

morinos 建築秘話 21-30

3Dモデルで情報共有しよう(morinos 建築秘話 21).....	- 1 -
熱貫流率 U 値と室内表面温度－焚き火の暖かさの秘密 (morinos 建築秘話 22).....	- 5 -
白い薄化粧の丸太と無塗装の外壁(morinos 建築秘話 23)	- 8 -
太陽の熱で冬はポカポカ、夏はガード(morinos 建築秘話 24).....	- 11 -
二層構造の屋根や壁 ～防露・防雨設計～(morinos 建築秘 話 25).....	- 14 -
外と内をつなぐ「建具」のデザイン(morinos 建築秘話 26)	- 18 -
日射熱は屋根からもやってくる(morinos 建築秘話 27)....	- 21 -
断熱と日射熱制御を考慮した温熱性能(morinos 建築秘話 28).....	- 23 -
薪ストーブとエアコンの空調設備計画(morinos 建築秘話 29).....	- 27 -
あたらしい働き方を morinos から(morinos 建築秘話 30).....	- 31 -

2020年03月26日(木)

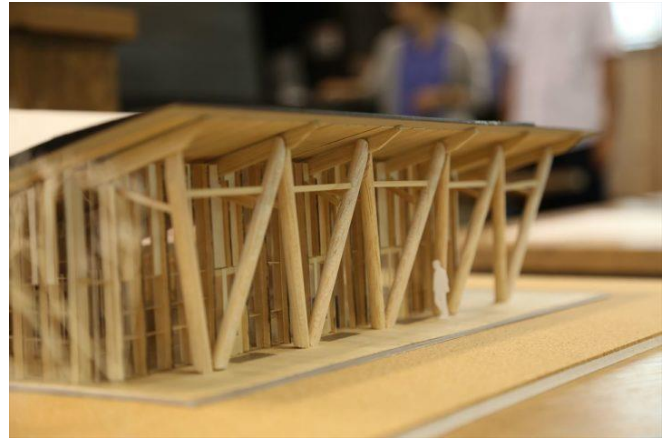
3D モデルで情報共有しよう(morinos 建築秘話 21)

morinos 設計には、多くの人が関わっています。ドイツに森林環境教育施設の取材に行き、学内外から様々な意見を聞き、条件をまとめて設計がスタートしましたが、設計中は、下記にあげる方々との情報共有が必要不可欠でした。

- ・morinos の意匠原案を担当した、隈研吾特別招聘教授
- ・森林文化アカデミー涌井学長
- ・隈研吾事務所スタッフの morinos 担当で非常勤講師の長井先生
- ・運営ディレクターのナバさん
- ・morinos を実際に運用する森林総合教育課
- ・実施設計を担当した県内設計事務所

……6箇所……。普段、僕の慣れ親しんだ住宅設計業務は、クライアントと設計者というシンプルな情報共有の構図なのですが、今回はとても複雑です。しかも、実際に図面を揃えるのは入札で決まった県内の設計事務所。……これは、かなりきちんと情報が共有されていないと、誤解や間違いが起きます。morinos の設計は、全体を通してこの情報共有が大きな仕事の1つでした。

このために我々が使ったのは「3D モデリングソフト SketchUp」と「1:50 模型」です。



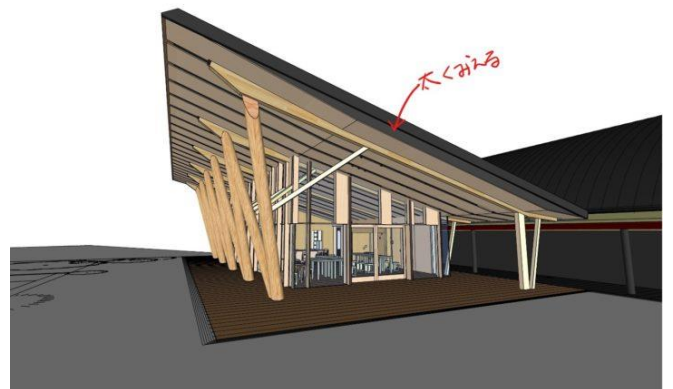
基本設計段階で、17期生の坂田くんが模型を、大上さんが SketchUp で 3D モデルを作成し、学内外にプレゼンを行いました。図面だけの解説だと専門的すぎるので、立体にした方が伝わります。色や光の具合も表現できますから。基本設計講評会では隈研吾先生や涌井学長、ナバさん、ドイツロツテンブルク林業大学のデデリッヒをはじめ、会場全体にわかりやすく共有できたと思います。

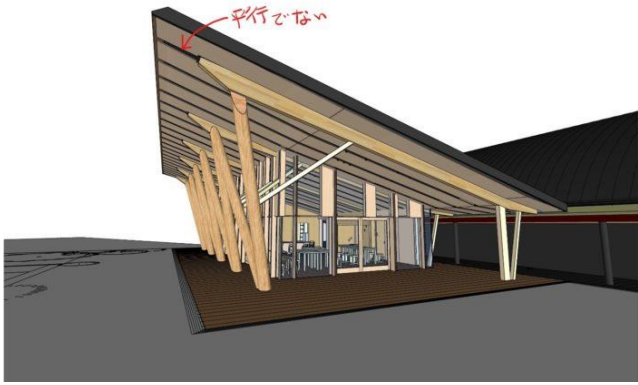
そして始まった実施設計。ミリ単位の細かな納まりの検討が始まり、ディティールのデザインも出てきます。この時 3D モデルが大活躍しました。

実施設計図を担当した三宅設計へのイメージ伝達はもちろんですが、隈研吾事務所とのデザイン検討のやりとりは、形状を数パターン作って相談することが多く、図面メモの他に SketchUp の表現力で迅速な共有ができました。

また、ランダム格子の例にあるように、意匠そのものを検討する際にも活躍しました。いくつか検討事例を見てみましょう。

■屋根ケラバ天井板の見え方





わかりますでしょうか？

morinos の天井板は、断熱材の厚み分を先端に行くにつれて絞っていく形状のため、二回折っているのですが、そのまま建物の端までくると分厚さが表現されてしまいます。「太くみえる」とコメントがありますよね。(1 枚目)

ここは外部で断熱材が入っていないので、薄くすることができますが、そうすると先端部分が並行にならない。(2 枚目)

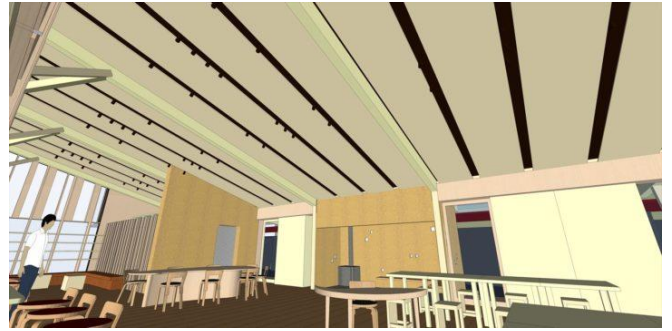
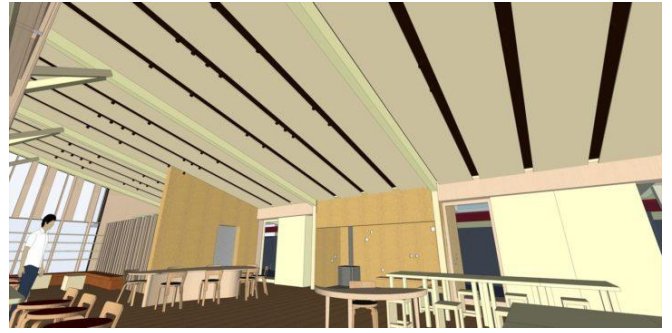
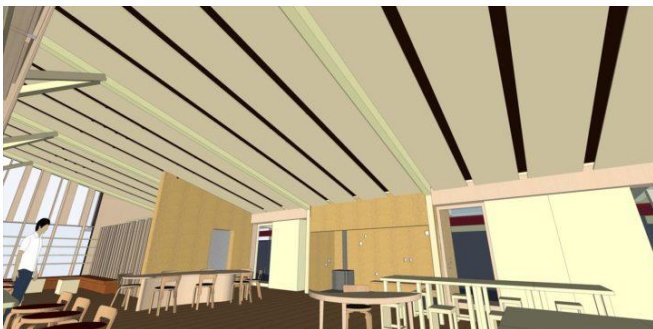
折る場所を変えて、先端の勾配も揃えるという案も出しました。(3 枚目)

悩ましいところです。

最終的には折る場所は揃えて、並行でない納まり、つまり画像 2 枚目に落ち着きました。

これを図面や言葉で表現するのは……すごく大変です。3D なら一目でわかり、視点も変えて印象を見れます。素晴らしい！

■ 登り梁の見え掛りと照明器具の納まり



今度は何を検討しているかわかるでしょうか？なんだか照明器具が見え隠れしているが……。

これ「登り梁の見え方」検討しています。天井板を張る高さによって、見え方が違います。照明器具の寸法も正確に入れ、ここは熟考しました……。

morinos の集成材登り梁、ここは大きすぎず、小さすぎず、スリットから絶妙な見え方にする事で、力の流れの見える安心感と軽快さの両立を目指しています。

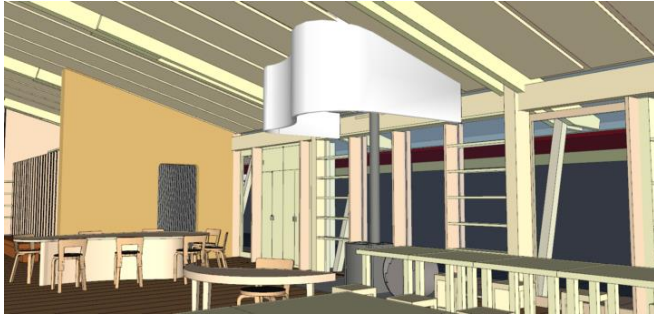
三枚の画像のどれがちょうどいいでしょうか？隈研吾事務所の長井先生にもこの三枚を送り、意見をお聞きしながら決めました。

どれに決定したかは……morinos に見に来てくださいね。

■ 土の洞窟

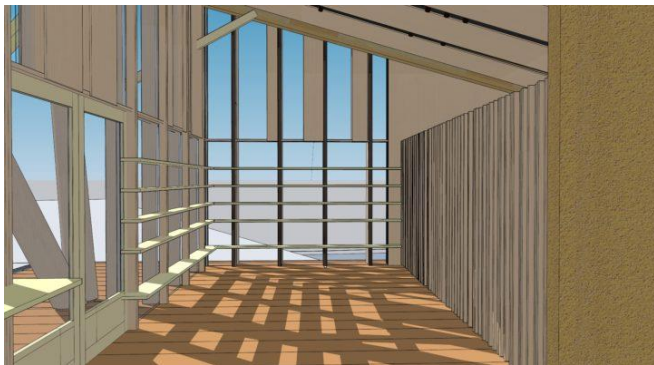


土の洞窟は、垂れ壁の長さや、ベンチの厚みが大きく印象を左右するので 3D で検討しました。特に、ストーブ位置と垂れ壁の検討には大活躍。



ボツ案には上記のような漆喰の垂れ壁もあったのです。白い壁が目立ちすぎることや、天井の勾配に垂れ壁を取り付けると重すぎる、とってつけたような印象になるので、最終的に土の洞窟に。この辺りの話も記事にまとめてあります。洞窟をつくることで、全体がメリハリある空間になりました。

■日射の入り方



3月10日15:00のmorinosです。ほぼ日照シミュレーション通りに直射日光が入っています。(ちょっと見えにくいけど3Dの格子にも光があたっています。) 昼光利用の話にもありましたが、昼間は照明が不要です。

また、冬はできるだけ日射を取り込み、夏は遮るのが温熱計画の基本。morinosの8月1日のシミュレーションでは、下の画像のように、少し西日が入ります。この後の連載で温熱計画の話にも出て来ますが、morinosは室内空間を均一な温度環境にはしていません。エアコンに効き方やドアの開くタイミングで、場所ごとに体感が変わります。ですので、季節ごと場所ごとの居場所探しも楽しめると思います。この時期はカウンターがいいなとか、夜はここがいいとか……。真夏の西側は、植栽などで工夫して日射を遮ってもいいかもしれません。



どうですか？3Dモデル、わかりやすいでしょう。かなり正確に描いてるの、わかってもらえたでしょうか(笑)。

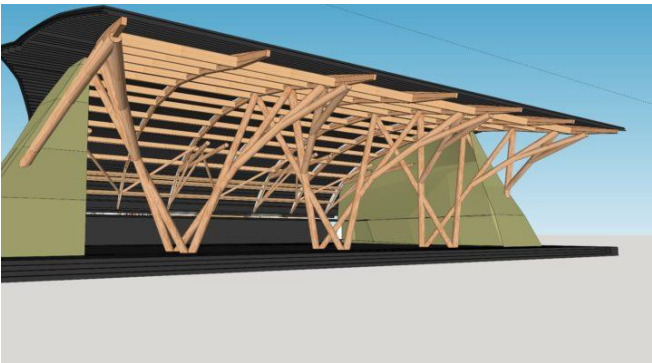
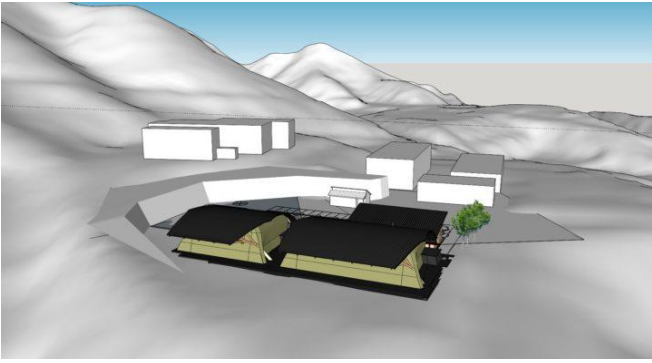
建築専門家同士で、簡単な設計なら、電話の会話だけで図面なしの意思疎通ができることもあるのですが、同時に多人数に専門でない人にも正確な情報共有をする時には、3Dモデルは本当に便利です。今後、設計者は2Dと3Dが両方できると、様々な点でいいですね。特に、都会の狭小敷地に設計する時は、隣家が日射をどのくらい遮るのが正確にシミュレーションできますよ。

アカデミーでも学生さんから熱望されて「SketchUp講座」を特別開講し、操作の実習を行いました。受講した学生のみなさん、卒業する頃にはSketchUpマスターになってますよね？

木造建築教員:松井匠

morinos マニアック

内部からの眺めや、バックヤードの雰囲気を検討したいので、周辺施設や地形も描いています。……実は「森の情報センター」の立体樹上トラスを描くのが最も難易度が高かったのですが、あまり検討には使いませんでした。



2020年03月27日(金)

熱貫流率 U 値と室内表面温度－焚き火の暖かさ

の秘密(morinos 建築秘話 22)

