平成6年度　農林水産省補助事業
技術開発研究推進事業
技術開発推進事業

省エネルギー部材開発事業報告書

平成7年3月

財団法人　日本住宅・木材技術センター

ま　え　が　き

日本列島の中で梅雨期や夏季の無いのは北海道のみで、他は全て両者の季節を有する。従って、冬季を主とした断熱化のみでは、梅雨期における床下内で、また夏季の冷房時には壁内で結露し、その結露水が断熱材の断熱性を低下させたり、木構造を劣化させる危険がある。

そこで、本事業では、蒸暑地域における木造軸組工法住宅の断熱化技術に関する既研究成果を体系的に整備し、課題の明確化・体型化を行い、問題点を明らかにして、必要なものについては実験等を通じて技術開発を図ることを目的としている。

事業期間は、一応３年間を目標としており、今年度は在来軸組工法住宅における小屋裏及び床下の換気口の設け方とその排湿効果等について調査し問題点の把握に努めた。

調査は、福岡大学に委託し、須貝研究室　須貝高教授を中心としたグループが実施したものである。

目　　次

1　小屋裏の換気口の設け方と排熱・排湿効果の検討 ---------- 1

1．1　屋根に関する検討 ---------- 1

1．2　小屋裏に関する検討 ---------- 31

1．3　天井に関する検討 ---------- 63

1．4　その他 ---------- 72

2　床下の換気口の設け方とその排湿効果の検討 ---------- 75

2．1　基礎に関する検討 ---------- 75

2．2　床下換気に関する検討 ---------- 93

3　床下ソイルカバーの完全化による換気効果の検討 ---------- 105

3．1　床下防湿に関する検討 ---------- 105

3．2　床防湿に関する検討 ---------- 124

3．3　その他 ---------- 131

＜参考文献、引用文献＞

1　小屋裏の換気口の設け方と排熱・排湿効果の検討

1.1　屋根に関する検討

1）放射冷却をもろ受けるため，温度はきわめて過酷となる。ちょっとしたすき間があると，湿気が侵入し結露を起こす。室内側の防湿層の施工を入念に行い，湿気の侵入を最小限に抑えるとともに，外側に通気層を設け，侵入した湿気を速やかに排除する工夫が必要である。

耳付きの付属防湿層では，湿気の侵入を抑え切れないので，必ず別付の防湿層を施工することが必要である。

通気層へ，軒先からスリットや軒天井の有孔ボード等から空気を取り入れ，棟等で排気を取らないと，冬季の晴天日に，南側屋根下地材から大量の水蒸気が発生し，それが北側屋根に回って結露する場合があるので，注意が必要である。屋根裏結露を防止するために断熱する場合には，一般に断熱厚さは20～30mm程度でよい。断熱材としては，透湿性，吸湿性の低い発泡プラスチック系のものが適している。断熱材は，野地板の上に貼ることに注意がいる（**図－1参照**）[1)]。

2）屋根下地材が最も結露の被害を受けやすいことを考えると，外壁以上に通気層工法の採用が必要な部位といえる。越屋根や棟換気口の設置と併せて計画すべきである（**図－2参照**）[1)]。

3）結露を防止するため，特に次のことを勘案すること。Ⅰ（北海道）及びⅡ（青森県，岩手県，秋田県）の項に掲げる地域においては，壁及び屋根の断熱材の外気側に通気層を設け，部位の内部における通気を可能とする構造にすること等により，部位の内部の湿気を排除が容易に行えるよう努めること[1)]。

4）屋根部分で断熱する場合は，内側結露防止や，屋根積雪の凍結防止のため，断熱材の外側には必ず通気層を設ける必要があり，通気層の厚さは30mm以上を目安に確保することが望ましい（**図－3参照**）[3),54)]。

5）屋根面は風圧がかかる部分なので，繊維系断熱材を使用する場合は，外壁と同様の理由から断熱材と通気層の間に防風材を設ける。その場合，室内側から施工した断熱材により通気層が塞がれないよう，防風材にはボード状材料などの面剛性の高い材料を用いるか，野地板合板の上に通気層を設ける必

要がある（図－4参照）[3),54)]。

6）勾配屋根部分に断熱材を施工する場合には，基本的に外壁と同様な構成で施工する必要がある（図－3参照）。①断熱施工の信頼性向上のために，なるべく吹き込み工法を採用する，②断熱材の外側に，外壁と同様に防風層と通気層を確保する。また，屋根では天井と同等の断熱性能の確保が望まれる[96)]。

7）軒部分の断熱が屋根裏面にふれて通風を妨げない設計配慮が必要とされる[12)]。

8）室内からの暖気吹出しや間仕切・外壁を循環する気流などが大きいと，屋根裏面での結露を招く場合がある。これらに対しては，通気止めなどで意図的に図る必要がある[12)]。

9）屋根断熱で小屋裏がある場合には，そこを室内同様にみなして断熱と気密を行う必要がある。また，小屋裏がない場合には緩衝地帯がないわけであるから，一般部の断熱性能はもとより，冷橋対策を十分講じておかないと，すぐに結露を招く危険性がある[12)]。

10）鉄筋コンクリートで勾配屋根をつくる場合は，小屋裏換気がとれないものが多く，しかもすき間換気もなくなってしまう。したがって，換気口を設けないで屋根断熱を行うのが基本になる（図－5，図－6参照）。そして屋根断熱の場合は，小屋裏換気口を低くさせないために，天井断熱は併用しないほうが結露に対して安全である[27)]。

11）木造住宅でも，天井断熱はやめて，屋根断熱にする構法がある。この場合に注意が必要なのは，小屋裏には換気口を設けてはならないということである。小屋裏に換気口を設けると，暖まった空気は換気口から排出されてしまい断熱の意味がなくなる[27)]。

12）鉄板下でこの屋根断熱を行う場合は，断熱材の下側に防湿層を設けないと，鉄板と断熱材の間で結露が発生する[27)]。

13）屋根部位の夏季の遮熱のためには次の対策を講じるのが効果的である。①できるだけ日射吸収率の低い白っぽい色とする（図－7，図－8参照），②天井断熱よりも屋根断熱の方が効果的である，③小屋裏内の熱気を換気扇によって排熱する，④屋根はできるだけ急勾配とし，換気を促し，排熱・排湿を図る[64)]。

14）屋根は排水が円滑に行われ，漏水を防ぐような構造とする（入り組んだ谷をつくると雨漏りの危険性が高い。なるべく谷を少なくし，陸谷などをつくらないよう水取りを工夫する）[28]。

15）軒の出は，妻側を含め多く出すことがよい（壁面に直接雨水がかかると壁内への侵入の可能性は高くなる。特に壁上部より雨水の浸入を防止するためには軒の出を多くした方がよい）（**図－9参照**）[28]。

16）全国的に屋根の色を多い順に並べると，黒色系，灰色系，茶色系の順になり，黒色系が約半分を占めています。灰色系も含めると80％近くになる（**図－10参照**）[32]。

17）北海道，山形，秋田，岩手，青森については，青色系と茶色系が健闘しています。これは先に見た金属板の屋根材の普及と密接な関係がある（**図－11参照**）[32]。

18）屋根材料と色との関係を図示化してみた（**図－12参照**）。これによると金属板の屋根材の場合，①黒色系，②茶色系，③青色系という順序になっている。古くは，金属板の屋根材といえば青色というイメージがあったが，最近は茶色系の長尺カラー鉄板に変化してきている。また，彩色石綿板の屋根材は黒色系が圧倒的に多いことがわかる[32]。

