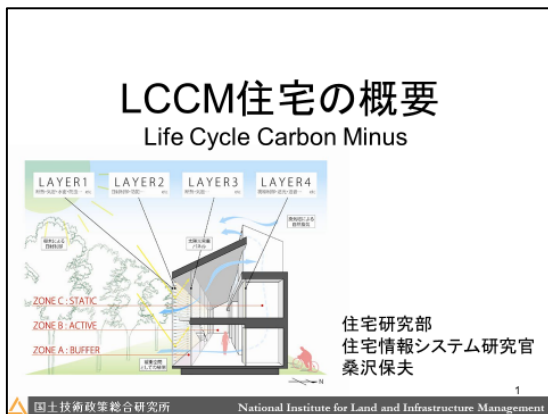


3.9 LCCM住宅の概要

(住宅研究部 住宅情報システム研究官 桑沢 保夫)

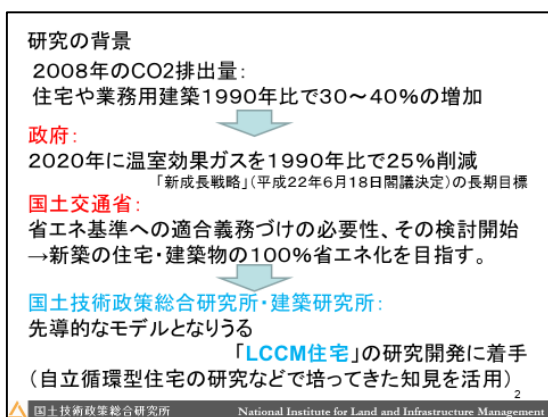


ただいまご紹介いただきました住宅研究部の桑沢と申します。

私からは、こちらにありますように、LCCM住宅の概要ということでお話をさせていただきたいと思います。

LCCということであれば、ライフ・サイクル・コストということで、昔から使われていると思います。これに対しまして、建築の分野ではLCCO₂という言葉も少し前から使われております。

こちらにありますLCCMといえますのは、さらにそれにMがつきまして、こちらに略称のもとが書いてありますけれども、ライフ・サイクル・カーボンマイナス、このような概念でつくられた住宅ということで、こちらについてご紹介をさせていただきたいと思います。



もともとの研究の背景ということですが、こちらの研究を始めるに当たりまして、2008年ごろになりますが、CO₂排出量が日本全国でみたときに、住宅や業務用建築で見ますと、1990年と比べてみまして30~40%増加していました。

これに対応しまして、政府といたしましては、新成長戦略という中で、2020年に温室効果ガスを1990年比で25%削減するというを示しました。国交省としてもこれに対応いたしまして、省

エネ基準がありましたが、このときにはまだ義務にはなっていませんでした。これをさらに義務づけする必要があるだろうということで、その検討を開始したということでして、将来的には全ての新築の住宅建築物、省エネ化を義務づけましょうという内容でした。

このような内容に対しまして、国総研、建築研究所と共同研究を行い、このような将来に向けて先導的なモデルとなるように、LCCM住宅の研究開発に着手しました。

パリ協定における日本の約束

1. 温室効果ガス排出量の削減

(1) エネルギー起源二酸化炭素

我が国の温室効果ガス排出量の9割を占めるエネルギー起源二酸化炭素の排出量については、2013年度比▲25.0% (2005年度比▲24.0%)の水準(約9億2,700万t-CO₂)であり、各部門における2030年度の排出量の目安は、表1のとおりである。

表1 エネルギー起源二酸化炭素の各部門の排出量の目安

	2030年度の各部門の排出量の目安	2013年度実績	削減率
エネルギー起源CO ₂	927	1,235	25%
産業部門	401	429	6.5%
業務その他部門	168	279	40%
家庭部門	122	201	39%
運輸部門	163	225	28%
エネルギー転換部門	73	101	28%