温熱性能について考えるには、断熱、日射制御、気密、防露の4つをバランスよく考えないといけません。その中でも、最も基本的な性能が断熱性能です。

素材については、建築秘話 20 で断熱材の選定の話しましたが、今回はその厚みも考慮した「断熱性能の話(その1)」です。

いくら高性能で良い断熱材を使っても薄ければ効果は限定的です。

morinos では、どれくらいの断熱厚みで、どれくらいの性能があるのか、順番に見ていきます。

内容は専門的ですので、少し覚悟して読み進めてください。



屋根に、二重に吹き込まれたセルロースファイバー

まずは屋根ですが、CLT36mm の屋根構面をはさんで上下に合計 240mm(室外側 90mm、室内側 150mm)もセルロースがパンパンに吹き込まれています。

結構分厚いですね。このまま見せると、屋根が重たく見えるため、この厚みをどう感じないようにするかは破風板の納まりや、CLT 下の吹込みの狙いは大断面集成材の見せ方も参照してください。

この屋根の断熱性能を建築の専門的な性能数値で表すと、熱貫流率 U 値 0.19W/m²K となります。

実際に計算したシートを下に紹介します。(下部の図の下から 5 段目)

屋根・天井仕様	名称	木造軸組構法 屋根断熱 (たるき 簡易断熱)		断熱部		熱橋部	
		熱伝導率 λ [W/m·K]	厚さ d [mm]	充填断熱 86.0%	構造部材 14.0%	熱抵抗 R=d/λ [m ² ·K/W]	熱伝導率 U [W/m ² ·K]
室内表面	熱伝達抵抗 Ri	-	-	0.090	0.090	0.090	0.090
素材1	室内側せつこうボード	0.221	125	0.057	0.057	0.057	0.057
素材2	室内側セルロースファイバー-55K	0.040	1500	3.750	3.750	3.750	3.750
素材3	室内側セルロースファイバー-熱橋	0.120	150.0	-	-	1.250	1.250
素材4	CLTパネル	0.120	36.0	0.300	0.300	0.300	0.300
素材5	室外側セルロースファイバー-55K	0.040	90.0	2.250	2.250	2.250	2.250
素材6	室外側セルロースファイバー-熱橋	0.120	90.0	-	-	0.750	0.750
室外表面	熱伝達抵抗 Ro	-	-	0.090	0.090	0.090	0.090
熱貫流率 Un	Σ R=Σ(d/λ)	[m ² ·K/W]		6.537	6.537	2.537	2.537
平均熱貫流率 Ua	Un+1/Σ R	[W/m ² ·K]		0.1530	0.1530	0.3940	0.3940
経骨造の修正熱貫流率 Ur	Ua+Σ(Ua·An)'	[W/m ² ·K]		0.1867	0.1867	0.0000	0.0000
熱貫流率 U値	U=Ua+Ur	H26仕様基準値: 0.24 W/m ² ·K		0.19 W/m ² ·K	0.19 W/m ² ·K	0.19 W/m ² ·K	0.19 W/m ² ·K
熱貫流抵抗 R値	R=1/U	H26仕様基準値: 4.17 m ² ·K/W		5.26 m ² ·K/W	5.26 m ² ·K/W	5.26 m ² ·K/W	5.26 m ² ·K/W
日射熱取得率 φ値	n=0.034×U	[W/m ² ·K]		0.006	0.006	(0.65%)	(0.65%)
室内表面温度 (冬期)	外気温 -0.8℃	室温 20.0℃	19.6℃	6.1℃以上	6.1℃以上	6.1℃以上	6.1℃以上
室内表面温度 (夏期)	相当外気温 60.0℃	室温 28.0℃	28.5℃	32.0℃以下	32.0℃以下	32.0℃以下	32.0℃以下

なにやら、数値や単位が出てきて混乱しそうですが、順番に説明します。

熱貫流率 U 値の分母:m²と K に着目すると、屋根面積 1 m²あたりで、室内と室外に 1℃差(絶対温度単位の 1K(ケルビン)差と同じことです。)がある場合に、0.19W の速さで熱が暖かいところから寒い方に移動するという。つまり、熱移動の速さなので、数値が小さいほど熱を逃がさない性能ということです。(0W/m²K だと、いくら外が寒くても熱が逃げません。)

ちなみに断熱を入れずボードが1枚だけだと U 値は 4W/m²K 程度なので、morinos は無断熱と比べて概ね 1/20 の熱移動に抑えられています。

では外壁はというと、150mm 角の柱内にセルロースを最大吹き込んでおり 150mm の厚さです。

外壁の熱貫流率 U 値は 0.29W/m²K です。

厚みが薄い分屋根より数値が大きいので、熱を伝えやすいです。

アカデミー本校舎(20 年前の建築)はグラスウールが 50mm で、U 値 0.65W/m²K 程度。morinos は 2 倍以上の性能です。



外壁の 150mm 厚のセルロースファイバー

開口部の多くはトリプルガラスが入っています。

5mm の LowE(断熱)ガラス、乾燥空気 10mm、5mm ガラス、乾燥空気 10mm、ガラス 5mm の計 35mm 厚のガラス構成です。

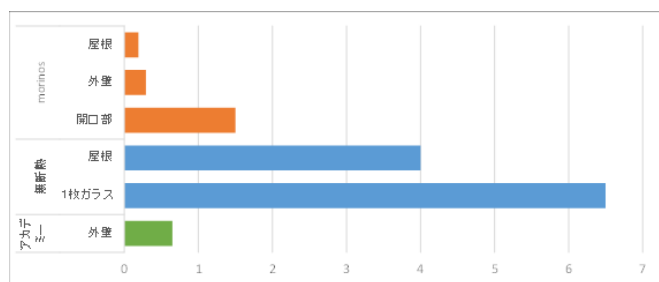
ガラスとしてみると、かなり分厚いですが、熱貫流率 U 値は 1.5W/m²K です。トリプルガラスでも外壁と同じ面

積だと 5 倍近い熱が逃げることになります。さすがのトリプルガラスも、しっかり断熱が入った壁にはかないません。



複層ガラスの断面:手前がトリプルガラス、奥がペアガラス

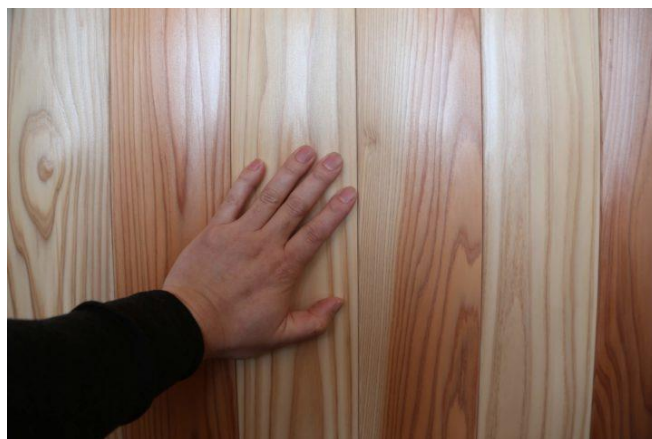
まとめてみると下記のグラフになります。数値が0に近づくほど断熱性能が良いです。morinos(オレンジ)の小ささが伺えます。



各部位の熱貫流率 U 値 [W/m² K]

なぜ、このような難しい数値まで出して断熱性能の結果を紹介したかという、この性能数値から室内の表面温度がわかるからです。

例えば morinos の建つ美濃市の過去 30 年間の最寒月(1月)の日最低外気温は-0.8℃。結構寒いです。この時、暖房を付けて 20℃で活動していたとします。morinos 外壁の U 値 0.29W/m² K だと、壁を触った時の室内表面温度はどのくらいだと思いますか。



計算してみると、19.3℃です。(屋根は計算結果の表の下から 2 行目の 19.6℃) ほぼ室温の 20℃と変わりません。

では無断熱(U 値 4W/m²)はというと、計算すると 10.8℃まで下がってしまいます。

この表面温度が人の体感温度に大きく影響するのです。一般の方は温度計で室温を見て、今日は寒いとか暑いなど判断することが多いですが、温熱の専門家はこの表面温度をしっかりと確認するのです。

人が感じている体感温度(専門的には作用温度といいます)は安静な気流状態(室内)であれば、(室温+表面温度)÷2 で計算します。

つまり、表面温度は室温と同じくらい大切な要素で、壁や床が冷えていると、室温が高くて寒く感じてしまいます。冬場の窓際がなんかヒヤッとするのは、室温が下がったのではなく、窓の表面温度が低いために近寄ると体温が奪われているためです。

逆のパターンもあります。例えば、焚き火をしている状態を考えてみましょう。



1月に行った morinos 試行プログラムより

焚き火の周りは暖かいですよね。ですがよく考えてみてください。

焚き火で暖められた空気は、非常に熱く軽くなっている

ので真上に上ってしまい、周辺の空気は暖めてくれません。また風が吹くと、焚き火の周りの空気はすぐに入れ替わってしまいます。外気温が 0℃だと、焚き火周辺も概ね同じくらいです。

でも暖かい。。。???
これが先ほどの体感温度の式で理解できます。

人の廻り、全周囲の空間 360°を考えた時、面積割合は小さいですが焚き火の温度は800~1000℃くらい、焚き火以外は極寒の屋外です。人の全周囲 360°の表面温度を平均すると、40℃くらいになっているかもしれません。(焚き火との距離も大きく影響します)
そうすると、外気温 0° + 表面温度 40° = 20° の体感温度になります。

みなさんも経験があると思いますが、焚き火と自分の間に誰か割り込んでくると、この 800℃あった表面温度を全く感じられなくなり、体感温度は 5℃(割り込んだ人の体温を感じる)くらいになり、一気に寒さを実感することになります。
冬の日光浴も同じ原理で、外気温が寒くても、日差しがあればなんかポカポカします。

体感温度の説明が長くなりましたが、つまり室温と同じくらい表面温度が大切だということを伝えたかったのです。

いくら暖房設備で頑張っても、表面温度が低いと寒さがなくなりません。床面は床暖房という強制的に暖める設備がありますが、壁や天井はそうはいきません。
表面温度を上げるには断熱強化くらいしか対応できないのです。

ではトリプルガラスはというと、U値 1.5W/m²K、外気温 -0.8℃、室温 20℃の状態では表面温度 16.6℃ の計算結果です。

さすがに壁までは届きませんが、ガラス面に近づいても体感温度は 18.3℃程度。暖かいとはいかないまでも寒さはほとんどないでしょう。
(1枚ガラスだと同条件で表面温度 4.7℃、体感温度 12.3℃、これはヒヤッとしますね)

断熱性能にはいろいろな目的がありますが、この表面温度を室温に近づけて体感温度を向上させることは最も基本的な要素です。

表面温度と聞いてもピンと来ない人もいますが、簡単に測れます。測りたい面に放射温度計を向けてボタンを押すだけです。



放射温度計とネットで調べると、簡単なものだと 3000円くらいから販売されていますので、気になる人はいろいろ計測してみてください。寒さの原因がわかるかもしれませんよ。

morinos 実習秘話? -----
--

今回の数値の原点は実は学生有志の自習で計算した結果です。

実施設計段階でも私が温熱計算をしていましたが、工事中に開口部が変更になったり、断熱材を同等品に変更したりで、微妙にずれてきていました。
改めて再計算しないとイケないなと思っていたところ、木造建築専攻1年生の姿が目に入りました。
建築の1年生4人に「morinos の温熱計算を「環境性能設計1」の復習がてらやらない？」と聞くと全員「やります!!!」と威勢よく返事。

春休みに入って授業もなく、課題に飢えてる？
いやいや、向上心が高いだけですよね。さすがアカデミー生。
早速、実施図面を渡すと、面積を拾って、矩計図から仕様を読み取り、私がつくった計算ツールに入力。
ペースにバラツキはあるものの、概ね計算し終わったところで、各自の計算結果報告会を開催。

全員同じ値が出てくると気持ちいいのですが、、
あれ?? 2割以上もばらついている??
よくあること?です。

改めて、各自の数値の根拠を見直しながら実施図面と照らし合わせて、ここはこう読み取る、とか、この断熱材の性能はこれを使おう、とか言いあいながら、全員が納得して、今回の計算を完成させました。

実際の建物、しかも近くで体感できる建物の計算をすることで、授業と実体験や現場のギャップを埋めることができます。

まさに、現地現物主義です。

准教授 辻充孝

2020年03月27日(金)

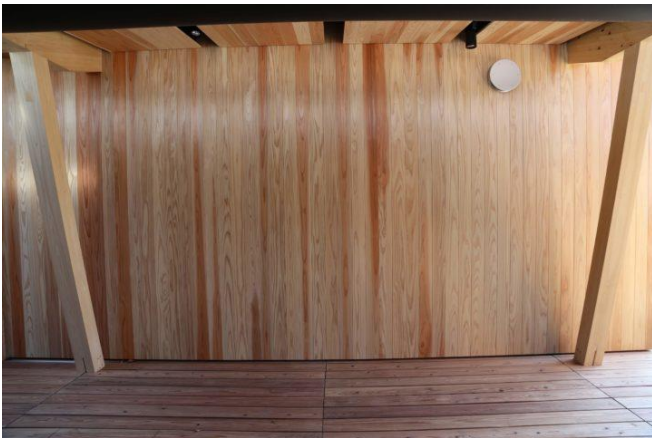
白い薄化粧の丸太と無塗装の外壁(morinos 建

築秘話 23)

morinos の外壁は杉の本実(ほんざね)加工された板を縦張りしています。外観を見ると、南と東面は、ほぼガラス張りですが、北側のバックヤードは全面スギ板の外壁。

無節のスギがきれいです。きれいすぎるくらいです。竣工したての現在は、まだ赤身と白太が目立っていますが、1年もすると色目もそろってきて落ち着きが出てくるでしょう。

この北側のバックヤードは効率よくプログラムのアイテムを収納できるように大量の収納棚を作りましたが、それ以外にも、フックや棚板を増設して道具を見せながら収納したり、プログラムで出来上がった作品を展示したりと可変性が求められます。そんな時、釘やビスが効く木材は有効です。



そしてこの外壁は仕上げは何もしていません。無塗装です。

木材は外部で使うとき、一般的に塗装することが大半です。アカデミー本校舎でも、外壁は真っ黒に塗装されていて、緑との対比が美しいです。



2001年の竣工当時の写真

では、何のために塗料のを塗るか考えたことはありますか？

調べてみると「塗料は粘性をもった液体で、被塗物(塗装されるもの)に塗布された後に乾燥して、皮膜(固体化)を形成することで、被塗物を保護し美観を保つもの」とされています。

つまり塗料の目的2つ。木部に色を付けて美しく見せる「美観」(paint)と、紫外線や生物劣化から護る「保護」(coating)です。

morinos でこの2点について考えてみます。

「美観」に関しては、アカデミーのように黒くアクセントを付けたり、色を付けて感性に働きかけたりすることもあります。morinos は上の写真にあるように、大工さんが丁寧に無節のキレイな材を張っていて、特に色を付けなくても自然な風合いの非常にいい感じです。

では、「保護」はどうでしょう。考えられる劣化は2つです。腐朽菌やシロアリで木材の強度に影響を与える「生物劣化」と、紫外線などの吸収による変色や表面のカビによって見た目が変化する「気象劣化」です。

