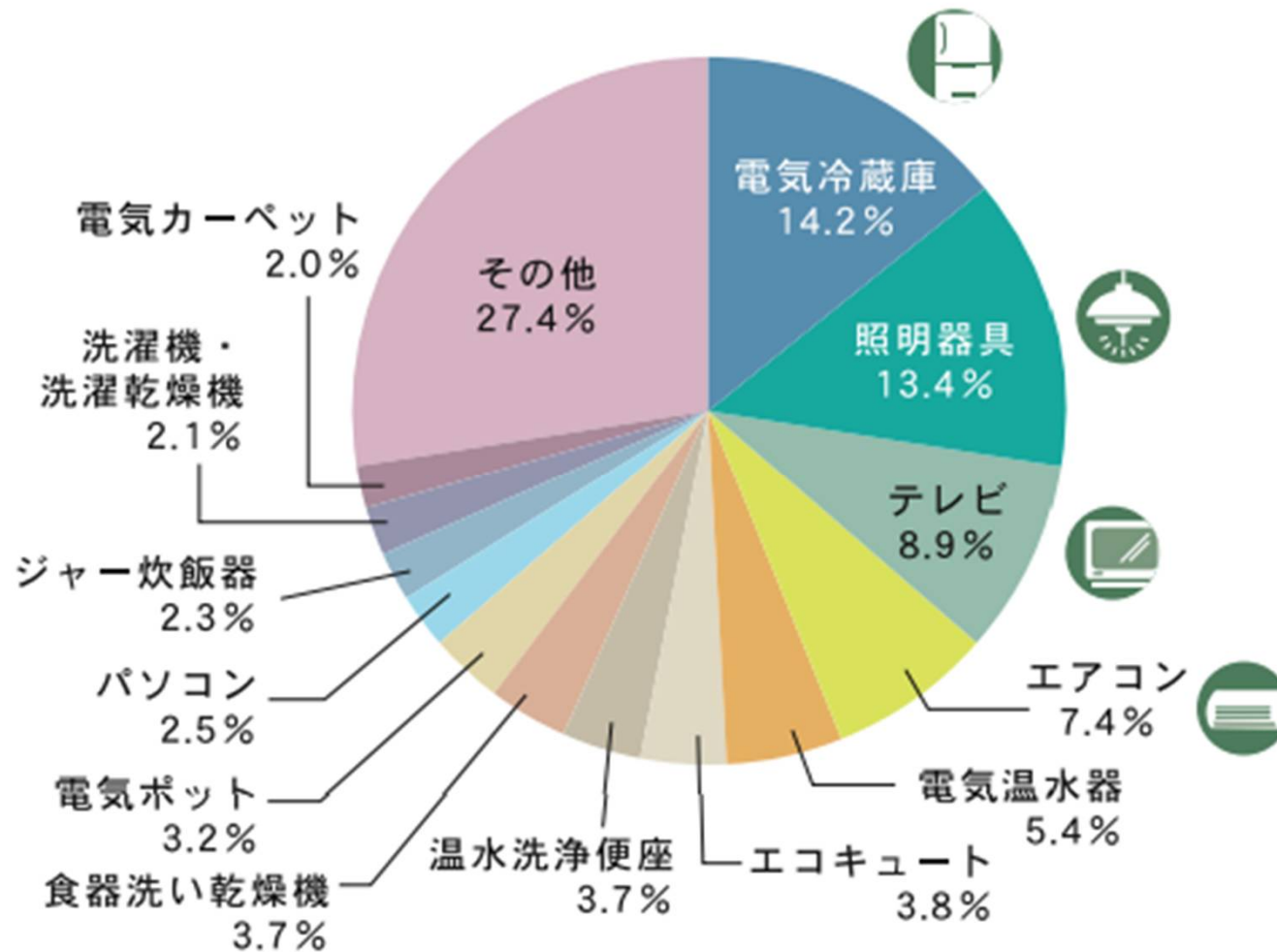
- 省エネ家電・設備への買い替え促進
- 未利用熱の利用によるエネルギー効率向上
- 電化の促進？
(脱炭素電気の購入とセットにする必要あり)

