

A P R I

遮熱シート「アフリ」

遮熱・断熱・気密・防水シート

A . . . airtight 気密

P . . . water proof 防水

R . . . reflect 遮熱

I . . . insulation 断熱



超薄型高性能遮熱シート「アフリ」

遮熱・断熱・気密・防水を6mm厚シート1枚で実現

フラット35・長期優良住宅・エコポイント対応

透湿防水シート不要



〒360-0846

埼玉県熊谷市拾六間596-12

House Support Club

ハウスサポート倶楽部

TEL 048-530-6390

FAX 048-530-6391

URL <http://house-support-club.com/>

E-mail house-support@lagoon.ocn.ne.jp

2011年09月28日改訂

< 目次 >

1 住宅建設と省エネ基準・断熱材の歴史	5
2 住宅断熱化の目的と効果	
2-1 暖冷房負荷の軽減と温暖化防止	7
2-2 体感温度の改善	7
2-3 温度むらと健康安全性の向上	8
3 断熱基準	
3-1 地域区分	9
3-2 断熱基準の設定方法	9
①記号別断熱材の種類と地域別断熱材の厚さ表による基準設定	10
②各部位の熱貫流抵抗(熱抵抗値)による基準設定	11
③建物全体の熱損失量による基準設定	11
④建築主の判断基準による基準設定	12
4 断熱材	13
4-1 なぜ夏も繊維系断熱材？	13
4-2 柱や筋交いの間にしか施工出来ない事で起こる熱橋(ねつきょう)	15
4-3 熱橋がある事で起こる恐ろしい壁内結露	16
4-4 充填断熱工法では壁内結露を防げない！	17
5 壁内結露が及ぼす影響	
5-1 壁内結露がカビ・ダニの原因	19
5-2 壁内結露が建物を弱くする	20
5-3 昭和50年に北海道で起こったナミダダケ事件	21
5-4 水蒸気の動きを考えていない危ない施工例①	22
5-5 水蒸気の動きを考えていない危ない施工例②	23
6 現状	
6-1 現状	24
7 壁内結露の起こらない住宅にするには	25
7-1 充填断熱工法と外張り断熱工法	25
7-2 外張り断熱工法の利点	26
7-3 外張り断熱工法の欠点	26
8 ボード系断熱材の性質	
8-1 断熱材は熱を吸収し、反対側へ熱を遅く伝える材料	27
断熱材の冷凍庫内実験	28
8-2 フェノールフォーム断熱材の性質	29
8-3 ウレタンフォーム断熱材の性質	30
8-4 ポリスチレンフォーム断熱材の性質	31

9 熱の移動	32
9-1 熱の移動は伝導・対流・輻射	32
9-2 伝導・対流・輻射による熱移動割合	34
9-3 伝導・対流・輻射による熱移動の特徴	35
10 遮熱シート「アプリ」	36
10-1 遮熱シート「アプリ」	36
10-2 従来の工法との比較	38
10-3 バブルポリエチレン製遮熱シートとの比較	39
10-4 蒸着アルミ製遮熱シートとの比較	40
10-5 遮熱シート「アプリ」検証①<冬期想定編>	41
10-6 遮熱シート「アプリ」検証②<冬期想定編>	42
10-7 遮熱シート「アプリ」検証③<実際住宅での温度測定>	43
10-8 遮熱シート「アプリ」検証④<暖冷房負荷編>鹿児島	44
10-9 遮熱シート「アプリ」検証④<暖冷房負荷編>東京都	45
11 遮熱シート(アルミ箔による熱反射)事例	
11-1 遮熱シート宇宙空間での活用	46
11-2 遮熱シートその他の身近な活用	47
12 遮熱シート「アプリ」施工例	48

■1.住宅建設と省エネ基準・断熱材の歴史

昭和40年代後半から50年代前半に起こった2度にわたる石油ショックの影響もあり、住宅からのエネルギー消費を削減するために、国は昭和54年(1979年)に省エネルギー法に基づく住宅の断熱性能基準「**省エネルギー基準**」を定めました。

当時の住宅金融公庫(現 住宅金融支援機構フラット35)の住宅融資の条件として、断熱材の最低基準が設けられ、融資住宅の壁には、グラスウール10Kg/m³の場合、50mm以上 充填しないと融資を受ける事が出来なくなりました。

現在の住宅金融支援機構フラット35でも、「省エネルギー基準」である、温熱環境における断熱等級2以上が融資対象住宅となっています。

玄関や窓が、木製からアルミサッシへと変わってゆき、日本伝統の木造住宅が変化し始め、新建材と呼ばれる日本特有な材料で住宅が建設され、大工さんが造る木造住宅からハウスメーカーの台頭により、住宅建設が産業化されてきたのも、この頃です。

平成4年(1992年)には、「**新・省エネルギー基準**」。また、平成9年(1997年)12月の京都で行われた「気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)」通称、**地球温暖化防止会議**において、我が国は、平成24年(2012年)までに、CO₂の削減量を1990年レベルよりも6%削減する事を採択し、平成17年(2005年)2月に発効されたのが、「**京都議定書**」である採択後、目標達成のひとつの政策として、平成11年(1999年)には「**次世代省エネルギー基準**」が制定されました。

ただ、2005年度、京都議定書発効時点での温室ガスの総排出量は、1990年基準年比7.8%の増加となっており、平成20年(2008年)3月、京都議定書目標達成計画が改正され、平成21年(2009年)に「住宅建築の省エネルギー基準」が改正され、地球環境やエネルギー問題と関連して、住宅建設の際の断熱基準が日々、強化・見直しされ、現在に至っています。

住宅の断熱基準とエネルギー問題は、密接な関係があり、平成23年現在の日本の状況を考えると、今後近い将来に、新たな省エネルギーに関する基準が出てくる可能性もあります。

また、制定されている省エネルギーに関する基準は、建築基準法とは違い、法的な制限がある訳ではなく、一つの基準として設けられているだけですが、「次世代省エネ基準」=温熱環境最高の等級4をクリアする事で、住宅金融支援機構のフラット35Sでは、金利が優遇され、長期優良住宅の認定条件の一つでもあり、場合によっては、補助金を受ける事も可能となります。

最近では、「次世代省エネ基準」は、住宅建築における省エネ・断熱性能の目安となっており、消費者が、建築施工業者の選定の際にも、目安の一つにしている場合も増えてきているようです。

ただ、湿気が多い日本での住宅建築は、伝統的に「土塗り壁工法」が存在し、高吸湿放湿作用が、快適な環境を与える との考え方や、消費者は二の次にして、造り手側の理論で住宅建設を行ってきた経緯がある事もあり、見えないところに、お金をかける風習がなく、ある一部の建築会社や消費者を除いては、住宅建設の際に 断熱材に気を配らずに建築する事が多いようです。

しかし、2011年3月11日の東北太平洋沖地震以降、福島原発の問題もあり、急速に国民の間に省エネ意識が高まっている中、建築に携わっている私達の省エネ・断熱に対する意識の改革・知識の向上と次世代の子供や孫の代までを考えた家造りを、再度考える事が必要な時なのかも知れません。

■2.住宅断熱化の目的と効果

■2-1 暖冷房負荷の軽減と温暖化防止

表2-1-1 暖冷房負荷基準の比較(財団法人 建築環境・省エネルギー機構「住宅の省エネルギー基準の解説」より)

	I 地域	II 地域	III 地域	IV 地域	V 地域	VI 地域
等級4(次世代省エネ基準)	390	390	460	460	350	290
等級3(1992年基準)	470	610	640	660	510	420
等級2(1980年基準)	840	980	980	980	980	980

上記(表2-1-1)は、それぞれの地域ごとに各年の省エネ基準の住宅を建設した際の暖冷房負荷の量を数値で表したものである。

等級4(次世代省エネ基準)のものは、1980年基準の省エネ基準と比較すると半分以下の暖冷房負荷であり、1992年基準と比較しても30%程度の低減効果がある事がわかります。

住宅は、長い年月住み続ける事が前提であり、ランニングコストの低減は、住み手にとっても歓迎すべき事であり、CO2の削減、地球温暖化防止の観点からも歓迎すべき事であるが、住宅建設コストとのバランスもあり、最終的には、建築主の判断による事になります。

■2-2 体感温度の改善

人間の体感温度は、一般的に室温(空気温)と空間を構成する壁・床・天井・開口部の表面温度(放射)と対流(すき間風)などに影響されます。

$$\text{体感温度} = (\text{室温} + \text{平均輻射温度}) \div 2$$

で 表現されます。

平均輻射温度とは、壁・床・天井等の平均温度の事で、室温20℃、平均輻射温度18℃の場合、体感温度は19℃という事になり、室温22℃、平均輻射温度12℃の場合、体感温度は17℃という事になり、室温の高いほうが、必ずしも体感温度が高いという訳ではありません。

仮に後者の住宅内体感温度を、19℃に保つためには、室温を26℃に保たなくてはならず、その分暖房エネルギーが、増大する事になります。

床暖房をした住宅内の温度は、それ程高くなくても温かく感じるのはこの為で、床面の表面温度が高いことで平均輻射温度が高くなり、体感温度が上がる事で、私達は快適に過ごす事が出来ます。

断熱化をする事で外皮(外壁や床・天井等の外部に接する部分)の表面温度を上昇させる事が出来、体感温度を改善させ、快適な空間を少ないエネルギーで持続させる事が出来ます。

■2-3 温度むらと健康安全性の向上

.....
人口動態統計調査によると、過去50年間一貫して、冬期の死亡率が高くなっています。

(日本建築学会学術講演梗概集より)

人口153万人程度のある地域の救急搬送記録によると、2001年からの5年間の搬送件数は13万件でヒートショックと強い相関関係がある脳疾患や心疾患は、全体の25%を占めます。

救急搬送と温度との相関関係を整理すると、温度が低下するとともに救急搬送数が増加する傾向がみられ、これは、他の地域でも、同じ傾向があり、ある程度一般論として考えて良いようです。

一般的に、断熱化されていない住宅内の部屋ごとの温度差は非常に大きく、トイレや玄関などの非暖房室と暖房室との温度差は外皮の断熱の程度と比例します。

また、同じ室内空間でも、上下の温度差も大きい為、<温度むら>が生じ、快適な空間にするには非常に大きなエネルギーが必要です。

住宅内での温度差を小さくする事で、ヒートショックによる疾病の防止となり、健康安全性も向上させる事が出来る唯一の手段が、住宅の断熱・気密化ではないでしょうか。

「住宅は、住む人のその財産と安全を守るためのもの」であり、断熱化されていない住宅が原因で、それが保てないというのは、非常に残念なことです。

①記号別断熱材の種類と地域別断熱材の必要厚さ表による基準設定

財団法人 建築環境・省エネルギー機構が定めた断熱材の熱伝導率を基準にA～Fの7つのグループに分けそれぞれのグループに対して、各地域区分や工法別に、屋根・天井や壁・床等で、必要厚みを早見表から読み取り、施工する方法。

表3-2-1 記号別断熱材の種類

記号	断熱材の種類
A-1 ($\lambda=0.052\sim0.051$)	吹き込み用グラスウールGW-1, GW-2(施工密度13K、18K) タタミボード A級インシュレーションボード(9mm) シーリングボード(9mm)
A-2 ($\lambda=0.050\sim0.046$)	住宅用グラスウール 10K相当 吹き込みロックウール 25K
B ($\lambda=0.045\sim0.041$)	住宅用グラスウール 16K相当、20K相当 A種ビーズ法ポリスチレンフォーム保温板4号 A種ポリスチレンフォーム保温板1種1号、2号
C ($\lambda=0.040\sim0.035$)	住宅用グラスウール 24K相当、32K相当 高性能グラスウール16K相当、24K相当、32K相当 吹き込み用グラスウール30K相当、35K相当 住宅用ロックウール マット、フェルト、ボード A種ビーズ法ポリスチレンフォーム保温板1号、2号、3号 A種押出法ポリスチレンフォーム保温板1種 建築物断熱用吹き付け硬質ウレタンフォーム保温板2種 A種ポリエチレンフォーム保温板2種 A種フェノールフォーム保温板2種1号、3種1号、3種2号 吹き込み用セルローズファイバー 25K、45K、55K 吹き込み用ロックウール 65K相当
D ($\lambda=0.034\sim0.029$)	高性能グラスウール 40K相当、48K相当 A種ビーズ法ポリスチレンフォーム保温板特号 A種押出法ポリスチレンフォーム保温板2種 A種硬質ウレタンフォーム保温板I種 建築物断熱用吹き付け硬質ウレタンフォームA種1、A種2 A種ポリエチレンフォーム保温板3種 A種フェノールフォーム保温板2種2号
E ($\lambda=0.028\sim0.023$)	A種押出法ポリスチレンフォーム保温板3種 A種硬質ウレタンフォーム保温板2種I号、2種2号、2種3号、2種4号 A種フェノールフォーム保温板2種3号
F($\lambda=0.022$ 以下)	A種フェノールフォーム保温板1種1号、1種2号