「生物劣化」は木材の耐久性や強度に影響するため防がないといけません。

腐朽菌やシロアリは生物ですので、生息できる条件が4つそろって初めて活動が可能です。

つまり、適度な温度、呼吸できる空気、水分、エサ(木材)です。このうち1つでも取り除ければ生息できないことになります。

温度と空気はコントロールできないため、通常は薬剤処理で特定の生物にとっての毒エサに変化させるか、水分供給を極力なくし生息しにくくするかのどちらかの対応になります。

morinos のデッキ面は、全て屋根下に納めることで雨や夜露から水分供給を減らしつつ、それでも横殴りの雨の場合は水が溜まりやすいため、安全性の高い ACQ や AZN で防腐防蟻処理しています。

今回の morinos の外壁はというと、垂直面のため水分の滞留がなく、通気性を確保できれば多少濡れても翌日には乾燥してしまいます。よほど壁の前に荷物を積みすぎて通気を阻害しなければ、腐朽菌やシロアリは来にくい環境になっています。

では「気象劣化」はどうでしょう。強度や耐久性能は劣化しにくいので、見た目の印象はどうかということです。

木材は、紫外線が当たれば、銀鼠色に徐々に変化していきます。古民家やお寺などは無塗装も多いので、見る機会も多いでしょう。

この変化を経年劣化というのか、経年変化というのか、風合いが増したというのかは個人の感性かもしれません。

morinos は森林環境教育のセンターハウスの位置づけ

なので、身近に木材の変化を見る機会を設け、どのような印象を受けるかも学びの要素です。個人的には、風合いが増し、貫禄が出てくる印象です。

ですがほったらかしではいけません。空気中のチリやホコリが付着すると、なんだか薄汚れた印象の材も出てきます。

[アカデミーの自力建設](#)でも無塗装の建物があり、毎年授業でメンテナンスを行っています。

例えば、少し汚れ気味に経年変化した柱を単に水拭きするだけで、これだけ変わってきます。この変化は感動的です。(下の写真)

また一年もすれば、銀鼠色に変わってきますが表面のチリなどは一度取っているの、いい感じに見えます。(メンテナンス実習の様子は[こちら](#)から。)



また、日本古来の灰汁(あく)を使った洗いの技術もあります。

エンジニア科の研究テーマで取り組んだ実例もありますので参照して下さい。(灰汁洗いの実力は?)

morinos でも、メンテナンス プログラムを開発してもら

えるといいですね。

最近はやりのメンテナンスフリーでは味わえない「木を手入れする楽しさ」をわかってほしいです。

一方で、外部で塗装を施した材が2つあります。

すでに紹介した ACQ 注入によって緑がかったデッキ材と、下の写真です。



わかるでしょうか。morinos のトレードマークの V 柱がほんのり白く塗られています。

実はこの丸太塗装には、いろいろエピソードがあります。

当初、私たち設計チームでは丸太も無塗装として外壁と同じく、時間の経過を感じられるようにする方針でいました。

ですが、隈事務所から丸太はエレガントに白く染めたいとの意向がありました。

私たちと考え方の相違があり、どうすべきか検討を重ね、4種類のサンプル(無塗装、一回塗、二倍希釈塗、二度塗り)を作成し、隈さんに現場で見ていただき無塗装の丸太の美しさで押そうとの方針。

実際、昨年未隈さんが現場にいられて、エッチングガラスの仕上がりやディテールなどいろいろ相談して、いよいよ丸太の場面。

4種類の丸太サンプルを並べて、どれがいいか見てもらおうと、、、準備していると、、、

「これだね!!」即答で二倍希釈の薄い白塗りサンプルを指さしました。先手を打たれました。

V 柱の意匠原案は隈さんですし、その想いを活かすべく、ほんのり白く薄化粧。

完成してみると確かに他の無塗装の材とは違った趣で目立っていい感じです。

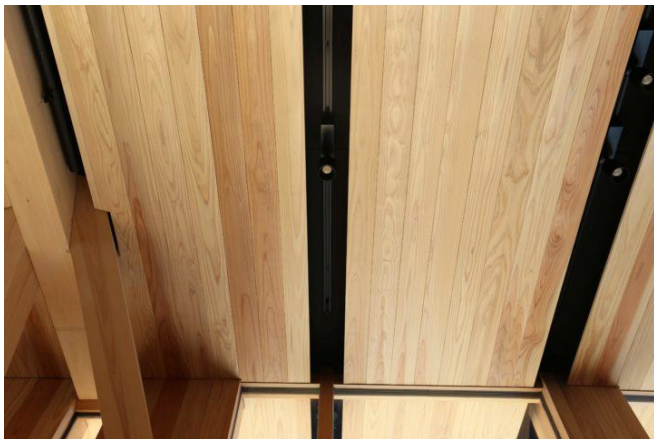
V 柱のコンセプトの非常に強いサインになっています。

今後、無塗装の外壁や方づえは銀鼠色に経年変化していくと、V 柱の白い薄化粧がより際立ってくることでしょう。無塗装の丸太のままだと、同じような変化に埋もれてしまいそうな中、morinos のトレードマークが際立ってくる予感がします。

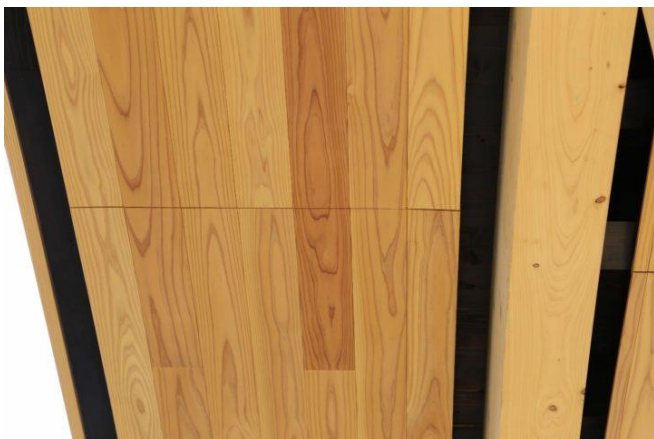


その他の紹介していない木材活用も見ていきます。

天井パネルです。こちらも、無節の杉本実板で張られています。大きな面積を一度に張ると、重たい印象になるため、黒いスリットを通して面を分割することで、軽快に見せています。また、屋外の活動の場である南に向かって視線を誘導する役割も担っています。(このスリットには、設備やポールが仕込まれているのは過去に紹介した通り)



屋根を薄く見せるために途中に角度勾配が変わる段差がありますが、よく見る(下の写真の真ん中のライン)と、木目がつながっています。ここでも大工さんの気遣いが伺えます。



下の写真は、白い薄化粧の丸太から伸びるヒノキ(無塗装)の方づえ。「ひかり付け」の技法のように波打つ丸太表面にピタッと大入れで差し込まれています。

すごい技術です。morinos の腕のいい大工さんでも一日一本しか丸太加工できないと言っていた意味が解ります。



アカデミーの自力建設でも丸太に方づえを取り付けることができますが、もっと簡便な仕口(直行方向の接合部)です。

morinos の隣に建つ 16 期自力建設「Oasis」その仕口を見てみると、一度平らな面を作って、方づえはそこに取り付けています。



Oasis の上棟式。学生の女性棟梁が祝詞を上げています。

これでもかなりの高難度。学生が苦勞して作っている様子は[ブログ](#)でも紹介しています。

方づえの反対側は、壁に突き刺さっていて、こちらも断熱施工と合わせて難しい部分です。

このようにmorinosの上部外壁は、方づえを貫通するため、ガラスではなく壁にしています。上部壁はランダムに取り付けているように見えますが、

本当のランダムではなく、3Dモデルでバランス調整を何度も重ね、検証に検証を重ねた結果の壁配置です。土の洞窟のベンチに座って、南を見てください。きっと違った景色が見えますよ。



准教授 辻充孝

2020年03月29日(日)

太陽の熱で冬はポカポカ、夏はガード(morinos 建築秘話 24)

太陽の恵みといえば光と熱のエネルギー。光と熱を同じものに考えがちですが別の性質を持っています。

例えば、照明。

同じ明るさを確保できる照明でも、白熱灯はかなり熱くなりますが、最近のLEDはあまり熱くなりません。

LEDは熱は少なく光を多く出していて、熱の分が省エネになっています。

同様に、太陽も光と熱の波長の異なるエネルギーを出しています。

今回は同じ太陽の恵みでも「日射熱の話(その1)」です。(昼光利用は建築秘話19で紹介しています)



日射熱は、冬はポカポカと気持ちいいですが、夏は蒸し蒸しと嫌な感じです。

つまり、日射熱を考えると、冬は如何に取り込むか、夏は如何に遮るかという、正反対のことを両立できるように設計する必要があります。(光は、夏冬とも適度に取得したいので、昼光利用の考え方はシンプルです。)

morinosの消費エネルギーは8割以上が空調エネルギー。省エネのためには断熱、気密と合わせて日射熱制御は大切な要素です。

例えば冬、なるべくたっぷり日射熱を取り入れたいとすると、皆さんはどう設計しますか。

普通は日射が入る窓をいっぱいつけばいい。と考えます。正解です。

ですが、効果的にたっぷり入れるには、ここで勘所と計算による設計力が必要なのです。

①どの方位も同じ日当たりでしょうか。樹木や隣棟は影響しませんか。

②季節によって日射の当たり方は同じですか。

③朝と昼、夕方の時間によっても違いませんか。
④確かに日射は入るけどその分熱が逃げませんか(冬期)。
いろいろな要素を複合的に考えて開口部を設計しないと
いけません。

順番に morinos の場合で考えていきます。

まずは①周辺状況の確認です。下の morinos 周辺の航空写真を見てください。
morinos(赤い四角)の北側は情報センターが近接してほとんど日が当たりませんが、南は開けていて陰になる要素はありません。東は演習林の山が迫っているため朝日は遅めです。西は下り斜面ですがすぐ横に桜の木が植わっています。



赤い四角が morinos です。軸が 15°ほど傾いています。
出典:国土地理院撮影の空中写真(2008 年撮影)

南と東は4m近い深い庇が出ていますが西は短め。西日が気になるところです。
西には桜並木があり、この桜の木の遮蔽効果がある程度、期待しています。
葉の無い冬から春にかけてはたっぷりと日射が降り注いで気持ちいい状況がすでに確認できています。(上の写真参照)

夏の日差しは、まだ体験が出来てませんが、3D モデルでの検討があります。
葉っぱが茂ると、ある程度の遮蔽効果が見込めます。

8 月 1 日の 15:30 の日差しの様子です。かなり直射日光が減っているのがわかります。



8 月 1 日 15:30 の影(植栽ナシ)



8 月 1 日 15:30 の影(植栽アリ)

いろんな属性の方が来られる施設の性質上、建築的には格子やスクリーンで、完全に直射日光を防ぐことを目標にはしていません。

冷房が効いた部屋で少し木漏れ日が降り注ぐのが好きという人や、夏の日射はやっぱり嫌という人は土の洞窟に移動したりと、利用者が心地いい居場所を、季節や時間に合わせて探すのも楽しみの一つです。
とはいえ、熱が入りすぎて冷房エネルギーが増えすぎるのは注意しないといけません。様子を見ながら外構計画も含めて変化させていくことが学びにもなるのです。

緑のカーテンもつくるのも効果的ですが、あまり建物に近接するのは耐久性の観点から推奨できませんが、今後のプログラムでどう考えるかですね。

まずは、桜の葉っぱが茂ってきたら日射取得エネルギーの実測もいいですね。

②季節についてです。

夏の日中は頭の上から太陽が照り付けますが、冬は割と低い位置から日射が入ってきます。
これは、太陽と地球の公転軸に対して地軸が約 23.5°程度ずれ、日本が北緯 35°前後の位置(美濃市は北緯 35°32')にあることに起因します。

つまり、夏至の南中時の太陽高度は、 $90^\circ + 23.5^\circ - 35^\circ = 78.5^\circ$ の真上に近い角度、冬至は $90^\circ - 23.5^\circ - 35^\circ = 31.5^\circ$ の低い角度になっています。
昔から言われる「深い軒先で夏の日差しは遮り、冬は取り込む」は先人の知恵なのです。

ただ、勘違いしている人も多いですが、「夏至」は夏真っ盛りではありません。
夏至はいつ頃が知ってますか？

夏至は毎年6月21日頃。まだ涼しく夏の始まりの時期です。
最も暑くなるのは、7月下旬から8月上旬。夏至と同様の二十四節気(1年を 24 の季節に分けたもの)で表現するとその名の通り「大暑」。夏の日射はこの時期を中心に検討します。

(①の検討の3D パースも最も暑くなる 8 月 1 日の図です。)
同様に「冬至」は 12 月 21 日頃。寒いですが、最も冷え込むのは1月下旬から 2 月上旬の「大寒」です。

さて方位別の夏冬の日射強度の変化ですが、東面と西面は、日射の当たる割合が冬に 10%程度向上する程度ですが、南面は、昼間に太陽高度のさがる冬は夏期の2倍程度になります。
なので、昔から南の開口部が優遇されてきました。

そのため morinos でも南面の開口部は大きく取られています。



morinos 南の大開口

一方で、南は周辺に遮蔽される建物や樹木もない(①の検討)ため、軒の出を3D モデルで検証し、夏は概ね直射光を入れないように庇を 4m 跳ねだしています。

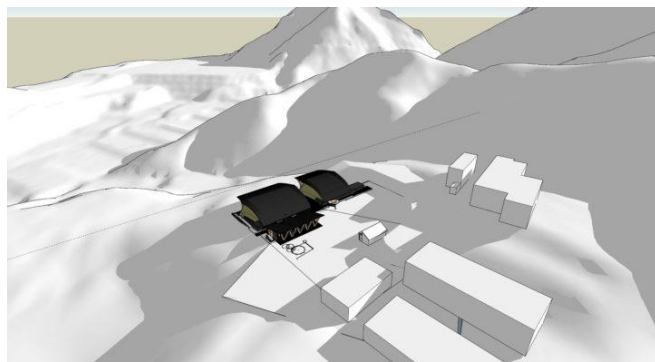


8 月 1 日 14:00 の影

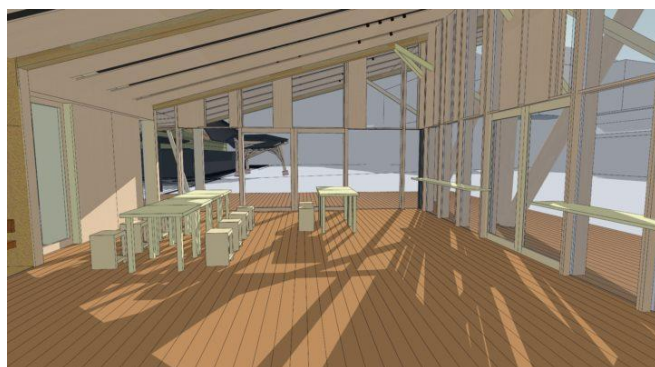
一方で、③太陽は時間によって移動する動く熱源ということ忘れてはいけません。
深い軒先も朝日や夕日にはあかないません。何せ真横から日光が来るからです。
昼光利用ではリズムを作る立役者ですが、熱利用ではうまくコントロールする必要があります。
といっても、風と違って太陽の動きはほぼ確実に読めますので、まさに設計力です。

コントロールのポイントは、夏と冬で日の出の方位が多少異なることです。
冬の朝日は南東から、夏は北東から上ります。

morinos の東の大きな開口部を見てみましょう。寒い時期の 2 月 1 日の朝 9 時です。ほぼ真横からの日差しが部屋の奥深くまで入り込み熱を供給してくれています。