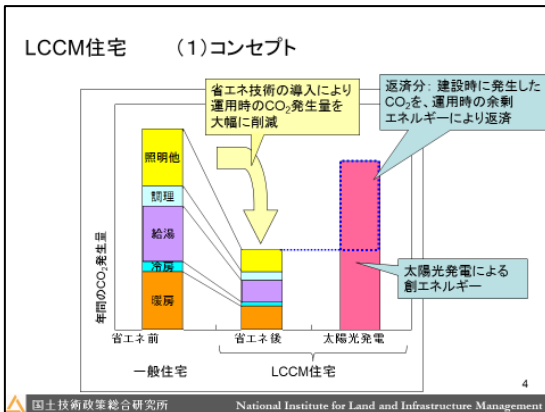
[単位:百万t-CO₂]

3

国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

待されているということがここでも示されています。

これは最近の状況になりますけれども、つい昨年ではパリ協定ができてまいりました。この中では、2013年に比ばまして25%のCO₂排出量を日本全国で減らしましょうということになっています。その中でみてみますと、表の赤字のところにありますけれども、業務その他部門、家庭部門がそれぞれ大体40%の削減を目指すということでして、全体の25%に比べると随分大きな値が表示されている、つまり、削減が非常に大きく期待



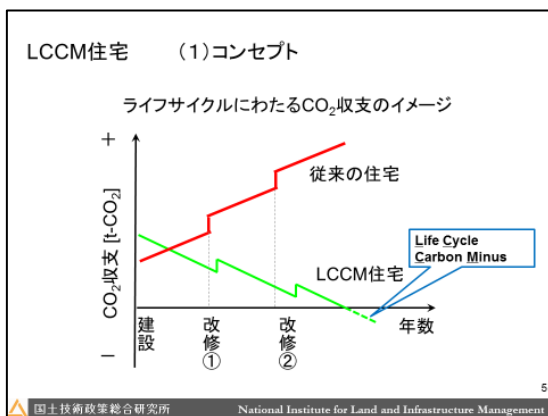
しまして、いろいろな省エネの工夫を積み重ねていくことで、半分ぐらい、これぐらいはそんなに無理なく削減できそうだということがあります(中央の棒グラフ)。

これに対しまして、太陽光発電をできるだけ大きく積みます。右のほうの2つの棒グラフがLCCM住宅となります。ここで比べてみますと、省エネ後に使うはずのエネルギー消費量、CO₂発生量に比ばまして、太陽光発電で発生するエネルギー量が大きく上回るようにすることができます。これを右上に書いてありますように、ライフサイクルで考えるということは、つまり建設時のことを考えなければいけませんので、建設時に発生するCO₂を運用時の余剰エネルギーで返済することを考えます。返済といっても、どのように返済をするかということになるわけですが、具体的には余ったエネルギー、電力になるわけですが、この電力をこの住宅で使わない、つまりそのほかの住宅や建物で使ってもらうことになります。

これはどのようなことを意味するかといいますと、電力会社が発電所でその分の電力を発生する必要がない。つまり、電力を発生するためのエネルギーを使わない、CO₂が発生しないということになりますので、この分はマイナスでカウントできないだろうかということ考えたわけです。つまり、そのマイナス分によりまして、建設時のCO₂を返済していこうという考え方になります。

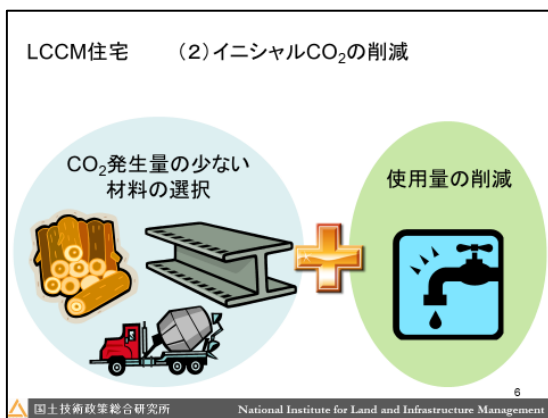
さて、このLCCM住宅、具体的にどのようなコンセプトでできているのかというのを少しご説明させていただきます。

まず初めに、省エネをする前、普通の住宅がこれぐらい年間でCO₂を発生しているだろうという模式図になっております(左の棒グラフ)。暖房や給湯が大きな値になります。地域によって変わってきますけれども、これは、東京付近としてのプロポーションになっております。これに