消費行動

新技術による
高効率化

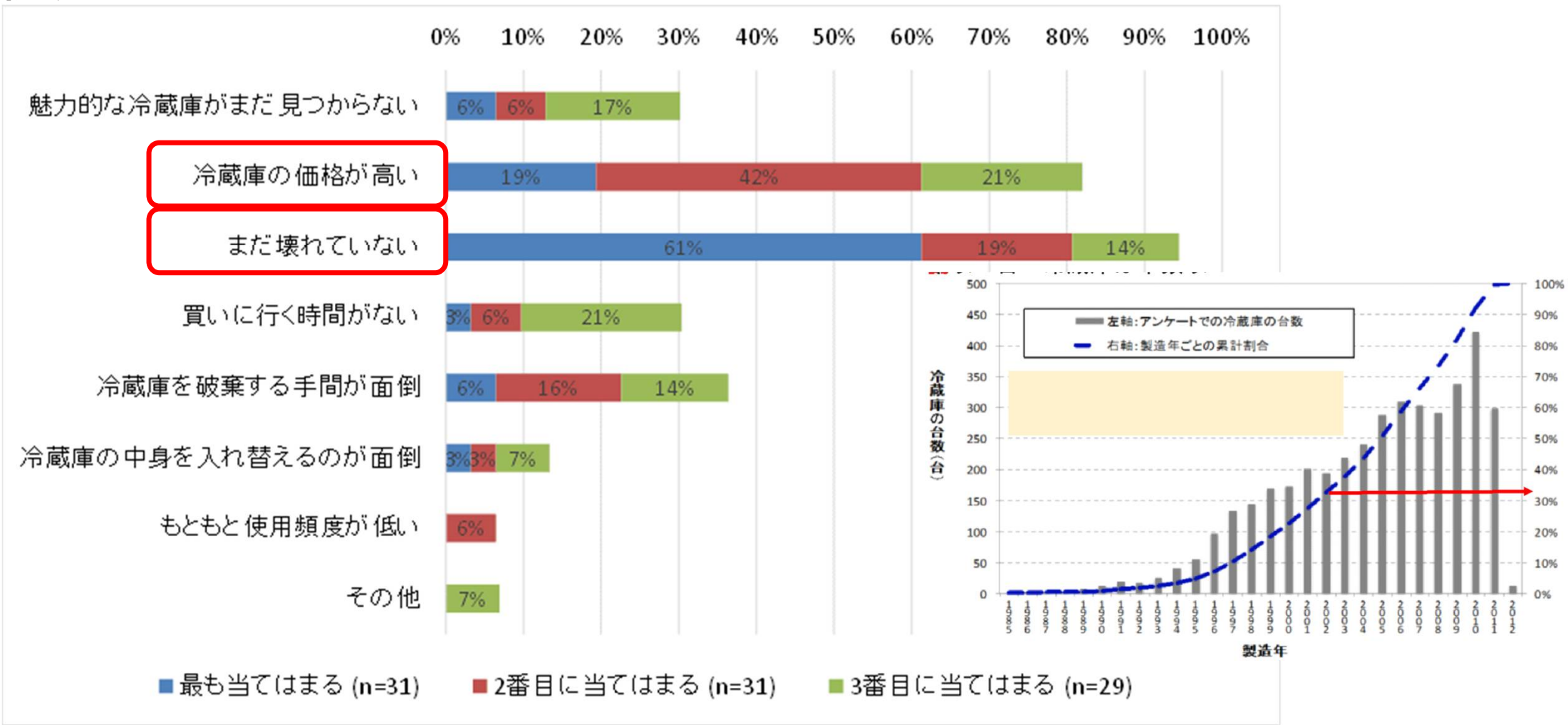


(参考) 家庭の電力消費量内訳



(参考) 省エネ家電への買い替えはなぜ進まない？ (冷蔵庫の買い替え)