19）屋根勾配を全国的に見ると，４～５寸未満のものが主流である。これよりも緩い勾配の屋根が多い地域（フラット屋根の多い沖縄や北海道を除く地域）を見ると，金属板屋根の多い東北地方などや東京や大阪などの大都市圏で，勾配の緩い住宅が多いことがわかる。屋根勾配のきつい地域は，山陰や九州，四国に多く見受けられる（**図－13参照**）[32]。

20）雨は，とくには屋根の雨漏りとして建物内に侵入する。屋根葺き材は敷き並べただけでは防水することはできないので，それぞれ材料によって適性な勾配をつけないと，葺き材に損傷がなくとも雨漏りすることがある。雨漏りを防止するため，経験的に割り出された屋根葺き材ごとの適正な屋根勾配を示したのが表－１である[52]。

21）屋根勾配は，屋根の材料や生産タイプと強い関連をもっている。例えば，粘土瓦の場合，雨水の侵入を防ぐためには４～５寸の勾配が必要であると言われている。これに対して，長尺鉄板などを使えば，比較的屋根勾配を緩や

かにしても大丈夫である（**図－14参照**）[32]。

22）屋根材料と勾配の関連を見ると，和型の粘土瓦・セメント瓦の勾配は４寸勾配が圧倒的に多いのに対し，洋型の粘土瓦と彩色石綿板では勾配のきついものが多く，金属屋根は緩やかです（**図－15参照**）[32]。

23）現在の我が国の屋根の材料には，瓦（粘土瓦やセメント瓦等）だけではなく，彩色石綿板（コロニアル等）や金属板などが使われている。これらの屋根材料と使用比率は，瓦50％，彩色石綿板25％，金属板20％という比率である。（和型の）粘土瓦は全国で35％程度であり，現在もなお屋根材料の主流（全体の３分の１程度を占める）である（**図－16参照**）[32]。

24）屋根材料による地域による使用率の差が極めて大きい。例えば，粘土瓦が多く使われている地域は，石川，三重，富山，鳥取など北陸から山陰地方において50％を越える使用率である（**図－17参照**）[32]。

25）北海道から東北にかけては金属板が多く利用されていることがわかる（北海道では90％以上が金属板である[33]）。金属板の屋根材は長尺鉄板が製品化されてから，東北地方にも急速に普及した。この金属板の屋根材は，瓦よりも柔軟に屋根の形に対応することができる（**図－18参照**）[32]。

26）彩色石綿板はもっとも新しい屋根材料である。地域的には大都市圏において彩色石綿板が使われている比率が高いことがわかる。この材料は生産タイプと強い関連をもっている（**図－19参照**）[32]。

27）セメント瓦（生産性の問題等から戦後十年程度しか作られていなく，平成２年度に JIS規格が廃止されているため，全国版の住宅金融公庫仕様書から削除した[33]）は九州地方で多く使われている（**図－20参照**）[32]。

28）粘土瓦（21mm），通気粘土瓦（瓦10mm，通気層９mm），フォームポリスチレンボード（30mm）と通気層（20mm）を有するスレート瓦（ 4.5mm）は，いずれもスレート瓦よりは遮熱性に優れており，スレート瓦を使用した場合の小屋裏空気温度と比較すると，これらの小屋裏空気温度は最大約10℃低い値を示す（**図－21参照**）[74]。

29）通気粘土瓦（瓦10mm，通気層９mm）は，粘土瓦（21mm）と比較して瓦の厚みが薄いことや，通気層内において十分な通風が行われていないことなどの理由により，結果的に粘土瓦よりも熱抵抗が小さく遮熱性が劣る[74]。

30）通気断熱構法では，外気側から室内側へ流入する熱の多くが通気層から外気に排熱されるため，通気断熱構法屋根の温度は在来断熱構法屋根よりも低い値を示す（**図－22，図－23参照**）。その結果，屋根外表面から室内側へ流入する熱量は，在来断熱構法よりも通気断熱構法の方が多くなるが，屋根内表面側における外気側からの流入熱流は通気断熱構法の方が削減される（**図－24参照**）[39]。

31）屋根通気断熱構法は，野地板から放湿された水分を通気層を介して外気に排湿するため，放湿量が多い昼間でも絶対湿度は比較的低く維持できる（**図－25参照**）[39]。

32）屋根遮熱の効果は，通気開口面積が大きい（通気層内の通風量が多い）ものほど顕著に現れる。これは，在来断熱構法（Ｅ棟）と屋根通気・二重断熱構法（Ｆ棟）の２階室内空気温度の相関を示した**図－26**において，モード１（けらば[注1]，軒ともに全開），モード２（けらば片側閉・軒全開），モード３（けらば全閉・軒全開），モード４（けらば・軒全閉）の順に回帰直線の勾配が小さいことからも明らかである（**図－27参照**）[75]。

33）通気・二重断熱構法の通気層内空気を，軒換気口から棟換気口に通気する方法（モード２）と，けらば換気口と軒換気口から通気する方法（モード１）では，ほぼ同等の遮熱効果が得られた（**図－28，図－29参照**）[76]。

34）遮熱シートを使用することにより，通気・二重断熱構法の外側断熱構法の外側断熱材から内側断熱材への放射熱伝達は削減されるが，遮熱シートを使用しない場合でも内側断熱材外表面温度は外気温度とほぼ等しい値を示しており，十分な遮熱効果を有している（**図－30参照**）[76]。

35）屋根断熱パネル（Ｂ棟）は，昼間は小屋裏への貫流熱を削減し小屋裏空気温度の上昇を抑制するが，夜間は放射冷却による小屋裏からの熱流出の妨げになる（**図－31，図－32参照**）[61]。

36）西側屋根断熱パネル空気層（Ｂ棟）の絶対湿度と相対湿度を比較する。Ｂ棟のグラスウールおよび通気穴による排湿パネルの絶対湿度は，それぞれ最大で63.2ｇ／kg'，65.7ｇ／kg'であり，僅かにグラスウールによる排湿パネルの方が小さい値となるが，両者には顕著な差はみられず，相対湿度は終日30～40％程度を示す（**図－33，図－34参照**）[61]。

37）カラートタン裏面部に結露の発生がみられず，結露の発生に対して安全性が高い屋根仕様は，Ｂ棟のシージングボード（重ね目無し）およびＤ棟のシージングボードとウレタンフォームの二重構造（重ね目有り）である。逆に危険性が最も高い屋根仕様は，Ａ棟のアスファルトフェルト仕様である。この理由は，夜間においてＢ棟，Ｄ棟では，シージングボードの吸湿作用が働くため絶対湿度が低くなったことが考えられる。また，Ｃ棟がＡ棟に比べ結露に対して安全性が高い（**図－35，図－36，図－37，図－38参照**）[81]。

38）暖房・加湿時には躯体の温度上昇と室内からの湿流により内部絶対湿度が上昇する。在来構法は密閉化された内部に水分が蓄積され，低温面となる外気側（屋根はルーフィング）に結露の生じる恐れがある（**図－39，図－40参照**）[62]。

39）通気構法は，内部水分が通気層を介して外気に排湿されるため，室内を加湿した場合でも蓄積水分量は比較的少なく保たれる。さらに，低温面（屋根は通湿穴付きフォームポリスチレン）は湿気を透過するため結露の危険性が少ない（**図－41，図－42参照**）[62]。