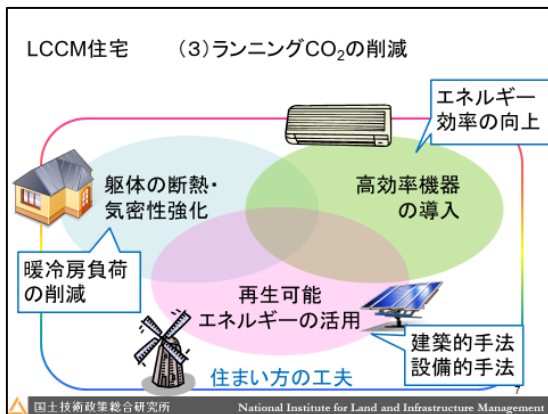
こちらは、横軸を年数ということで時間軸にしたときに、ライフサイクルのCO₂発生量がどうなっていくかということを描いた図になっています。赤い線が従来の住宅です。建設するときにそれなりのCO₂が発生してしまいます。それから、使えば使うほど住宅中でエネルギーを使いますので、右上がりにどんどんCO₂発生量がふえていきます。改修が必要になってきますので、そのときにもCO₂が発生してしまいます。

こうやってどんどん右上がりでも上がっていくわけですが、一方、今回のLCCM住宅を考えてみますと、つくるときにはいろいろ工夫する必要があるが、若干CO₂発生量がふえる傾向があります。しかし、その後、使えば使うほど、先ほど右上がりだった線が右下がりでもどんどん減っていくということになります。改修の時期を少しずらして発生量を抑えることができます。それから、改修に必要なCO₂を工夫して減らすことができる。このようなことを積み重ねていくと、一番右端にありますように、点線になって、CO₂収支としてはマイナス、つまりライフサイクルのCO₂収支をマイナスにすることができるということになります。このようなコンセプトに基づいて、LCCM住宅を研究してまいりました。



では、具体的にLCCM住宅を達成していく上でどのようなことをやっていくか。まず、イニシャルCO₂の削減ということを考えました。これは、つくるときCO₂、どうしてもふえてしまうということはありませんけれども、そのふえてしまう中でもなるべくCO₂発生量の少ない材料を選択してあげる、さらに使う量も減らしてあげる、こういったことを組み合わせてあげれば、できるだけCO₂発生量、イニシャルで減らすこと

ができるだろうということになります。



次に、ランニングCO₂削減ということになります。これは、実際に住宅を使っているとき、人が住んでいるときにどれくらいCO₂が発生するか、これをどのように削減していくかということになります。

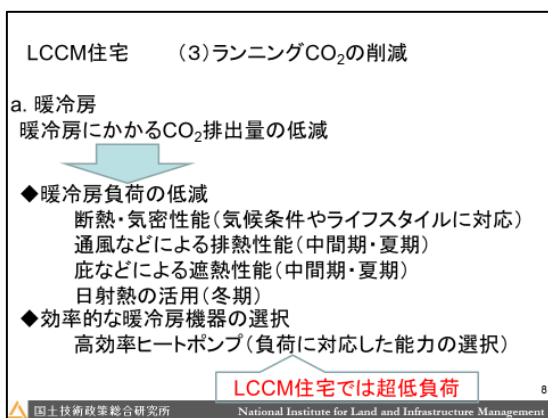
通常、大きくは3つの項目を挙げて説明されることが多いです。1つ目は、躯体の断熱、気密性強化ということでありまして、こちらは主に暖冷房の負荷を削減します。負荷というのは、暖房や

冷房をするときに必要なエネルギーを意味します。

続きまして、右上に高効率機器の導入と書いてあります。これは、エネルギー効率の向上と書いてありますけれども、暖冷房、もしくは照明など、いろいろな用途があるわけですが、その用途に対して同じエネルギーを使っても得られる効果が変わってくる場合があります。この場合に、なるべく効果の高いもの、効率の高いものを使うということで、消費エネルギーを減らすことが可能になってきます。