買い替えない理由を調査した結果・・・



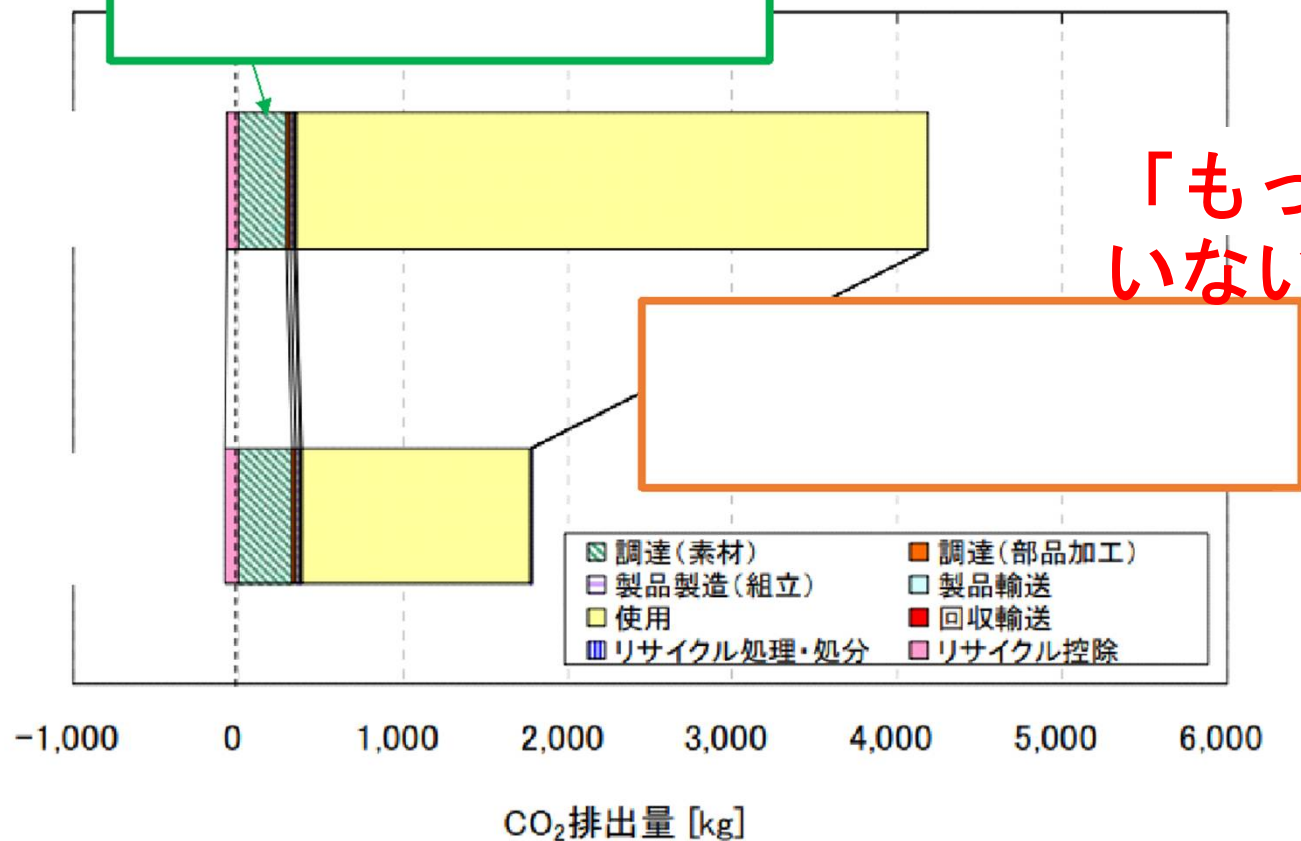
電化製品は「使用時」のCO₂排出量が大半！

エネルギー効率が向上し、使用時間が長い家電製品（特に冷蔵庫、照明、エアコン）は、

買い替えても省エネ効果は小さい

日本電機工業会環境技術専門委員会 LCA-WG

「冷蔵庫のライフサイクル・インベントリ（LCI）分析報告書（2013年）」



「もったいない」がもったいない

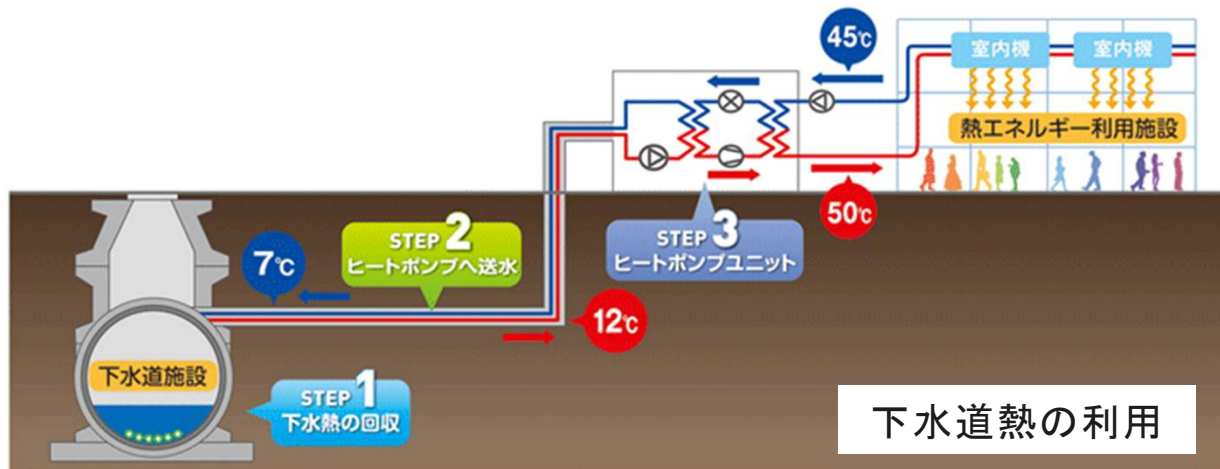