40）野地板外表面側（Ａ棟）と屋根断熱パネル空気層（Ｂ棟）の湿度を比較する。Ａ棟の野地板外表面側とＢ棟のグラスウールおよび通気穴による排湿パネルの絶対湿度（相対湿度）は，最大で16.5ｇ／kg'（67％），10.2ｇ／kg'（25％），13.3ｇ／kg'（45％）となりグラスウールによる排湿パネルが最も小さい値となる（**図－43，図－44，図－45，図－46参照**）[61]。

41）屋根断熱を施すことにより，昼間には小屋裏への貫流熱が削減され，日射受熱による小屋裏空気温度の上昇は抑制される。しかし，夜間には対流と放射による小屋裏からの熱流出の妨げとなるため小屋裏空気温度の低下を防ぐ（**図－47参照**）[77]。

42）野地板の下側に透湿抵抗の大きい断熱材と通気層を有するように設置することにより，野地板から放湿された湿気を通気層を介して外気に放出し，小屋裏に湿気が拡散するのを防ぐ（**図－48，図－49参照**）[77]。

43）野地板の下側に通気層（20mmの場合）を施す場合には，日射受熱により昇温した空気と野地板から放湿された湿気が通気層上部に停滞するおそれがあるため，通気層内の通風を促進して温・湿度を低く保つ必要がある（**図－50，**

図－51参照）[77]。

44）野地板外側には屋根材があるため，自然風が卓越する場合でも野地板の湿気伝導率は小さい。また，野地板から外気に放湿する際には脱着熱が必要であるが，冬季はその熱が得難い。したがって，冬季で日射熱が得られない条件下では，野地板から外気への放湿量が少なく，透湿性ルーフィング（ルーフィング①，②）の効果はほとんど認められない（図－52参照）[103]。

45）夜間など屋根温度が低下するときに野地板小屋裏側で結露し，その後日射受熱があると，野地板外側の温度上昇にともなう湿気容量の増加により，小屋裏側から外側に湿気が移動する。野地板は，これを繰り返すことで高含水化する。透湿性ルーフィング（ルーフィング③，④）は，野地板が高含水化する過程でも外気に放湿するため，非透湿性ルーフィング（ルーフィング①，②）に比べると蒸れ難い（図－53参照）[103]。

46）小屋裏の湿度が低い（野地板小屋裏側で結露しない）場合は，日射受熱に野地板は放湿乾燥する。透湿性ルーフィング（ルーフィング①，②）仕様とした野地板は，小屋裏側のみならず外気側にも放湿するため，非透湿性ルーフィング（ルーフィング③，④）仕様に比べ低湿になる（図－54参照）[103]。

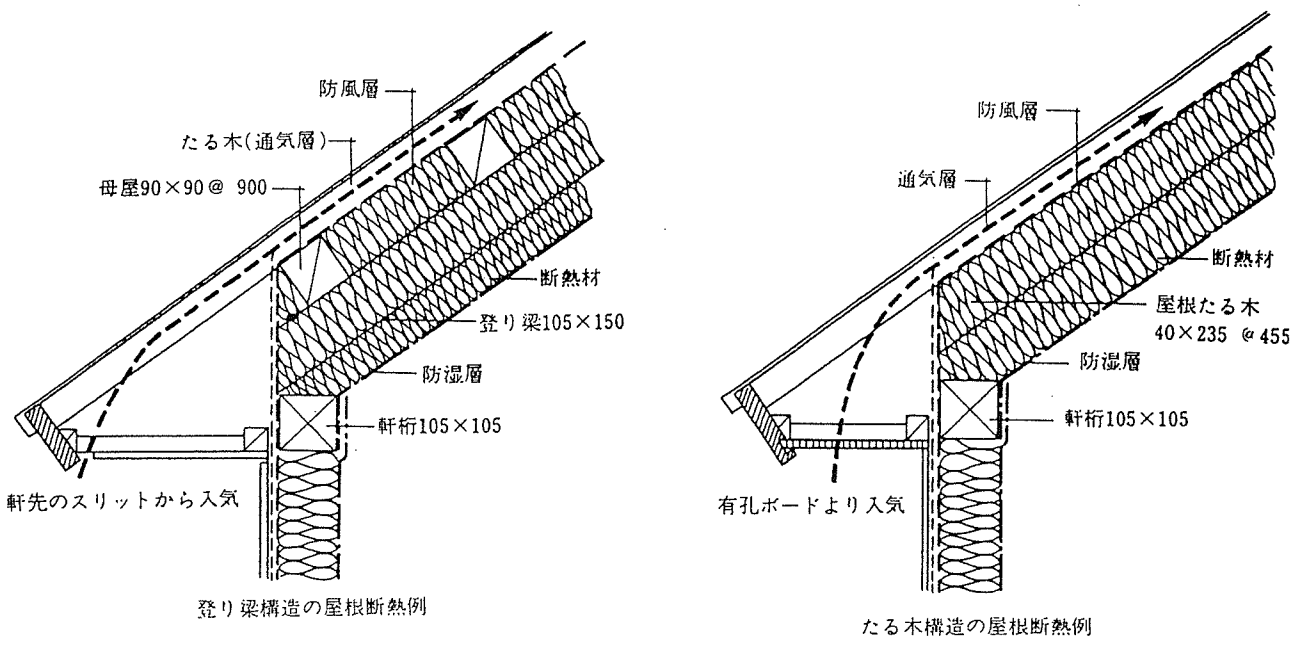
47）断熱屋根（100mm厚のグラスウール10Kg/m^{3}を野地板下側に付設）の小屋裏への流入熱量は，在来屋根（断熱なし）より20～25％程度削減される。換気流量の増加にともない小屋裏内に流入する正味の熱量は削減されるが，在来屋根で断熱屋根と同等の結果を得るには小屋裏の換気流量を非常に多くする必要があるため，実質的には換気のみによる排熱で小屋裏温度を低下させることは困難である[104]。

48）野地板下側に設けた通気層から速やかに排熱し，通気層下側の断熱材が小屋裏内への流入熱を削減する断熱通気屋根は，優れた遮熱・排熱性能を有している。さらに，野地板下側を断熱し通気層内への流入熱を削減した場合（断熱層を二重にしてその間に通気層を設ける仕様）は，僅かな換気流量でも十分な遮熱・排熱効果が期待できる[104]。

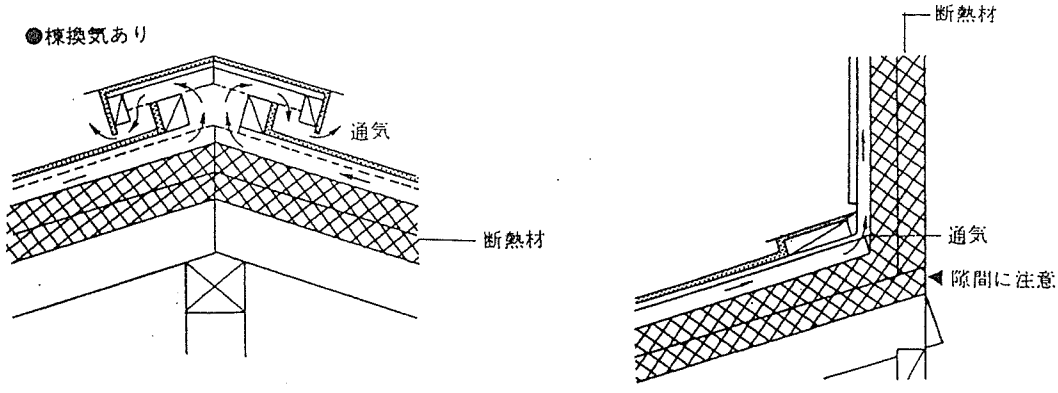
49）通気効果の期待できない「密閉」では，施工直後から野地板の含水率が高いままで推移する。何らかの通気効果を持たせたものは，仕様により多少の差があるが，明らかに含水率低下の効果が認められる。「密閉」の場合も，

