

# LCCM 住宅に関する研究開発と普及

## —低炭素社会に向けた動向と先進的省エネルギー住宅—

環境研究グループ 上席研究員 桑沢 保夫

### 目次

- I 研究の背景
- II 住宅の省エネルギー技術
- III 先進的省エネルギー住宅
- IV LCCM 住宅
  - 1) コンセプト
  - 2) 運用時のエネルギー消費に関する検討
  - 3) イニシャル CO<sub>2</sub>に関する検討
  - 4) つくば LCCM 住宅デモンストレーション棟
- V 将来の展望

#### 参考文献

### I 研究の背景

地球温暖化は、化石燃料の多用による二酸化炭素などの温室効果ガスの増大が主因となって引き起こされているとする説が有力である。国際的な専門家による政府間機構である、IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change：気候変動に関する政府間パネル）では、気候変化に関する科学的な判断基準の提供を目的とし、地球温暖化に関する科学的知見の集約と評価を行っている。その中の第三作業部会（WG III：温室効果ガスの排出抑制及び気候変動の緩和策の評価）では、建築物や産業などの「部門」ごとに温室効果ガス排出量の動向や緩和技術などが検討されている。各部門における、排出量削減のポテンシャルを図 1 に示す。住宅や建築に關係する建築物部門は、他の部門に比べて大きなポテンシャルがあるとともに、比較的少ない投資でも大きく削減できることが示されている。またその省エネルギー対策の考え方として、

- ①暖房・冷房・照明用負荷の削減
- ②太陽エネルギーや他の自然エネルギーの利用
- ③設備機器、暖冷房設備、換気設備のエネルギー効率向上

④コミッションングの実行、運転・維持管理の向上

⑤ライフスタイルの変更

⑥建築デザインにおけるシステム的アプローチの利用（環境設計は初期段階から考慮すべき）

といったことが示され、建築物および設備機器における温室効果ガス緩和のための各種技術が示されている。

経済発展と環境保護などを役割として掲げ、気候変動に関する政策と市場改革を現在の焦点としている、IEA（International Energy Agency：国際エネルギー機関）でも同様の検討がなされており、民生部門（家庭及び業務に關連する部門）における重要な対策として、暖房、給湯対策、パッシブハウス基準の達成に向けた建物外皮の改修などが挙げられ、民生部門における鍵となる技術として、建築・設備の総合設計、照明、ヒートポンプ、太陽熱利用、パッシブハウス、ゼロエネルギー建築といったことが示されている。このように、住宅・建築に關わる省エネルギー技術の重要性が国際的にも指摘されている。

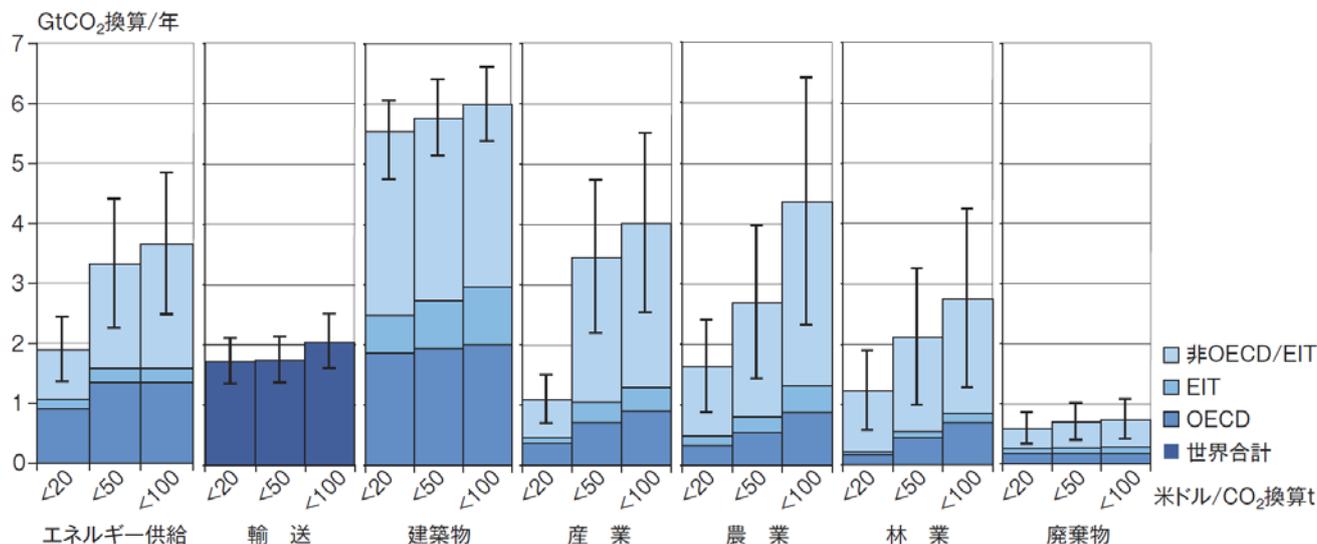


図1 ボトムアップ研究による2030年の世界の緩和における部門別の経済的ポテンシャルの推計値<sup>\*1</sup>  
 (各部門の評価で仮定されたそれぞれのベースラインと比較した値)

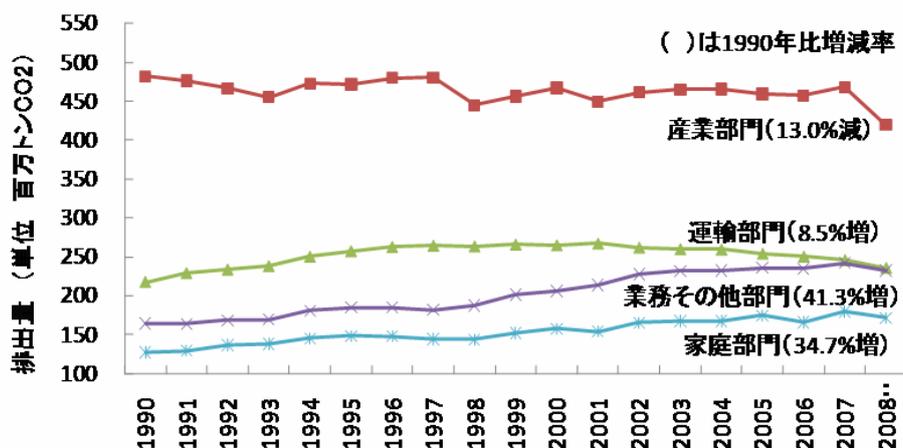


図2 部門別の二酸化炭素排出量の推移<sup>\*2</sup>

図2には日本における主な部門別の二酸化炭素排出量の推移を示す。この図に示されているように、日本における二酸化炭素排出量は、排出量が最も多い産業部門では低減傾向が続き1990年比13%減となっているのに対して、住宅や業務用建築に対応する民生部門では2007年までほぼ増加傾向が続き2008年ようやく減少に転じたものの1990年比で30~40%の増加を示している。このような状況に対して、平成22年度に政府が示した「新成長戦略」(平成22年6月18日閣議決定)には、我が国の長期目標として、2020年に温室