周辺の山も朝の日差しに影響します。これは 2 月 1 日 9:00 の遠景です。

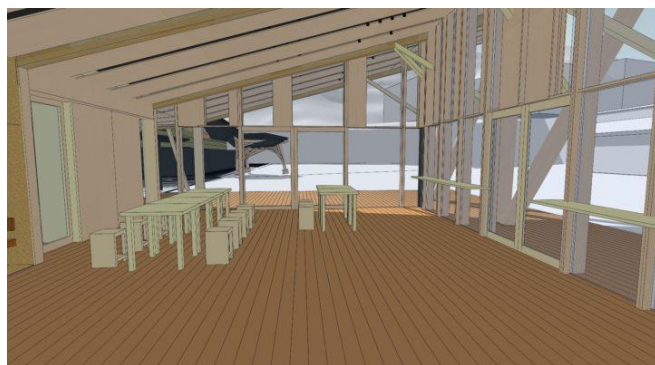


2 月 1 日 9:00 の内観

一方、夏の 8 月 1 日朝 8 時は、建物内への日の入り方が浅いです。

日の出直後の真横の日差しは、北東にある「森の工房」の建物と、演習林に阻まれてやってきません。(3D モデル秘話の後半マニアック、隣棟や地形のモデルも朝日対策で使ってますよ)

夏の 8 時頃ようやく建物に日射が当たりますが、すでに日の出から 3 時間経ち太陽高度が上がってきて、東の 4.5mの長い庇でうまくコントロールされています。



8月1日8:00の内観

最後に、壁の5倍も熱が逃げやすいトリプルガラスの性質を考える必要があります。(1枚ガラスだと、20倍以上熱が逃げやすいので要注意)

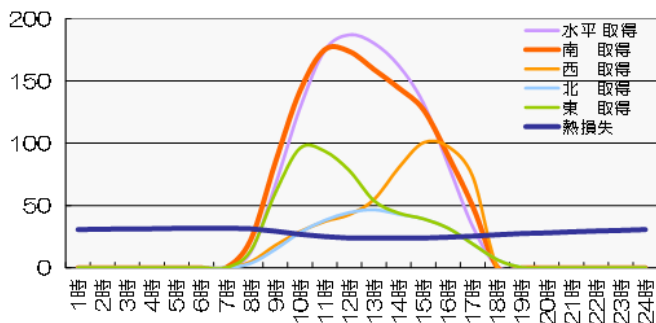
④日射を取り込む熱量と断熱性能の劣る開口部から逃げていく熱量、プラスマイナスの収支はどうでしょうか。

morinos のトリプルガラスの性能は、熱貫流率 U 値は 1.5 W/m²K、日射取得率 η 値は 0.58(ガラスに当たる熱のうち 58%が透過するということ)です。

概算を見るのに、冬期の標準的な日射量と外気温の条件のもと、1日平均で計算してみると、ガラス1㎡あたり、熱損失の速さは 28W 程度、それに対して熱取得は南面で 49W と倍まではいきませんが、熱取得がかなりプラスになります。

一方、東と西は 22W、北は 13W と熱取得より熱損失が増えます。(昼間は圧倒的にプラスです。)

光を考えず、熱だけで考えると、南のガラス面は大きな方がかなり有利、東西は少し不利というイメージです。



mirinos トリプルガラスの方位別、時間別の熱取得と損失の速さ [W/m²]

上のグラフは、ガラス性能による熱の損得を見るために、標準的な日射量の場合に、横軸に時間、縦軸に熱移動の速度を取っています。

濃い青が熱が逃げていく速度(面積を取ると量)です。一日中、熱がゆっくり逃げて行ってます。気温の下がる夜間が少し増えます。

一方、カラフルな山なりの色が各方位別に熱が入ってくる速度(面積で量)です。南と水平面(屋根)が、最も熱が入りやすい部位です。東西は、朝や夕方に熱が入ってきますが、最大でも南の半分くらいです。

今回は、日射を考えるうえで注意したいポイント4つについて概観してみました。

次回の日射の回では、建物全体の具体的な性能などを検証したいと思います。

准教授 辻充孝

2020年03月30日(月)

二層構造の屋根や壁 ～防露・防雨設計～

(morinos 建築秘話 25)

断熱性能や日射制御性能など、温熱環境が高まってくると、冬でも室内が暖かくなったり、夏も暑くなり過ぎません。非常にいいことですが、気を付けないといけないことがあります。

それは、室内と室外の温度差ができると発生する「結露」です。

結露は空気が冷やされると、空気中の水分(水蒸気)を持ちきれなくなって水滴となって現れる現象です。

結露によって水分供給されると、生物である腐朽菌やカビ、ダニの繁殖を助長してしまい建物の耐久性や空気環境に悪影響を与えます。

みなさんが日常的によく見る結露は、ガラスだと思います。

1枚ガラスだと、室温 20℃、美濃市の外気温-0.8℃でガラス表面は 4.7℃まで下がってしまいます。

これだと、室内の温湿度が 20℃、40%では結露でびっしょりになります。



アルミサッシ、1枚ガラスの結露

morinos のトリプルガラスは表面温度が 16.6℃(上記と同じ条件)です。室内の湿度が 80%近くなっても、結露は出てきません。

ただ、湿度が高すぎると他の部分にカビなどの害が出てきますので、加湿しすぎないことが肝要です。

つまり、目に見える部分の結露は、断熱性能(熱貫流率 U 値)を高めて表面温度を高くすることで解決できます。

morinos では、ガラスコーナー部など少し断熱が弱い部分以外はまず見ることはないでしょう。

これで結露対策は万全かという、まだ気を付けるべき結露があるのです。

それが「内部結露」、屋根や壁内部の目に見えないところ

で発生する結露です。

morinos では、夏も冬も、ばっちり対策していますので大丈夫。安心してください。

内部結露対策の基本は、①屋根や壁の中に湿気を入れないこと、さらに②入ってしまった湿気を抜いて上げること、の2つに気を付ければ大丈夫です。

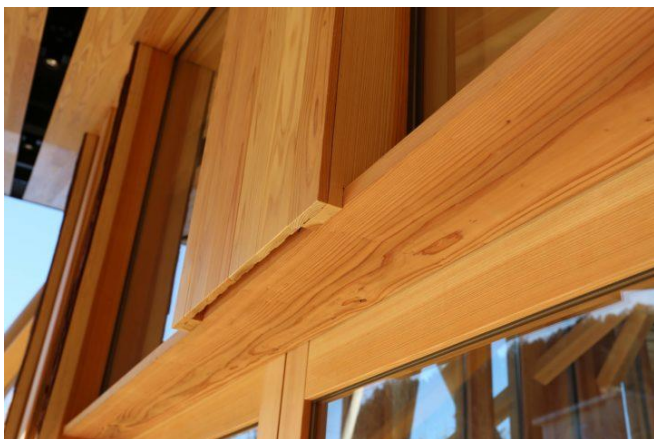
と簡単に説明しても、夏と冬では湿気の入り方が違ったり、材料の湿気の透過特性をしっかり意識しないと湿気が内部に溜まって結露してしまいます。ここは建築の専門家の領分です。

一番気を付けないといけないのが、外壁や屋根の外装材廻り。

防水効果が高いために排湿もうまくいかず、そのままでは、内部に溜まった湿気を外に排出することができません。

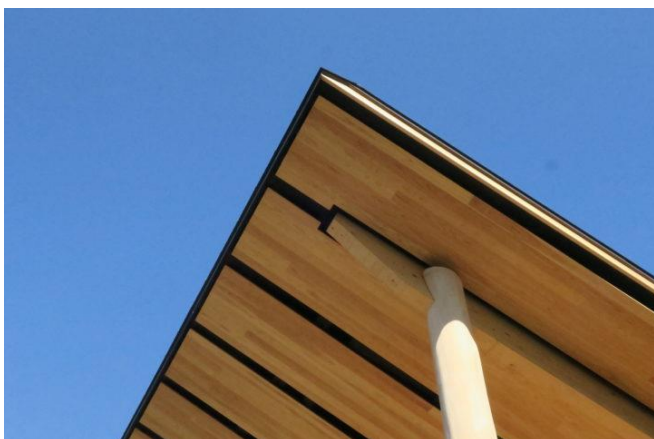
そのために、外装の内側に通気層という湿気を排湿する層を確保する必要があります。

morinos の壁を見上げて見ます。



壁の下に隙間が開いているのがわかるでしょうか。これが通気層の空気取り込み口。上部までつながっていて湿気を抜いてくれます。

屋根はというと、見上げて見ると、、、わかりませんね。目立たないように納めたからです。



工事の様子を見てみましょう。(下の写真)

写真上は先端に虫が入らないようにステンレス網が張られています。

写真下には現在、見えている化粧の天井板が張られています。網部分が屋根の下の方とつながっていて、湿気を抜く仕組みです。現在はこの網部分を黒く塗装していますので目立ちません。



屋根下の取り込み口は樋の奥に隠れて見えにくいですが、よく見るとこちらにもステンレス網が取り付けられています。ここから空気を取り入れ、湿気をからめとりながら上部先端から排湿しているのです。



その他の外壁なども通気層が確実に設けられ、湿気が溜まらないようにしています。

下の写真では、外壁の通気層(縦の棧)の上に、外壁板を縦に張るためにもう一度横棧を組んでいます。
手間がかかりますが、見えない部分のつくり込みで耐久性が変わってきます。



通気層にはもう一つ重要な役割があります。

上の写真で通気棧の下に白いシートが張られているのが見えますが、これは、透湿防水シートと呼ばれるものです。その名の通り、外からの水(水分子が集まってクラスターを作ったもの)は防ぎながら、壁内の湿気(水分子単体)は通すシートです。(屋根にも同様の性能のものが使われています。)

つまり、もし屋根や外壁が破損しても、通気層部分で水を流す仕組みの役割があり、二重に雨水の浸入を防止しています。

台風の多い日本では、何が飛んできて外壁や屋根を破損するかわかりませんので大切な設計です。(破損後は、そのままではなくしっかり直す必要があります。)

通気層の役割は他にもあります。通気層の目的を整理してみると、主に以下の4つです。

1. 壁や屋根の中に入った湿気を抜くため
2. 二重に雨水の浸入を防止する二次防水層のため
3. 日射が当たった高温の熱気を抜くため
4. 柱や梁などの構造躯体を傷めず外装材を交換できるようにするため

3番目の性質は、日射熱の項目で紹介します。

4番目の性質は長寿命化にとっては重要な要素。morinos は外壁は無塗装で仕上げています。腐朽菌、シロアリは来にくいといっても、気象劣化によって、取り換えが来ることもあります。その場合に、柱や梁を傷めることなく、外装材だけ修繕することができるのです。

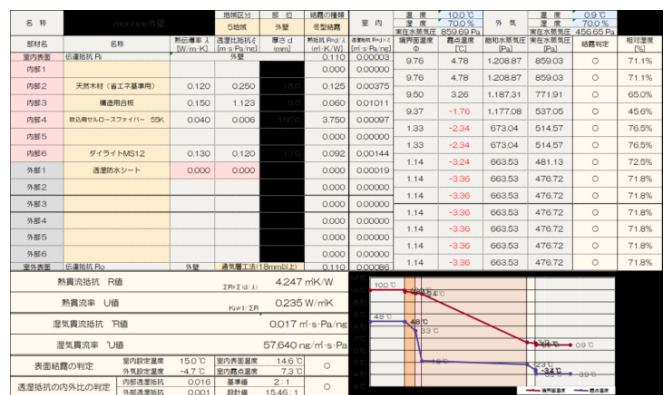
見えないところにも工夫を凝らします。日本古来から、大工さんはじめ職人さんが大切にしてきた考え方です。

morinos 実習秘話+マニアック-----

今回の結露判定も、断熱計算同様、学生の実習でも再確認しています。

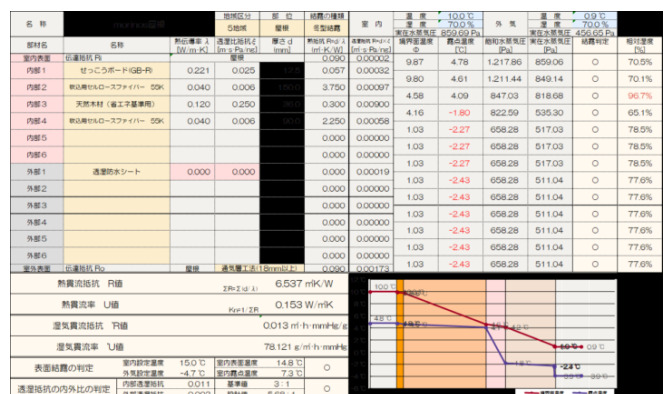
私の作成している判定シートで外壁を分析してみます。下の図の右下の折れ線グラフが結果です。室内10℃、70%、外気温0.9℃、70%と想定して、この状態が長く続いたときの計算です。赤いラインが、壁内の温度変化、青いラインが露点温度変化を示します。(左が室内、右が外部)

赤いラインが、青いラインを下回ると結露のリスクがあるということ。下の外壁では問題なく赤いラインが上に来ています。



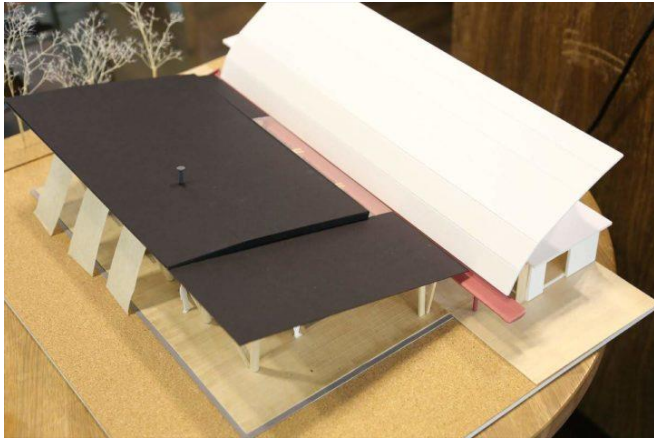
では、屋根(下の図)はというと、真ん中あたりで結構ぎりぎりになっています。学生も計算してみて少し心配そう。

理由を考えてみると、中央部のピンク色の層がCLT36mmです。CLT 素材は接着層によって湿気を止めてしまいます。そのため、室内(左)から湿気が入っていくと、CLT 層で湿気がストップしてしまいます。そこで屋根内の温度が下がっていると、結露リスクが上がるのです。morinos は CLT 層をはさんで、上下にセルローズが吹き込まれています。そのため、CLT 層の室内側で屋根内温度が下がったためにぎりぎりの状態(相対湿度96.7%)です。



このように、CLT に対して上下2層に分けてセルロースを吹き込んだのには理由があります。下の写真は、基本設計の最終段階で、隈さんやデデリッヒ教授をお招きした基本設計講評会の模型です。

屋根に段差があるのわかりますか？



当初は、CLT パネルの上部に断熱層をたっぷり確保する設計でした。これであれば、CLT によって屋根の断熱層内に湿気を入れることはありません。そのため、室内に面する断熱部分だけ屋根を分厚くし、途中で段差を付けて、破風板周りは薄く軽快に見せる計画としていました。