夏期の様に日中と夜間の温度差による断熱材の伸縮で各部に隙間が生ずると，野地板の含水率が低下し，最終的には含水率は15%以下となる。また，棟木の含水率については，小屋裏換気が十分とれていれば問題ない。以上，「密閉」では，施工直後結露が発生する可能性は大きい。従って，何らかの通気方法がとれていれば，野地板に害はない[106]。

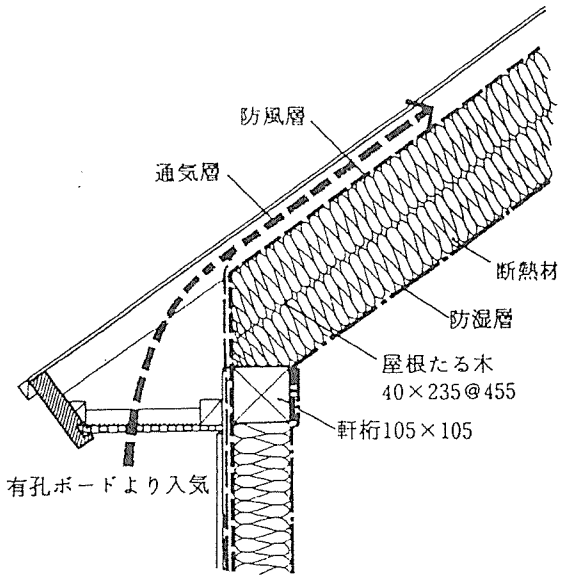
50）野地板南面に関しては，「密閉」であっても，含水率は15%以下になっている。野地板北面に関して，通気方法による含水率の推移に差が認められた。即ち，①「密閉」については，含水率が20%前後で推移しており，野地板の水分が十分に抜けていない。南面の水蒸気が北面に移動し，一日の温度差の影響で結露している事も考えられる。②通気効果を持たせた試験体の内，「穴あき」については水分の抜けが十分でない。③その他の試験体については，北面についても含水率は20%以下に推移している。以上，「密閉」では，一日の温度差の大きい秋期では，北面において野地板の含水率が高く，結露の危険性も高い（含水率測定前に野地板に水を十分にまき，養生用ブルーシートをかけて密閉状態にしてから測定を行い，日中の温度差の大きい秋期の影響を調べた）[106]。



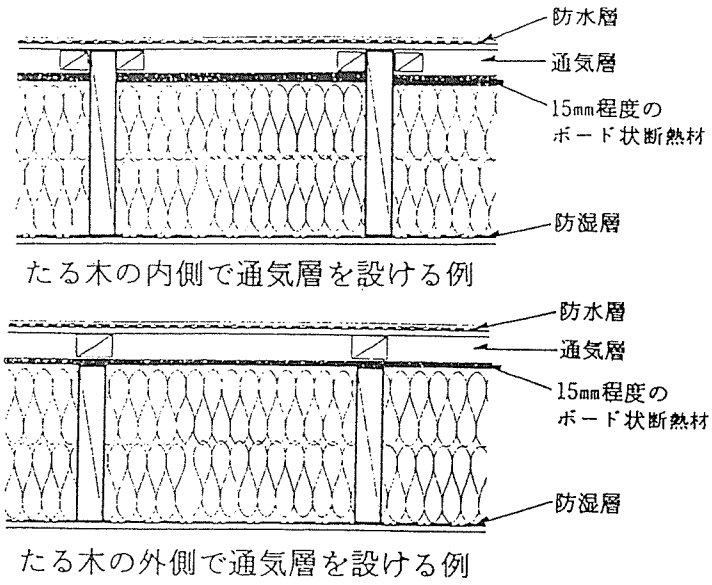
図－1 屋根の断熱施工例 [1)]



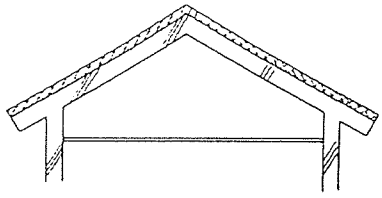
図－2 外張り工法，屋根 [1)]



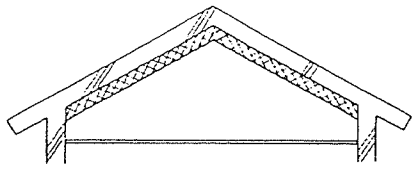
図－3　屋根（たる木構造）の断熱 [3),96)]



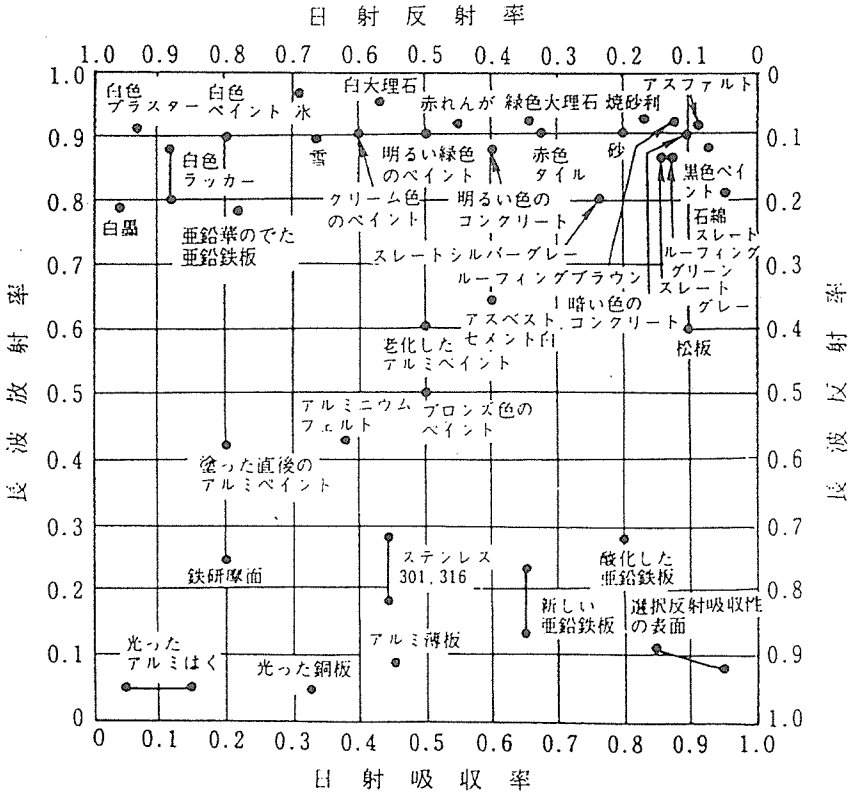
図－4　屋根通気層の取り方 [3)]



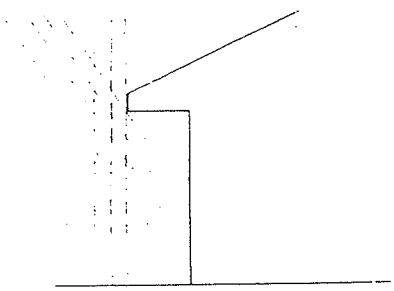
図－5　内側断熱の屋根 [27)]