効果ガスを1990年比で25%削減と掲げられた。また、国土交通省としても新築の住宅・建築物の100%を省エネ化することを目指して、省エネ基準への適合を義務づけることの必要性を示し、その検討を開始したところである。

建築研究所においては、従前より住宅における省エネルギーに関する研究を実施してきており、その成果は省エネ法への反映や、「自立循環型住宅への設計ガイドライン」としてまとめ上げてきたところである。しかし、上に挙げたような昨今の状況から、温室効果ガス排出削減に対してより効果的な住宅のあり

方について検討を開始し、自立循環型住宅の研究などで培ってきた知見を活用して、先導的なモデルとなりうる「LCCM（ライフサイクルカーボンマイナス）住宅」の研究開発に着手することとなった。具体的には、重点的研究開発課題「建築・コミュニティのライフサイクルにわたる低炭素化のための技術開発（H. 20～H. 22 年度）」の中で「LCCM 住宅に関する技術の開発」という項目を掲げて研究を進めている。この研究実施にあたり国土交通省国土技術政策総合研究所および日本サステナブル建築協会を参画者とする共同研究として「ゼロエネルギー住宅に関する研究」を2009年より開始した。

また、これと併行し国土交通省住宅局の支援による研究開発事業として、一般社団法人日本サステナブル建築協会内に設けられた「ライフサイクルカーボンマイナス住宅研究・開発委員会（委員長：村上周三（独）建築研究所理事長）」において、平成21年度からの3年計画で研究開発が進められている。

## II 住宅の省エネルギー技術

図3に地域ごとの熱損失係数の基準値を示す。基準が新しくなるにつれて熱損失係数の基準値は小さくなり、徐々に断熱性の高い住宅へと誘導してきたことがわかる。図4には日本の8都市における戸建て住宅でのエネルギー消費の内訳を示す。この図を見ると札幌のような寒冷地では暖房エネルギーが全体の半分以上を占めるが、そのほかの地域では1/4程度と余り大きくない事がわかる。つまり、住宅全体におけるエネルギー消費を削減するためには、これまでの省エネ法における様に熱損失係数を小さくして暖冷房負荷を下げただけではなく、その負荷を処理するための暖冷房機器の高効率化とともに、給湯や照明他電力などそのほかのエネルギー消費用途に対しても十分な配慮をする必要がある。

東京などの温暖地で特にエネルギー消費量の割合が大きい給湯に関しては各種の高効率機器がすでに市場に出ており、発電と同時に給湯・暖房も行うことで効率を上げる燃料電池などによるコジェネレーションシステムもある。また、従来から用いられている、太陽熱を利用した給湯負荷の削減も大変効果的である。照明については従来の白熱灯から電球型蛍光灯やLEDランプなどの利用が一般的になりつつあり、これらも省エネルギー効果は大変大きい。

一方、再生可能エネルギーを利用したエネルギー生産も広まってきており、特に住宅レベルでは太陽光発電が有望で、余剰電力の買い取り制度などの影響もあり、すでに普及に向けて大

きく進み始めているのは周知のとおりである。

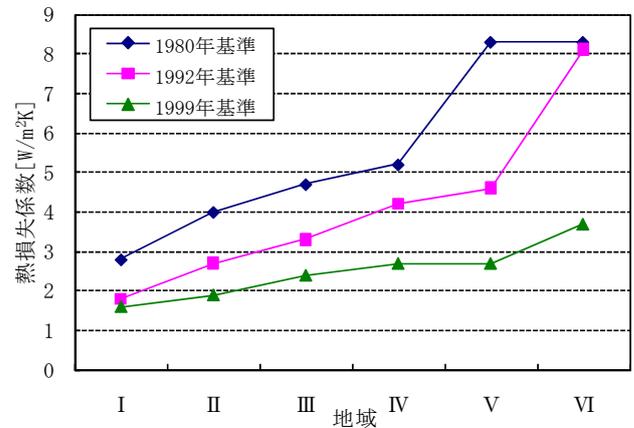


図3 熱損失係数基準値

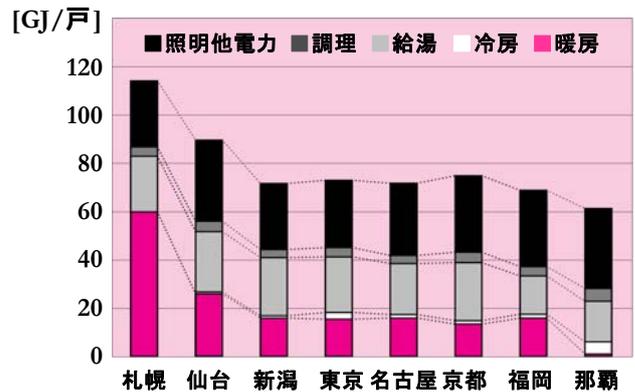


図4 住宅におけるエネルギー消費の現状  
—8都市域の戸建て住宅に関する比較—

## III 先進的省エネルギー住宅

海外では北米や欧州を中心に先進的な省エネルギー住宅はすでにいくつか建設されており、いずれも躯体の断熱・気密性強化や再生可能エネルギーの活用、高効率機器の導入などにより住宅内でのエネルギー消費量を抑える工夫がなされている。国内においても同様の先進的な省エネルギー住宅は民間企業が実現しており、すでに商品化されている例もある。

断熱や気密に関してはすでに多くの知見があり、熱損失係数が1[W/m²K]を切るような住宅も実際に建設されているが、前に示したように、それだけではエネルギー消費量を削減するには限界があり、日本の温暖もしくは蒸暑地域ではむしろ冷房負荷を増やしてしまうことにもなる。

次に、中に導入する設備機器類については、すでに一般的に

市販されている暖冷房、給湯、換気、照明などに対応する各種の高効率機器があるので、負荷の状況などに応じてそれらを活用すればよい。

最後に再生可能エネルギーの活用についてであるが、これには大きく分けて2つの種類があり、一つ目は太陽熱のパッシブ的な利用による暖房負荷削減や太陽光による照明負荷削減、通風による冷房負荷削減といった建築的な活用方法で、二つ目は太陽光発電や太陽熱給湯といった設備的な活用方法である。後者についてはそのほかの設備機器類と同様に、すでに一般的に市販されているものがあるので、負荷の状況などに応じてそれらを活用すればよい。特に太陽光発電に関しては十分な発電量を確保できれば比較的容易にゼロエネルギー住宅が実現できる。ただし、まだ高価である点と、その性能は現在急速に進歩しており、状況が常に変化している点に注意が必要である。

結局、気候条件やライフスタイルに応じた適切な断熱・気密性能・設備の見極めと、建築的な方法による再生可能エネルギーの活用を個別の住宅に対してどう適用していくかという点が重要であり、実験住宅としての建設は容易であるが、いかにしてこれらを一般的な住宅として普及させるかと言う点に課題があると言える。