表3-2-2 IV地域 等級4 木造充填断熱工法の断熱材厚さ早見表

部位		A-1	A-2	B	C	D	E	熱抵抗の値
屋根または天井	屋根	240	230	210	185	160	130	4.6
	天井	210	200	180	160	140	115	4.0
壁		115	110	100	90	75	65	2.2

例えば、前ページ表(表3-2-1)のCグループの住宅用グラスウール24Kを各部分に施工する場合、上表(表3-2-2)より、天井160mm、壁に90mmを施工すれば良い事になる。

ほとんどの設計事務所・施工会社が行っている方法です。

②各部位の熱貫流抵抗(熱抵抗値)による基準設定

財団法人 建築環境・省エネルギー機構が定めた各地域区分や工法別に、屋根・天井や壁・床等で、必要熱抵抗値を早見表から読み取り、施工する断熱材の厚さを決定する方法。

上表(表3-2-2)の熱抵抗値に該当する断熱材を選定して施工します。

③建物全体の熱損失量による基準設定

建物全体の熱損失量計算をした数値を、実質床面積で除したものを熱損失係数といい、一般的にはQ値と呼んでいます。

○熱損失係数(Q値) = 延べ床面積1㎡当り、室内外温度差が1℃の時に1時間で、建物から逃げる熱量を、数値化したものです。 数値が小さいほど、断熱性能が高い事を表します。
単位=W/㎡K(Kcal/㎡・h・℃)

熱損失係数(Q値)にも各地域区分ごとに基準値が定められています。

表3-2-3 省エネルギー対策等級別熱損失係数基準値 単位(W/㎡・K)

等級	I	II	III	IV	V	VI
4	1.6	1.9	2.4	2.7	2.7	3.7
3	1.8	2.7	3.3	4.2	4.6	8.1
2	2.8	4	4.7	5.2	8.3	8.3
1	-	-	-	-	-	-

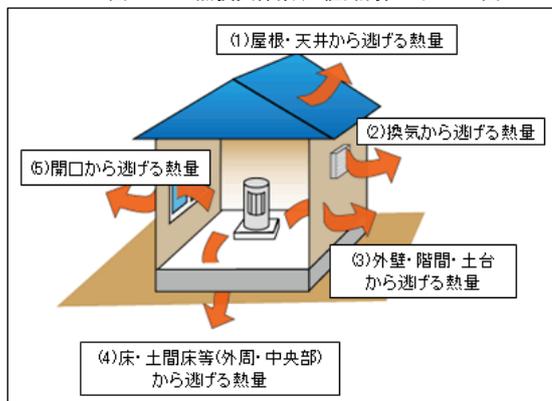
■熱損失係数(Q値)計算の概略

建物を構造別に右図(図3-2-3)の5つの部位に分けそれぞれの断面構成を決定し、それぞれの構成部材の熱伝導率を調べ、通常部と熱橋部に分解します。

それぞれの熱損失量を計算し、加算します。
右図(図3-2-3)であれば、(1)～(5)までを加算し床面積で、除する事で、Q値が算出できます。

フラット35Sや長期優良住宅、その他 補助金申請を行う際には、合わせて夏期日射取得係数(μ 値)の計算も必要となります。

図3-2-3 熱損失係数(Q値)計算のイメージ図



④建築主の判断基準による基準設定

これは、建物だけの性能ではなく、住宅の設備品(給湯器・ユニットバス・キッチン・照明器具種類等)も含めた性能で、ある一定基準をクリアする事で、温熱環境等級4(次世代省エネ基準)を取得する場合に主に使われる手法です。

例えば、給湯器も、少ない電力でたくさんの給湯ができる設備にする事、照明器具は、LEDや蛍光灯など、白熱灯以外の器具を使用する事、キッチンやお風呂では、手で給湯のスイッチが動作できるなどの省エネルギー性を保持した機器を多く使う事で、断熱構造が、次世代省エネ基準を満たしていなくても、設備品を含めた建物全体の省エネルギー性を保持していれば、この基準でクリアする事が可能な場合があります。

③④については、専門的な知識や計算が必要な為、詳細は、財団法人 建築環境・省エネルギー機構ホームページ又は、ハウスサポート倶楽部(☎048-530-6390)まで お問い合わせ下さい。

■4.断熱材

■4-1 なぜ夏も繊維系断熱材？

日本の住宅の数値上での快適さを測る基準は、断熱材による施工内容によって決まるといっても良いでしょう。その断熱材とは、どんな物なのか、改めて確認してみましょう。

一番良く使われている断熱材であるグラスウールは、その原料の85%以上が板ガラスやビンを粉砕したカレットと呼ばれるもので、その中に組成調整用の原料を加え、再熔融・繊維化し、バインダーと呼ばれる繊維結合剤を加え、高熱で溶かして水あめ状になったものを、わた菓子のように小さな穴のあいた容器に入れ高速回転させ、綿状にしたものです。

その繊維の直径は、1/1000mm単位で製造されています。

細い繊維をなるべく絡め合うようにすると、繊維と繊維の間が小さくなり、その間に入った空気を繊維で閉じ込め、動きにくくする事で、熱の伝導と対流を防止します。

よりたくさんの空気を そんな状態にするには、繊維をより細くして、その密度を上げるか、繊維の量を増やして、断熱材を厚くする事で、それが可能になります。

セーターやダウンジャケットも同じで、私達の体温をウール等の繊維が吸収し、その温かい熱を保持し、逃さない事で冬の寒さから私達は身を守っています。

繊維系の断熱材とセーターは、同じ理屈の商品ですが、大きな違いは、セーターは冬期しか使用しませんが繊維系断熱材は、夏も冬も建物の壁や天井で使用されている事です。

夏期にセーターを着て、暑さをしのぐ人は、まず いないはずなのですが……。

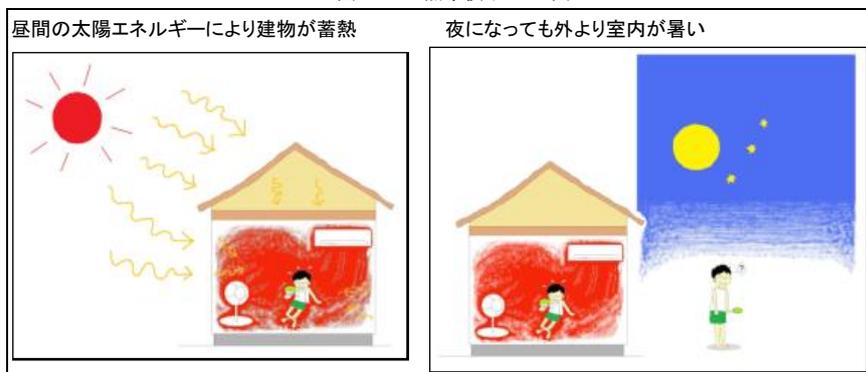
写真4-1-1 グラスウール施工現場



ダクトや配線箇所は断熱欠損

朝から外出して、夕方の涼しくなった頃帰宅し、家の玄関を開けた途端、「ムムムム」とするような蒸し暑い熱気に襲われる事があるでしょう。

図4-1-1 熱帯夜イメージ図



これは、主に断熱材が昼間の太陽エネルギーをたくさん吸収し、溜め込んだ熱を室内側に放射し、建物全体が暖められる事で、壁や天井などの表面温度が上がリ、その表面温度が上がった壁・天井などからの輻射熱が室内空間に放熱されることで、起こる現象です。

夜になっても 建物全体で溜め込んだ熱はなかなか冷えず、エアコンをかけても、表面温度が高くなった天井や壁の熱を冷やす事に大変で、室内の空気を冷やすまでには相当の時間とエネルギーを消費する事になります。

そうすると家に中にいるよりも、外に出たほうが涼しくなってしまうという 本来の断熱材を施工する目的から考えると、本末転倒な感じになってしまいます。

そうなんです！ 断熱材は、熱を断っているように多くの方は思われてるようですが、実際は、断熱材自体が、熱を吸収して、その効果を出しています。

熱伝導率の優れた断熱材ほど、たくさんの熱を吸収します。

断熱材は、昼間の太陽熱を吸収し続け、蓄熱体となってしまう、それ以上吸収しきれなくなると、冷たい側へ熱を放射します。

短時間では有効な断熱材が、長時間では、逆効果となる事もあります。

夏もセーターを着ているような建物では、こうして毎年、夏の熱帯夜がやってくるのです。

■4-2 柱や梁や筋交いの間にしか施工できない事で起こる熱橋(ねっきょう)

充填断熱工法では、断熱材を外壁部分の柱や梁・間柱・筋交いの間に充填する為、連続して施工するのは不可能で、断熱材が途切れ途切れになってしまいます。

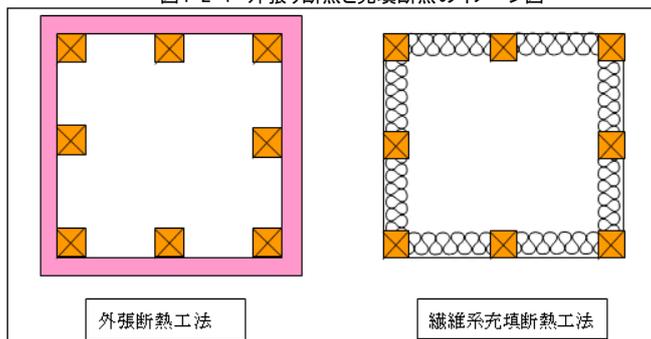
その断熱できない断熱欠損部分の事を「熱橋」といい、木造在来工法の充填断熱の場合は、外壁部分の前述した構造材部分すべてが、それに当たり、外壁面積の約20%を占めます。

太い構造材を使えば使うほど、熱橋が増える事になり、熱橋を減らすためには、細い柱や梁などの構造材で造るしかない為、非常に悩めるところです。

また、P12(写真4-1-1)でも わかるように、電気の配線や換気ダクト等の配管が、壁の中を通る事も多い為、実際の建築現場では、その部分も断熱欠損(熱橋)となる事がほとんどです。

繊維系の充填断熱工法では、柱や筋交い等と、断熱材との間には、小さなすき間が生じます。壁の中に、布団を隙間なく入れる事が出来ないように、隙間なく断熱材を充填する事は、まず不可能で、わずかではあるが、その部分も熱橋となります。