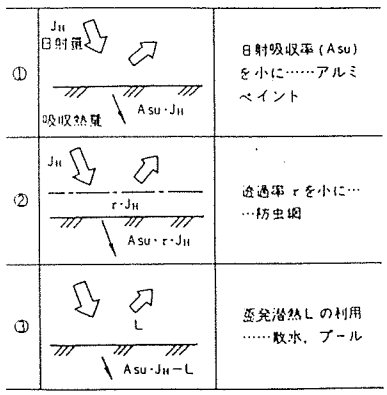
図－6　外側断熱の屋根 [27)]



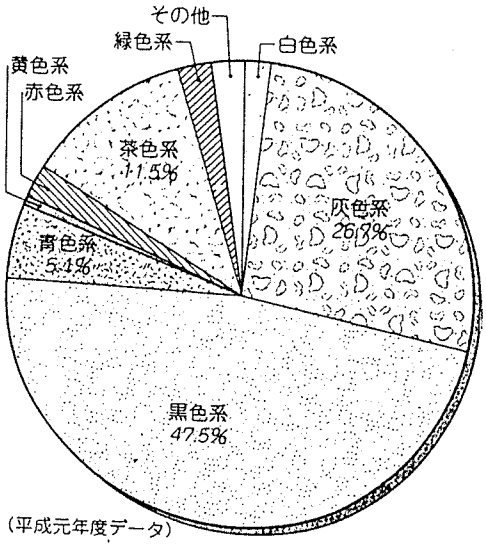
図－8　材料表面の日射吸収率および長波放射率 [11)]



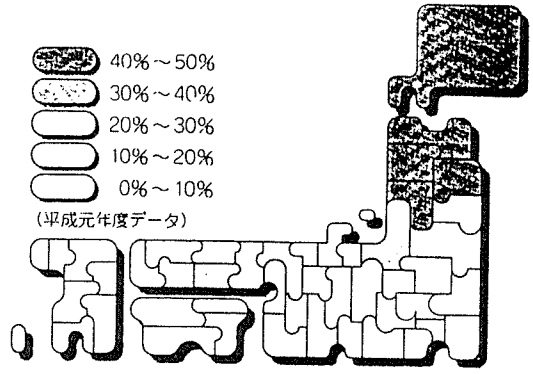
図－9　軒の出と雨水 [28)]



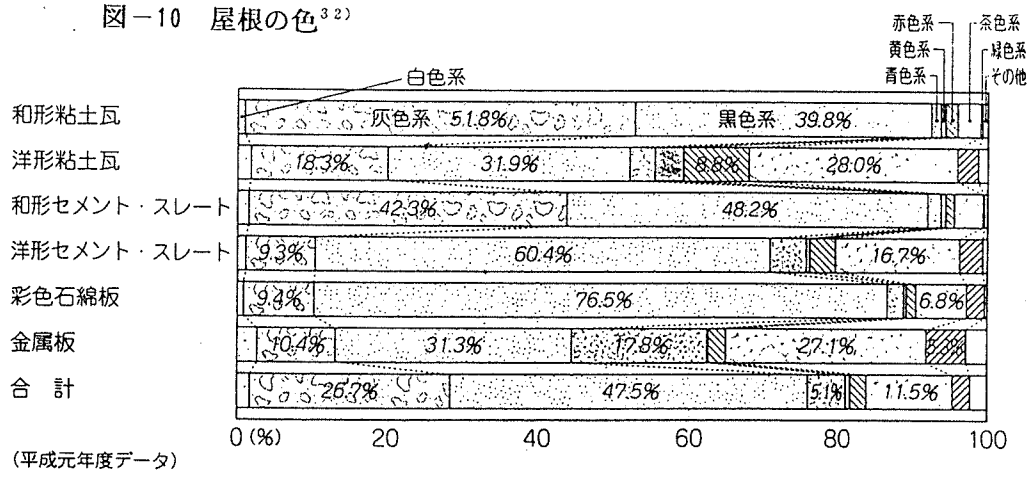
図－7　日射の影響の軽減 [106)]



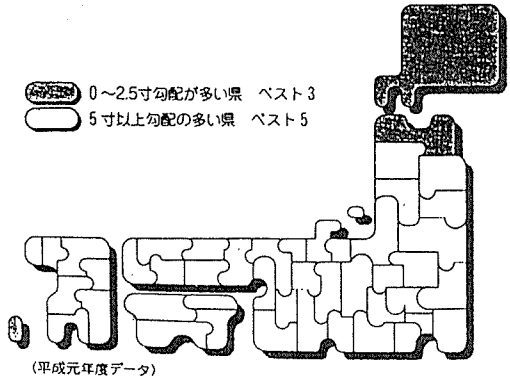
図－10　屋根の色[32]



図－11　屋根の色（青・茶）[32]



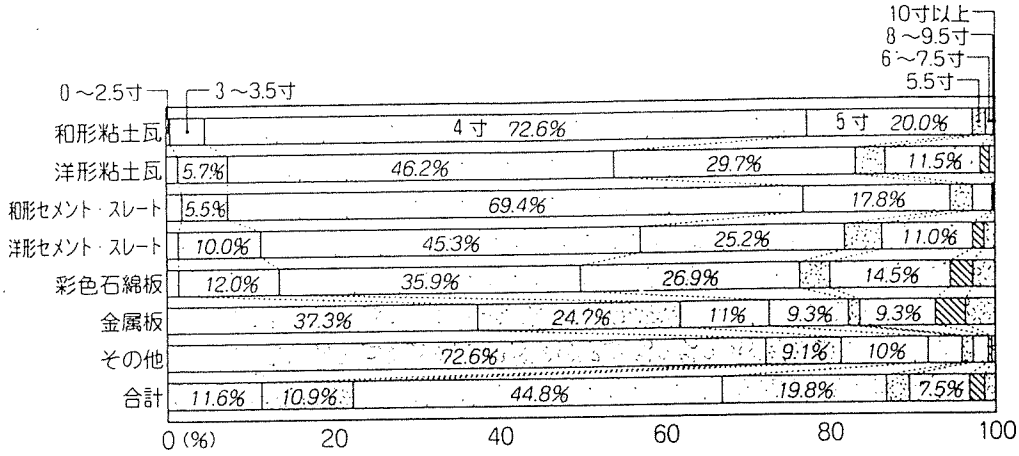
図－12　屋根材料別の屋根の色[32]



図－13　屋根勾配のゆるい県・きつい県[32]

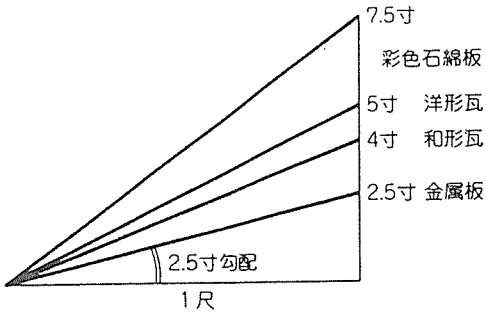
表－1　屋根葺き材と勾配[52]

屋根葺き材	勾配 1/10
日本瓦葺き	4.5
釉薬瓦葺き	4.0
セメント瓦葺き	4.5
天然スレート葺き	5.0
金属板葺き	2.5
長尺金属板葺き	1.0
石綿スレート葺き	4.0
波形スレート葺き	4.0
こけら板，ひはだ葺き	3.0
藁・茅葺き	10.0