そして、3番目に再生可能エネルギーの活用ということになります。再生可能エネルギーですから、基本的にCO₂は発生しません。ここに風車の絵と太陽光発電パネルの絵が描いてありますけれども、どちらもこれを使うときにはCO₂は発生しません。それぞれのデバイスをつくるときにはCO₂が発生しますが、使っている間にCO₂は発生しないということになります。このようなものをなるべく活用しようということになります。方法としては、ここに書いてありますけれども、建築的な手法や設備的な手法が考えられます。再生可能エネルギーといっても、ここに書いてあるように、電力を発電するだけではなくて、例えば通風をとるといったものもありますので、そういったものは建築的手法ということができると思います。

さらに、これとは別に、実は中で住んでいる人の使い方が大きな影響を与えます。ですから、これも少し工夫することでランニングCO₂を減らすことができるだろうということになります。

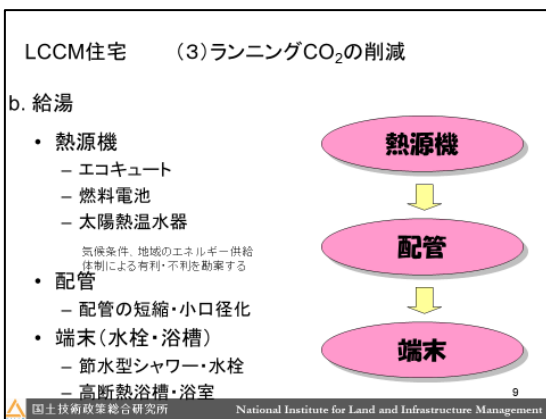


さらに、ランニングCO₂につきまして細かく考えてみますと、まず暖冷房に係るCO₂削減、排出量を減らすにはどうしたらいいかということを考えてみます。まず暖冷房のために必要なエネルギーを減らすということで、そのために断熱や気密性能をよくしてあげるということをして、これを基本的に上げるということで、暖房や冷房の負荷を減らすことができます。そのほか、先ほど出てきました通風をとる話。もしくは、ひさし

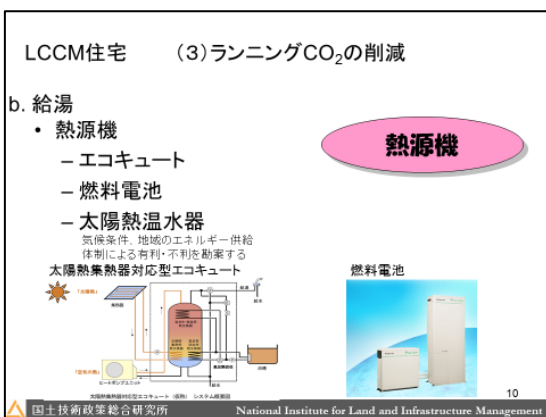
をうまく使ってあげることで、余計な日差しが入ってこないで冷房負荷を減らすことができる。さらには、冷房とは逆に日射熱をどんどん取り入れて、暖房のエネルギーを減らすことが考えられるわけです。

さらにもう1つ、高効率の機器を使うという方法もあります。こちらは基本的にはヒートポンプ（エアコン）を使うのが大変効率が高いです。これをうまく使ってあげる。ただのヒートポンプではなくて、高効率のタイプです。さらに括弧内に書いてありますけれども、負荷に対応した能力の選択と書いてあります。これもヒートポンプを使う上では非常に重要な選択の基準となります。

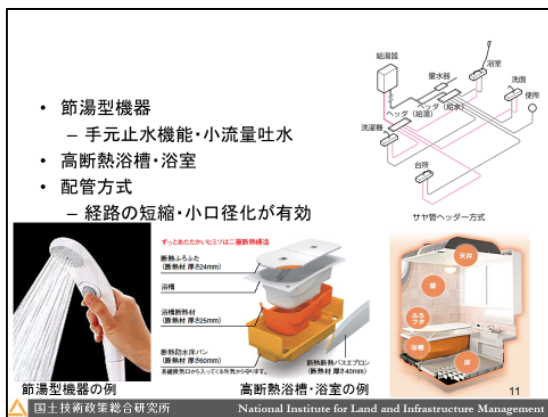
特にLCCM住宅で超低負荷と書いてありますけれども、負荷に応じた能力のヒートポンプを使えば、当然能力を発揮することができます。暖房や冷房をするときの効率、COPと呼んでいますが、これは随分変わってしまいますので、なるべくCOPの高いところを使うことができるように注意する必要があるということです。