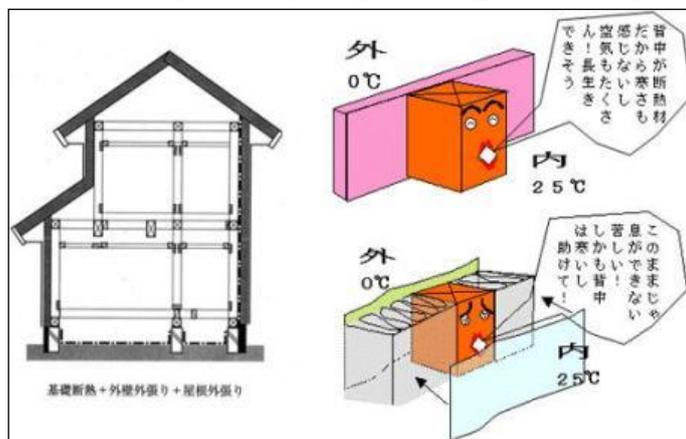
図4-2-1 外張り断熱と充填断熱のイメージ図



外壁部分(外皮)の構造材(柱・梁・筋交い等)の表面積は、外壁面積の20%前後にもなり、それが全て熱橋となっています。

20%程度が破れてしまっている布団をかぶっているのと同じような事ですから、これでは 布団の中を十分に温める事すら出来ないようです。

図4-2-3 外張り断熱と充填断熱の柱の様子(イメージ図)



■4-3 熱橋がある事で起こる恐ろしい壁内結露

熱橋がある事で、単純に寒かったり暑かったりという事だけであれば、「少しの我慢」で乗り切ってもらうところですが、そんな訳にはいかないようです。

熱橋がある事で、**壁内結露(内部結露)**が発生します。この壁内結露が、建物や家族に、さまざまな悪い事を引き起こします。

結露は、**温度差と水蒸気量**の2つの条件が一定水準を超え、飽和水蒸気量に達すると、必ず発生します。

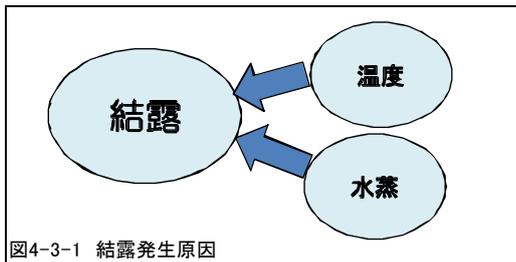


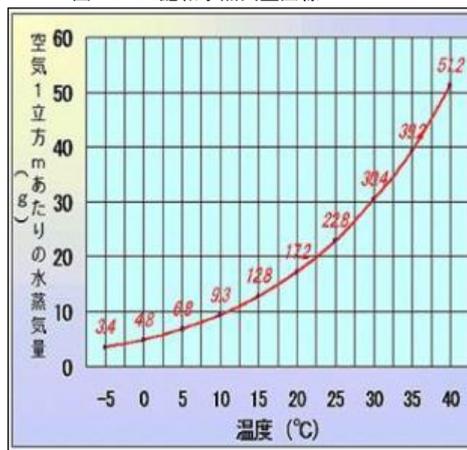
図4-3-1 結露発生原因

飽和水蒸気量とは……

空気は、温度によって水蒸気を含むことのできる量が決まっています。温度が高いと、たくさん含む事が出来、温度が低くなると量が少なくなります。

また、水蒸気量の少ない方向へしか水蒸気は移動しない為隣り合わせの部屋で、A室の水蒸気量が20gで、B室の水蒸気量が10gの場合、A室からB室へと水蒸気は移動します。

図4-3-2 飽和水蒸気量曲線



充填断熱工法では、構造材の間には断熱材を充填できない為、壁の中では、必ず温度差が生じます。そこに、室内からの水蒸気を持った空気が入り込み、壁の中の冷たい面にぶつかると、結露が発生します。ガラスコップの中に、冷たい水を入れた時、温度が低くなったガラス表面に、暖かい空気が触れた時や窓ガラスが結露する時の状況と同じです。

図4-3-3 主に窓の結露発生プロセス



■4-4 充填断熱工法では壁内結露を防げない！

住宅の中では、当然 人間が生活をします。 その人間が1日に3～4リットルの水蒸気を出します。 4人家族で考えると、毎日15～20リットル以上の水蒸気を発生させ、炊事・お風呂等でも水蒸気を出す為、室内の水蒸気をなくすことは出来ません。

その水蒸気は、非常に小さな分子で、化学式ではH₂Oと水と同じですが、その大きさは水が10μ(ミクロン)に対して、水蒸気の大きさは0.004μで、昔は、蒸気機関車を動かしていた位、運動量が豊富で圧力も強く、小さなすき間でも、簡単に透過します。それだけに、壁や天井の中に、その侵入を止める事は簡単ではありません。

しかし、充填断熱工法では、壁の中に温度差がある為、壁内結露を防ぐには、壁や天井の中に水蒸気を侵入させない方法が、唯一の方法です。

繊維系断熱材の施工説明書には、「断熱材は連続して施工し、壁の中に水蒸気を侵入させない為に、断熱材の室内側には、防湿層(ペーパーバリア)を設ける事」とあります。

気密用コンセントボックスやスイッチボックスで、配線口をふさいで、防湿層の施工をすれば、理屈では壁内への水蒸気の侵入は防ぐ事が出来ませんが、実際の建築現場では、<絵に描いた餅>で、現場で施工している人の誰一人として、完全に水蒸気の侵入を防げるとは思っていませんし、数年後には下の写真(写真4-4-1・写真4-4-2・写真4-4-3)のように、「カビ」が発生し、黒く変色するだろう事は建築現場での常識となっています。

結局、<<断熱材を連続して施工するのも無理で、完全な防湿層をつくるのも無理>>その結果、次のようになってしまいます。

図4-4-1 結露トラブルの一例



写真4-4-1 壁グラスウールカビ



写真4-4-2 天井グラスウールカビ



写真4-4-3 築10年目の住宅の壁断熱材(黒い部分は、カビです)



■5壁内結露が及ぼす影響

■5-1 壁内結露がカビ・ダニの原因

P16・P17の各写真を見てもわかる通り、断熱材の一部が黒く変色しています。
これは すべて「カビ」です。

例えば、温度差のある壁の中に、布団をずっと入れているようなもので、水蒸気が侵入すれば、布団は当然、カビてきます。

あなたの寝ている横の壁も、いつかはこんな感じに……。

写真5-1-11 カビとキノコの胞子



写真5-1-2 床下のナミダダケ



写真5-1-3 壁断熱材のカビ



写真5-1-4 壁断熱材周辺部材



カビが発生すると、それを餌にする「ダニ」もやってきます。

安全でなければならぬはずの住宅が、「カビ」や「ダニ」の温床となり、気管支炎やぜんそくなどの原因となってしまう、快適に暮らせるはずの住宅に住んだ事が原因で、健康が脅かされることとなります。

写真5-1-5 ダニ写真



近年 頻繁に耳にするようになった「アトピー」という言葉は、RCの断熱不足の集合住宅建設と、住宅に断熱を入れ始めた時期とオーバーラップし、断熱材の歴史と無関係ではない様な気がします。

■5-2 壁内結露が建物を弱くする

.....
壁の中の結露水は、だんだんと下側へ移動し、やがては床や土台などに影響を及ぼします。
土台や根太・床下地・床仕上げ材と 年々その影響部位は広がっていきます。

新築した時には、建築基準法に基づき、規定通りの金物や材料で施工した家も、壁内結露の影響で、
木材が水分を含む事により、金物や釘等の支持力が落ちていき、少しずつ弱くなっていきます。

その上、シロアリや腐朽菌が好む環境になってしまい、さらに耐久性は低くなります。

写真5-2-1 壁断熱材周辺部材



写真5-2-2 腐った土台



■5-3 昭和50年(1975年)に北海道で起こったナミダダケ事件……築3年目の住宅の床からキノコが！

昭和50年(1975年)北海道で、築3年目の床から キノコが生えてきて、当時NHK等でも取り上げられた通称「ナミダダケ事件」の写真です。

写真5-3-1 カビとキノコの胞子



写真5-3-2 床下のナミダダケ



このナミダダケは、北海道では最も警戒しなくてはならない腐朽菌の一つだそうで、その腐朽力は、極めて強く、木材の繊維質を分解しその部分に水を排出し、被害部分は、まるで涙を流しているように見えることで、その名前が付いたそうです。

これは、北海道という土地柄もありますが、当時では珍しい高断熱住宅で、暖かい快適な住宅を提供しようとした前向きな工務店さんが、施工された住宅なのですが、築3年目には床からナミダダケが生え、床が落ちてきたという事です。

薄い布団をかぶるより、厚い布団をかぶったほうが暖かいように、より厚い断熱材を単純に床・壁・天井へ充填すれば暖かくて快適な環境を造る事が出来るだろうと 温熱環境だけを考え、水蒸気の動きをまったく考えなかった為に起こった、代表的な事例です。

最近では、フローリングの床が増えたこともあり、あまり聞きませんが、昔は、畳の上に万年床で、不衛生な状況をよく見聞きました。

就寝中の人間が出す水蒸気や汗を、布団が吸い込んで、その水分が下方へ移動し、床の断熱のない畳と布団の間に結露が発生し、そこにカビが生え、最後には畳が腐ってしまう事と同じです。

■5-4 水蒸気の動きを考えていない危ない施工例①

最近でも、たくさんの危ない施工をよく目にします。

平成7年(1995年)の阪神淡路大震災以降、耐震基準の改正もあり、消費者の工務店選別の基準に、耐震基準が大きなウェイトを占めるようになりました。その為、施工業者も一斉に耐震性能に気を配るようになったのは良かったのですが、相当数の施工業者の その方法に問題がありました。

断熱材は、比較的安価な繊維系の断熱材を今まで通り施工し、柱の外側に構造用合板を貼って、建物構造を柱・梁・筋交いの構造+面構造とする事で、耐震性能をアップする建物が激増しました。

室内側から、石膏ボード+柱・間柱(繊維系断熱材)+構造用合板+透湿防水シート+胴縁(通気層)+外壁材という構造です。

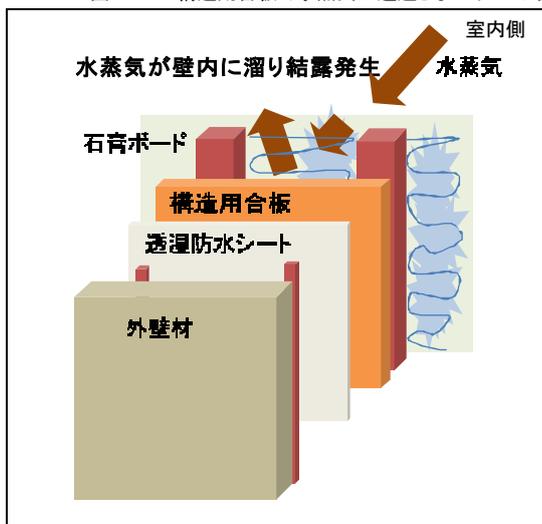
何の疑問も持たずに、たくさんのそんな住宅が建設されてしまいました。

石膏ボードと構造用合板の透湿抵抗値は、おおよそ1:3です。

透湿抵抗値とは、水蒸気を透過させない抵抗強さです。抵抗値が大きいほど水蒸気を通しにくい材料という事になります。

室内側には当然、水蒸気を持った空気がたくさんあり、石膏ボードを透過して断熱材側へと水蒸気が侵入してきます。その外側では、水蒸気を通しにくい構造用合板によってせき止められ、壁内は水蒸気の溜り場となってしまいます。

図5-4-1 構造用合板で水蒸気が透過しないイメージ図



ここでは、多少のコストはアップしますが、ダイライトなどの透湿性のある耐力面材を使わなくてはなりません。

建築基準法にも、繊維系断熱材の充填断熱工法の場合は、「外壁の構成は外側に向かって透湿抵抗の低い材料を使用することが望ましい」ということは記載されていますが、すべての文字の一字一句を理解することは一級建築士と呼ばれる人達にも難しいようです。

建築材料は、その性能・性質を一方から見るのではなく、多方面で見極め、正しい位置で、正しい施工をしなくてはなりません。

■5-5 水蒸気の動きを考えていない危ない施工例②

「両面断熱工法」・「内外断熱工法」等で、断熱性能の優位性を謳っている工務店様が増えてきました。

特に、長期優良住宅や住宅エコポイントの補助金目的で断熱性能を次世代省エネ基準(省エネ等級4)以上にしないとイケない事もあり、充填断熱では、柱の太さ以上の断熱材は物理的に使用できず、外張り断熱だけでは、断熱材が厚すぎて、外壁の施工やサッシの収まり、基礎水切り等の施工が大変な為、施工性の良い適当な厚みの断熱材を外張りとし、断熱性能的に足りない分を充填断熱材とする事で、補助金の申請基準をクリアし、一般消費者には、「補助金付の性能の良い家を作ります」とアピールする事で売上げに繋げていこうという工務店さんが増えてきました。