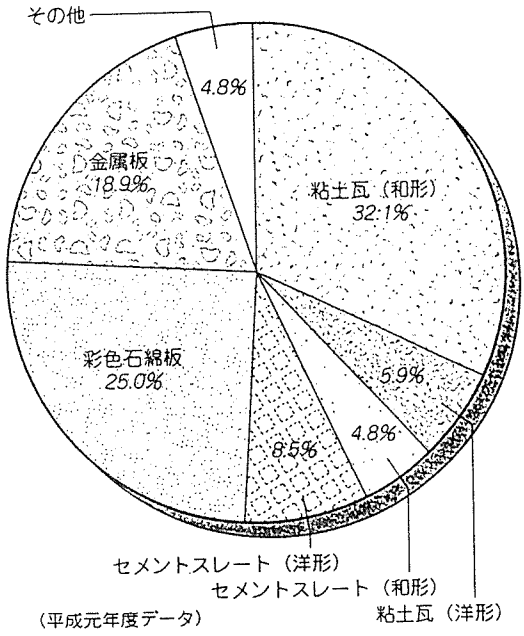
(平成元年度データ)

図－14　屋根材料別の勾配[32)]



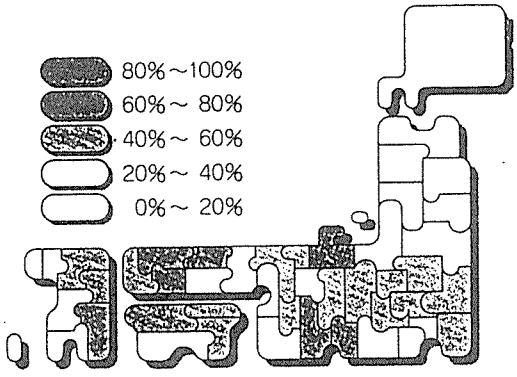
1尺＝10寸（≒30.3cm）

図－15　屋根の勾配の種類[32)]

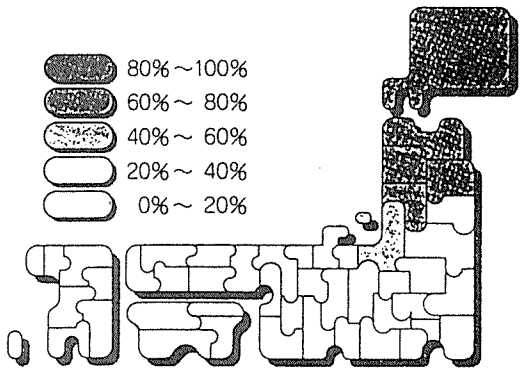


図－16　屋根材料の全国比率[32)]

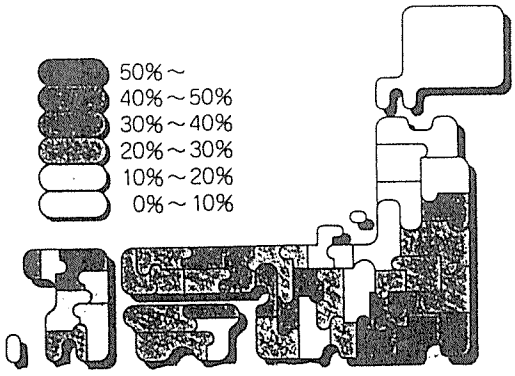
(平成元年度データ)



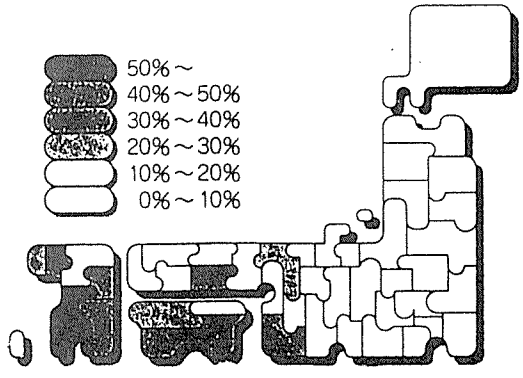
図－17　粘土瓦[32)]



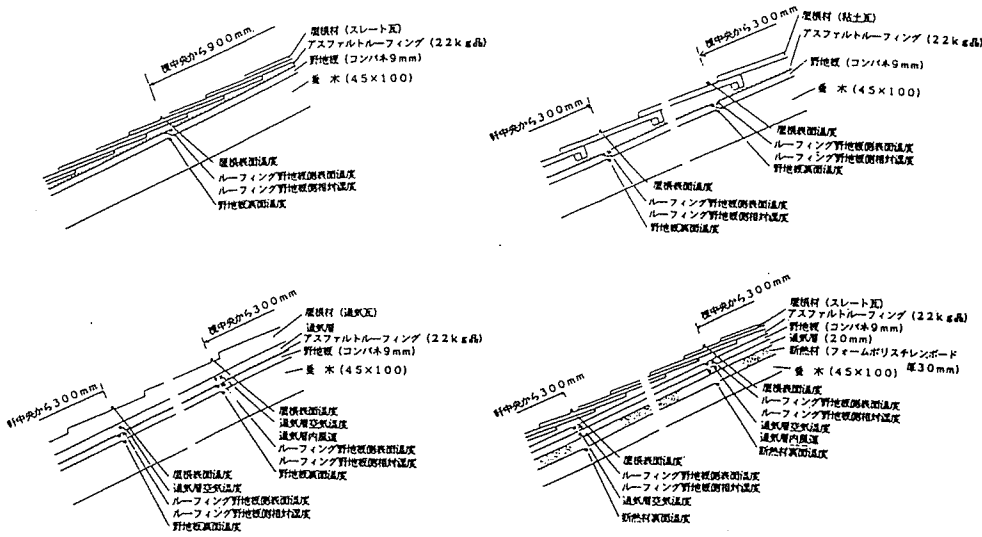
図－18　金属板[32)]



図－19　彩色石綿版[32)]



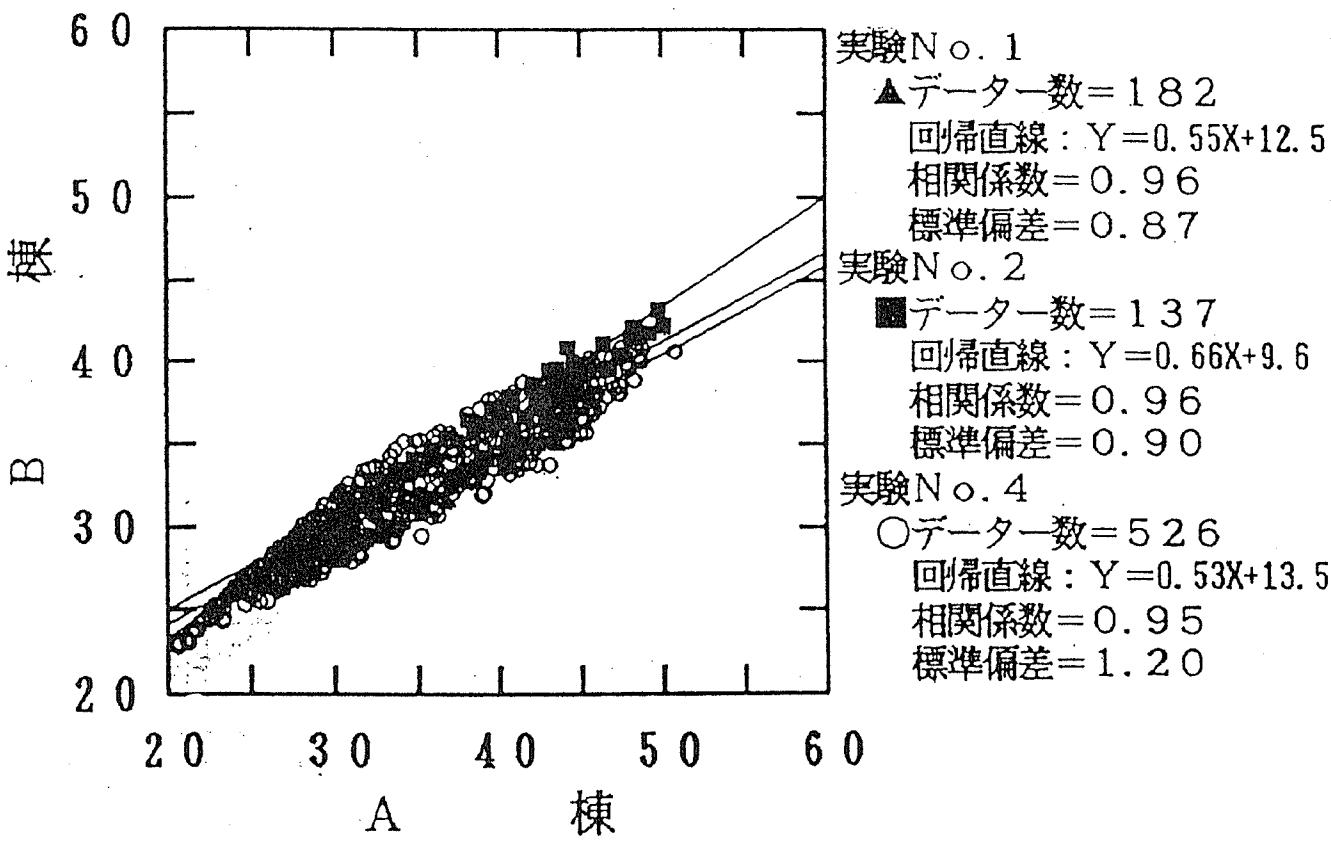
図－20　セメントスレート[32)]