#### IV LCCM住宅

##### 1) コンセプト

LCCM住宅(ライフサイクルカーボンマイナス住宅)とは、住宅の長い寿命の中で、建設時、運用時、廃棄時においてできるだけの省CO<sub>2</sub>に取り組むとともに、太陽光発電などを利用した再生可能エネルギーの活用により、住宅建設時のCO<sub>2</sub>排出量も含め生涯でのCO<sub>2</sub>収支をマイナスにする住宅として提案されたものである。

具体的には、まず運用時のエネルギー消費を大幅に削減し、その消費量を上回るような太陽光発電を導入することで、建設時等に発生したCO<sub>2</sub>を運用時の余剰エネルギーにより返済する

(図5)。ただし、一般への普及を考えた場合、運用時のエネルギー消費を大幅に削減する際に、健康・安全性、快適性、利便性等を低下させてしまうと実効性が損なわれると考えられるので、そのような性能はできるだけ残しておく必要がある。図6にあるように、従来の住宅であれば運用年数が増えるほどCO<sub>2</sub>排出量は増えていくが、LCCM住宅では改修の際には少し増えるものの、運用時の余剰エネルギーにより、全体としてCO<sub>2</sub>排出量は減少していき、ある年数が経過したところでマイナスとなる。

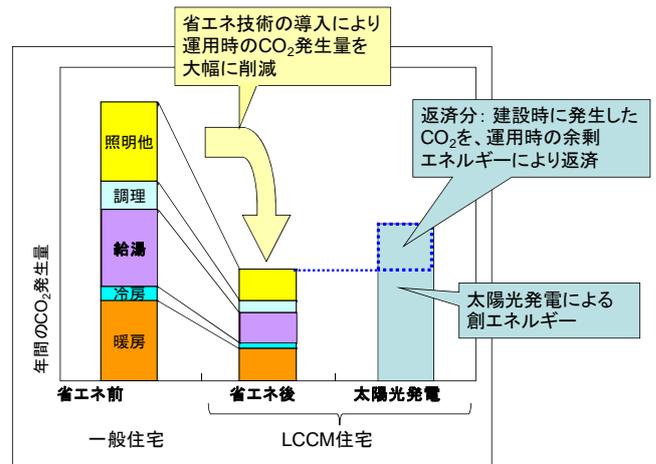


図5 LCCM住宅のエネルギー収支

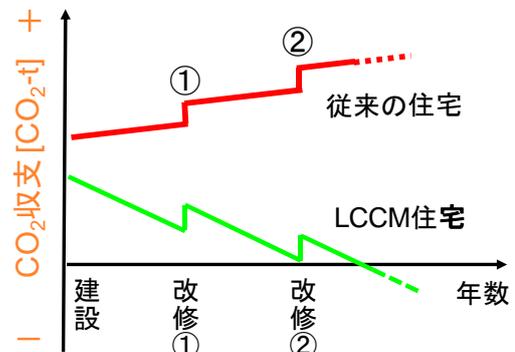


図6 ライフサイクルにわたるCO<sub>2</sub>収支のイメージ

##### 2) 運用時のエネルギー消費に関する検討

###### イ. 暖冷房

暖冷房にかかるCO<sub>2</sub>排出量を低減するためには、その負荷を低減するとともに、負荷を処理するために効率的な機器を選択することが必要である。負荷の低減には、建築躯体を気候条件やライフスタイルに応じた断熱・気密性能とすることとともに、中間期や夏期においては通風などによる排熱のための性能、底などによる遮熱性能にも注意する必要がある。

負荷を処理するための高効率機器としては、基本的にはヒートポンプエアコンが最も有望である。空気熱源が一般的であるが、寒冷地などでは地中熱を熱源とする方法もある。また、機種を選択する際に重要な点として、適切な能力の機種とすることがある。過大な能力のエアコンを選択してしまうと部分負荷の状態では運転する時間が多くなり、そのエアコンの持っている高効率な性能を発揮できなくなってしまう。とくに断熱・気密性を高めたLCCM住宅では、エアコンのカタログなどに標記されて

いる対応量数で機種を選択すると大きめの能力となってしまうので注意する必要があります。

ロ. 給湯

a. 熱源器

高効率なタイプの熱源機では、空気集熱式電気温水器（エコキュート）と燃料電池がまずは挙げられる。前者については、タンクを有しているため、貯湯時のロスが少なくなるような制御を行っているが、家族人数に応じた適切な貯湯サイズの見積りが重要である。なお、寒冷地では効率が低下してしまう。後者については、住宅内における電力需要によっても効率が影響される点に注意が必要で、LCCM 住宅のようにエネルギー（電力）消費量を極端に小さくする場合にはその点について要検討である。また、これらに比べてやや効率は落ちるが、タンクを有していないため、比較的安定した効率を得られる潜熱回収型の瞬間型給湯器も高効率なタイプの熱源機として挙げるができる。

そのほか、旧来から用いられている太陽熱利用の給湯器も効率を上げる上で大変有効である。

b. 節湯機器等による省エネルギー効果

節湯機器等による省エネルギー効果も大きく期待できる。配管では小口径配管（サヤ管ヘッダー方式）の採用が有効で、水栓等については、節湯機器、浴槽断熱、浴室断熱が挙げられる。

配管では小口径配管とすれば配管からの放熱ロスを減少できる点とともに、湯待ち時間を減らして使いやすくなる点からも、サヤ管ヘッダー方式とする事が有効である。サヤ管ヘッダー方式の概略と、実際の施工状況を以下に示す。

配管からの放熱ロスを防ぐには当然断熱区域内に設置する必要がある。図 8 であれば断熱区域内に設置されているが、図 9 では土間床に配置しており、床断熱の場合には断熱区域の外側となる位置となってしまうため問題がある。また、配管長はなるべく短くする必要もあり、設計施工時に十分な配慮を要する。

次に節湯型機器については、住宅事業建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算方法において、その効果を以下のように示している。

シャワー（基準流量 10[L/min]）	
節湯A（手元止水）	20%削減
節湯B（適流量 8.5[L/min]以下）	15%削減
台所（基準流量 6[L/min]）	
節湯A（手元止水）	9%削減
節湯B（適流量 5[L/min]以下）	17%削減

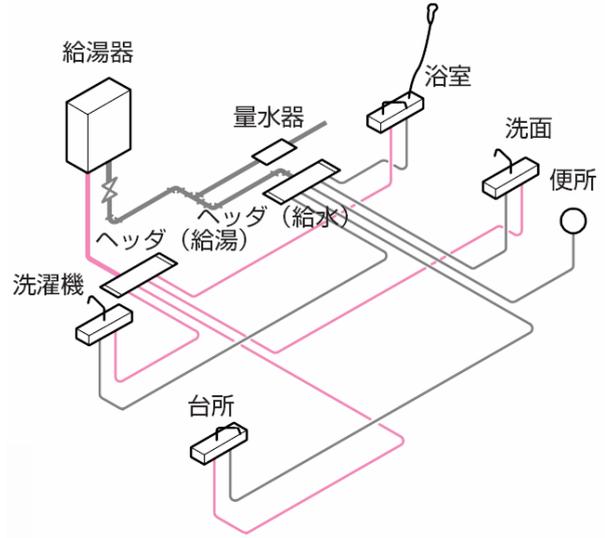


図 7 サヤ管ヘッダー方式の概略



図 8 実際の施工状況



図 9 実際の施工状況

これらの機器を組み込み、湯消費量の削減を図ることが必要である。また、これらとは別に、湯温調節が容易な湯水混合栓も湯温調整時の無駄を防ぐ効果が示されている。

しかし、いわゆるシングルレバーの場合、温水を必要としていないにもかかわらず、レバーを湯が出る領域で使用してしまっている場合が非常に多いとされている<sup>83</sup>。これに対応し、中央位置付近では湯が消費されないような機器も開発されてきており、その効果についても今後検討を加える必要がある。