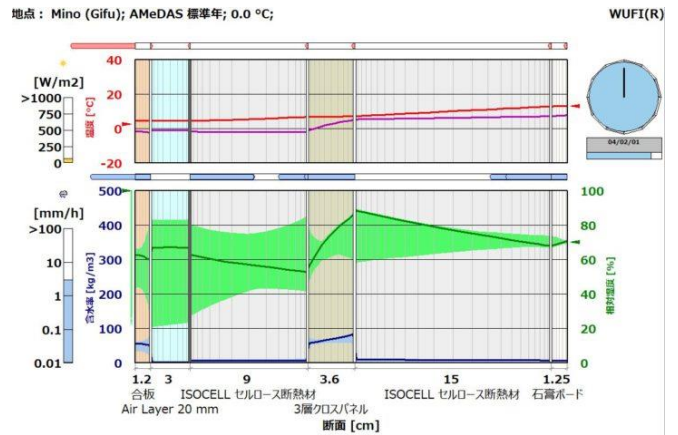
ですが、講評会の場で隈さんから「雨仕舞いを考えると、屋根はシンプルの方が良い。」という提案を頂き、現在のようになりしました。つまり、屋根上部は最低限の厚み(結露しないようにCLTを冷やさない)を持たせて、CLTの室内側に断熱層を持つてくることです。(集成材の梁成との関係もかなり検討しました。)

木造建築にとって、雨仕舞いは長寿命化に非常に大切な要素。本年度の学生も真剣に課題研究に取り組み、[雨仕舞特仕仕様書](#)というかたちで発表しています。

それで、できた屋根構成が上の計算シートです。

ぎりぎり内部結露判定をクリアするのですが、このままでは、学生も心配する通り、少しリスクが大きめでしょうか。ですが、ここでセルロースファイバーの性質が効いてきます。調湿性能や蓄熱性能があるということです。この湿気や熱を調整してくれることで、伝達時間がかかり結露対策として有利にしてくれるのではないかと思います。(不利になることもあるので計算は必須です)

そのためには、室内や室外の温度、湿度をリアルタイムに変化させた場合の計算が不可欠です。今回は、ドイツ・フラウンホーファー建築物理研究所のWUFI Pro というソフトで安全性を確認しました。



1時間ごとに変化させながら3年間分の計算をします。上のグラフの上段が温度(赤が屋根内温度、紫が露点温度)、下段が湿度(緑が相対湿度、青が素材の含水率)です。2月1日の12時で止めた状態ですが、緑のラインを見ると、CLT室内側で最も高くなっていますが90%には届いていません。(色が塗られた部分が3年間で変化した範囲です)

湿気移動が逆転する夏型の内部結露に関してもセルロースの調湿という性能が効いて問題ないことが確認されました。

ただし、結露計算の注意点としては、施工がばっちりできている想定での計算ということです。今回は専門職の断熱職人が来て、しっかり施工されますので、こちら問題ありません。

余分な心配なく、morinos プログラム活動に専念してくださいね。

准教授 辻充孝

2020年03月31日(火)

外と内をつなぐ「建具」のデザイン(morinos 建築秘話 26)

morinos の建具のお話です。
建具というのは窓や戸や襖のことですね。日本の民家では、柱の間に入っていて、動かすことで多様な空間をつくり出すことから「柱間装置(はしらまそうち)」という言い方もするんですよ。
さて morinos の建具は全て木製造、手づくりのオリジナルです。使い勝手を考慮していろんな工夫をしています。

■メインエントランスの両引戸



大きな両引きの建具が、メインエントランスです。



ようこそ。森の入り口へ。

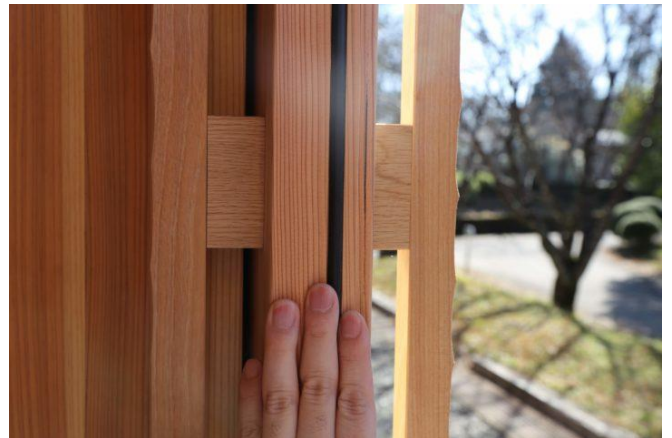
まず東面のメインエントランスは「森の入り口」としてたくさんの人を大きく開いて迎え入れるために 2.7m大開口です。
建具は、開けた戸が邪魔にならない引戸。閉じた時も morinos の特有の「内と外との繋がり感」を失わせないように大きなペアガラスが入っています。
ガラスの周囲の枠を框(かまち)というのですが、引戸と

しての強度を確保しながら、重々しい印象にならないように寸法のバランスをとっています。



丸ノコでこんなに綺麗に名栗をした取っ手は、世界でここだけでは？

取っ手は、子どもも大人もみんなが掴めるように上下に長くしてあり、カバノキの質感をより意識できる「名栗仕上げ」です。



召し合わせ部分には「ピンチブロック」というゴムが入っていて、これが隙間風を防ぐのに役立ちます。

■南面の両開き戸



morinos の南面には三箇所も出入り口があります。こち

らは両開きの扉。見た目はメインエントランスの引き戸と変わりません。あんまりいろんなデザインが混在すると疲れるでしょう？morinos 建築の主役は左官壁なので、他はさりげない方がいいのです。さりげなく、そう、この扉には金物が隠れています。



扉がバーンと勢いよく開きすぎたり閉じたりして怪我をしないようにするための「コンシールドクローザー」です。閉じると、何も見えませんよね？どうです。さりげないでしょう。

■断熱排煙窓



台形の外倒し窓です。



外から見るとこうなります。下側はちゃんと板金で防水し

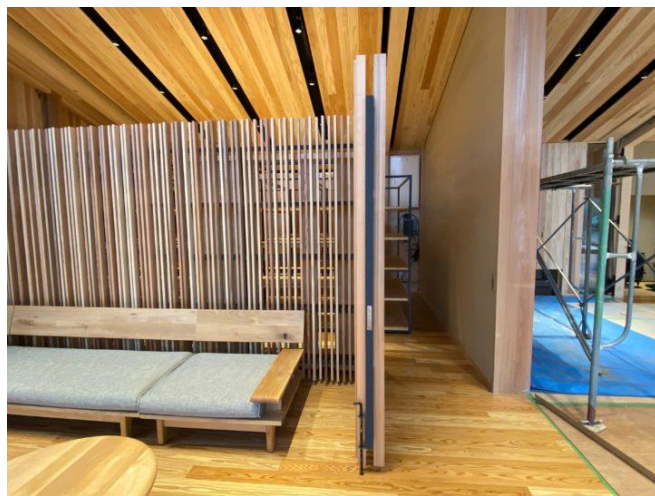
ています。

この窓は建物内に火災が発生した際に、煙を逃すための窓です。……まあ、万が一の火災の時は、すぐに外に出れる建物なので、避難は一瞬で済むのですが、法律上この大きさが必要になっております。普段は閉まったままで、緊急時に外倒しになります。そして、開口部は温熱的にウィークポイントになりがち。ですのでこの建具には丁寧に「フェノバボード」を入れてもらいました。最も断熱性能の高いフェノールフォーム系断熱材ですね。これで安心。



きちんとフェノバボードが入って断熱されています。

■ランダム格子のドア



見せる収納庫の扉です。……実はここは、もともと扉はありませんでした。左官壁に出入り口として引き戸があり、壁を通り抜ける動線だったのです。ですが工事も佳境の昨年末、来訪された隈研吾先生の「収納の出入口は左官壁に無い方が、より壁が引き立つので、南側に付け直そう」というアドバイスで一転、扉ができました。なるほど……確かに、左官壁はシンボルとしての意味が強く、主役です。出入口は無い方がメリハリもあり、南側に出入り口があると、搬入搬出は距離的に楽かも……。

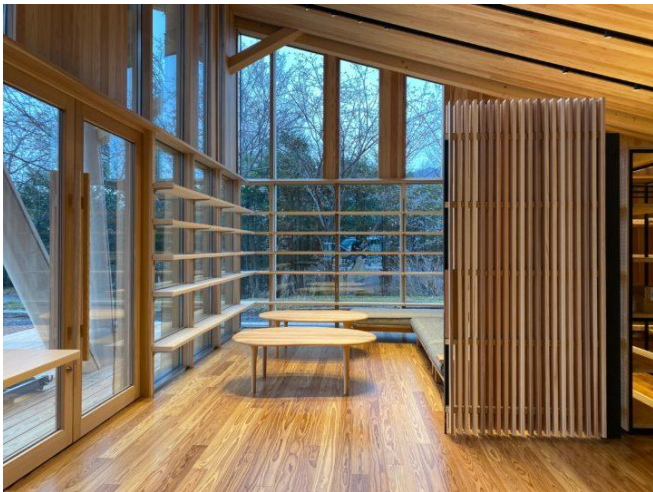
しかし柱のない「浮いたランダム格子」にどうやって扉をつける？ということでその日のうちに関係者で会議。次の日には黒い鉄骨を浅い棚にしなから構造にするという

案でまとまりました。



このスチールアンゲルの上に何か面白いものを展示できる浅い棚になっています。

できた扉がこちら。外側はランダム格子、内側は均一な格子です。床の穴に棒を落として止める「フランス落とし」で止めます。開けたときに扉の吊側でランダム格子がぶつからないように納めています。非常に素直なプランになったと思います。



確かに外との搬入搬出は楽になりました。

■床下エアコンの引き込み建具



これが床下エアコンです。床置き型エアコンを沈めています。



morinosは基礎断熱による床下エアコン空調を採用しています。設備というのは基本的に、普段使っていない時は見せたくないものです。よっぽど空間に馴染むデザインがされているものは違和感なく置けるけど、エアコンは大きいいつもなかなか手強い。どうやって隠そうかと考えるのですが、下手に格子で隠したりするとエアコンから出た風がうまく室内に行き渡らずに、本来の性能が出ません。日本のエアコンは素晴らしい性能ですので、そのポテンシャルを遺憾無く発揮して欲しいところ。ですのでmorinosでは、エアコンを使う時は建具を全開に、使わない時は閉じて完全に隠すというコンセプトの下、引き込み建具を採用しました。仏壇をしまう建具によく使われるシステムですね。開いていても邪魔になりません。

■セキュリティキーボックス



どうですかこのさりげなさ。このセキュリティの機械、morinosに合わないですよ。だから完全に隠しています。隠し扉で板目も合っていますね。さすが澤崎建設は一流の大工さんです。

開けたり、閉めたりすることで、内と外の変化をもつ「建具」。建具の世界は奥が深く、建具だけ極めようとしても一生かかっても足りないかも。建て具1つの中に、機能と性能と意匠が詰まっています。

正直言って morinos の建具の気密性能はあまり高くありません。まだ気密測定はしていないけど、お世辞にも高气密にはならないでしょう。片引きにして框を下げたり、柱に押し付けるようにして気密を上げる方法もありますが、今回は締め金物を取り付ける場所がなかったり、付けることができても開け閉めに手間がかかるようになることから、空間構成と使い勝手のバランスを熟慮して、この仕様に落ち着きました。一般開放施設で、しかも「建具を開けっ放し」にして運用することが多いという想定で、1年間運用して見ながら、不足があればまた工夫できると思います。

1つの全体に向かって、機能・性能・意匠の良い塩梅を決めるのが、デザインですね。

木造建築教員:松井匠

2020年03月31日(火)

日射熱は屋根からもやってくる(morinos 建築秘話 27)

今回は、「日射熱の話(その2)」です。

皆さんは日射の熱は建物内にどこから入ってくると思いますか。
当然、ガラス面からと考えますよね。もちろん正解です。

日射熱の話(建築秘話 24)でもガラスを中心に話してきました。

ですが、日射「熱」の侵入は、ガラス面だけではありません。

実は、屋根や壁からも熱が入ってくるのです。

夏の照り付けるような強烈な日差しが当たると、屋根面は何度くらいになると思いますか？



良く晴れた日の屋根はどうなっているのでしょうか。

アカデミーのデザインコードに合わせて、morinos は黒い屋根ですので、もう少し目線の近い黒い車のボンネットをイメージして考えてみてください。

美濃市は、山間部への入り口ですが、最高気温も記録するような酷暑があります。
昨年も 40℃近い気温が記録されました。

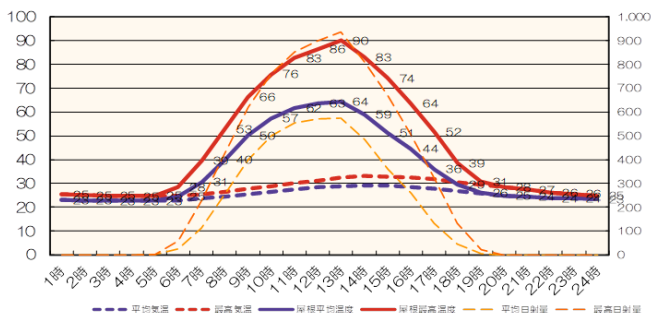
ボンネットや屋根は 40℃以下でしょうか、もっと高いでしょうか？

正解はもっと高いです。

理由は、建築秘話 22 の焚火の話でも書きましたが、太陽の放射エネルギーによって気温以上に高くなるからです。

具体的な屋根の表面温度は計算によって求めることができます。

日射強度 900W/m²(よく晴れた日)、屋根の日射吸収率 90%(黒い屋根)、風速 1 m/s(扇風機弱程度の風)と仮定すると、屋根表面温度は 90℃くらいまで上がります。(無風だと 110℃まで上がります)



赤い実線が良く晴れた日の屋根の表面温度、青い実線が平均的な日射量の時の屋根表面温度

ずっと触っていると火傷する熱さです。

ちなみに、白い屋根だと、日射の反射が大きいので、60℃くらいになります。

色を変えるだけで 30℃も異なるのです。白い車と黒い車のイメージに近いでしょうか。

これほど屋根表面が高温になるので、当然、熱が室内に入ろうとしてきます。

それを防ぐのが外部の温度を伝えにくくする性能、断熱性能(熱貫流率U値)というわけです。

morinos では、セルロースファイバーをたっぷり 240mm 使っています。

この性能によって、室内に到達する熱は 1.2%だけ。(上記条件:日射吸収率 90%、風速 1 m/s の場合)