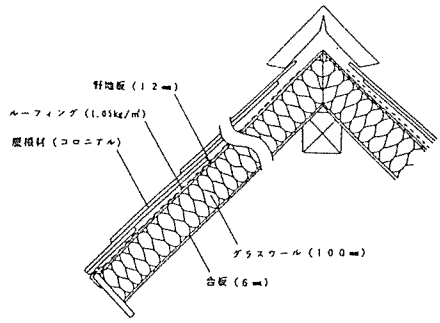
屋根構成

試験家屋の仕様および検討項目

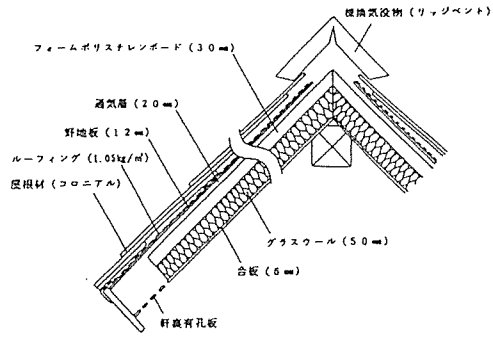
実験NO.	月日	検討項目（屋根）	A棟	B棟	検討項目（壁）	A棟	B棟
1	7/21～29（自然状態）	スレート瓦と粘土瓦による比較	スレート瓦	粘土瓦	通気構法（通気層18mm）の場合の排湿効果	在来断熱構法	通気層18mm
2	8/4～9（自然状態）	スレート瓦と通気粘土瓦による比較		通気粘土瓦			
3	8/1～2（冷房状態）				在来断熱構法と通気構法（通気層18mm）の壁体内部結露の有無		
4	8/21～31（自然状態）	スレート瓦とフォームポリスチレンボードおよび通気層を有するスレート瓦による比較		フォームポリスチレンボードおよび通気層を有するスレート瓦	通気構法（通気層7mm）の場合の排湿効果		通気層7mm
5	8/11～19（冷房状態）				在来断熱構法と通気構法（通気層7mm）の壁体内部結露の有無		



図－21　小屋裏空気温度の相関[74)]