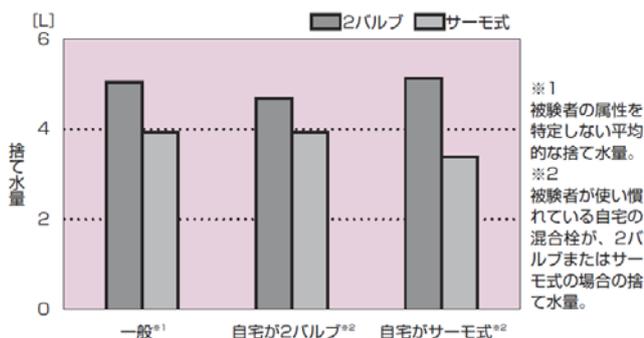


図 10 シャワーヘッドの種類による湯水使用量の比較  
(自立循環型住宅設計ガイドラインより)

#### ハ、照明

照明に関する省エネルギー手法としては、以下が挙げられる。

LED

有機EL、

自動調光・調色制御、

自動制御ブラインド、

ライトダクト (非居室)

断熱透光壁、日射遮蔽

／日照調整装置と太陽光発電パネルの統合

これらの中でも、効果の大きなものとして LED 照明が挙げられるが、この運用時とそれ以外 (製造、廃棄など) のエネルギー消費量について調査した結果、以下のような値が示された。

	運用時	その他
LED ダウンライト	97.0%	3%
コンパクト蛍光灯ダウンライト	98.7%	1.3%
白熱球ダウンライト	99.9%	0.1%

(特定非営利活動法人 LED 照明推進協議会)

LED の発光効率が白熱球の数倍あり、コンパクト蛍光灯よりは

やや下回るものの、ライフタイムが長いことを考慮すれば、1 時間当りに換算した CO<sub>2</sub> 排出量では、

白熱電球 >> 電球形蛍光灯 > LED 電球

となって、ライフサイクル的にみても十分有利であることがわかった。

#### ニ、換気

良好な空気環境・温熱環境を保ちながら暖房負荷削減可能な換気設備として、熱交換型第一種換気設備が挙げられ、その省エネルギー手法としては、高効率モータの採用、寒冷時以外における排気のための片側運転がある。前者の高効率モータには DC ブラシレスモーターがある。また、後者の排気のための片側運転では外気冷房による冷房負荷削減と省電力化が期待できる。

また、省エネルギーに注目した別のアプローチとして、温度差・外部風による自然換気システムと機械換気システムの併用 (ハイブリッド換気システム) が考えられる。

#### 3) イニシャル CO<sub>2</sub> に関する検討 <sup>44</sup>

木材に関してその製造等にかかる CO<sub>2</sub> 排出量を、国内外における製材所、森林組合等の現地調査・文献調査により検討した (図 11)。図にあるように、国産材であっても乾燥に化石燃料を用いている場合にはその部分の CO<sub>2</sub> 排出量が大きくなり、原木輸送や製材輸送で不利なはずの輸入材などよりも大きな CO<sub>2</sub> 排出量となってしまうことがわかった。しかし、これは一方で、乾燥部分の木屑利用率を上げれば CO<sub>2</sub> 排出量を大幅に削減する余地があるとも言うことができ、図の右端にある対策ケースの様に他の木材よりも有利な条件となる可能性がある。

ただし、図 12 にあるように木屑乾燥時には CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガスも無視できないため、これらについても考慮する必要がある。

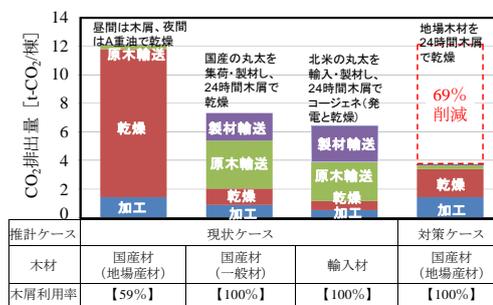


図 11 木材製造等にかかる CO<sub>2</sub> 排出量

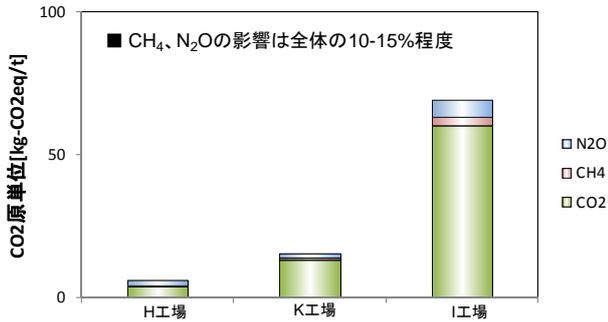


図 12 木屑乾燥時の温室効果ガス排出量

CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排出量に、温暖化係数 (CH<sub>4</sub>: 21、N<sub>2</sub>O: 310) を掛けて換算

#### 4) つくば LCCM 住宅デモンストレーション棟

現在、茨城県つくば市の建築研究所内に、平成 23 年 2 月竣工を目指して LCCM 住宅デモンストレーション棟を建設中である (原稿執筆時現在: 平成 23 年 1 月初旬)。建設時の CO<sub>2</sub> 排出量を正確に求めるため、施工中の廃棄物なども含めて施工調査を詳細に実施している。また、完成後には生活状態を再現した上でエネルギー消費量や温熱環境等も詳細に調査する予定である。

以下にはこの住宅の設計時に検討した内容を示す。

##### ① デザインコンセプト \*6

###### (1) 多層レイヤー (図 13)

日射遮蔽、断熱、視線制御、防犯等の役割を担う様々なレイヤーを組み込み、それらの組み合わせによって、環境制御を行い、様々なアクティビティへの適応を検討した。

###### (2) ストライプ状の平面構成 (図 14)

熱や風を和らげて取り込む緩衝領域、動的なアクティビティに対応した天井の高い空間、静的なアクティビティに対応した小空間などを確保し、多層レイヤーによるストライプ状の空間構成とした。