屋根表面が 90℃になっても、1㎡あたり 10W くらい(小さ目の LED 照明をつけているくらい)の熱流入です。

無断熱の場合は、屋根表面の熱が勢いよく 25.7%も入ってきます。

ここまでくると1㎡あたり 230Wくらい(小型の電気ストーブくらい)の熱流入ですので、天井面に数十個のストーブをつけている状態です。

無断熱の家の二階が異常に暑くなる大きな理由です。

つまり、光が入らないので忘れがちですが、屋根や壁からも熱が入ってきます。

表面の色によっても違いが出ますが、なにより、表面温度が上がっても、しっかり断熱することで熱流入はかなり抑えられるということです。

では、ガラス面はどんな性能でしょうか。

日射熱の話(その1)でも数値を出しましたが、morinos のトリプルガラスで 58%の熱が入ってきます。

やはり日射取得性能は大きいです。

ただ、屋根と異なり、庇や植栽の影響を受けやすく、そもそも部位面積が小さいです。

軒の出や植栽、方位による設計の工夫は、日射熱の話(その1)を参照してください。

また、カーテンやすだれなどで夏と冬、時間に合わせてモードチェンジすることもできます。

今回の結論、日射の熱は、冬は取り込みたいですが、夏は遮蔽したいという相反する設計。屋根や壁はどう考えるべきでしょうか。

夏冬でモードチェンジができない屋根や壁は、夏冬の両立は難しいため、冬の日射取り込みはガラスに任せて、夏を旨として断熱強化で遮蔽をしっかりすることです。

断熱を強化すると、冬はプラスにこそなりませんが、熱が逃げていくことが抑えられるため、熱損失量も減らせます。

忘れがちな屋根面の日射熱の遮蔽。熱くなくても熱を伝えない断熱強化が基本です。

morinos マニアック-----

屋根に使っているセルロースファイバー断熱材。

一般によく使用されている安価なグラスウール(右)と、新聞紙の再利用の morinos セルロースファイバー(左)の比較。建築秘話 25 でも紹介した非定常計算で検証。

下の図は、夏のある一日の状況です。

赤が温度変化、黄緑が湿度変化を表していますが、蓄熱や蓄湿の高いセルロースは屋根内部の動きが穏やかです。

特に、短時間で外部変化を受ける場合に、内部に熱や湿気が侵入しようとする流れを緩やかにして、外部が穏やかになると再度外部に放出する性質があります。

これを、位相のずれと呼んだりします。

特に夏の屋根は熱が顕著。昼は 90℃近くまで高温になりますが、夜は 30℃くらい。実に数時間で 60℃近い温度変化がある場合もあります。

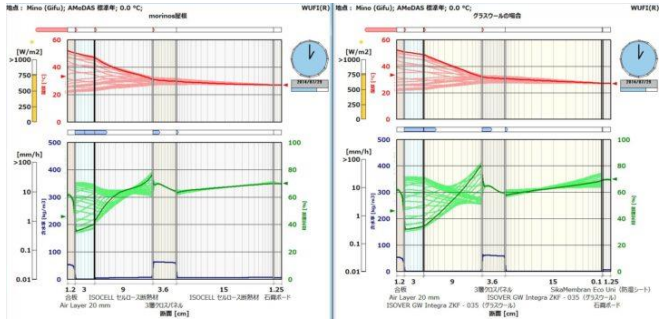
こんな時、昼間の高温の熱が屋根内部に侵入しつつ、中央部あたりで夕方を迎えて再度屋根外部に逃げていくこともあります。

(下の図を拡大すると、内部温度が 2~3℃程度違ってきています)

また、セルロースの蓄湿(調湿)の効果は夏型内部結露に関して非常に優秀です。

湿気も夏に内外の変化が大きく、昼間は外部の絶対湿度

が高く外から室内に湿気が流入しようとしつつ、夜は逆転して内部から外部に移動しようとする場面が多いです。その場合もグラスウール(右)は湿気を吸収する性質は皆無なので、一気に貫通してきます。セルロース(左)は湿気を吸い取りながらゆっくり浸透してきます。そこで、内外の湿気移動が逆転すると、躯体内の水蒸気が安定するのです。緑の軌跡が明らかに左のセルロースが安定しています。



准教授 辻充孝

2020年04月01日(水)
断熱と日射熱制御を考慮した温熱性能
(morinos 建築秘話 28)

morinos 建築秘話で壁や屋根の部位ごとの熱貫流率U値や、日射熱取得の話をしました。今回はその続きmorinosの「温熱性能の話(まとめ)」です。少し専門的な内容になっています。



morinos の夜景。色温度の低い赤目の照明が暖かそうなイメージを醸し出します。イメージだけではないのを温熱性能で確認してみましょう。

建物全体の断熱性能を計算した結果は「外皮平均熱貫流率UA値 0.61W/m²K」です。建築関係者の方はこれで温熱性能はピンとききますよね。そんなに高くない?と感じると思いますが、昼の活動が中心の morinos では日射の活用が重要なため、ガラス面が大きいことが響いています。

外皮平均熱貫流率UA値というのは、住宅で使われている断熱性能を示す値です。美濃市での住宅の省エネ基準値は0.87W/m²K。高くない基準値ですが、morinosの方が3割ほど高性能です。(morinosのような非住宅建築物の外皮性能は主に年間暖冷房負荷 PAL*で表現します。PAL*では概ね半分という計算です。建築秘話 17 を参照) UA 値の意味合いは、前回の熱貫流率U値と基本的に同じです。違いは建物全体の面積を平均した値ということだけです。

つまり、室内外の温度差が1℃と仮定した時、1 m²の外皮(屋根、外壁、床、窓)から、平均的にどのくらい熱が移動しているのかを示しています。

??? やっぱり難しい?
もう少し具体的に変化させてみます。

morinosの外皮面積(屋根や壁、床、窓の面積を全て足した値)を計測すると合計 449 m²でしたので、乗じると 0.61W/m²K×449 m²=約 270W/Kです。つまり内外の温度差が1℃の場合、建物全体から 270W

の熱が移動します。(冬は逃げていきますし、夏は入ってくることもあります。)

美濃市の1月の平均気温は 3℃(昼前くらいのイメージでしょうか)、室内を 20℃に暖房していると内外の温度差は 17℃となります。

つまり、外気温 3℃、室温 20℃の時は、 $270\text{W/K} \times 17\text{K} = 4,590\text{W}$ となり、室内から外気に向けて 4,590Wの速さで熱が逃げて行くこととなります。

よくある電気ストーブの発熱が 800~1,000W くらい(手元にストーブがあれば、強弱の横に〇〇W と書かれていることも多いです)なので、電気ストーブ 5 台分くらいの熱が建物全体に薄く散らばって逃げて行っているイメージです。

この時、晴れていて水平面日射強度が 500w/m²だとすると、日射熱取得の計算から 10,000W くらい入ってきますので、5,000W 分強プラスになります。(詳しくは下の morinos マニアック参照)

つまり、日中は取得する熱が多いので、どんどん暖かくなっていくということ。

また、曇りだと日射熱がほとんど入ってきませんので、逃げていく 4,590W 分を薪ストーブやエアコンなどで供給しないとイケません。

AGNI-CC の最大発熱量が 10,000W くらい(ちょうど晴れの日の熱量と同じくらい)ですので、ほどほどに焚いていけばちょうどいいくらいでしょう。(暖冷房設備は次の機会に。)



運業者からは、炎を楽しむためにどんどん薪ストーブを焚きたいとのこと。

炎の豊かな動きをぜひ楽しみに来場ください。暑すぎて冬でも開口部全開かもしれません。(笑)

morinos マニアック-----

学生と一緒に計算を突き合せて、見えてきた結果をいろいろ考察してみます。

使用したのは私が開発している環境デザインサポートツールです。

まずは断熱計算の結果概要(下の表)です。

1段目に上で説明した UA 値が 0.61W/m²K というのが見えます。

2段目、3段目には、開口部と、屋根・壁・床に分けて部位の性能が計算されていますが、開口部が、トリプルガラスとペアガラスの面積平均で 2.06W/m²K、屋根や壁の平均が 0.18W/m²K となっており、同じ面積だと、開口部の方が 10 倍以上熱が逃げやすいことがわかります。(表面温度にも影響します。)

4段目のq値 270.71W/K は、建物全体から1℃差で逃げていく速度。(上の本文で説明)

5段目の Q 値は、24 時間換気も含めた熱損失も考慮した値で、床面積1㎡あたりで計算したものの。(H25 以前の省エネ基準で使用していた指標値)

6段目の Q は、4段目のq値と同じく建物全体の性能ですが、換気の損失も含んでいます。実際には、換気扇を回しっぱなしですので、この熱量が逃げていくこととなります。

最後の7段目「熱損失面積係数」は、床面積1㎡あたりでどれだけの外皮があるかということ。

イメージしにくいと思いますが、下の割合を見ると 154.40%となっています。

これは、morinos の床面積 129 m²が、もし正方形の総二階だった場合(一般的に効率の良い建物形状)と比べてどのくらい外皮面積が大きいかということ。平屋のため、熱的には 1.5 倍程度不利な形状をしていることを示しています。

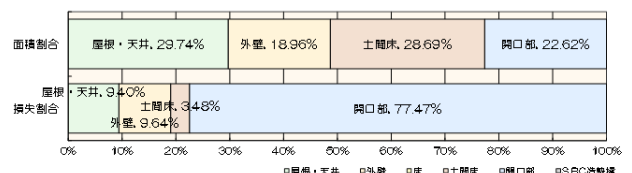
当然、100%に近い形状が熱が逃げにくいのですが、使い勝手や見え方など総合的に判断する必要があり、自分が設計している建物がどのような性質かを把握しておくことが重要なのです。morinos は熱が逃げやすい分、各部の断熱性能を高めています。

外皮平均熱貫流率U _a	0.61 W/m ² K H28年省エネ基準値 0.87 W/m ² K	建物外皮1㎡あたり、室温差1℃の時の熱移動を示す。(換気除く)
開口部以外の外皮平均熱貫流率	0.18 W/m ² K	開口部を除く外皮の平均熱貫流率を示す。
開口部の平均熱貫流率	2.06 W/m ² K	開口部の平均熱貫流率を示す。
単位温度差あたりの外皮熱損失量q値	270.71 W/K	室温差1℃の時の建物全体の熱移動を示す。(換気除く)
熱損失係数 Q 値	286 W/m ² K	床面積1㎡あたり、室温差1℃の時の熱移動を示す。(換気含む)
H28年基準計算を用いた目安Q値	1.70 W/m ² K	断熱性能を既設天井断熱2.0m ² に設定し、換気設備や床面積を求めたもの 217.33㎡あたり
総熱損失量Q	369.60 W/K	室温差1℃の時の建物全体の熱移動を示す。(換気含む)
熱損失面積係数	3.49	床面積1㎡当りの外皮面積の割合を示す。数値が小さいほど熱損失の少ない建物形状です。
	154.40%	断熱性能を既設天井断熱2.0m ² に設定し、換気設備や床面積を求めたもの 217.33㎡あたり

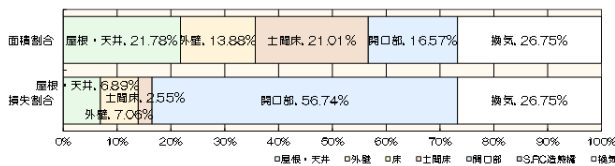
次に、下のグラフです。

上段が部位ごとの面積割合。開口部が 22.6%と大きめです。(一般的な住宅は 10%前後が多いです。)また平屋ですので、屋根と土間床がほぼ同じくらいの面積割合。

その面積に対して、下段が熱が逃げていく割合を示しています。開口部面積が 22.6%だったのに対し、断熱性能が屋根や壁の 10 倍以上逃げやすいということから熱損失割合は 77.47%と全体の 2/3 を占めています。つまり morinos では、8割近くは開口部から熱が逃げています。



次に下のグラフは、換気扇から逃げる空気による熱損失も含めたバランスです。morinos はそれなりに高断熱。そうすると換気による熱損失は無視出来ません。1時間に 0.5 回程度、空気を入れ替わる換気扇を取り付けていますが、それによって、全体の 25%分の熱を捨てているということです。換気扇を止めればいいと考えるかもしれませんが、それはいけません。換気の目的は人が活動する際に排出する汚れた空気(呼吸からの CO2 や水蒸気、臭いなど)をきちんと入れ替えること。建具を開け放してれば問題ありませんが、内部で空調している場合は適切に動かす必要があります。1/4 が換気の熱損失とみると大きいと感じるかもしれませんが、絶対量の熱損失が少なめですのでそこまで気にしないで大丈夫です。

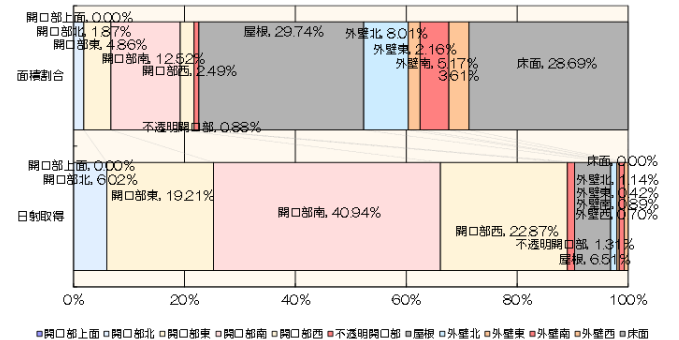


次に、夏期の日射遮蔽の性能です。1段目の η (イータ) AC 値は、外皮にあたる日射熱のうち平均的に 2.8%分が室内に入ってくることを示しています。(AC の A は平均 Average、C は冷房期 Cooling season の略) 夏ですので少ない方が有利になります。(住宅基準で、高い目標ではないですが目安として美濃市では 3.0%以下が目標) 2段目は、日射が 1W/m²の場合、建物全体に入ってくる日射熱量を示しています。つまり、晴れた日で水平面日射量が 800W/m²あったとすると、12.35W/(W/m²)×800W/m²=9880W 分室内に日射が入ってくることを示しています。(ここでは簡易的に、方位関係なくまとめた数値で計算しています。実際には、時間帯に合わせた方位別で計算する必要があります。) 結構大きいですが、周囲に何もなくて野原にポツンと建っている計算です。(基準用の計算のルールです) 3段目は、床面積に対してどの程度入ってきているかを示しています。(H25 以前の省エネ基準で使用していた指標値) 4段目が、野原にポツンではなく、morinos 北の情報センターや森の工房など隣棟などを考慮した値。概ね 2 割ほど日射の侵入が少なくなる予想です。ただ、西の桜並木の効果は見えてませんので、実際にどの程度減ってくるかは楽しみなところです。

冷房期	外皮平均日射熱取得率 (η_{AC} 値)	2.8%	建物外皮 1m ² あたりから入る日射熱取得の割合を示す。
	H28年省エネ基準値 3.0		
	日射熱取得量 (m値)	12.35 W/(W/m ²)	窓のない水平面に 1W/m ² の日射があった場合、建物内に入る日射量を示す。
	日射取得係数 (μ 値)	0.096	床面積 1m ² あたりから入る日射熱取得の割合を示す。
	隣棟遮蔽を考慮した補正後 η_{AC}	2.3%	隣棟遮蔽を考慮した η_{AC} 。周囲に近い場合はさらに削減される場合に使用する。