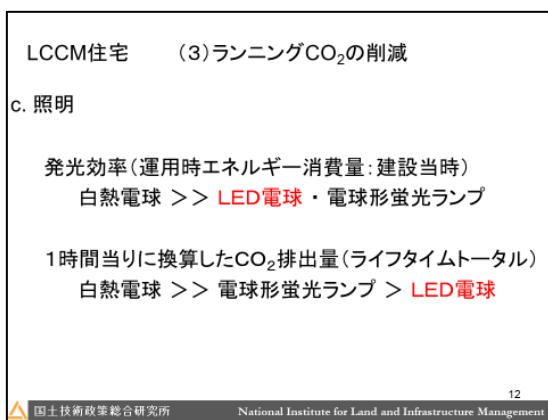
続きまして、給湯です。給湯も比較的大きなエネルギー消費を要しております。給湯に関しては、ここにありますように熱源があって、それを配管でお湯を運んで、さらに端末で使うということになりますので、それぞれに対していろいろな省エネ手法があります。



熱源機に関しましては、こちらにありますようなエコキュートがあります。これもヒートポンプを使ってお湯を沸かすタイプで電力を使うタイプ。それから、最近出てまいりました燃料電池、さらに太陽熱温水器といったものを組み合わせたりして使うことで、エネルギー効率を大変上げることができます。



こちらは、配管とか端末部材ということですが、なるべく細い配管を使う。ヘッダーを使うということ、お湯の使用量を減らすことができるといわれていますし、そのほか手元の水栓でもいろいろな削減手法があります。



続きまして、もう1つ照明についてもご紹介しますが、LCCM住宅の検討を開始した当時ですと、この上の式にありますように、白熱電球に比べてLEDや電球形蛍光ランプのほうが圧倒的に消費エネルギーが少ないということでした。ただし、これは建設当時のことで、現状では蛍光ランプよりもLEDが高効率化しています。

もう1つ考えなければならないのは、1時間当りに換算したCO2の排出量。ライフタイムでどうなっているかということです。こちらで考えてみますと、蛍光ランプに比べてLEDのほうが圧倒的に寿命が長いということがありますので、この2つを並べてみたときに、建設当時、デモ住宅をこれからご紹介しますが、そのときにもLEDを選択したということになっております。

もう1つ考えなければならないのは、1時間当りに換算したCO2の排出量。ライフタイムで



ここから、今申し上げた概念によって、実際にLCCがどのようにでき上がるかということを確認するために行った住宅のデモンストレーションについてご紹介させていただきたいと思います。

建物は、つくばにあります共同研究開発先の建築研究所の敷地の中に建てられたものでして、4人家族が住めるということを想定した住宅になっております。

LCCM住宅デモンストレーション棟

建築概要

- ・延床面積 : 143㎡(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

14
国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

LCCM住宅デモンストレーション棟

設備概要

- ・太陽光発電パネル: 約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)

15
国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

詳細はこちらに書いてあるような内容になっておりまして、太陽光発電パネルは約8キロワットということで、通常、3キロから4キロぐらいの発電パネルを積んでいるところが多いわけですが、それに比べるとかなり大きな発電パネルを積んでいたということでもあります。

最近では、かなり大きな発電パネルを積んでいる住宅も普通に出ていますので、当時は非常に大きなものだったのですが、最近では特別大きいとい

うことではないかもしれません。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要

通風に活用する換気塔

太陽熱温水パネル6m²

太陽光発電パネル約8kW

風、光を取込む袖壁

太陽熱を取り入れる大開口

ヴォリュームを抑えた基礎

16
国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

こちらは正面からみた写真になっておりまして、真南を向いた住宅になっております。窓が大変大きくあいております。これがこの建物の1つの特徴です。これは、太陽熱を取り入れる大開口と書いてありますけれども、冬場にここから日差しを取り入れることで、暖房のエネルギー使用量を減らそうということを想定しております。