###### (3) 積層された断面構成 (図 15)

人が出入りするレベル、光と空気が出入りするレベルを高さ方向に積層し、断面的にもレイヤーが積み重ねられた空間構成とした。

###### (4) モード (図 16)

レイヤーの開閉により、夏・冬、昼・夜間といった季節や時間に対応したモード、不在時や就寝時といった生活に対応したモードなど、様々なモードを実現可能とした。

###### (5) 自然エネルギー利用 (図 17)

太陽光発電パネルを一体化した屋根形状、風を取り込み空気

の流れを作り出す通風塔、熱や風を取り込むパラボラ状の緩衝領域形状など、自然エネルギーの利用を図る建物形状とした。

###### (6) アクティビティに応じた空間構成 (図 18)

熱的緩衝領域を滞在時間の短い動線空間とし、身体感覚の延長としてとらえられる気積の小さい空間を滞在時間の長い就寝空間とするなど、アクティビティと温熱環境との重ね合わせを考慮した。

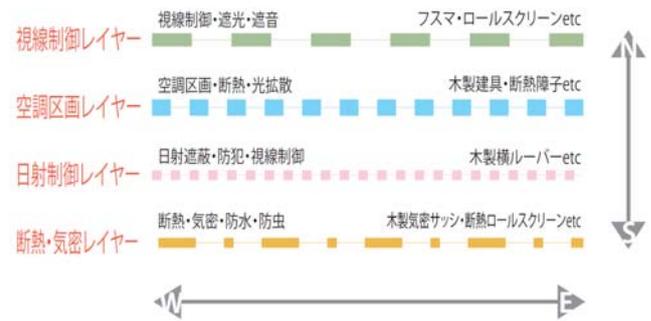


図 13 多層レイヤー

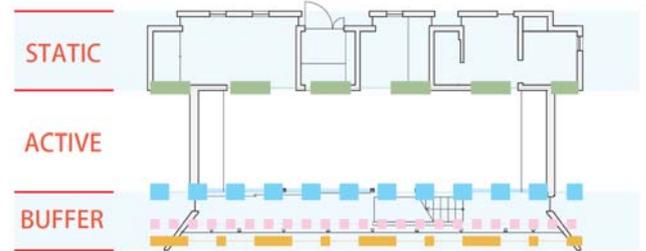


図 14 ストライプ状の平面構成

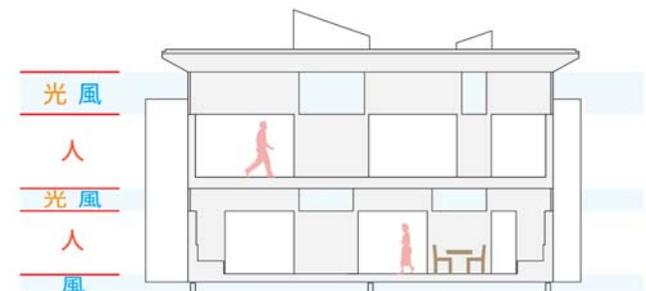


図 15 積層された断面構成



図 16 モード

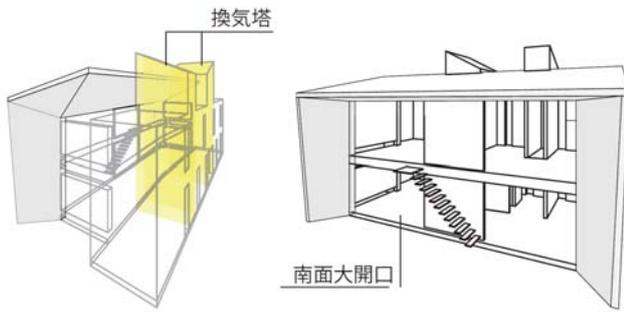


図 17 自然エネルギー利用

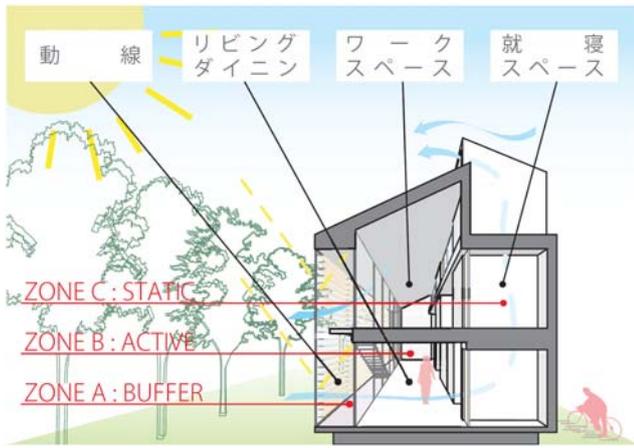


図 18 アクティビティに応じた空間構成

## ② 環境設備からみた検討

### イ. 暖冷房

#### a. 暖冷房方式について

全館連続の暖冷房を行うと、エネルギー消費は間欠暖冷房に比べて大きくなってしまいますが、内部の温熱環境は改善される。一方で、建物の断熱性を高くすれば（Q 値を小さくすれば）暖冷房負荷が小さくなり、暖冷房方式による差は小さくなる。また、その負荷に見合った暖冷房設備を導入することで、エネルギー消費量を小さく押さえられる。これらの関係を調べるため計算した結果を図 19 に示す。通常は左上のセントラル空調設備による全館連続暖冷房か、右下のエアコンによる部分間欠暖冷房（居住している空間を在室する時間だけ暖冷房する）となるが、セントラル空調設備による部分間欠および高効率エアコンによる全館連続暖冷房も計算した。LCCM 住宅実現のためにはエネルギー消費量を極力抑えることが必須となっており、建物の断熱性を相当程度高めてもエネルギー消費量の差があるため、エアコ

ンによる部分間欠暖冷房を選択する必要があることが明確になった。

#### b. 緩衝空間の暖冷房条件について

今回の LCCM 住宅デモンストレーション棟に関する図面を元に行った熱負荷計算に対応して、エネルギー消費量を試算した。その結果、予測されるエネルギー消費量が想定していた値よりもだいぶ大きくなっており、その原因について検討した。原因の一つとして熱負荷計算の際にリビング、緩衝空間（階段室など）、ワークスペースを一体としたため、居住者が一人しかいない場合にどこに在室していても一体となった全ての空間を暖房する必要があるためである可能性が指摘された。そこで、ワークスペースを一体としないこととして、暖冷房負荷、温熱環境について検討を進めることとした。

#### c. 熱負荷に対応したエアコンの選定について

負荷計算結果（南面の窓面積率 70%、窓の断熱有り、蓄熱有り）を基に、エアコンの機種（容量）を変えてエネルギー消費量の計算を行った。

エアコンについては、資源エネルギー庁の『省エネ性能カタログ 2009 夏版』を参考に次表の通り、各サイズの代表機種を選定した。

これらの機種の中で、最小機種として全ての部屋に 2.2kW 機種を配置する場合、負荷対応機種としてリビングに 5kW 機種、個室 1 に 2.2kW 機種、個室 2 に 4.0kW 機種を配置する場合、その中間の機種としてリビングに 2.8kW 機種、他の部屋に 2.2kW 機種を配置する場合について計算した。年間エネルギー消費量の計算結果、運転時間に占める室内設定温度を実現できない時間を能力不足時間率とし、算出したものを図 20、表 2 に示す。負荷対応機種の場合能力不足時間率はほぼゼロに近いが、低負荷で運転する時間が長くなるため一次エネルギー消費量が最小機種の場合に比べて 5 割弱大きくなってしまふ。一方、最小機種の場合冷房時にリビングで 3 割程度の時間で能力が不足してしまう。また、中間機種としても冷房時に 2 割程度の時間で能力が不足してしまう。しかし、能力不足は主に立ち上がり時に発生することから、タイマー運転などを活用することである程度解消できるため、今回の住宅では中間機種の採用を提案した。