(参考) 未利用熱の利用とは？

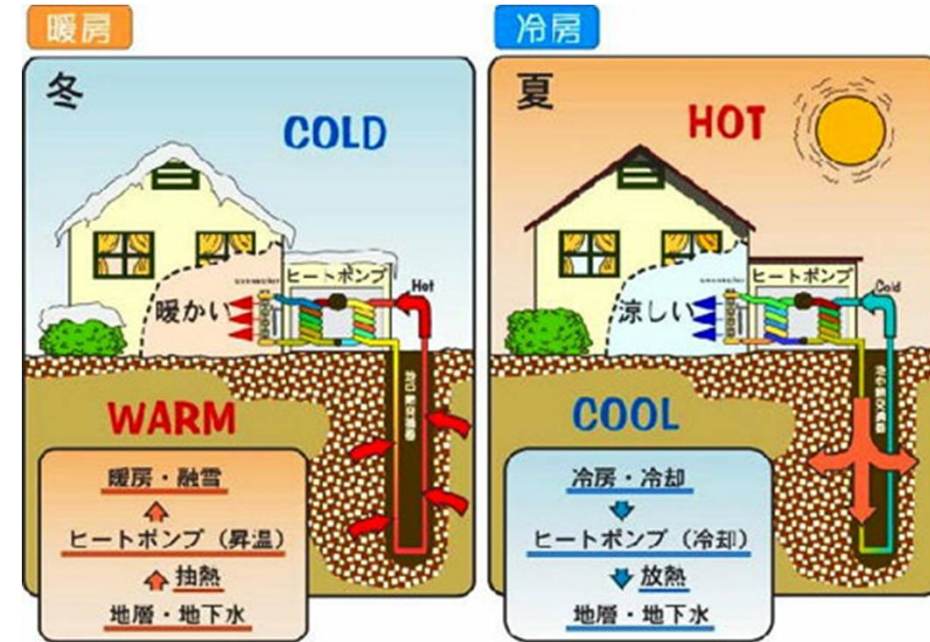
- ・ 地中熱、下水熱の利用

エアコンは、ヒートポンプという仕組みで熱を室内外に移動させて暖房・冷房を行っている。

室内と室外の温度差が小さいほど、熱を室内外に移動させる効率が向上し、エネルギー消費量を削減できる。



※温度は一例です



図引用：地中熱利用促進協会HP

(参考) 電化の促進？

【カーボンフリー電気の購入をすることが大前提】