次に、後ろに塔が2つ建っております。この塔は、通風に活用する換気塔と呼んでおりまして、

住宅内の空気の流通をとるためには、上部方向に高さの差があったほうが有効に活用できますので、それを稼ぐためにこのような換気塔をつくったということです。

右下にボリュームを抑えた基礎と書いてあります。これは、イニシャルのCO₂発生量を減らすということを目的にしまして、通常、住宅ですと基礎にコンクリートを使うわけですが、コンクリートというのはCO₂発生量が大変多いものですから、これを少しでも減らそうということの一環としてこのようなことを行いました。

そして、左のほうにも太陽光発電パネル8キロワットと出てまいりましたが、これは先ほどご紹介したものです。

それとあわせて、屋根の一番奥の真ん中には、太陽熱温水パネルも用意してあります。これももとは太陽の熱ですから、再生可能エネルギーを活用しようということの一環になっております。そして、両サイドには光や風を取り込む袖壁というのを用意しまして、これを活用して、風や光が入ってきやすいような住宅内にしてあるということです。



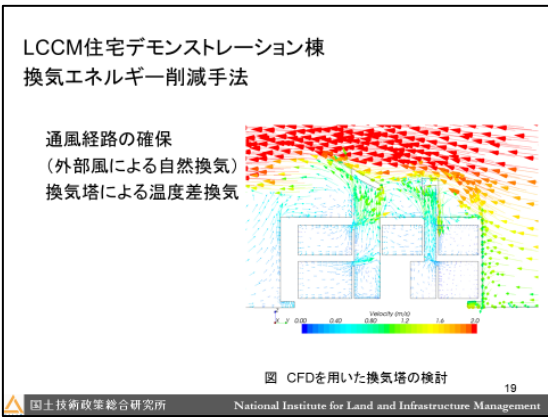
これは、後ろからみた風景ということでして、中央に換気塔が2つ建っているのがよくわかると思います。



こちらは、給湯に関しましてですけれども、東京付近の温暖地域で通常の住宅の中で使われるエネルギーとして一番多いといわれておりますので、これは非常に気にしていたところで、給湯器を2つ用意しました。1つは、太陽熱利用型エコキュートと呼ばれている左側のものでして、普通のエコキュートではなくて、屋根に乗っていた太陽熱温水パネルの熱も同時に使えるという少し変わったタイプの給湯器ということになります。

す。

右側にありますのが燃料電池でして、当時、最新型のものを入れたということでして、これもエネルギー消費削減には非常に効果が期待できるというものです。LCCM住宅には2つとも必要というわけではなくて、電気のタイプ、ガスのタイプ、最も効率のよさそうなものを入れて、それぞれの効率を確認するという作業を行いました。



ということを期待しております。

通風に関しましては、このようなコンピュータによるシミュレーションを行いました。通風が欲しくなるような夏の前、もしくは夏の後ぐらいのシーズンには、比較的東西方向の風が多く吹くということがわかっていましたので、それを想定したシミュレーションを行いますと、通風塔の真ん中に圧力が下がる領域ができるということがわかってまいりましたので、これを活用することで、換気のためのエネルギーも削減できるだろう



うな形になっていますが、右側の夏モードのときには、白いルーバーを全面に出してしまっ、日射が下に入ってくるににくいようにするという工夫をしているわけです。

もう1つ、この建物をつくる上で、衣替えする住宅といったことを1つのコンセプトに挙げました。普通、人は暑い時期と寒い時期で着るものを厚くしたり薄くしたりして、それぞれの暑さ、寒さに対応するわけですが、住宅自体が同じようなシステムができないかということで、このように夏と冬で少し使い方が違うことを想定いたしました。みていただきますと、左側のほうは窓から日が十分入ってくるよ



にしまして、日射熱が入ってくるににくいということです。

具体的の中からみますと、このような状態になっていて、これは夏モードと呼んでいます。外側に白いルーバーが横に走っているのがみえると思います。ルーバーの外側に窓があるわけですが、これを開放します。そのかわりに、開放したところのすぐのところはいわゆる縁側空間になっていて、さらにその内側にもう1つスクリーンがありますので、これを閉めてしまいます。スクリーンの内側だけが冷房空間ということ