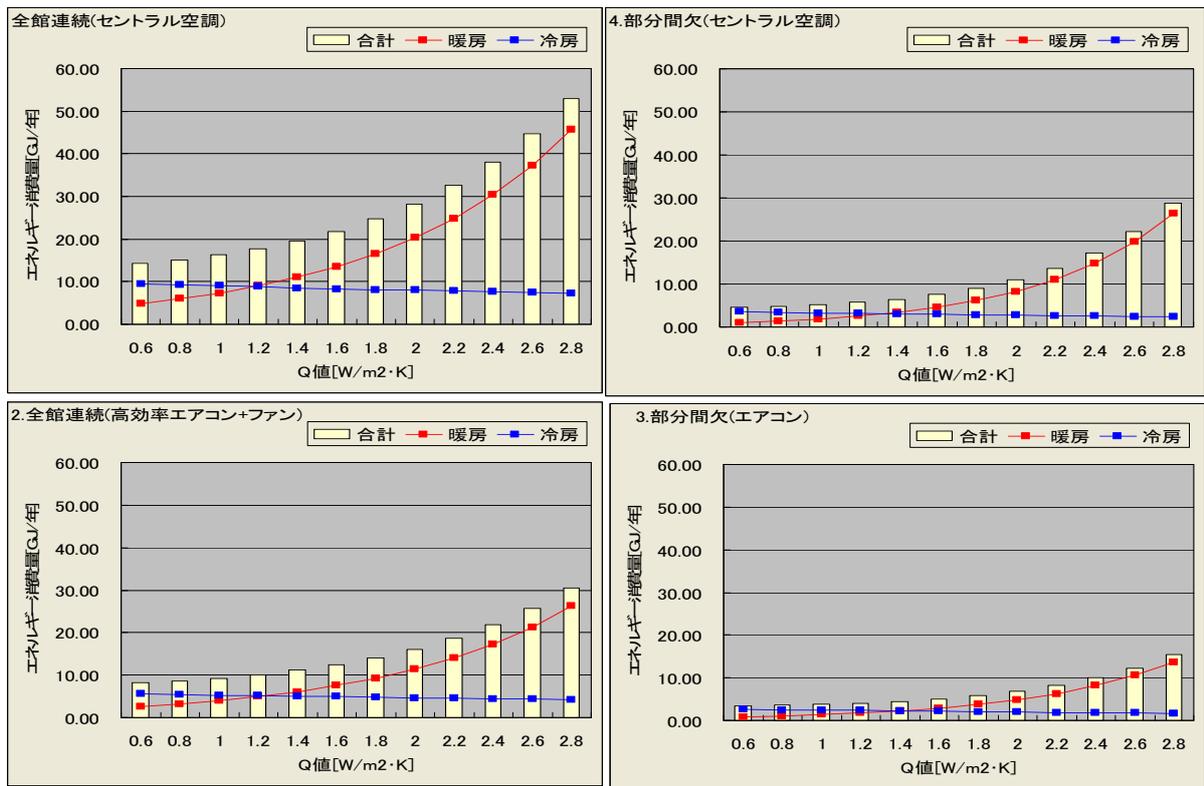


図 19 暖冷房方式・機器によるエネルギー消費量の違い

表 1 エアコン選定機種

空調室の目安広さ	6畳用	8畳用	10畳用	12畳用	14畳用	16畳用
代表能力	2.2kW	2.5kW	2.8kW	3.6kW	4.0kW	5.0kW
メーカー	パナソニック	シャープ	日立	日立	日立	日立
型番	CS-22RKX	AY-W25SX	RAS-X28Y	RAS-X36Y	RAS-X40Y2	RASX-50Y2
定格冷房COP	6.5	6.02	5.96	4.68	4.65	3.39
冷房定格	2200	2500	2800	3600	4000	5000
冷房最大	3400	3500	3900	4100	5000	5500
定格暖房COP	6.76	6.67	6.37	5.92	5.92	5.08
暖房定格	2500	2800	3600	4200	5000	6000
暖房最大	6100	6300	8100	8100	10400	10400

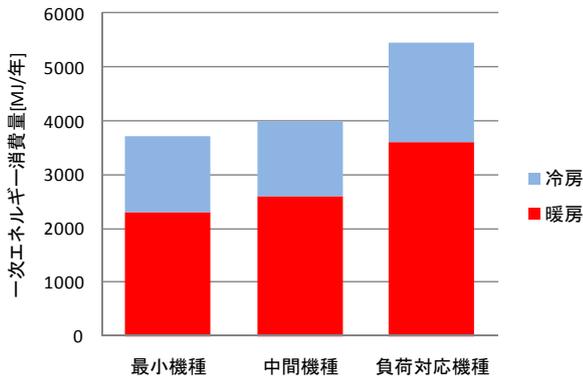


図 20 エアコン能力による一次エネルギー消費量の比較

表 2 能力不足時間率

機種		リビング	個室 1	個室 2
最小機種	暖房	0%	0%	0%
	冷房	31%	0%	12%
中間機種	暖房	0%	0%	0%
	冷房	20%	0%	12%
負荷対応機種	暖房	0%	0%	0%
	冷房	4%	0%	2%

ロ. 給湯

a. 熱源器

まずは、各種の熱源器についてその年間消費エネルギー予測値から年間のCO<sub>2</sub>排出量を算出した。併せて、電力のCO<sub>2</sub>排出量原単位も検討を行った結果によると、LCCM住宅において採用すべき給湯用熱源機については、地域や電力供給事情による電力の温室効果ガス排出量原単位の違いを考慮すると、エコキュート+太陽熱温水器もしくは、燃料電池が最有力である。今回のLCCM住宅デモンストレーション棟には両者を設置し、切り替えて運用することによりそれぞれの効果を確認することとした。

b. 節湯機器等による省エネルギー効果

小口径配管（サヤ管ヘッダー方式）、および節湯機器、浴槽断熱、浴室断熱とした。

ハ. 照明・光環境

基本的に照明の光源にはLEDランプを採用する事とし昼光、人工照明のそれぞれについて、南面のグレア防止、高効率照明器具(LED)の多灯分散配置等をテーマにシミュレーションを行い、開口配置、配灯計画を行った。



図 21 内観リアルアピランス画像

ニ. 換気・通風

今回のモデル住宅では、換気塔を活用する自然換気システムと機械換気システムの関連について検討し、自然換気システムが活用できる場合にはできるだけこれを生かして、不足分を機械換気で補う方法とした。