また、建物の断熱性能をQ値(熱損失係数)で表示することで一般消費者へアピールしている工務店さんが、数値だけを向上させる為に断熱材をむやみに施工している例も目立ってきています。

特に住宅エコポイント制度が、履行されて以降は顕著で、必然的に高気密・高断熱住宅へ新規参入する工務店さんが増えてきました。

前頁(5-4)と同じで、水蒸気の動きを全く考えていない工法で施工している施工者がほとんどで、仮に、グラスウールとポリスチレンフォーム断熱材を併用して施工した場合、ポリスチレンフォーム断熱材が先述(図5-4-1)した構造用合板と同じ役割を果たしてしまい、壁の中は壁内結露となってしまいます。

こんな状況の建物でも、長期優良住宅やエコポイントの申請は受理され、補助金が支払われます。

やはり、法律やその他で規制しなければならないような気がしますが、なかなか難しいようです。

■6.現状

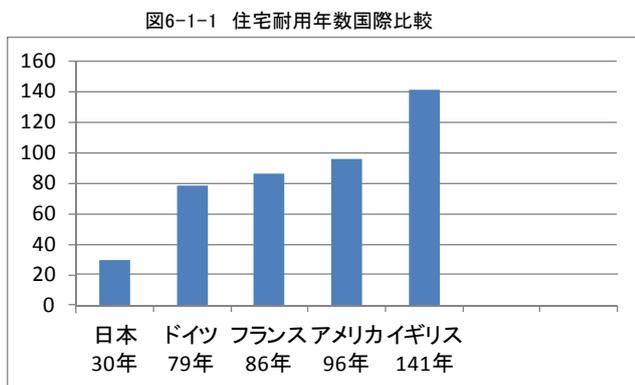
■6-1 現状

今から1300年以前に建立された、法隆寺や正倉院などは、湿度の高いこの日本にありながら、世界最古の木造建築物として、現存しています。

また、昭和54年(1979年)「省エネ基準」前のほとんどの住宅も、壁・天井・屋根に断熱材がない為、外部と室内の温度差がほとんど無い事と、建物の外皮に水蒸気をせき止めるものが無く、建物の内外を水蒸気が自由に飛び回れる為、壁内結露とは無縁で、木材が壁内結露が原因で、水分を含むという事は、ありませんでした。

ただ、その頃の建物は、夏は暑く、冬は寒い状況でしたが、「アトピー」「シックハウス」という言葉を聞く事もなく、建物も長寿命で、築100年前後の建物も多く残っていましたが、断熱材施工が必然化された後の、我が国の住宅の耐用年数は、30年程度となっていて、欧米先進諸国とは比べものになりません。

その国、地域にあった建物の構造・造り方をもっと考えるべきです。



壁内結露と建物の耐久性についての問題は、「建築業界の無知」が、大きな原因ですが、意図的に触れてはいけな聖域のようになっていて、国が法律等で規制する訳でもなく、建築業界全体で自主規制する訳でもなく、公的検査機関で検査を行っても、この問題をしっかり検査する項目もなく、解決する事は出来ません。

政治的な規制などは、今まで、このような住宅を作り続けてきた この業界団体の圧力と選挙の際の票には、屈してしまう 現在の政治システムの中では 解決の糸口を見つけることは大変のような気がします。

結局は、各施工業者や建築主がもっと切磋琢磨し、自分達で解決するしかないのが現状のようです。

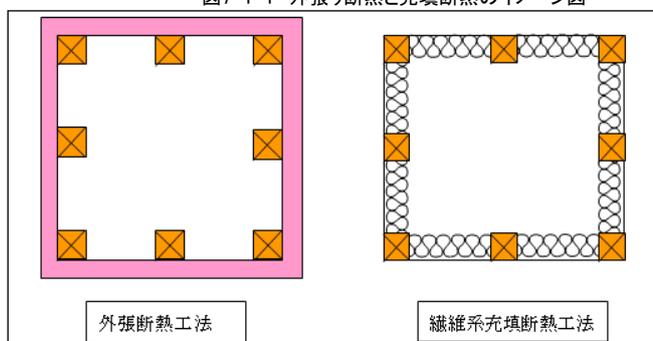
■7.壁内結露の起こらない住宅にするには

■7-1 充填断熱工法と外張り断熱工法

充填断熱工法では、断熱材を連続して施工することも出来ず、水蒸気の侵入も防ぐことが出来ない為、壁内結露を防止できません。

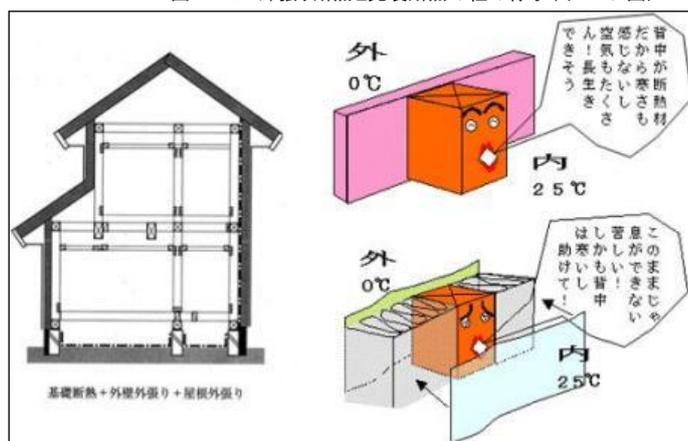
対して、木造住宅の外張り断熱工法は、柱と柱・間柱の間ではなく、柱の外側で断熱する工法のこと、RC(鉄筋コンクリート造)の躯体(構造体)の外側で断熱する工法は、**外断熱工法**と呼び、区別されています。

図7-1-1 外張り断熱と充填断熱のイメージ図



柱の外側で断熱する外張り断熱工法では、柱や梁等に邪魔されることなく、断熱材を連続して施工する事が可能で、壁内の温度差を無くし、冷たい面を無くす事が出来ます。

図7-1-2 外張り断熱と充填断熱の柱の様子(イメージ図)



温度差と水蒸気のどちらかをコントロールできれば、結露は起こらない訳で、外張り断熱(外断熱)工法とすることで、熱橋が無くなり、壁内結露は防止されます。

ただし、建設地の気候・地域に合った断熱材の種類・厚さを選定することが重要で、何でもかんでも外張り断熱(外断熱)工法にすれば良いという訳ではありません。北海道や東北の寒い地域で、10mm程度の断熱材で施工しても意味が無いことは、誰もが理解できることでしょう。

■7-2 外張り断熱工法の利点

.....

- ①断熱欠損が生じにくい。
- ②気密施工が楽。(楽で、簡単に施工出来るという事は、精度も上がるという事です)
- ③壁内結露を防止することで、建物全体の耐久性も向上し、住む人も健康で、快適な生活環境を手に入れることが出来ます。
- ④通常この工法は、ボード系断熱材で施工する為、実際は壁や屋根が面構造となり、耐震性の向上が図れます。
- ⑤外壁側の壁の中は、断熱材を必要としない為、壁内収納棚を有効に作ることも可能で、また、断熱部位が天井ではなく屋根面の為、天井裏(屋根裏)空間も有効に活用できます。
- ⑥壁の中の断熱材施工が不要な為、電気配線や設備配管の施工が楽で、断熱欠損を生じにくい。
- ⑦ランニングコストの削減。

■7-3 外張り断熱工法の欠点

.....

外張り断熱工法も万能なものではなく、欠点も列記します。

- ①価格の上昇
充填断熱工法と比較して、建築コストが上昇します。5～10%程度のコストアップになるのが通常です。
- ②壁が厚くなる事で、敷地内の有効活用範囲が微妙に減ります。
- ③外張り専用の釘やビスを使用しないと、外壁の支持力が心配。
- ④施工者が慣れていないと施工が難しい。
- ⑤室内が多少 乾燥気味になる。
- ⑥気密・断熱性能が高くなる為、室内の音が 外部に逃げにくい為、音が響きやすい。

■8.ボード系断熱材の性質

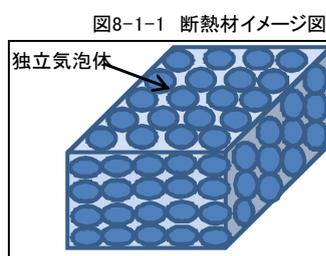
■8-1 断熱材は熱を吸収し、反対側へ熱を遅く伝える材料

ボード系断熱材に限らず、繊維系断熱材も基本的な性質は同じで、熱を吸収し、反対側に熱を遅く伝える材料です。

ボード系の断熱材は、材料を押し出したり、発砲する際に空気と一緒に成型することで、空気をその材料で閉じ込め空気の小さな部屋(独立気泡体)を作ることによって、空気の動きを制限します。(図8-1-1参照)空気の動きが制限されれば、当然、熱の伝導量も少なくなります。

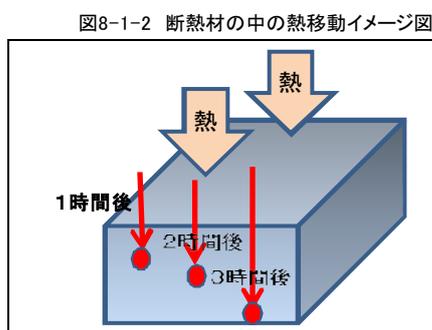
断熱性能は、この「独立気泡体」の大きさと材質によって決まってきます。当然、独立気泡体が小さいほど、熱伝導率は小さくなり、断熱性能が上がります。

この「独立気泡体」のそれぞれの壁の事を「界壁(かいへき)」と呼びます。



断熱材は、熱を吸収して反対側へ熱を伝えるのを遅くし、軽減する材料なので、図8-1-2のように時間の経過とともに、断熱材が吸収する熱の量は、増えていき、反対側へと近づいていきます。

断熱材の厚さが足りないと短時間で、反対側へと熱が透過してしまい、断熱材としての機能を果たせなくなってしまいます。



これは、繊維系断熱材も同じです。

繊維系断熱材では、繊維同士が絡め合う事で、繊維自体が、界壁(かいへき)のような役割を果たします。私達が身につけるセーターと同じしくみです。

断熱材の厚さと熱抵抗値とは正比例し、厚さを倍にすれば、その熱抵抗値も倍になります。そうは言っても、家造りの際に、幾らでも厚くするという訳にはいきません。

建設する地域や気候を考慮して、断熱材の種類・厚さを検討する必要があります。

● 断熱材の冷凍庫内実験

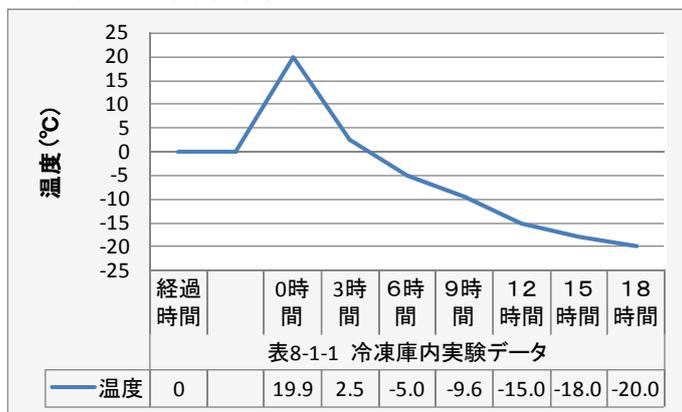
ペットボトルに入れた水をポリスチレンフォーム3種45mmのボックスに入れ、 -20°C の冷凍庫へ入れ、温度測定しました。

.....