これはたまたま撮った写真が真夏の時期ではなくて、太陽光度の低い時期だったので、床の上に太陽光が入ってきているようにみえますけれども、夏に撮ってあげれば、この中に入ってくる日の部分が影になってしまいまして、完全に遮ることができるというものになっております。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



冬モード(集熱時)

国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management 22

一方、冬するときにはどうするかということですが、先ほど引き出していた白いルーバーを全部中央にしまっけてしまひまして、日射が十分中に入ってくるようにする。そして、内側のスクリーンをあけてしまひまして、部屋全体を日射熱で温めることができるというシステムです。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



冬モード(暖房時)

国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management 23

ただし、日が沈んでしまうとそのようなわけにはいきませんので、そのときには先ほどの夏にも使っていた内側のスクリーンを閉めてしまひまして、暖房する空間を少しでも小さくするという工夫をしています。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



冬モード(暖房時)

国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management 24

また、日が沈んでしまひますと、窓面というのは壁に比べると断熱性が非常に低いです。つまり、熱は逃げやすいです。日射は入ってくるからいいのですが、中の熱が外に逃げやすいということになりますので、それを少しでも防ごうということで、右側の写真にありますようなスクリーンをおろしてあげます。空気層が間にあるようなハニカム・サーモスクリーンというタイプで、これを使うことで断熱性も多少は確保してあ

げることができるということになっております。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



通風モード時

25

国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

さらに、先ほど出てまいりました通風も活用するシーズンもあります。そのときには、このようにルーバーを出してあげるわけです。廊下の奥に黒い部分があると思います。これは、実は床下からの風を取り入れる口になっております。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



通常時

通風モード時

26

国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

それがこの次の写真になりまして、通常は閉めているわけですが、開放することができますので、床下を通ってきた冷たい風をここから部屋の中に取り入れることができます。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



換気塔(玄関上部)

27

国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

さらに、入ってきた風は、先ほどご紹介した通風塔、屋根の上にあるわけですが、ここから上に行くことができます。ちなみに、右の写真では半分ぐらいのところまで閉めてあるのですが、実際には全部開閉できるようになっておりまして風が通るときにあげておけばいいのですが、暖房や冷房をするときには、せっかく温めた空気が浮いてしまう、もしくは冷房のときにはせっかく冷ました空気が下におりてきてしまうという無駄な動きがありますので、それをスクリーンを閉めることで止めることもできます。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

こちらは、照明に関する内容でして、壁が明るいと比較的明るさを感じやすいということがありますので、LED照明を使って、そのような効果を期待してこのような照明になっています。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