次のグラフは、面積割合と日射が入ってくる割合です。上段の面積割合は、開口部や外壁などを方位別に細かく見っていますが、上で示した断熱性能のグラフと同じ割合

です。下段が日射が入ってくる割合を示しています。東西南北の開口部から 90%程度熱が入ってくるのがわかります。特に多いのが南の開口部で、40.94%と最も大きくなっています。4mも跳ねだした大屋根の深い軒先で防いでいるとはいえ、面積が大きいのが影響しています。庇の短い西も 22.87%と大きめです。外構計画と合わせて検討していく必要があります。一方、セルロースをしっかりと詰めた屋根は、面積が約 30%に対して日射侵入は 6.5%と少ないです。余談ですが、屋根の断熱性能が弱かったアカデミー本校舎には反射率を高める遮熱塗料を塗りましたが、断熱がしっかりされた morinos では遮熱塗料の効果は少ないため使用していません。

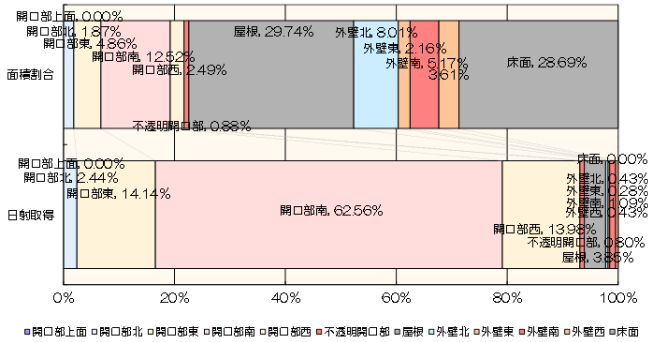


次に、冬期の日射熱の取得性能です。夏期と違って数値が大きいほどたっぷり日射が入ってきます。1段目の η_{AH} 値は外皮にあたる日射熱のうち平均的に 4.6%分が室内に入ってくることを示しています。夏期が 2.8%でしたので、1.6 倍日射熱が入りやすい性能といえます。2段目の日射熱取得量も当然 1.6 倍になっています。冬期は太陽高度が低いため、水平面の日射エネルギーが少ないとはいえ普通に晴れていれば 500W/m²。20.89W/(W/m²)×500W/m²=10,445W と大量の熱が入ることになります。(AGNI の薪ストーブの最大火力に匹敵します。) 3段目は床面積あたりの日射熱が入ってくる割合 16.2%。4段目が周辺の建物を考慮した値、冬期も隣棟によって取得エネルギーが減る予測です。

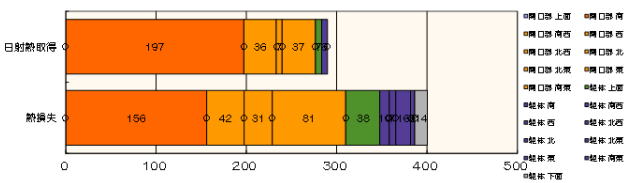
暖房期	外皮平均日射熱取得率 (η_{AH} 値)	4.6%	建物外皮 1m ² あたりから入る日射熱取得の割合を示す。
	目安：基準 η_{AH} 値 2.0		
	日射熱取得量 (m値)	20.89 W/(W/m ²)	窓のない水平面に 1W/m ² の日射があった場合、建物内に入る日射量を示す。
	日射取得係数 (μ 値)	0.162	床面積 1m ² に対する日射熱取得の割合を示す。
	隣棟遮蔽を考慮する	考慮する	補正後 η_{AH}

次に冬期の外皮面積と熱取得のバランスです。上段は夏期の面積割合と全く同じもの。下段が冬期の熱取得バランスです。大きく変化したのが南開口部。夏期に 41%だったものが 62.5%と 1.5 倍も増加。太陽高度が下がったため、南の取得が有利になっています。

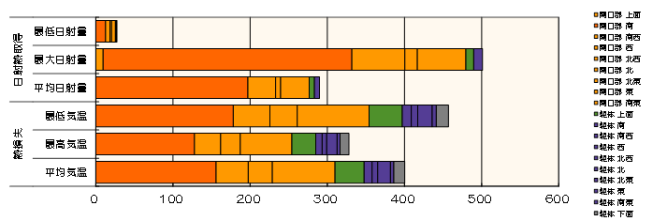
全体で見ても、開口部からの熱取得が 94%に増えています。



次に、下のグラフは冬期の単純な熱損失と熱取得のバランスを示しています。(室温は利用者の活動量・発熱量が多めの施設ということで仮に 18℃としています)
美濃市の平均的な外気温と日射量の場合、上段の日射熱取得に対して、下段は外気温が低いことで逃げていく熱を示しています。
概ね 1.2 倍ほど熱損失が上回っています。つまり、不足分を薪ストーブかエアコンで熱を供給しないとイケないということ。

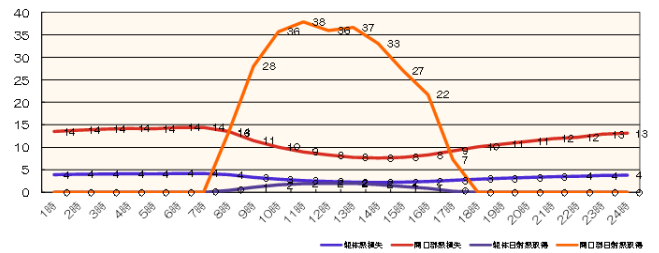


では、寒かったり、日射が多かったり、曇っていたりとした場合はどうでしょうか。
上部3段は、日射の状況でどの程度の熱が入ってくるかを示しています。曇りだと最上段。良く晴れると2段目、平均的な日射が3段目です。曇りと快晴では、20 倍以上も取得できる熱量が異なります。
一方、下部3段は、外気温の違いによる熱損失を示します。日射ほどの差はありません。
見比べると、快晴時であれば、熱損失を上回りほぼ無暖房で運用できそうです。ただ、このグラフは単純な一日の総量ですので、日中は必要な熱量の2倍以上取得しているのに対し、明け方は不足するので暖房設備で補助する必要があります。

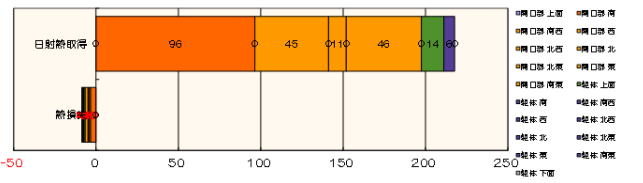


一日の取得と損失を見たのが下のグラフ。
日中はオレンジの取得が、赤い熱損失を大きく上回っているのがわかります。
一方、夕方から夜間、明け方までは日射熱取得はゼロになります。この間の温度低下を防がないといけません。それ

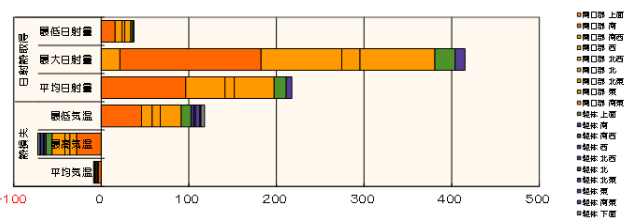
を担保するのが断熱性能と日中の熱を持ち越す蓄熱性能です。
morinos のシンボルである左官壁や、広葉樹を使用した家具などは、蓄熱量が少し高め。冬期にサーモカメラなどで温度変化を見るのが楽しみです。



同様に夏期も見てみます。
夏期の標準的な外気温と日射量です。
上段の日射熱取得を見ると、当然日射が入ってきて暑くなります。一方で下段の熱損失はマイナスの方向に出ています。つまり、損失のマイナスなので熱が入ってきているということ。
夏期は基本的に外気より涼しくなる要素はほぼありません。(夜間の放射冷却くらい)
そのため、2018 年に 41℃を記録し全国で 2 番目に暑い美濃市の夏を乗り切るためには、この日射による熱取得をなるべく減らし、エアコンで冷房を行う必要があります。
ちなみに通風は体温より低い外気温であれば、気流感で涼しさも感じられますが、真夏の風はむしろ体感的に暑く感じますので注意です。



次に夏期において、日射と外気温が変化すると、熱取得と熱損失はどんな感じか見てみると、
冬期と同じように天気によって上部3段の日射熱取得の変化は大きいです。特に2段目の快晴時は要注意です。
一方、下3段の外気温による変化を見ると、涼しめな日であれば、熱損失の方に寄っています。つまり、夕方から夜間にかけて換気で熱を捨てることも可能です。



下のグラフは、夏期の時間ごとの変化です。
冬と違って日の出が早く、6 時前から日射が入ろうと始めます。これは、北東にある建物や演習林による遮蔽効果も効きます。
また、夕方のダメ押しとなる西日対策はどんな状況か、現地を見ながら考えたいですね。

2020年04月02日(木)

薪ストーブとエアコンの空調設備計画(morinos 建築秘話 29)

今回は、空調設備について。

morinos 全体のエネルギー予測の8割を占める空調エネルギー。この空調エネルギーを削減するには、3つの方法があります。

1. 暖冷房負荷を削減する。
 2. 建物や設備の使い方を工夫する。
 3. 高性能な暖冷房機器を効果的に運用する。
- です。

1番目の暖冷房負荷を削減するには、断熱性能や日射熱制御性能など温熱性能のバランスが不可欠です。morinos では、温熱性能の向上によって暖冷房負荷PAL*をおよそ半分まで削減しています。

2番目の建物の使い方を工夫することは、今後の活動プログラムとも連携しながら考えていきたいですが、春や秋は開口部を開け放つことで、外の心地いい空気を取り込んだり、外構計画の植栽などで、日射をコントロールしたりと、その時々に合わせて空調を使わないように工夫します。

間違っても寒さや暑さを「我慢」することではありません。健康を害するリスクを極力減らしつつ、心地よさを確保する必要があります。

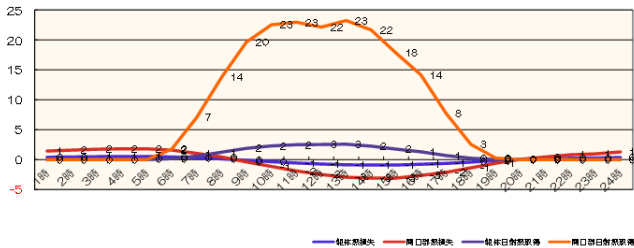
この建物の使い方の工夫で対処できない場合、3番目の方法、高性能な空調機器を使用します。(2番目の設備の使い方は後述します。)

morinos では、2種類の設備が導入されています。

薪ストーブ

一つ目はすでに紹介のあった薪ストーブです。冬期の暖房のみに使用します。

バイオマスを利用した設備で、敷地内で取れる針葉樹にも対応したものです。



今回は、少し難解な温熱性能のはなしでした。ですがエネルギー消費の大半を占める空調にかかる大切な要素でもあります。

もっと詳しく聞きたい方、専門家の方は、毎年温熱設計の専門技術者研修を開催していますのでそちらもご検討ください。

准教授 辻充孝

morinos で試し焚きした時の様子

最大で、10,000W くらいの出力がありますので、熱量だけで行くと1台で十分な能力です。
(外気温が0℃の時、換気を含めて 7,400W 程度の熱損失の建物性能)

ただ注意点としては、広いガラス面からの熱取得である日射熱と違って、薪ストーブは本体が 300℃近い高温で、しかも一か所からの放熱ですので空間に温度ムラができます。
考えればわかりますが、薪ストーブ近くは暖かく(暑く)、離れると寒くなります。ストーブをつけっぱなしで長時間運転すると、この温度ムラは多少はましになります。

この温度ムラの発生を弱点ととらえるか、自分のちょうどいい居場所を見つけるちょうどいいムラと考えるかは利用者の判断です。
morinosは室内でもヨガや工作など、いろいろな活動を行う予定で、利用者の年齢や性別もバラバラですので、個々の発熱量が異なります。
平穏な住宅と違って 20℃前後が心地いいとは限らず、少し運動すると 15℃くらいが心地いいとか、もっと涼しい方が良いとか人それぞれです。

薪ストーブは熱以外にも炎の揺らぎも心地よさアップです。
利用者がどのように薪ストーブを評価するか、楽しみなところですよ。

エアコン
もう一つの設備が、エアコンです。夏期の冷房と冬期の暖房に利用します。
morinos のエアコンは2種類あり、一つは一般的な壁掛けエアコン1台と床に半分埋め込んだ床置きエアコン2台です。

壁掛けエアコンは、一般に表示されている 18 畳用の能力で、部屋と一体になった見せる収納庫内にあります。



morinos は概ね 78 畳ワンルーム(129 m²)の大きさがありますが、実は能力的にはほぼ1台で足りる。

18 畳用のエアコンなのに、どうして???となると思いますが、一般的な表記(この場合 18 畳用)はほぼ無断熱の場合の畳数がかかっているためです。
morinos のようにしっかり断熱された建物とは異なるのです。(詳しくは下の morinos マニアック参照)

ただし、これも一か所からの暖気供給ではムラができますので、薪ストーブや床置きエアコンと併用で、適切な温度域を作る必要があります。

もう一種類の床置きエアコン2台は、収納下部の扉の奥で床に半分埋め込まれています。
冬は、床下空間と、床上に暖気を出し、夏は床上のみに冷気を出します。



床下に半分埋め込まれた床置きエアコン。背面の銀色の放熱板は調光照明用のパワーモジュールです。

morinos の床下は、750mm 高の空間があいています。ここに暖かい空気を送り込み、地中に熱が逃げないように基礎断熱で防ぎ、暖かい熱はフローリングを通して室内に戻します。
また、窓際には、暖かい空気の吹き出し口が各所に開いています。



この吹き出し口も大工さんの手作り。フローリングの圧密材を使って、ぴったりサイズで納まっています。

この床下暖房計画は、morinos の活動スタイルを考慮してのもの。理由は2つです。

1つ目の理由は、morinos の床は土足での活動が中心な

ので、スギの圧密フローリングで、カチカチになっています。
ですが、こんな気持ちのいい空間では、子どもたちは裸足でも動き回るはず。
その時、空気を多く含んだスギ本来の性質であれば、熱が奪われにくく冷たさを感じにくいですが、圧密フローリングだと、熱伝導が良く冷たく感じかねません。(概ね1~2℃程度は変わってきます)そこで、そもそものフローリングの温度を上げるために床下に暖気を吹き込んでいます。(「[スギのフローリングは暖かい?](#)」も参照してください)

2つ目の利用は運用スタイルです。
環境教育施設の性質上、ウェルカム感を出すために冬でも扉を開け放ったり、常に出入りがあることで、開放的に使うことも想定されます。
その時に、床上の空間にいくら暖気を出しても通気によってすぐに霧散してしまいます。
そこで床下空間を暖めることで、床の表面温度を多少なりともあたため、体感温度(特に床に近い子供たち)を確保することを期待しました。

一方で冷房です。
良く晴れた日中には 10,000W 近い熱が室内に入ってきます。(逆に夜間は0W)
この熱を取り除く必要があります。

壁掛けエアコンの最大冷房能力が 5,700W、床置きエアコンが 5,600W×2 台ですので、能力的には十分な性能が確保されています。

また、冷気は、比重が重たいので床付近に溜まりやすく、暖房より効果を実感しやすいです。
壁掛けエアコンと床置きエアコン2台を適切に運転することで効率よく冷やしていきます。
今回選定したエアコンは、ゆるめ運転の方が省エネ性能が高い(下の morinos マニアック参照)ので、複数台を同時運転することで、省エネ+大きすぎない適度な温度ムラが実現できるでしょう。
吹き抜け上部空間の熱だまりも気になるところですが、天井が高い(距離が離れている)ので表面温度は感じにくく、空気温度は居住域を効果的に冷やすことで気にならないでしょう。
morinos のような容積の大きい空間は、空間全部を空調するというより、居住域を適切に空調するという考え方が合っています。