- 暖房の電化（ガス・灯油→電気へ）
- 厨房の電化（ガス→IHクッキングヒーターへ）
- 給湯の電化（ガス→ヒートポンプ給湯器へ）



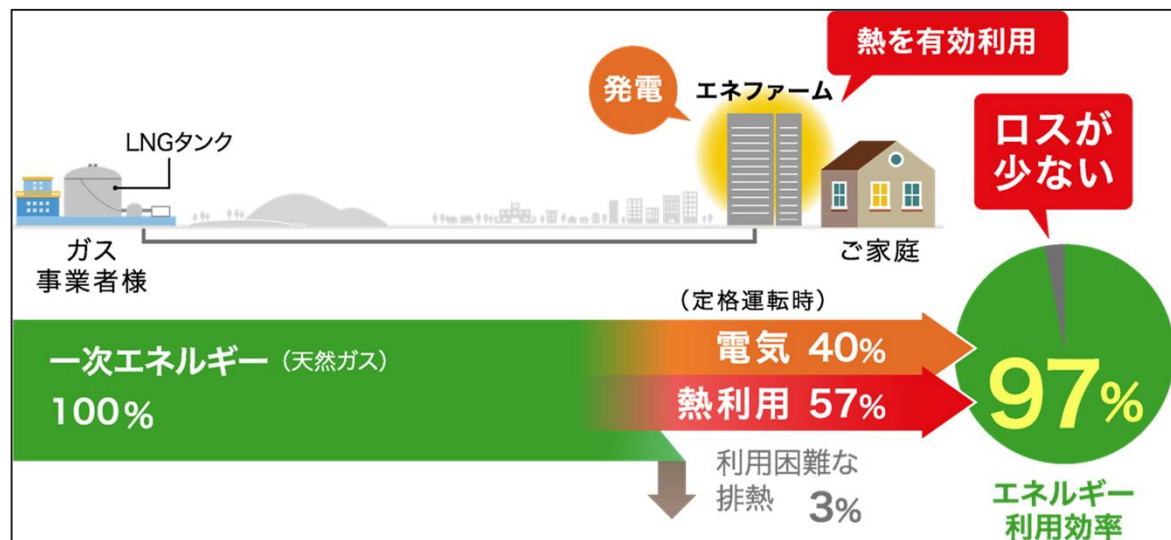
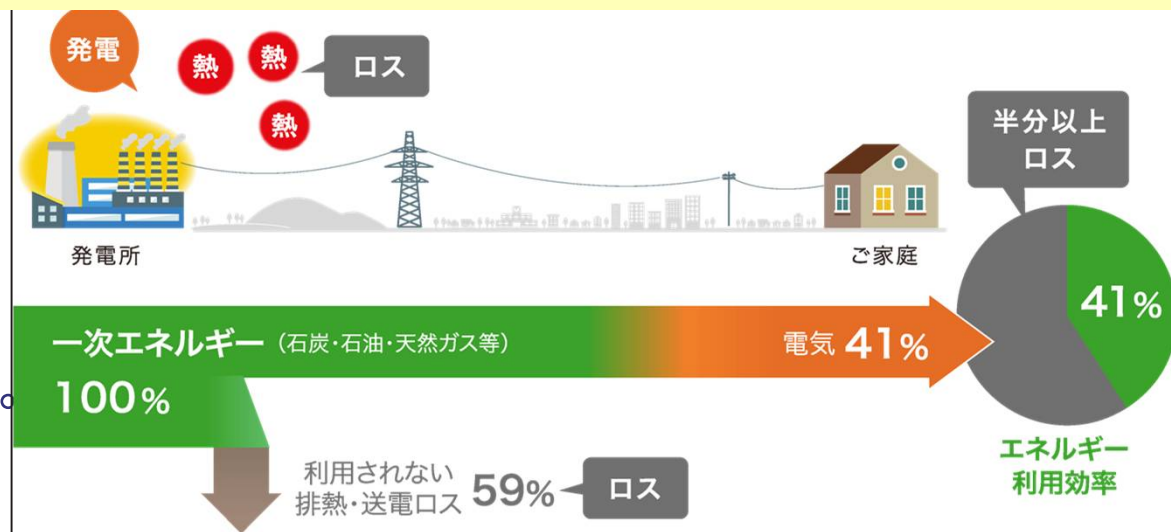
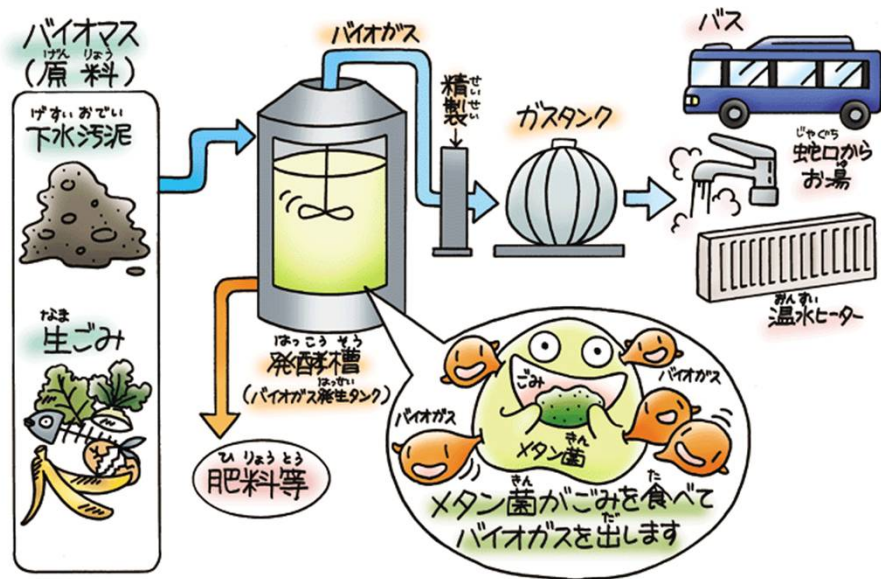
マンションで“エコキュート”（ヒートポンプ給湯器）
の導入自体は可能
（ベランダスペースが必要、騒音問題あり）