表8-1-1 冷凍庫内実験データ

経過時間	0時間	3時間	6時間	9時間	12時間	15時間	18時間
ポリスチレンフォーム3種45mm	19.9	2.5	-5.0	-9.6	-15.0	-18.0	-20.0

表8-1-2 冷凍庫内実験データグラフ



実験結果

冷凍庫内温度 -20°C に対して、18時間後の水温も -20°C となってしまう、「無断熱」状態と同じになってしまいました。

これを住宅に置き換えると、外気温 -20°C の時、18時間後には室内温度も -20°C となり、「無断熱」の住宅と同じになってしまいます。

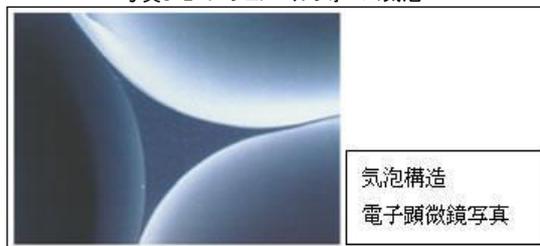
通常 私達が使っている断熱材の事を総称して、「熱遅行伝播型熱吸収能」と欧米では言うそうです。熱を吸収する事で、反対側に熱を伝えづらくするのですが、長時間での使用では、あまり意味を持たなくなってしまいます。

ボード系断熱材に限らず、繊維系断熱材も同じです。

■8-2 フェノールフォーム断熱材の性質

フェノールフォームは、フェノール樹脂を炭化水素ガス(ノンフロン)で発砲させた、高性能フェノール樹脂発砲体で、極めて高い独立気泡で構成されており、A種フェノールフォーム保温板1種1号、1種2号は、唯一断熱区分最高のFランクに該当しており、平成23年(2011年)現在 最も熱伝導率の低い(断熱性能の良い)断熱材です。

写真8-2-1 フェノールフォーム気泡



炎を当てても炭化する性質があり、難燃性に優れ、燃焼時の有毒ガス発生の心配がありません。

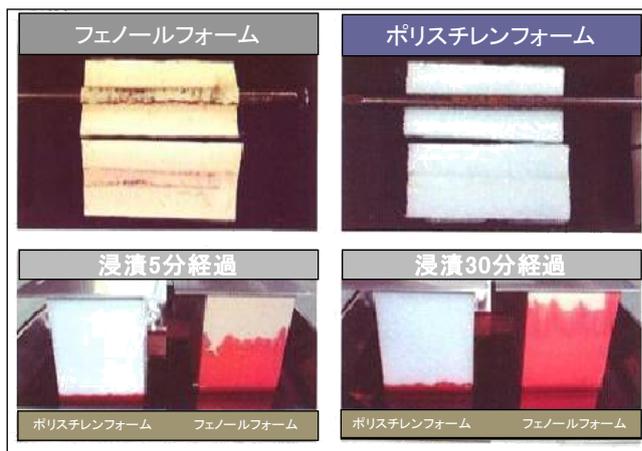
耐油、耐薬品性も高いが、素材が酸性で、アルカリには弱い性質を持つ為、金属と接触した際に、湿気があると錆びる為、ビスや釘はステンレス製のものを使用しないといけません。

● フェノールフォームの水分接触による発錆性

フェノールフォームはPH=4の酸性を示します。したがって、金属と接触した状態で湿気があると発錆を助長します。

写真8-2-2 フェノールフォームとポリスチレンフォームの吸水実験

同じように実施したポリスチレンフォームはごく一般的な水分付着による発錆でした。



● 吸水性比較(インクテスト)

インクに浸漬し、5分、30分経過してもポリスチレンフォームは表面を伝わるだけで素材には浸透しません。

ポリスチレンフォームと比較すると、吸水量が約170倍も大きい事で、実際は空気中の水蒸気をも吸水する事で、断熱劣化を起こします。

P26(図8-1-1)で述べた界壁は、水分を含む事で破壊されてしまい、独立気泡体が大きくなる事で、熱の伝導・対流の動きが活発になり、当然断熱性能も劣化します。

空気に触れないように施工するしか水蒸気の侵入は防ぐ事が出来ませんが、実際は不可能のようです。

特に、住宅の基礎断熱や床下断熱での使用は、望ましくありません。

■8-3 ウレタンフォーム断熱材の性質

硬質ウレタンフォームとはポリオールとポリイソシアネートを発砲剤・製泡材・触媒・着色剤などを混合し樹脂化させながら発砲させたもので、住宅で使われる断熱材は、硬質ウレタンフォームと呼ばれ、独立気泡で硬くて、復元性がないものをいいます。

見かけは、小さな泡の集合体で、この小さな硬い泡は、一つ一つが独立した気泡になっていて、この中に熱を伝えにくいガスが封じ込められています。

断熱区分はEランクで、非常に高い断熱性能を持つ製品である。

ウレタンフォームもポリスチレンフォームと比較すると吸水量が約300倍と、ここで説明する3つの断熱材素材の中では群を抜いて高い。

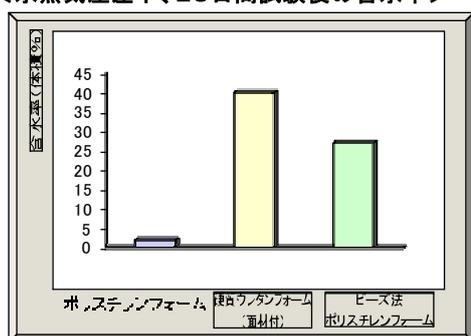
フェノールフォームと同じで、界壁は、水分を含む事で破壊されてしまい、独立気泡体が大きくなる事で断熱性能が劣化します。

● 水蒸気透過による含水率(水分蓄積)と熱伝導率の測定

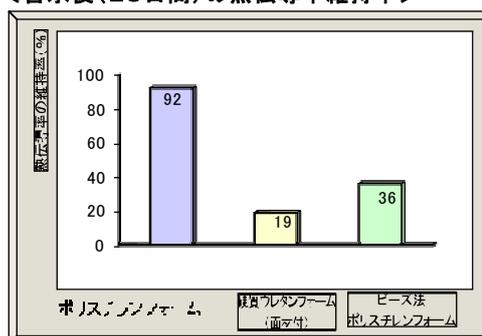
断熱材として使用される時、水蒸気圧差が断熱材の表裏面で発生し、フォーム中へその水蒸気が蓄積または通過する。その現象を想定して、強制的な水蒸気圧差を設けて試験しました。

表8-3-1 水蒸気投下後の含水量と熱伝導率

<水蒸気圧差下、28日間試験後の含水率>



<含水後(28日間)の熱伝導率維持率>



<<実験結果>>

水蒸気投下28日後のポリスチレンフォームとウレタンフォームの含水量は、比較にならないほど大きく、35%以上の違いがあり、さらに驚かされるのは、含水後の熱伝導率の維持率が、ウレタンフォームは製品出荷時の19%しか保持していません。対してポリスチレンフォームは92%を保持しています。

ウレタンフォームも、空気に触れないように施工するしか水蒸気の侵入は防ぐ事が出来ませんが、実際にはそれは不可能で、特にウレタンの現場発泡施工では、ウレタンボードと違い、表面に不織布等も無い為、空気中の水蒸気に対して裸の状態である為、特に断熱劣化が激しい。

特に、住宅の基礎断熱や床下断熱での使用は、望ましくありません。

■8-4 ポリスチレンフォーム断熱材の性質

ポリスチレンを微細な泡で発泡させ硬化させた素材である。軽量かつ断熱性に優れ、また極めて成型や現場での加工等が、し易く、安価で弾力性があり衝撃吸収性にも優れるので、破損しやすい物品の緩衝・梱包材（包装・緩衝材）として用いられる他、断熱性を利用して住宅等の断熱材として用いられる。

ポリスチレンは炭化水素なので、燃やすと水と二酸化炭素になる。しかし常温・大気中で燃焼させると、不完全燃焼を起こし大量の煤(すす)を発生させやすい。

断熱区分は、D, Eランクで、高い断熱区分だが、先述したフェノールフォームやウレタンフォームと比較すると劣る。

しかし、吸水性が非常に低く、水蒸気を含む水分に対しての断熱劣化が非常に小さい事で、長期間での使用にも適する。

写真8-4-1 ポリスチレンフォーム独立気泡体



表8-4-1 ボード系断熱材比較表

	フェノールフォーム	ウレタンフォーム	ポリスチレンフォーム
密度(Kg/m ³)	27	25	35
熱伝導率(W/m・k)	0.020	0.024	0.028
吸水量(g/100m ²)	1.7以下	3.0以下	0.01以下

上表(表8-4-1)のように、熱伝導率の比較では、フェノールフォーム・ウレタンフォームに若干及ばないが吸水量は、比較にならない程低く、空気中にあっても断熱劣化しづらい材料である。

上記 3つの中では比較的安価で、現場での作業性も良く耐圧力にも優れている為、長期間使用する住宅の断熱材として適する。

ボード系断熱材全てに言える事は、紫外線による劣化防止と、基礎や地下室などに使用する場合は、シロアリ対策が必要です。

断熱材は、熱伝導率・吸水量と価格・現場での作業性を踏まえて選択する事が望ましいと言えるだろう。

■9.熱の移動

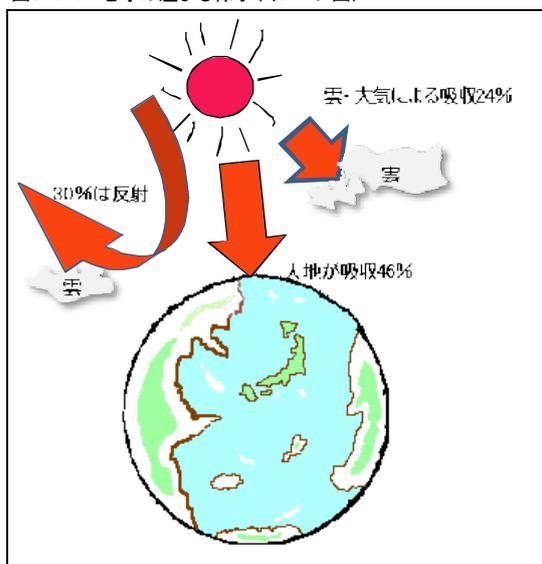
■9-1 熱の移動は伝導・対流・輻射

建築の温熱環境は、熱伝導率・熱抵抗値という伝導熱に対しての基準で、求められていますが、実際の熱の移動は、**伝導・対流・輻射**の3つの要素で移動します。これを**熱移動の3要素**といいます。

太陽からの熱エネルギーは、下図(図9-1-1)のように、24%は、雲や大気に吸収され、46%が大地に吸収され、残りの30%は、反射されています。

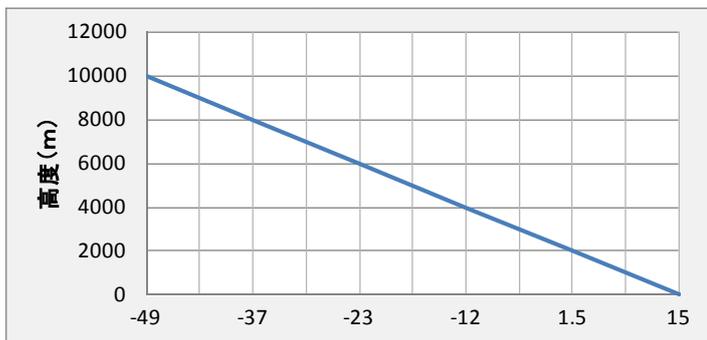
太陽エネルギーの46%が大地に吸収され、大気中に放射される事で、温度が上昇します。

図9-1-1 地球の温まる様子(イメージ図)



私達の生活空間で、地表から上空 約10Kmまでの範囲である対流圏の温度は高度が上がるにつれて気温は下がっていき、100m上昇する毎に0.5~0.6℃温度が下がります。