通風については、中間期と夏季の卓越風向を中心に、開口位置、屋根形状の違いに基づく室内風速の分布を、CFDを用いて検証し、開口の大きさや屋根の形状を決定した。

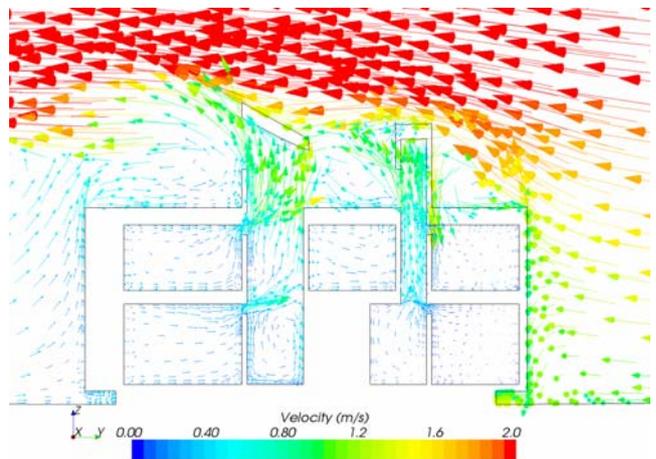


図 22 CFDを用いた換気塔の検討

③ LCCO<sub>2</sub>からみた検討<sup>46</sup>

LCCM実現のためにはイニシャルCO<sub>2</sub>もできる限り小さくしておく必要がある。その点、鉄骨、RCに比べて木造が最も有利であるため今回のLCCM住宅デモンストレーション棟は木造とすることとし、主要構造部である木造軸組材については、加工・乾

乾燥時および輸送時に必要とされるエネルギーや CO<sub>2</sub> を削減するという観点から、木材の産地や製材所を検討した。

次に重量比が大きく、建設時の CO<sub>2</sub> 排出量に占める割合も大きいコンクリート基礎部のイニシャル CO<sub>2</sub> を減らすため、コンクリート種別の検討、基礎形式の検討を行った。その結果、製造時の排出 CO<sub>2</sub> の少ない高炉コンクリートを採用し、コンクリートヴォリュームの少ない布基礎形式を採用することとした。

その他、建具、ガラス、仕上材についてもイニシャル CO<sub>2</sub> 削減という観点から検討した。

以上の検討を基に、住宅全体の建設時 CO<sub>2</sub> 排出量に関して試算した結果を図 24 に示す。今回の LCCM 住宅デモンストレーション棟では、CO<sub>2</sub> 排出量が少ない木材を選択、またコンクリート量を削減しているが、太陽光発電パネルが必須なためその製造時 CO<sub>2</sub> 排出量や、断熱性を高めるための断熱材の増加、日射熱を利用するために増やした開口部に用いるガラスの増加などにより、一般的な仕様の住宅に比べて CO<sub>2</sub> 排出量が増加している。

共用期間を通じて改修や廃棄を見込んだ CO<sub>2</sub> 排出量の変化を

図 23 に示す。部位などに応じて改修の周期が異なるため共用期間に応じた線形の増加とはならず、50年や80年と言った時に大きく増加するような傾向がある。



図 23 共用期間とイニシャル CO<sub>2</sub> の関係

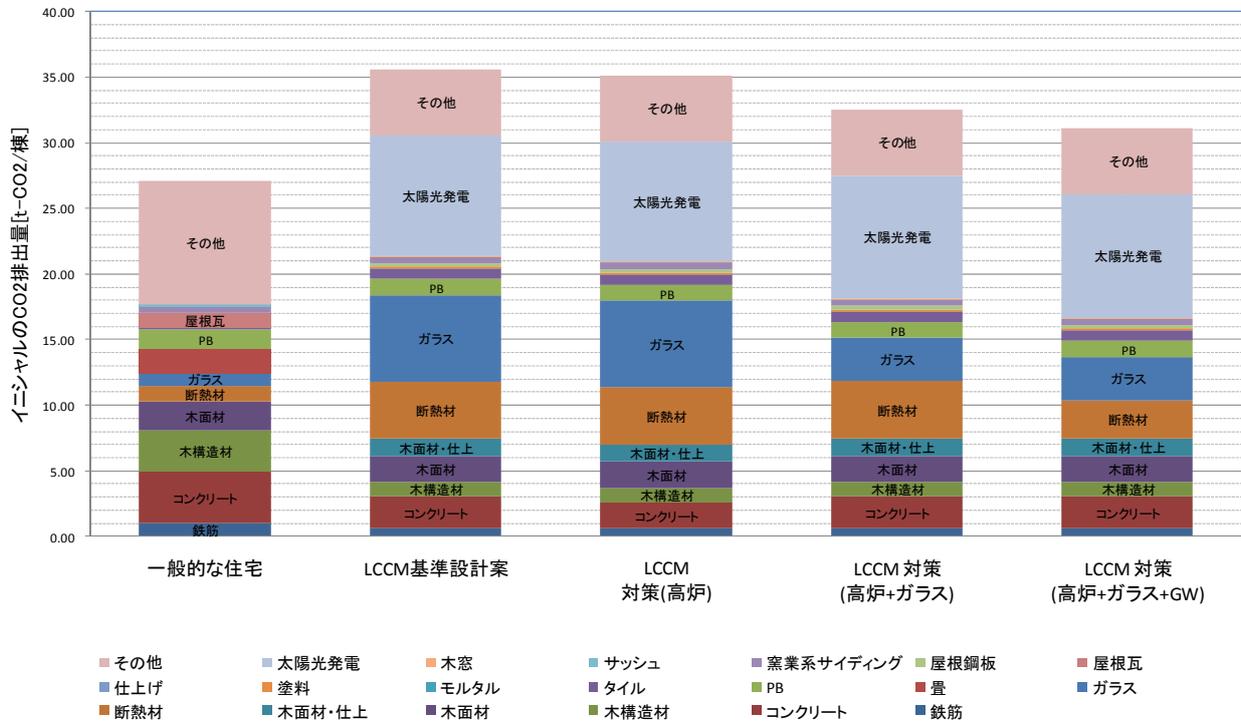


図 24 イニシャル CO<sub>2</sub> の低減対策とその効果

#### ④ LCCMの実現性に関する検討

イニシャルCO<sub>2</sub>と各設備などによる一次エネルギー消費量を元にLCCMの可能性について検討した(図25)。

今回のLCCM住宅デモンストレーション棟に関する場合、共用期間約30年でイニシャルCO<sub>2</sub>と運用時エネルギー消費量の合計を、太陽光発電による発電電力量が上回り、LCCMが達成されると算出された。さらに共用期間が延びると余剰分のエネルギーが増えるが、前に示したようにイニシャルCO<sub>2</sub>が線形では変化しないため、共用期間40年と50年を比較する場合に様に運用期間の短い方が余剰分のエネルギーが多くなる場合もある。