(参考) 電化の促進？

【電化以外の熱供給方法もある】

・燃料電池（“エネファーム”）の活用

※都市ガスからバイオガスまたはカーボンフリー水素に転換する必要がある。



②住まいをどうすれば良いのか？

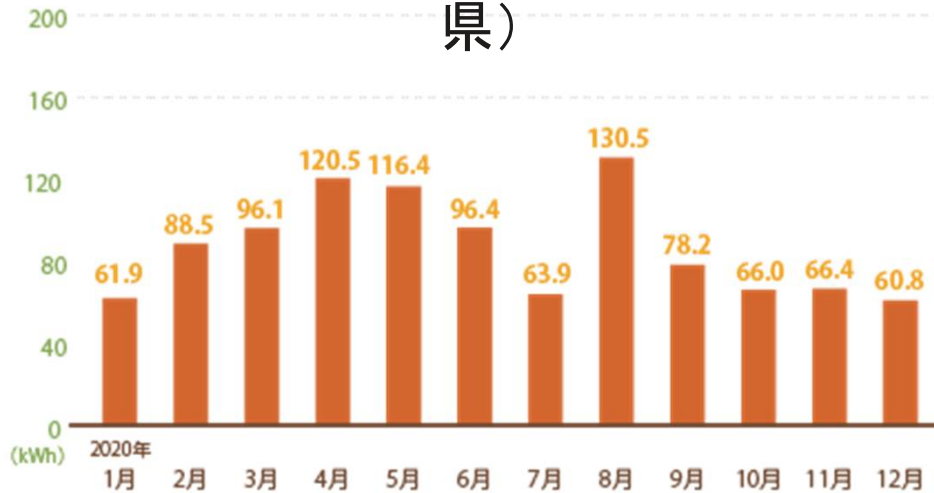
$$\text{CO}_2\text{排出量} = \text{人口} \times \frac{\text{生活の満足度}}{\text{人口}} \times \frac{\text{エネルギー必要量}}{\text{生活の満足度}} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{エネルギー必要量}} \times \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}}$$


- どうしても発生してしまうエネルギー消費（電気・熱）を、
脱炭素エネルギーで供給する
- 太陽光発電の設置（4kWで一般家庭の電力需要をほぼまかなえる）
→（例）さらに、電気自動車に蓄電して夜間に家で使えば、自給率向上・防災貢献
- 太陽熱利用設備の設置（4m²程度で一般家庭の熱需要の約8割をまかなえる）
- カーボンフリー電力の購入（原子力や水力、太陽光、風力、バイオマス発電電力など）
- バイオガスの購入

一、（例）生ゴミの分別回収でバイオガス生産  Shibaura Institute of Technology  電気車例あり

(参考) 太陽光発電・太陽熱の利用効果は？

1kWあたりの太陽光発電量（神奈川県）



神奈川県：1kWあたりの年間合計発電量：**1,045.7kWh**



（戸建住宅で一般的な）4kWの太陽光発電を設置した場合：

期待される年間発電量（4,200kWh）

÷ 年間電力消費量（4,500kWh）

= 家庭のエネルギー消費の約半分

太陽光発電を設置するだけで、
約50%の省エネに成功する。
（他の省エネ対策に比べてインパクト大）

4m²の太陽熱給湯器を屋根に設置した場合に得られる熱量は、年間約8GJ。
一般的な家庭における給湯需要は年間約10GJなので、必要熱量の約80%をまかなえることができる。