アカデミー校内で得られるエネルギー源は、薪に代表されるバイオマスと太陽光発電の電力のみ。
これら2つのエネルギー源を活用した薪ストーブとエアコン、2種類の空調機器を、運用状況に合わせて賢く運転できることを期待しています。

morinos マニアック-----

壁掛けエアコンの能力をカタログで見ると
暖房能力:4.7kW(0.6~9.2)、消費電力:1770(110

~3160)、[COP:2.65(5.45~2.91)]
冷房能力:5.6kW(0.6~5.7)、消費電力:1930(120~2030)、[COP:2.90(5.00~2.81)]
とあります。(COP は書かれていないことが多いですが、単純に能力÷消費電力です。)

見方としては、暖房はカッコ内の能力を出すことが可能で 0.6kW(600W)から 9.2kW(9,200W)までが出力範囲です。
つまり、このエアコン、カタログ上は最大 9200W の熱を出すことができます。
外気温が下がるとここまで出ないこともありますが、外気温が 2℃程度でも 6,700W くらい出ますので、morinos では概ね1台で行けます。

また消費電力は、600W の熱を出している時に 110W の電力で賄えるので、1 の電気から 5.45 倍の熱を出す性能(COP5.45)という魔法のようなことが起こっています。これは、空気中の熱をポンプアップするヒートポンプという技術によるものです。
一般的な電気ストーブやコタツは、ほぼ 1 倍の能力なので、110W の電力を使うと、110W の熱を出します。単純な電気ストーブは 5.45 倍も効率が悪いのです。
電気で熱を作るならヒートポンプ(エアコン)を中心として、電気ストーブやコタツは極力使用しないことが肝要です。

ちなみに中間くらいの運転状況では、4700W の暖房時に 1770W の電力消費なので 2.6 倍の性能、最大時は 9200W の暖房時に 3160W の電力消費なので 2.9 倍と落ちてきます。メーカーによって特徴が違いますが、今回のエアコンは、ゆるい運転状況を得意としています。

冷房は、0.6kW(600W)から 5.7kW(5,700W)までと最大能力が劣ります。
効率も、低負荷運転の 5.0 倍から中間では 2.9 倍、高負荷運転の 2.8 倍と、暖房と同様にゆるい運転がよさそうです。

つまり、部屋が冷え切った状態から一気に高負荷運転で暖房するより、一度暖めてしまってゆるく暖房を掛けている方が 2 倍程度効率がいいということ。
薪ストーブや他のエアコンと併用しながらゆるい運転をする工夫が省エネに効きそうです。

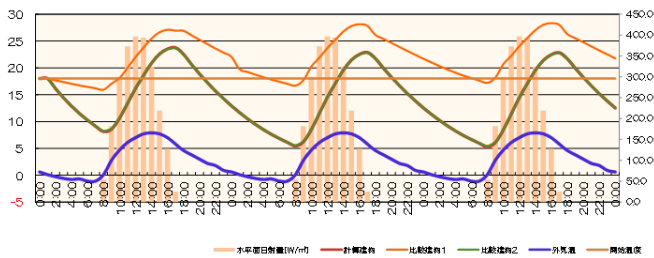
床置きエアコンの能力は、
暖房能力:6.7kW(0.5~8.8)、消費電力:2280(120~3220)、[COP:2.94(4.16~2.73)]
冷房能力:5.6kW(0.6~5.7)、消費電力:1780(130~1850)、[COP:3.15(4.62~3.08)]
となっており、壁掛けエアコンと同様程度の性能です。

最後に、通風や空調を見込んだ室温シミュレーションも見てみます。
学生と、いろいろなパターンで見えていきましたが、平均的な気温と日射量の結果だけ見てみます。

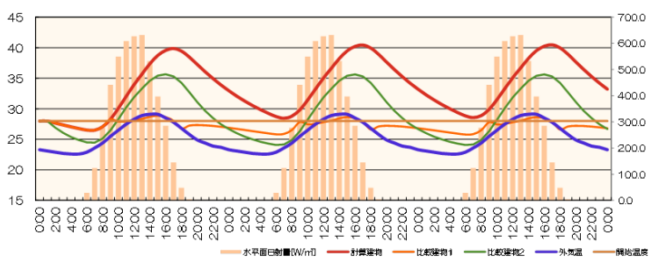
まずは、冬の想定です。(下のグラフ)

青いラインが美濃市あたりの外気温が3日続いた場合を示しています。明け方に氷点下になり、日中8℃程度まで上がってます。これを3日繰り返しています。薄オレンジの棒グラフが日射量(日中で 400W/m²程度)を示しています。毎日ほどほどの日射がある日が続いた想定です。

閉め切って無暖房の場合がオリーブ色の線になります。(24時間換気は運転)
明け方は5℃近くまで下がってしまいます。日中はたっぷり日射を取り込むため 23℃近くになる予測です。夜間は日射熱取得がゼロで、断熱性能の劣るガラスから熱が逃げるため、明け方の冷え込みがあります。明け方、スタッフの方がやってきた時が最も冷え込んでいます。
ではどんな暖房運転が良いか学生も考えました。例えばエアコンは日中使わず、夕方から明け方までゆるく 5000W 程度で運転するとオレンジ色のラインです。朝の段階で 17℃程度、晴れていれば出勤後は暖房を切っても日射で室温は上昇します。これはエアコン以外でもよくて、薪ストーブに大きめの薪(表面積に対して体積が大きいもの)を入れて、空気量の調整で、夕方から翌朝までゆるく焚いて上げることで同様の状態が出来上がります。



では夏はどうでしょう。(下のグラフ)
同様に青いラインが外気温、薄オレンジの棒グラフが日射量(日中は 650W/m²程度)の3日間の変化です。窓を閉め切って、ほったらかしが濃い赤ラインです。日中は温室のように 40℃まで上がっています。では、通風(2.5 回/h)をしたらどうでしょう。室温よりは涼しい外気が取り込まれますので、緑のラインの状態。ましになりましたが、外気温より下がることはありません。日中は 35℃近くまで暑くなっています。しかも、風は気まぐれなので、常に通風が得られるわけではありません。では、暑い夏は窓を閉めて冷房を 9 時から 17 時までゆるめに 7000W程度かけているとどうでしょう。(夜間は冷房をオフ)オレンジ色のラインです。概ね 27℃程度で安定しています。



実際の運用では、日によって外気温や日照状況など異なります。運用者が状況に合わせて適切に調整をすることで、morinos にとってちょうどいい室内気候を見つけてもらえれば幸いです。

実際の運用が始まったら、学生といろいろ実測して、計算結果と比較したいですね。いい教材になりそうです。

准教授 辻充孝

2020年04月03日(金)

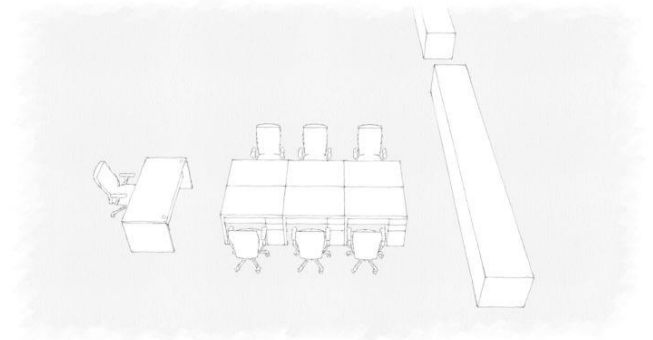
あたらしい働き方を morinos から(morinos 建築秘話 30)

morinos は日本で最初の「森の入り口」施設です。毎日いろいろな人が、ここから森とつながっていきます。ここで働くスタッフはいつも多くの人たちと接し、その時その季節に合ったプログラムを実施しながら、森への案内人を努めます。建物の中と周辺で子どもたちの様子を見て何かあればパッと駆けつけたり、拾ってきた葉っぱから樹木の名前を質問されたら iPad や図鑑を持ってきて一緒に調べたり。

こうした morinos の働き方を実現するために、その機能が建築にも求められます。これは設計の一番初めから最重要条件になっていました。運用ディレクターのナビさんからは以下の2つの要望をもらいました。

「スタッフと来館者を、分け隔てない」
「スタッフと来館者が”同じ目線”でいる」

ところでオフィスというと、よく見るデスク配置といえばこれ。



よくありますよねこの配置。

「侵入禁止」「上下関係」を体現した配置ですね。morinos の設計条件としては、これはダメ。

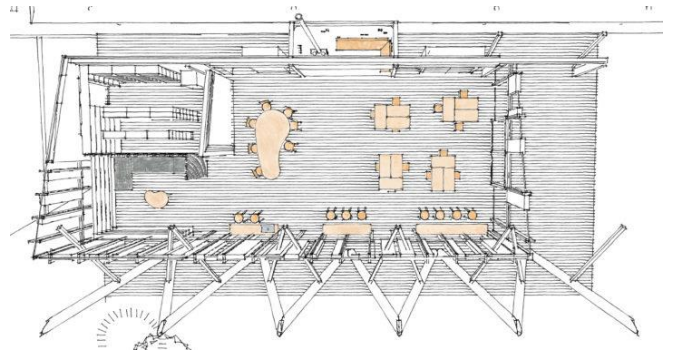
ですので morinos は、設計のスタート時点、つまり最初の学生提案&隈研吾先生の原案段階で、「あたらしい働き方」が提唱されました。



隈研吾先生の原案スケッチの時点で、morinos は「あたらしい働き方」がメインテーマに位置付けられています。

それは、
「固定した受付カウンターはつからないこと」
「通信手段は無線 LAN。ノート PC を持ってどこでも仕事ができるようにすること(フリーアドレス)」
「周辺現場にすぐ駆けつけることができ、来館者の質問にすぐ答えられるように働くこと」

できた間取りがこちらです。



着色してある場所のどこに座っても仕事ができます。天気がいい日は外のデッキでも。

「フリーアドレス」なので常駐スタッフは決まった場所にデスクを持たず、普段は中央の豆型テーブル付近に居ます。気が向いたらコーヒーを持って日当たりのいい南側カウンターに行ってもいいし、膝にノート PC を置いてソファで仕事してもいい。無線 LAN で通信できるし、コンセントはどこにでもあります。ストーブ横のベンチに腰掛けてもいいかも。

スタッフと来館者を隔てるカウンターも無いので気軽に声をかけやすいし、自然とコミュニケーションが生まれます。

morinos は光環境も温熱環境も良く、場所によって違った居心地があるので、毎日居場所を変えてもいいですね。ほら、考えただけで楽しく健全に働けると思いませんか？……僕も morinos で仕事をしようかな……。

■中央の豆型テーブル





普段は真ん中の穴からコンセントを引き出します。蓋は岐阜県木「イチイ」。なくならないように革紐が付いています。コンセントが落ちないように工夫されたギミックが。



県産材ミズナラで出来た豆型テーブルです

なかなか良いフォルムですね。角がなくて、どこにでも椅子をつけて座れる。くぼんでいる部分に座りたくありませんか？この曲線はウェルカム感があります。



席をはずす時は、引き出しに PC をしまっけて鍵をかければ OK。ちなみに幕板を曲線にして、引き出しの前板は直線になるように工夫されています。

■南側のカウンター



このテーブルは、小さい円と大きい円が内包された形になっていて、大きい円の方は模造紙を広げて会議できるようにしてあります。模造紙は四六判(1091mm×788mm)ですので広げるとこんな感じ。スタッフのミーティングに使います。



10 席あります。外の様子が見えるので、屋外プログラムを見ながら仕事ができます。天板にコンセントあり。コンセントの下の配線はちゃんと隠しています。シンクもあるので手洗いや水筒への水分補給もここで。(美濃は水がほんとに美味しい！)



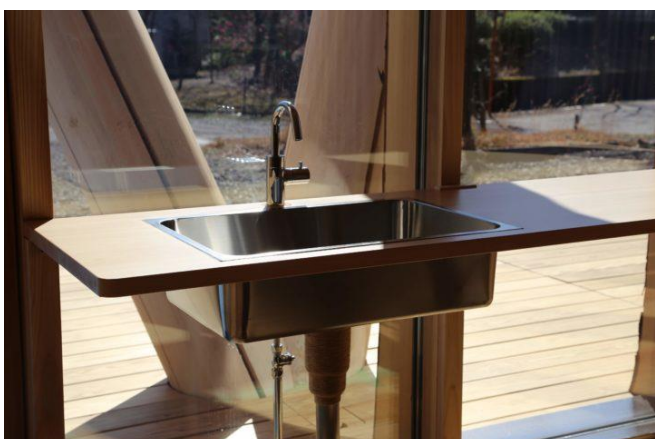
ソファで足を伸ばして仕事をしてもいいですね。スタッフもここで弁当を食べてもいいかもしれません。来館者と一緒にすごせる憩いの場です。

■ベンチ



洞窟のベンチに座ると、こもった雰囲気でも集中できるかも。その日のプログラムによっては、真冬なのに全部の出入り口が開けっ放し！寒い！ということもあるかもしれないので、そんな時はストーブにあたりながら仕事をしては？

■1人用のテーブルをくっつけて



■ソファ



県産材のヒノキ、カツラ、クリ、ホオノキを使って制作した

「耳付きテーブル」。プログラム用ですが、これをくっつけると数人でミーティング出来ます。このテーブル、1人用にちょうどいい大きさで、スタッフみんなのお気に入り。

(家具についても記事にする予定なので、乞うご期待です)

資料やコピー機や無線 LAN ルーターなどは収納庫に設置しています。また、来賓の方と静かに打ち合わせする必要がある場合は、morinos の北側にある「森の情報センター」を改修してつくった応接室が準備されています。



物入も大きめにとってあるので、ここに資料を置きます。運用しながら可動棚を設置する予定です。でもここに役所っぽく大量の紙ファイルを並べては、いくら棚があってもキリがありません。出力のいらぬものはデータで保存する、書類決裁の方法を電子署名にするなど、これまでの行政の働き方を変えていく必要があります。無駄を省き、合理的で、生き活きとした、あたらしい働き方を発信するのも、森の入り口の役割ということですね。

「なんだか自由すぎるオフィスじゃない？大丈夫？」と思います？
同じ姿勢でずっとデスクワークをすることで健康を著しく害することが研究によって明らかになり(まあ、あたり前ですよね……)世界的に問題になっています。クリエイティブで健康的なオフィスの実践として Google や facebook などのテーマパークようなオフィスは有名ですが、日本の IT 系企業でもフリーアドレスのオフィスはスタンダードになってきています。ドイツに取材に行ったときは「昇降式のスタンディングデスク」を多く見かけました。



シュトゥットガルト教区の財団カトリック自由学校のオフィス。数時間毎にデスクが昇降し、PC を打ちながら立ったり座ったりすることで健康を害さないように配慮されている。

何より、スタッフと来県者の分け隔てがないことが大切です。岐阜県でも、morinos が先駆けてこうした「あたらしい働き方」を提案していきます。いやあ、僕も本当に morinos で仕事しよう！

木造建築教員:松井匠