なお、電力のCO<sub>2</sub>排出量原単位による影響が大きいため、注意する必要がある。

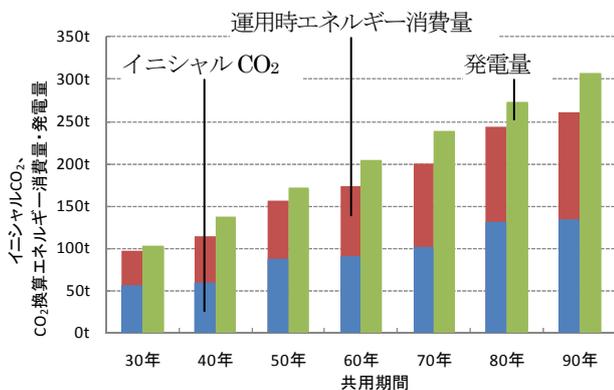


図 25 CO<sub>2</sub>排出量・発電量の推移

太陽熱エコキュート利用、  
全電源平均(0.418kg-CO<sub>2</sub>/kWh)とした場合

#### ⑤ 住宅の概要

##### 建築概要

- ・延床面積：143 m<sup>2</sup> (2階建て)
- ・工法：木造在来工法
- ・基礎：布基礎、高炉セメント
- ・軸組：国産材
- ・断熱：次世代省エネ基準(H11) II地域相当
- ・開口部：木製気密サッシ＋一部樹脂サッシ  
木製日射遮蔽ルーバー、  
断熱スクリーン
- ・ガラス：真空ガラス
- ・屋根：金属板葺き

- ・外壁：サイディング・金属パネル・木羽目板
- ・床：無垢板フローリング

##### 設備概要

- ・太陽光発電パネル：8kw
- ・ヒートポンプ式エアコン (2.2kw×2+2.8kw×1)
- ・太陽熱集熱器対応エコキュート
- ・家庭用燃料電池
- ・LED照明 (多灯分散)
- ・コンロ (IH+ガス)
- ・HEMS (HOME ENERGY MANAGEMENT SYSTEM)

#### V 将来の展望

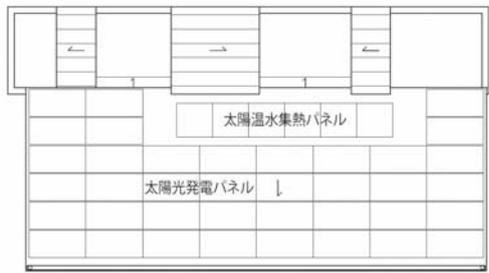
建設されたLCCM住宅デモンストレーション棟において、現場における廃棄物などの量を計測した結果も用いて、建設時のイニシャルCO<sub>2</sub>を正確に求めるとともに、竣工後に模擬居住実験を行い運用時エネルギー消費量について検証する。

また、これまででは、つくばに建設されたLCCM住宅デモンストレーション棟をターゲットとして進めてきたが、上記の検証結果も活用しながら、日本の様々な気候やライフスタイルに対応できるLCCM住宅評価ツールの作成を目指している。

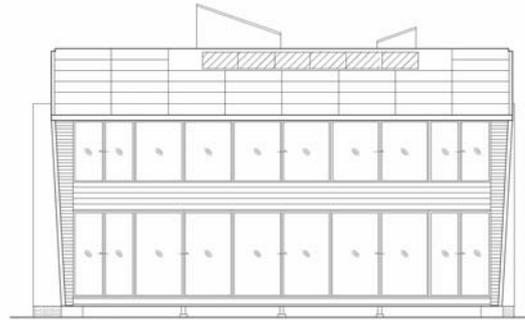
さらに、これらの成果は、普及促進を目指すLCCM住宅の認証に活用される予定である。

##### 参考資料

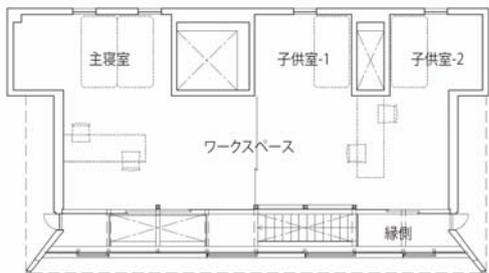
- \*1 IPCC 第4次評価報告書第3作業部会報告書
- \*2 国立環境研究所HPより
- \*3 台所用シングルレバー型水栓の節水・節湯化手法に関する実験研究 食器洗浄におけるレバー操作の使用意識調査、鈴木一聡 (関東学院大)・大塚雅之、日本建築学会大会梗概集2008年、D-1分冊、p.661など
- \*4 伊香賀俊治、LCCM住宅の開発と認証 第1回シンポジウム資料、ライフサイクルにおけるCO<sub>2</sub>排出の考え方、平成22年7月7日
- \*5 小泉雅生、LCCM住宅の開発と認証 第1回シンポジウム資料、LCCMモデル住宅の設計と仕様、平成22年7月7日
- \*6 清家剛、LCCM住宅の開発と認証 第1回シンポジウム資料、建築構成部材の省CO<sub>2</sub>対策、平成22年7月7日



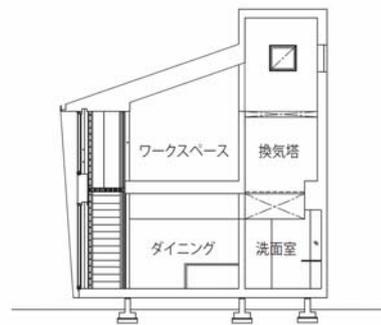
屋根伏図



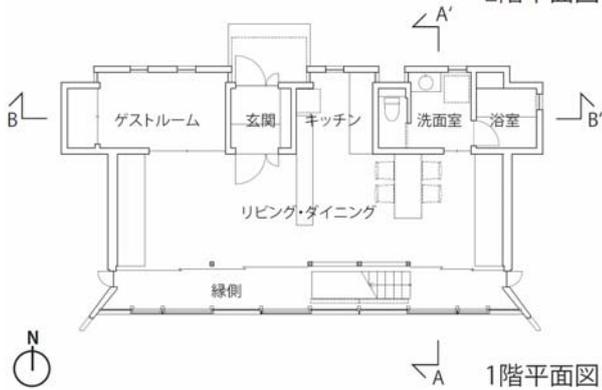
南側立面図



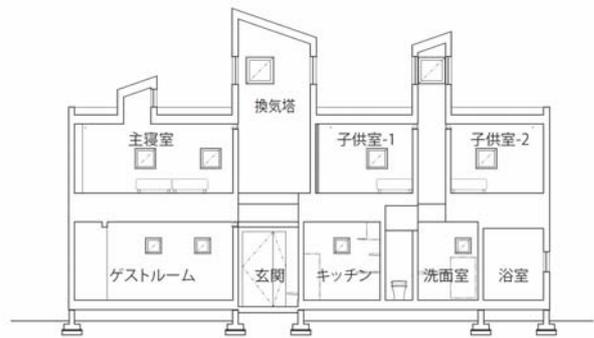
2階平面図



A-A'断面図



1階平面図



B-B'断面図

図 26 LCCM 住宅デモンストレーション棟の概要



図 27 LCCM 住宅デモンストレーション棟の概要