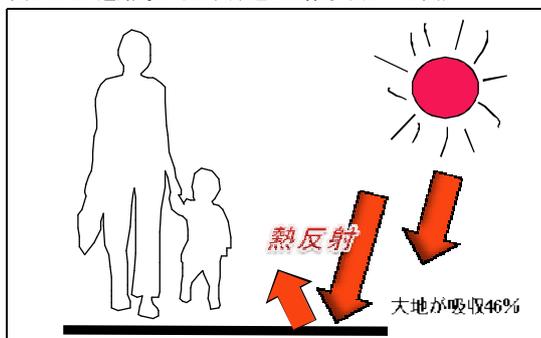
表9-1-1 対流圏における気温と高度の関係



建築の温熱環境と同じ考え方の伝導熱で、多くの熱移動が行われているとしたら、高度が上がると太陽に近づく程、温度が高くなるはずですが、実際はそうではありません。

大人が子供や犬を連れて歩いていると、背の低い人ほど、道路からの反射熱(照り返し)の影響を受け、暑くなります。

図9-1-2 道路等からの照り返しの様子(イメージ図)



日本では、9月下旬頃になれば、富士山の頂上付近は、雪化粧を始めます。

多くの熱が伝導や対流で移動するとしたならば、富士山の頂上付近は、いつも地表付近よりも暖かく、暑いはずですが実際は、逆です。太陽には近いが、地表よりも離れている事で、輻射熱による影響が少ない事で起こる現象です。

伝導や対流で多くの熱移動が行われていたら、あの富士山の雪化粧をした絶景を見る事はなかった事でしょう。

対流圏では、太陽の放射によって直接、大気に影響する割合は非常に小さく、地表や建物・道路などが暖められ、温まった地表等が放熱して、大気を暖めるという過程で、温度変化が起こる為、地表に近い方が温度は高くなります。

大都市近郊での「ヒートアイランド現象」は、郊外と比べて舗装された道路やコンクリート造の建物などが多く、熱の吸収率が大きく蓄熱・放射率も大きい為に、温度が高くなります。

森林や草原地帯などは、熱の吸収率は大きいですが、土壌の水分などによる熱の蒸発や土面の反射率が低い事や、植物の光合成や蒸散作用等により、都心と比較すると温度の上下が少なくなります。

地球は、球体の為、緯度が高くなると、太陽からの被放射面積が小さくなる為、気温も低くなります。

建物に関しては、断熱材があることで、ある程度の効果を上げる事が出来ませんが、輻射熱を抑える事で、より一層の効果を上げる事が出来ます。

■9-2 伝導・対流・輻射による熱移動割合

全ての熱は、伝導・対流・輻射により移動します。

熱の移動する方向によっても相当違いますが、全体の熱移動割合では、伝導熱10%・対流熱15%・輻射熱75%程度の割合で行われています。

表9-2-1 横方向への熱移動割合

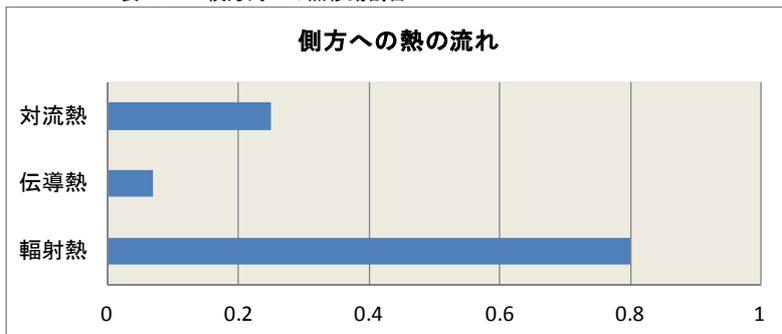


表9-2-2 上方向への熱移動割合

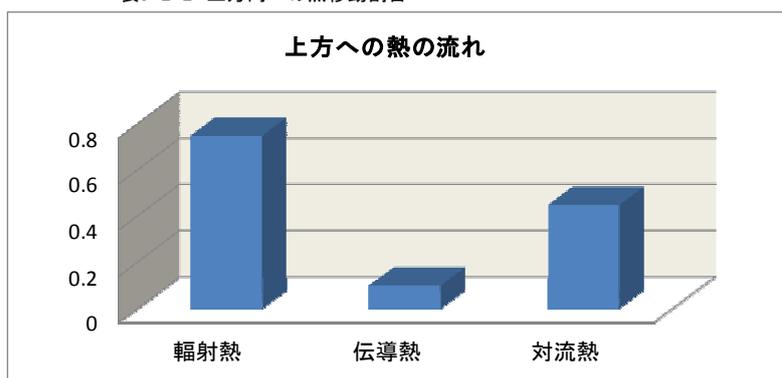
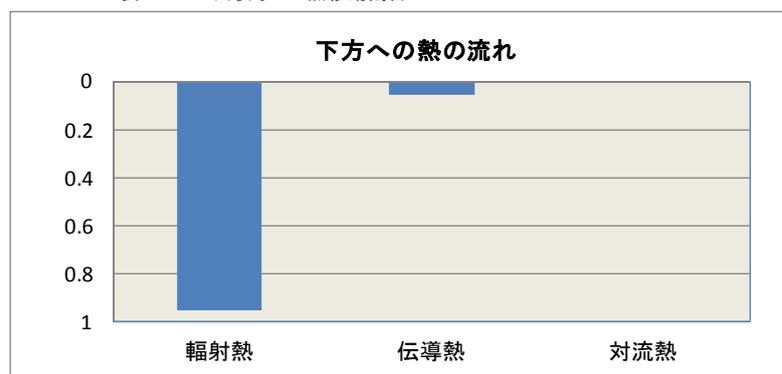


表9-2-3 下方向への熱移動割合

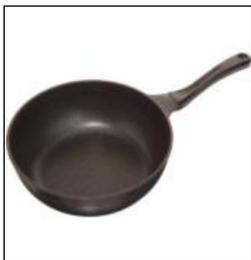


温まった熱は対流により、上方向にしか移動しない為、下方向への対流による熱の移動はありません。

■9-3 伝導・対流・輻射による熱移動の特徴

物体間の熱によるエネルギー伝達は、熱伝導・対流(熱伝達)・輻射(熱放射)、に分類されます。

写真9-3-1 フライパン



熱伝導

身近で解りやすい例は、フライパンを火やIHにかけ、暖める際に起こっているのが、熱伝導です。

固体内で起こり、物質の移動を伴わずに高温側から低温側へと熱が伝わる事。物体内で温度差があると、高温部から低温部へと熱の移動が起こり、全部が同じ温度になると、熱移動は止まります。

写真9-3-2 薪ストーブ



対流(熱伝達)

お風呂のお湯を追い炊きする時などや、室内の暖かくなった空気が上方へ移動し、下方が冷たい状態の時に起こっている現象です。

流体(液体や気体)の一部分の温度が上がると、膨張により密度が小さくなって上昇し、そこへ周囲の低温の流体が流入する現象が繰り返される事により起こる現象です。

温度差が大きいとその運動量も大きくなります。

写真9-3-3 電子レンジ



輻射熱(熱放射)

電子レンジ内で、物を温める際に起こっているのが、輻射熱です。

電磁波・遠赤外線などの熱線によって伝わる熱の事で、この熱線自体は熱を持ってなく、空気中のダストや水分分子やその他物体に衝突した時にその内部分子を振動させることで、熱を発生させます。

電子レンジ内で電磁波を発生させ、その電磁波が魚や肉などの体内の水分分子にぶつかり、振動させることで輻射熱を発生させ温めます。

■10.遮熱シート「アプリ」

■10-1 遮熱シート「アプリ」

遮熱シート「アプリ」は、当初NASA(米航空宇宙局)の宇宙開発技術から生まれたもので、宇宙船や宇宙服の反射絶縁材料として開発されたものを、建築用遮熱材料として改良を重ねた商品です。
宇宙空間では、より反射率の高い金箔(反射率98%)が主に使用されています。

写真10-1-1 宇宙服



写真10-1-2 人工衛星の金箔 写真10-1-3 民間初の人工衛星「まいど1号」の金箔



遮熱シート「アプリ」は、PET(ポリエチレンテレフタレート)繊維とPP(ポリプロピレン)繊維を一定量で混ぜ合わせ、ポリエチレンフォームと接着し、その両面を高反射薄膜アルミ箔で被覆したもので、基本的には被覆された両面の薄膜アルミ箔が、輻射熱の97%を反射・遮熱する事で、建築用遮熱材としての性能を発揮します。

PET繊維とPP繊維+ポリエチレンフォームとする事で、断熱性や引っ張り・圧縮などの強度も増す事となった。
併せて、釘やビスによる貫通の際に懸念される、両面のアルミ箔同士の接触による熱の流入や結露が避けられ、外部と内部の熱の混在を防止出来ることで、遮熱シートとしての性能を充分に発揮出来ます。

写真10-1-4 遮熱シート「アプリ」屋根施工による熱反射イメージ

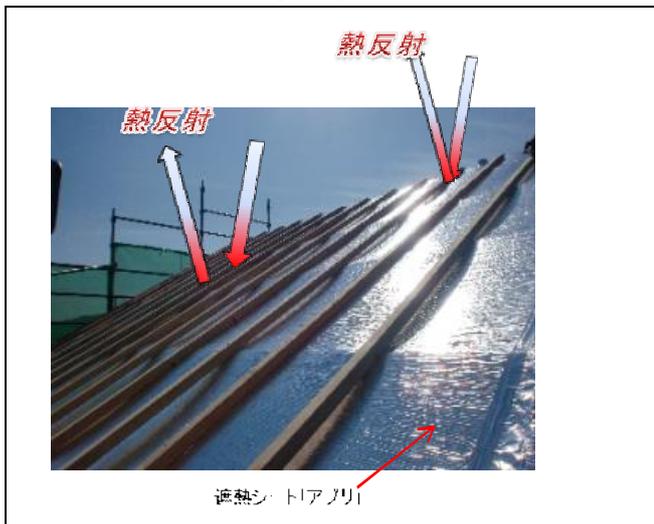
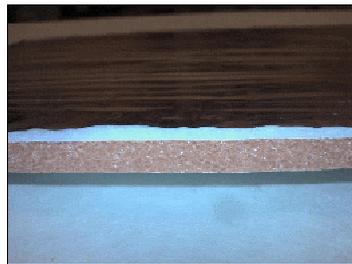


写真10-1-5 遮熱シート「アプリ600」断面



アプリ600断面構成

- ・薄膜アルミ箔
- ・PET+PP
- ・ポリエチレンフォーム
- ・薄膜アルミ箔

屋外の熱は、屋外に反射し建物内への熱の影響を軽減し、室内側の熱も室内側に反射する事で、保温性が高まり、室内環境を快適にします。

写真10-1-6 アプリ600本体



写真10-1-7 遮熱テープ



写真10-1-8 アプリスターター



遮熱シート「アプリ」は、気密(A)・防水(P)・遮熱(R)・断熱(I)の4つの機能をたった6mm厚のシート1枚で実現しました。

A	Airtigt(エアータイト)	気密
P	Water Proof(ウォータープルーフ)	防水
R	Refrect(リフレクト)	遮熱
I	Insulation(インシュレーション)	断熱

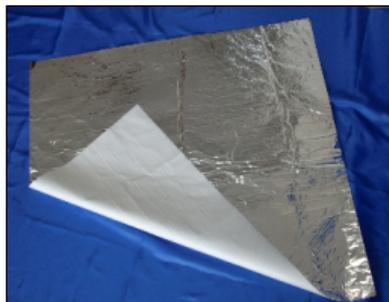
上下のジョイント部分に、100mmアイジャクリ加工(写真10-1-6)を施し、横方向のジョイント部には、アプリジョイントシート(写真10-1-7)を施工する事で、防水設計施工基準をクリア。
(詳しい施工方法については、施工マニュアルを参照)