これは、2階。

LCCM住宅デモンストレーション棟の概要



国土技術政策総合研究所 National Institute for Land and Infrastructure Management

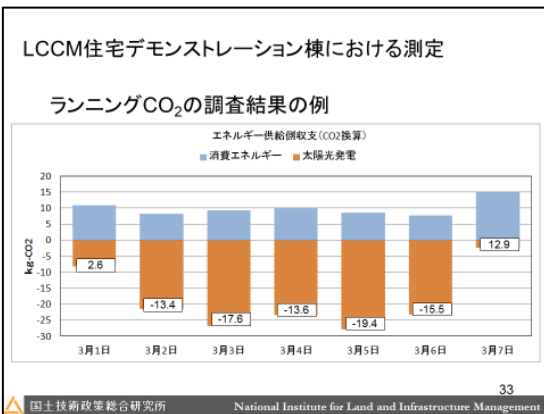
これは、外からみるとこのような状況になっています。



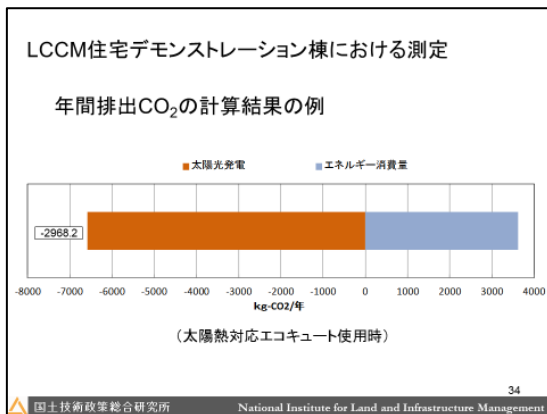
以上のようなことで、実際にCO₂発生量がどうなっているかを確認した作業がこちらからの写真になりまして、これは建設時にどのぐらいCO₂が発生したかということです。廃材も出てきますので、廃材などもちゃんと重量計を使ってはかることで、どれくらいCO₂が発生しているかを正確に確認しました。



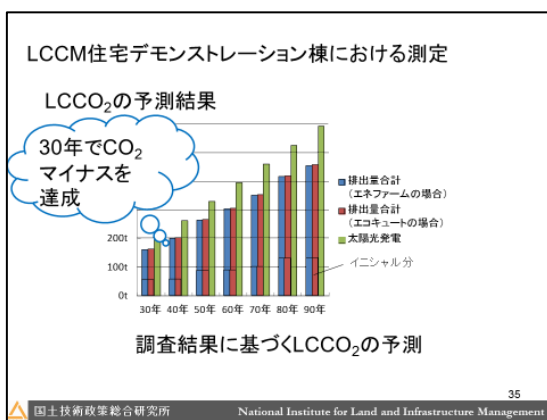
そして、ランニングに関しましては、学生さんに夏の時期、冬の時期、中間期ということで、しばらく中に滞在してもらって、実際に生活スケジュールを再現することで、どれくらいCO₂が発生するかを確認いたしました。



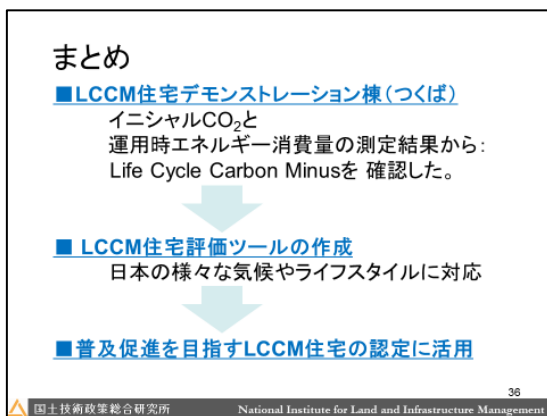
こちらは、ランニングのときの結果ということです。これは3月の結果ですけれども、下が太陽光による発電量で、上が実際使ったエネルギー量ということになります。この辺 (3/1~3/6) は大変天気がよかったので、発電量が多いですけれども、こちら (3/7) は天気が悪い日でしたので、発電量が少ないです。さらに寒い日でしたので、暖房のためのエネルギー消費をたくさん使っていて、こんな形となっています。当然、日によって多かったり少なかったりするわけですが、トータルで見れば橙色の部分の部分が全体的に多いです。



年間展開しますとこのような形になりまして、使ったエネルギーに対して、太陽光で発電した量が大体倍近くあったということが確認できました。



これを総計いたしまして、将来的にどうなるかということ積み上げたものがこちらになっています。緑の棒が太陽光発電で発電した総量ということになりまして、赤の棒と青の棒が実際使ったエネルギーということですが、実は30年で既に緑のほうが大きくなっていますので、30年以降使えば、LCCMのマイナス分を大きくすることができるとことが確認できたわけです。



最後にまとめになりますけれども、こちらにありますように、LCCM住宅という概念を考えまして、デモンストレーションをつくばでつくって、実際にライフ・サイクル・カーボン・マイナスが可能であるということを確認したというのが1つ目。

こちらで確認した内容、計算方法といったものをLCCM住宅の評価ツールの作成ということにもつなげまして、今回、つくばの気候ということ

になりましたが、そのほかの気候でも対応できるようなものをつくりました。

さらに、できました評価ツールを用いまして、LCCM住宅の認定ということにも活用されるという状況になっております。



以上で私からの発表は終わりにさせていただきたいと思います。

—了—