太陽熱給湯器を設置するだけで、
給湯用熱需要の約80%をまかなえる。
（他の省エネ対策に比べてインパクト大）

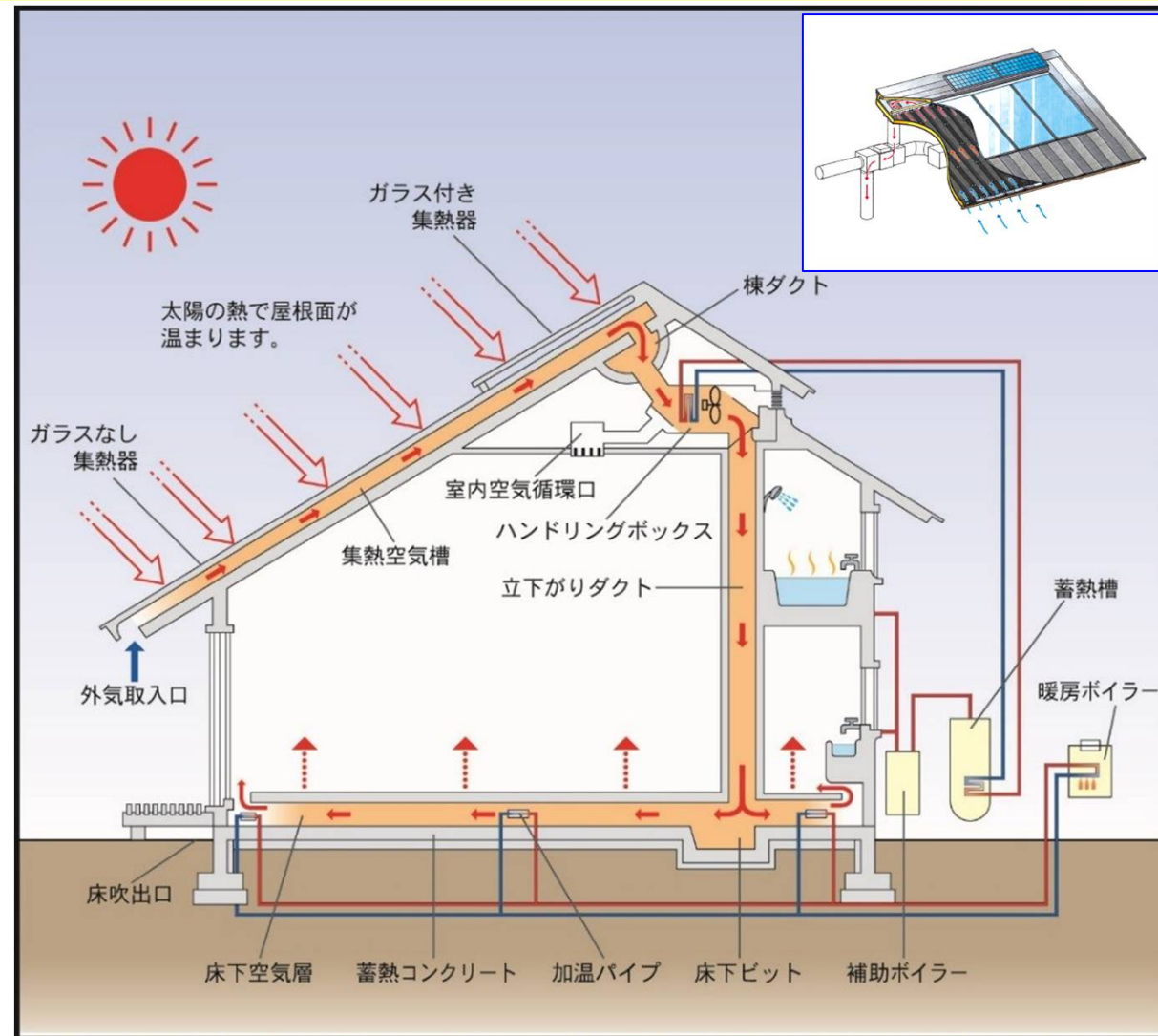
(参考) 太陽光発電・太陽熱の利用効果は？

- 太陽熱を活用する
住宅のエネルギー消費において、
暖房と給湯が占める割合は大きい。

例えば・・・

さいたま市で 4m^2 の太陽熱給湯器を
屋根に設置した場合に得られる熱量
は、年間約 8.4GJ 。

一般的な家庭における給湯需要は年
間約 10GJ なので、必要熱量の約84%
をまかなえることができる。



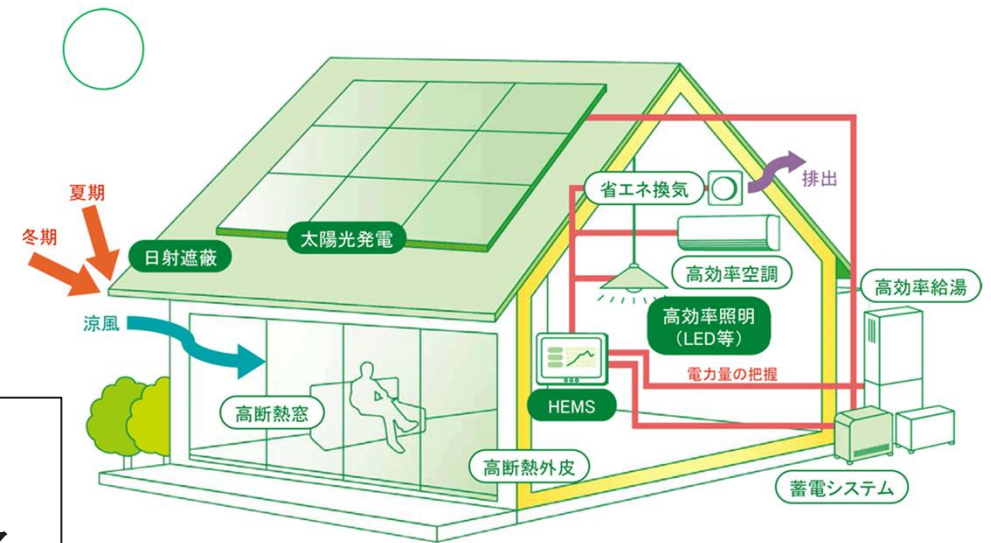
(参考) ZEH,ZEH-Mの普及状況は？

- ZEH（ゼッチ：ゼロエネルギーハウス）
できるだけエネルギー消費量を減らす設備を導入した上で、再生可能エネルギーの利用により年間の（一次）エネルギー消費量が正味ゼロまたはマイナスの住宅。