透湿防水シートの施工が不要で、気密性もアップし、建物全体の性能も向上し、コスト削減・工期短縮が図れます。

写真10-1-6 「アプリ」上下ジョイント加工

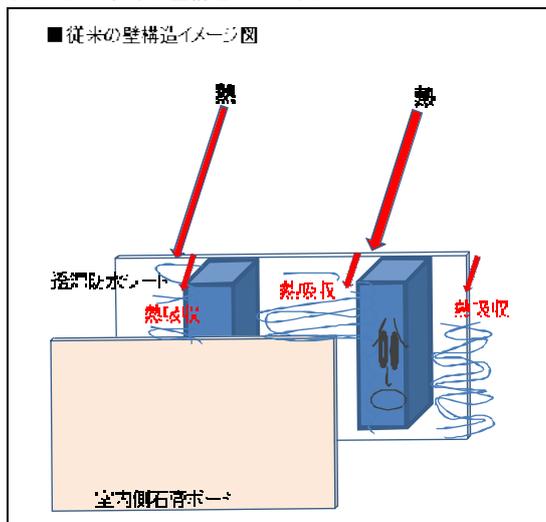


写真10-1-7 「アプリジョイントシート」



■10-2 従来の工法との比較

図10-2-1 従来の壁構造イメージ図

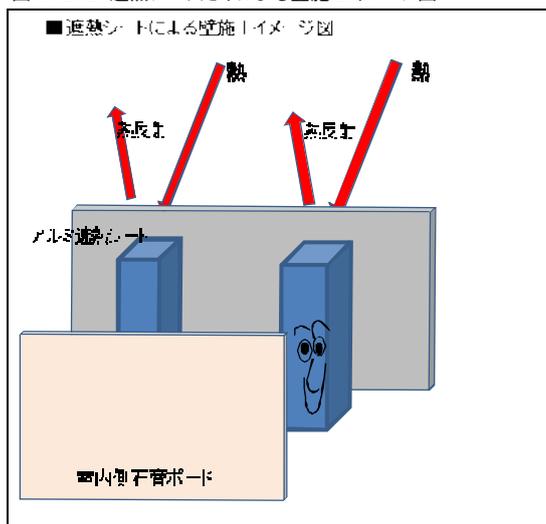


■従来の断熱材を柱間に充填する方法では、壁の中に熱を呼び込み、断熱材が吸収し、溜め込んでいました。

結果、壁面では温度差が生じる事で、壁内結露の原因を生み、カビやダニの発生の原因となっていました。

また、柱の背中側は、断熱材が無く、外気の影響をまともに受ける構造の為、構造体の膨張・収縮が大きくなり接合部の金物・釘・ビスなどの支持力が、徐々に落ちてしまい、壁内結露と共に、建物構造体劣化へとつながります。

図10-2-2 遮熱シートだけによる壁施工イメージ図



■柱の外側で熱を反射する事により、壁内結露の発生を抑制し、建物構造体の膨張・伸縮をなくす事で、耐久性にも良い影響を与えます。

壁の中の電気配線や配管による、断熱欠損も考えなくても良く、壁内収納棚も断熱を気にすることなく設置出来、室内空間が広がります。

ただし、電気ポットと同じ仕組みの為、室内側に何らかの熱源が無いと、十分な効果は出せません。

遮熱シート「アプリ」は、透湿防水シートの施工は不要です。

従来の断熱材との併用も可能ですが、壁内結露を助長させない為に何らかの処置が必要になる場合があります。詳細は、弊社担当者までお問い合わせ下さい。

■10-3 バブルポリエチレン製遮熱シートとの比較

「アプリ」は当初、バブルポリエチレン(エアーキャップ)製(梱包等でよく使う通称プチプチ)の商品を参考に製造しました。

しかし、実際の施工の際には、胴縁で押さえなければならず、その胴縁を固定する際の釘やビスが、躯体に貫通する事で、当然バブルポリエチレンが潰れ、屋外側と屋内側のアルミ箔層が接触してしまい、外側の熱が内側に、又はその逆方向での熱伝導を起こしてしまい、性能を十分に発揮されない場合があります。

弊社で行った、バブルポリエチレン製品の実験では、450mm×450mmのボックスに、胴縁をしなないで温度測定をした場合と、胴縁をビスで施工した場合では、明らかに違う数値が計測されています。

これは、タッカーや釘・ビスを強く締めてしまうと、バブルポリエチレン(エアーキャップ)層が潰れてしまい、屋外側と屋内側のアルミ箔層が接触し、熱伝導を起こす事で、測定数値にバラツキが見られるようです。

また、国内のバブルポリエチレン製造メーカー数社に確認したところ、そのプチプチは、「10年程度しか製造時の状態を維持できない。ましては温度変化の激しい屋根・壁等への施工は、その劣化をもっと早くします」との事。

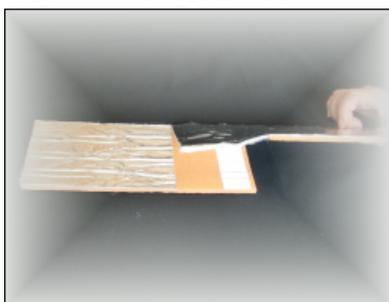
10年程度で、建て替えを考えても良い店舗等の施工以外には、使用しても良い材料なのか、疑問です。

上記のような不都合を解消したのが「アプリ」です。

バブルポリエチレン層のように、貫通しても完全には潰れない複層構造とする事で、多少の施工のバラツキに対しても十分な性能を発揮出来ます。

ジョイント部分は突き付けで、専用テープを貼付するだけの他の遮熱シートの施工方法に比べ、遮熱シート「アプリ」はジョイント部分の両端を100mmの重ね合わせ アイジャクリ加工とする事で、気密・防水性能を高め、建物全体の性能を、更に高水準にする事出来ます。

写真10-3-1 「アプリ」ジョイント部



■10-4 蒸着アルミ製遮熱シートとの比較

.....

同じアルミ箔を使用したように見える遮熱シートにも、おおまか3種類のものがあります。

- ① 純粋なアルミ箔製
- ② 純粋なアルミ箔表面に、樹脂コート剤を塗布したもの
- ③ アルミ蒸着シート

①は、遮熱シート「アプリ」がこれにあたります。

純粋なアルミ箔は、輻射熱の97%を反射しますが、②の反射率は、55～80%程度、③は、35～60%程度となってしまう。

純粋なアルミ箔ではないのにも拘らず、輻射熱の97%を反射するかのような宣伝文句で、販売されているものもありますので、注意して下さい。

ただし、コンクリートや石膏などへの直接施工をする場合、純粋なアルミ箔は劣化してしまう為、コート剤を塗布した、アプリコートにて対応します。

③は、薄いフィルムや不織布などにアルミの粉を吹きかけたような商品で、反射率が極端に違ってきます。

この3種類の見分け方は、まず表面に印字のあるものは②又は③の商品です。

純粋なアルミ箔表面には、レーザーで印字するしかなく、②③は、通常の印字が可能です。

火を近づけると③は燃えてしまいますが、①②は燃えません。

■10-5 遮熱シート「アプリ」検証① <冬期想定編>

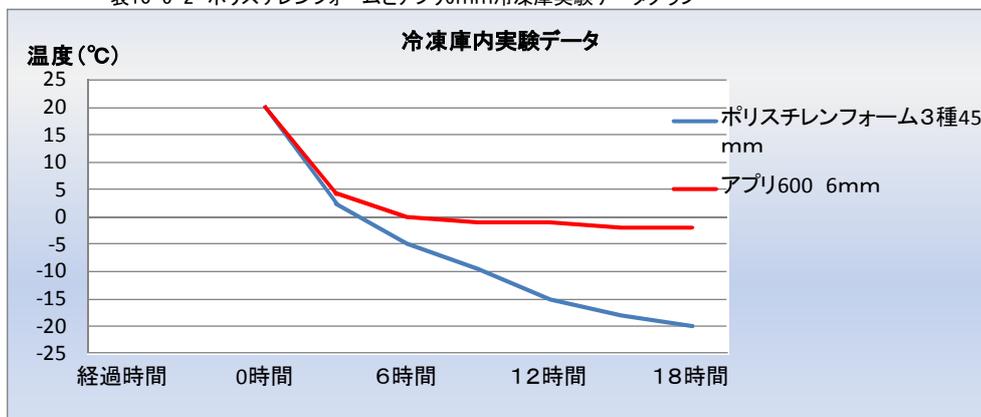
● 断熱材と遮熱シート「アプリ」の冷凍庫内実験

ペットボトルに入れた水をポリスチレンフォーム3種45mmと遮熱シート「アプリ」6mmで製作したボックスにそれぞれ入れ、-20℃の冷凍庫へ入れ、温度測定しました。

表10-5-1 ポリスチレンフォームとアプリ6mm冷凍庫実験データ

経過時間	0時間	3時間	6時間	9時間	12時間	15時間	18時間
ポリスチレンフォーム3種45mm	19.9	2.5	-5.0	-9.6	-15.0	-18.0	-20.0
アプリ600 6mm	19.9	4.3	0.0	-1.0	-1.1	-2.0	-2.0

表10-5-2 ポリスチレンフォームとアプリ6mm冷凍庫実験データグラフ



実験結果

冷凍庫内温度-20℃に対して、ポリスチレンフォーム内ボックスは18時間後の水温も-20℃となってしまう、「無断熱」状態と同じになってしまいました。

これを住宅に置き換えると、外気温-20℃の時、18時間後には室内温度も-20℃となり、「無断熱」の住宅と同じになってしまいます。

通常 私達が使っている断熱材の事を総称して、「熱運行伝播型熱吸収能」と欧米では言うそうです。熱を吸収する事で、反対側に熱を伝えづらくするのですが、長時間での使用で、吸収できる熱量を超えてしまうと、何ら意味を持たなくなってしまいます。

遮熱シート「アプリ」ボックス内の水は、ある一定温度になるとほとんど温度が下がりにません。冷たい熱を反射し続けています。

■10-6 遮熱シート「アプリ」検証② <冬期想定編>

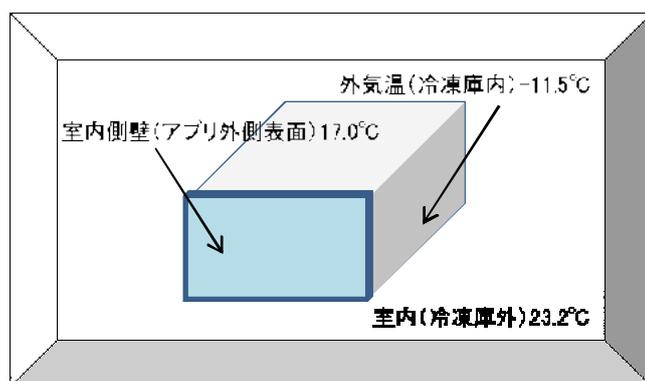
● 遮熱シート「アプリ」の冷凍庫による実験

冷凍庫の扉部分に、遮熱シート「アプリ」でふたをし、20時間後に冷凍庫内(外気温を想定)・アプリ外側表面温度(室内側壁を想定)・冷凍庫外(冬期の外気温を想定)温度をそれぞれ測定。

写真10-6-1 遮熱シート「アプリ」冷凍庫実験



図10-6-2 上記実験結果イメージ図

**実験結果**

測定温度結果は、図10-6-2に示すが、これを冬期の住宅環境で考えると、外気温が -11.5°C の時室内温度を 23.2°C にした際に、その温度差が 34.7°C もあるにもかかわらず、アプリ表面温度は 17.0°C で尚かつ 結露の発生もありませんでした。

温度差 34.7°C でも結露の発生なし!

■10-7 遮熱シート「アプリ」検証③

<冬期想定編>

● 遮熱シート「アプリ」、実際の住宅での温度測定

■測定建物所在地

埼玉県加須市

■建物概要

構造

木造2階建て専用住宅(小屋裏部屋あり)

延べ床面積

36.82坪

遮熱・断熱仕様

基礎: ポリスチレンフォーム3種 30mm (基礎内側)

壁: 遮熱シート「アプリ」600J6mm

屋根: 遮熱シート「アプリ」600J6mm

建物内熱源

1階に10畳用程度の熱源のみ

測定データ

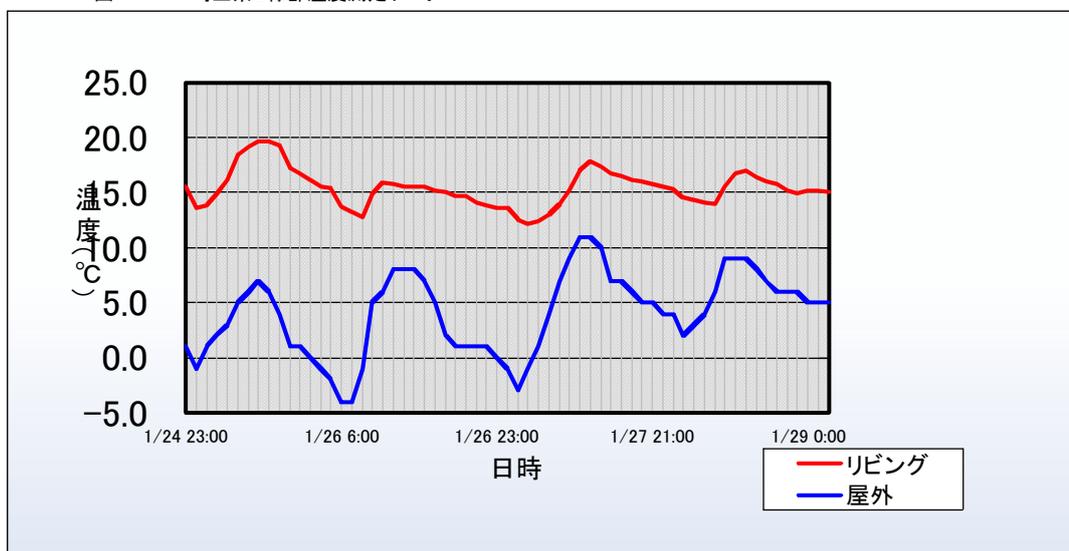
2009年1月24日～1月29日

家族構成

ご夫婦2人

共働き

図10-7-1 埼玉県S様邸温度測定データ



*上記データ詳細は、HPアドレス<http://house-support-club.com/> または、ハウスサポート倶楽部までお問い合わせ下さい。

測定結果

概略、測定期間中の外気最高温度は、1/27 14:00 における11.0°C、最低気温は、1/26 6:00の-4°C
リビング内最高温度は 1/25 15:00における19.7°C、最低室温は、1/27 8:00の12.1°Cであった。

室温は必ずしも外気温と連動する訳ではなく、日射や風速にも影響されている。

表10-7-2 測定データ概略

	外気温	室温
最高	11.0	19.7
最低	-4	12.1

屋根・壁の遮熱・断熱施工は、遮熱シート「アプリ」のみで、次世代省エネ基準値並み以上の住宅内の温度データである。

■10-8 遮熱シート「アプリ」検証④ <暖冷房負荷編>

● 遮熱シート「アプリ」、屋根だけ施工での暖冷房負荷

- 建物所在地 鹿児島県
- 構造
 - 屋根： 亜鉛鉄板0.6mm
 - 壁： 亜鉛鉄板0.5mm
フェノールフォーム35mm
亜鉛鉄板0.27mm
 - 土間床： コンクリート200mm

■ 試験方法

上記構造の屋根のみに、遮熱シートを施工し、構成による熱貫流率計算・温度測定を行い、暖冷房負荷を求め、その増減を求める。

図10-8-1 鹿児島における床面積1㎡あたりの月別暖冷房負荷の比較グラフ

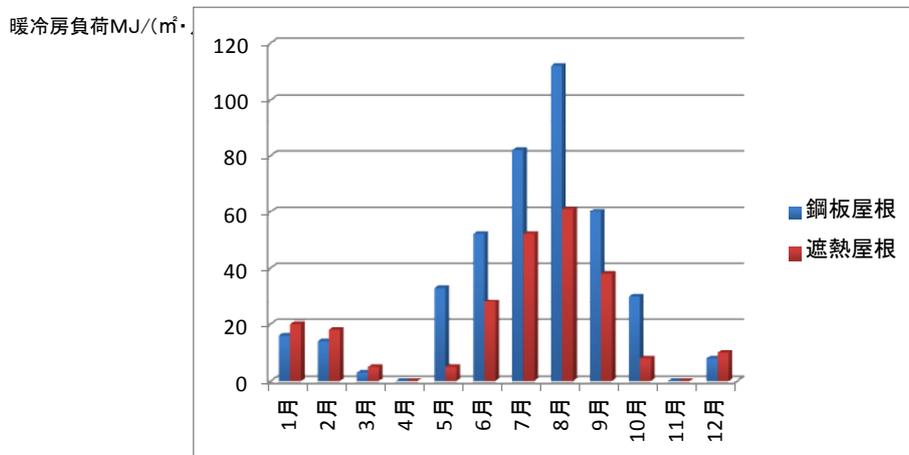
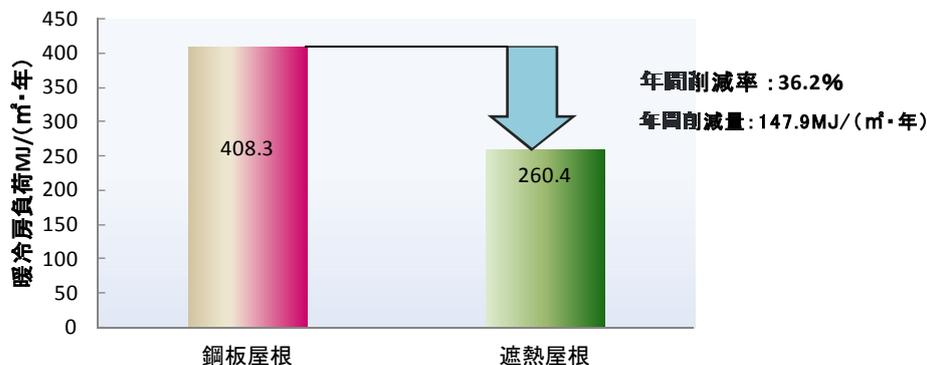


図10-8-2 鹿児島における床面積1㎡あたりの年間暖冷房負荷の比較



測定結果

年間暖冷房負荷は、床面積1㎡当り、147.9MJ/(m²・年)
年間36.2%の削減となった。

屋根だけに、遮熱シート「アプリ」を施工しただけで、年間暖冷房負荷は、36%も削減できました。
東京都での実験では、削減率が17%でしたので、日射時間により、大きく左右される事がわかった。

■10-9 遮熱シート「アプリ」検証⑤ <暖冷房負荷編>

● 遮熱シート「アプリ」、屋根だけ施工での暖冷房負荷

- 建物所在地 東京都
- 構造
 - 屋根： 亜鉛鉄板0.6mm
 - 壁： 亜鉛鉄板0.5mm
 - フェノールフォーム35mm
 - 亜鉛鉄板0.27mm
 - 土間床： コンクリート200mm
- 試験方法
 - 上記構造の屋根のみに、遮熱シートを施工し、構成による熱貫流率計算・温度測定を行い、暖冷房負荷を求め、その増減を求める。

図10-9-1 東京都における床面積1㎡あたりの月別暖冷房負荷の比較グラフ

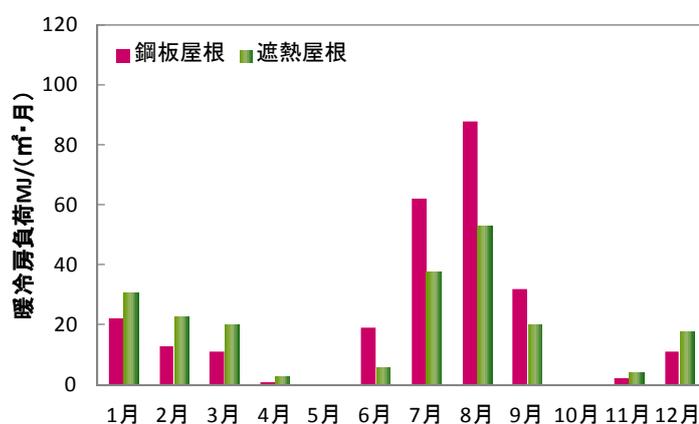
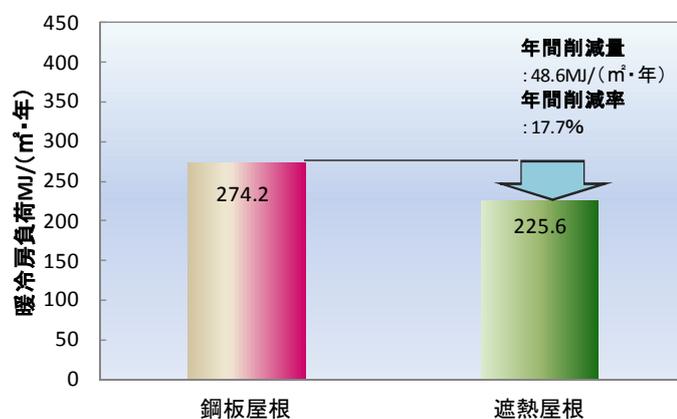


図10-9-2 東京都における床面積1㎡あたりの年間暖冷房負荷の比較



■測定・計算結果と推論

年間暖冷房負荷は、床面積1㎡当り、48.6MJ/(㎡・年)年間17.7%の削減となった。

鹿児島に比べて削減量・削減率共に少ないのは、緯度の高い東京の方が下向きの水平面日射量(日射時間)が小さい為だと考える。

■11.遮熱シート(アルミ箔による熱反射)事例

■11-1 遮熱シート宇宙空間での活用

熱線(電磁波・赤外線・紫外線等)を反射する材料は、銀箔(99%)や金箔(98%)・アルミ箔(97%)が有名である。宇宙空間での人工衛星などのほとんどが、金箔やアルミ箔を表面に有しています。特に宇宙空間では、ほぼ空気が無い為、伝導や対流を考えなくても良い為、輻射熱対策が施されています。

写真11-1-1 人工衛星①



写真11-1-2 人工衛星②



写真11-1-3 民間初の人工衛星まいど1号



<つくば宇宙センター>より

写真11-1-4 ロケットの一部



写真11-1-5 11-4拡大



<JAXA-Iより>

写真11-1-6 宇宙服(本物)



写真11-1-7 宇宙服拡大(本物)



(写真11-1-4~11-1-7)は、東京駅近くのJAXA-I(ジャクサーアイ)で本物が展示されています。宇宙服のポケットの中をめくりあげ、中の薄いアルミ箔を見ていたら、「こんな薄いアルミ箔なんかで大丈夫なんかい?」と関西弁で、施設のコンパニオンさんに聞いていました。

■11-2 遮熱シート その他の身近な活用

.....

写真11-2-1 京都駅での露出配管カバー



写真11-2-2 京都駅での露出配管カバー拡大



黄色テープは、冷水で、青いテープには
温水と書いてあります。
熱い熱にも冷たい熱にも対応可能です。

写真11-2-3 アルミクーラーボックス



鮮魚センター等のお土産屋さんも、昔は発泡
スチロールのボックスでしたが、最近では
ほとんどがアルミ製です。

写真11-2-4 アルミ温熱シート



災害時の簡易防寒具・スポーツ観戦時・
キャンプのお供に・その他アウトレジャーに、
毛布より暖かい。と 記載されています

■12. 遮熱シート「アプリ」施工例

宮城県遠田郡



埼玉県加須市(屋根母屋上施工例)



千葉県船橋市(化粧垂木母屋上施工例)



富山県氷見市



青森県青森市



垂木部分収まり



島根県松江市



栃木県日光市



長野県飯田市



新潟県魚沼市



埼玉県春日部市



埼玉県久喜市(充填断熱工法との併用)



* 本書の著作権は、ハウスサポート倶楽部に帰属し、著作権者の承諾なく、本書の全部、又は一部の転用を禁じます。