- ✓ ZEH評価にコンセント系（家電など）は含まない。
- ✓ ZEHは“エネルギー自給自足住宅”ではない。
- ✓ 日中は電気が余り、夜間は不足する。自給自足するなら蓄電池が必要。

• ZEH-M（ゼッチマンション）

- できるだけエネルギー消費量を減らす設備を導入した上で、再生可能エネルギーの利用により年間の（一次）エネルギー消費量が正味50%以下のマンション。



■ 平成30年度のZEH年間実績（新築注文住宅のみ）は、**約5.5万戸**。

（戸数）

H30年度年間実績						
	注文住宅（持家）		建売住宅（分譲）		合計	
	戸数	シェア	戸数	シェア	戸数	シェア
『ZEH』	37,205	12.9%	1,213	0.8%	38,418	8.9%
Nearly ZEH	17,147	6.0%	583	0.4%	17,730	4.1%
ZEHシリーズ計	54,352	18.9%	1,796	1.2%	56,148	13.0%
その他 (ZEH Orientedを含む)	157,291	54.7%	16,854	11.6%	174,145	40.3%
合計	211,643	73.6%	18,650	12.8%	230,293	53.3%
新設住宅の戸数 ※	287,710	100.0%	144,905	100.0%	432,615	100.0%

※ 国土交通省「【住宅】利用関係別 時系列（平成30年度）」より引用

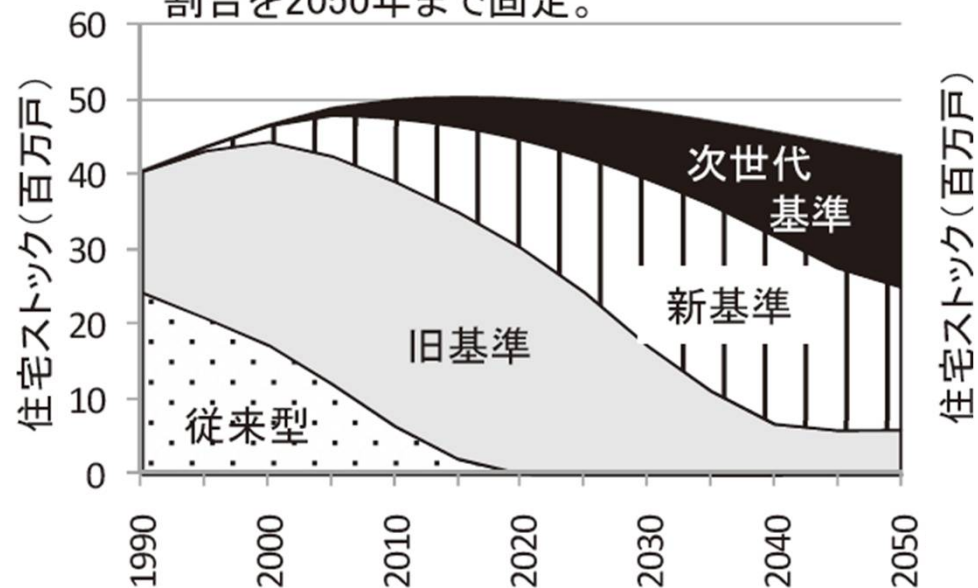
※ 「カバー率」は、H30年度ZEHビルダー/プランナー実績報告時に提出するH30年度建築数（受注、着工、完工のいずれか）を元に算出

- ✓ 全ての新築住宅について、今すぐに断熱規制を行っても、住宅ストック全体が高断熱住宅に置き換わるスピードは遅い。
- ✓ しかし、将来を見越して早期に規制を行うと、確実に効果は出る。

(断熱規制をかけなかった場合)

＜現状固定シナリオ＞

➤ 新規着工住宅における各断熱水準割合を2050年まで固定。



(2015年から断熱規制した場合)

＜全新築対策シナリオ＞

➤ 新規着工住宅の100%を次世代断熱水準に規制。