グラスウール（１００㎜）を使用した屋根構成

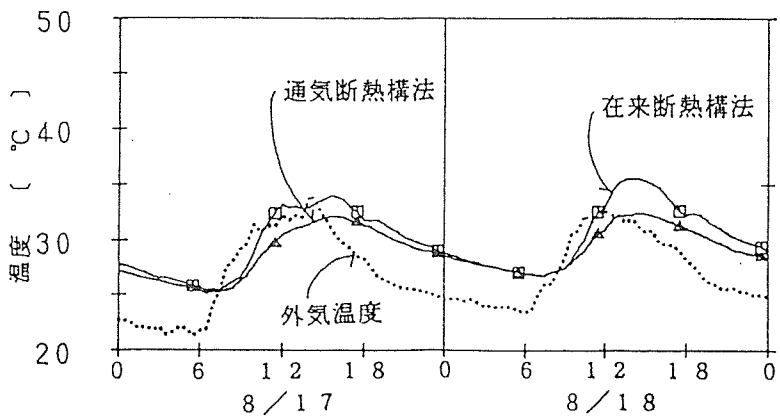


グラスウール（５０㎜）とフォームポリスチレンボード（３０㎜）
および通気層を有する屋根構成

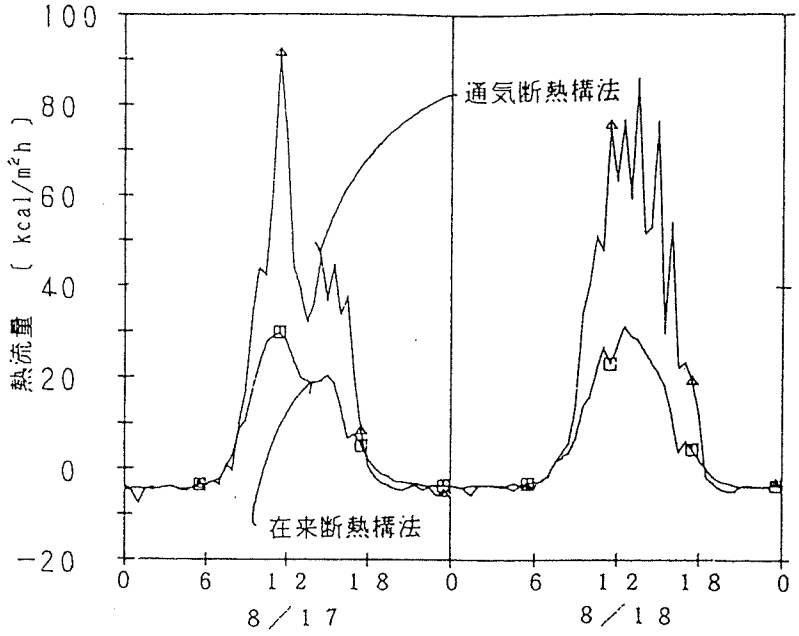
屋根構成

室内検討項目および条件

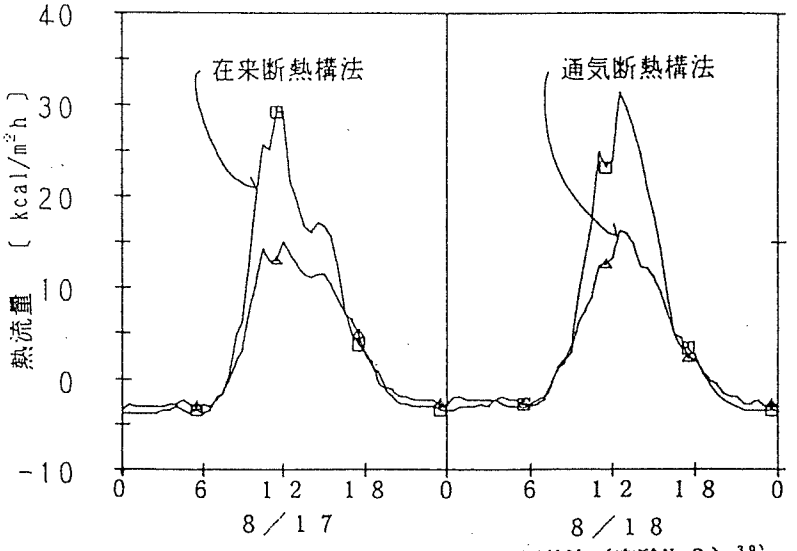
実験No.	実験期間	検　討　項　目	室内空調の有無
3	8/1～8/18	屋根通気断熱構法の遮熱効果	非空調
1		通気構法の排湿効果	
4	8/21～8/27	消費電力量の比較	２階終日冷房（設定温度28℃）
2	9/3～9/20	在来断熱構法と通気構法の夏型結露の有無	１階終日冷房（設定温度26℃）



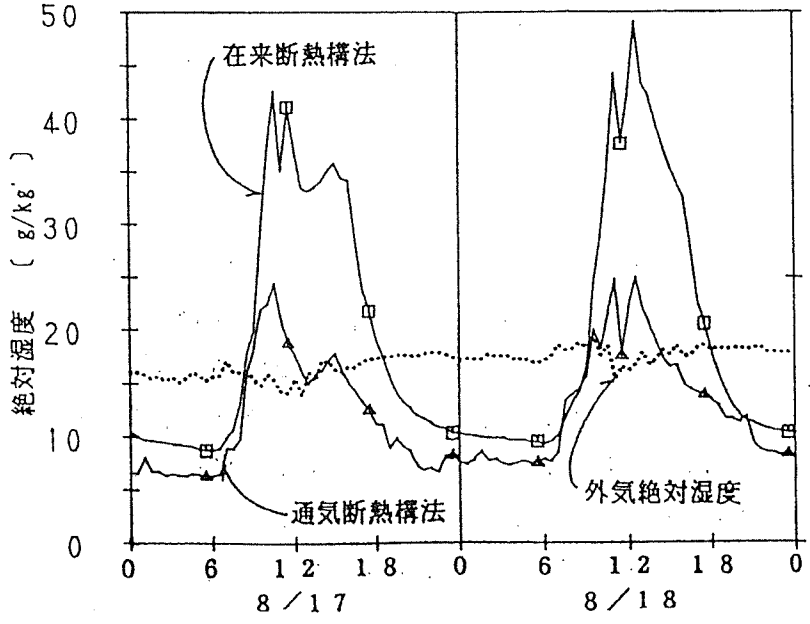
図－22　屋根室内仕上げ材の外表面温度（実験No.３）[39]



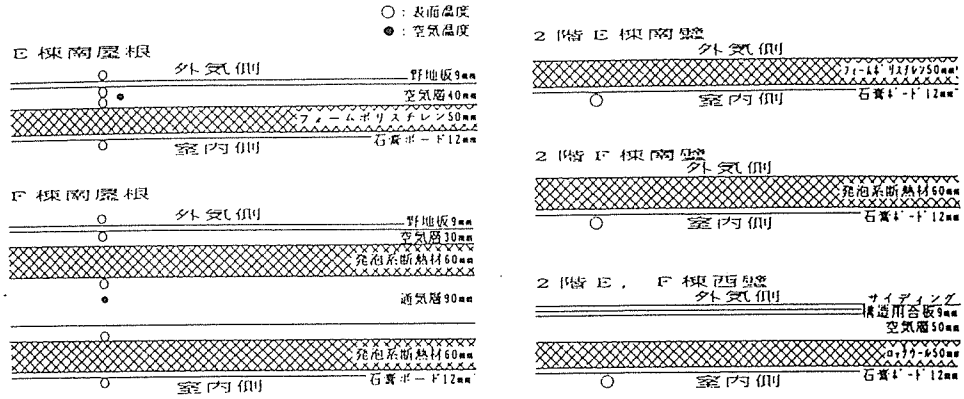
図－23　野地板内表面側熱流（実験No.3）[39]



図－24　屋根室内仕上げ材外表面側熱流（実験No.3）[39]



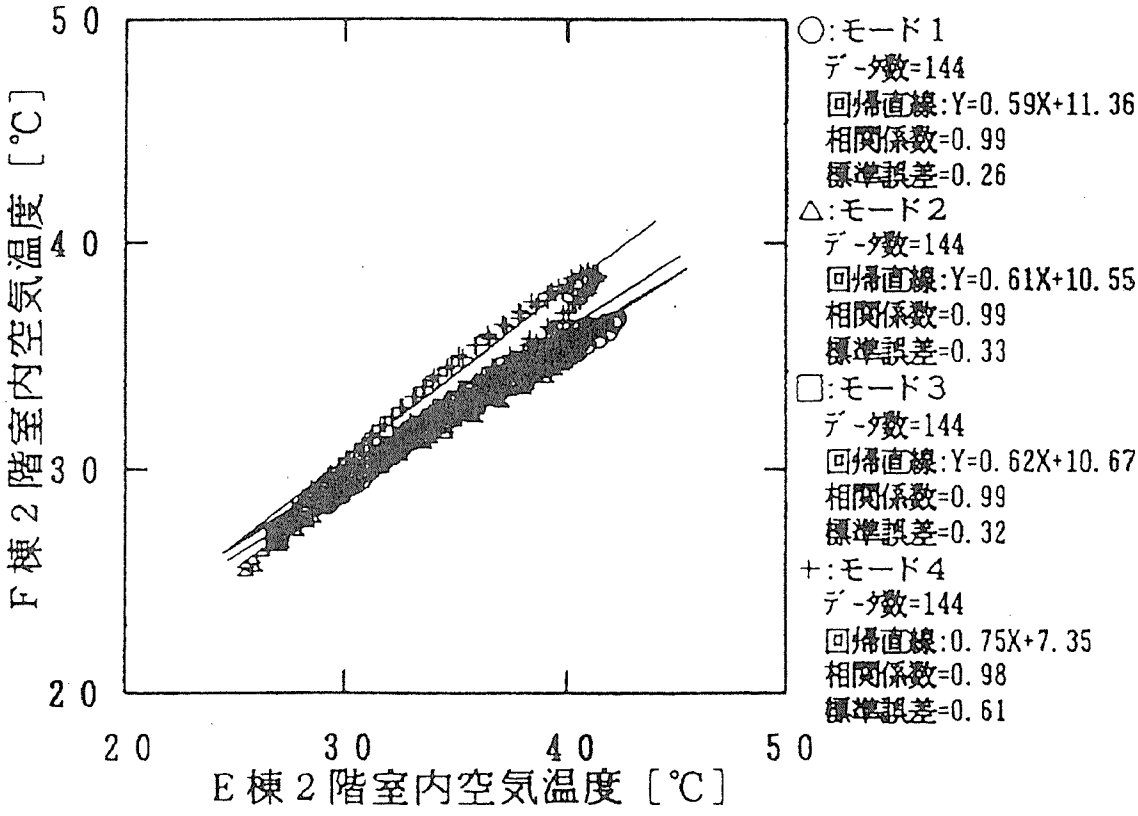
図－25　野地板内表面側絶対湿度（実験No.3）[39]



壁体・屋根の構成および温度測定位置

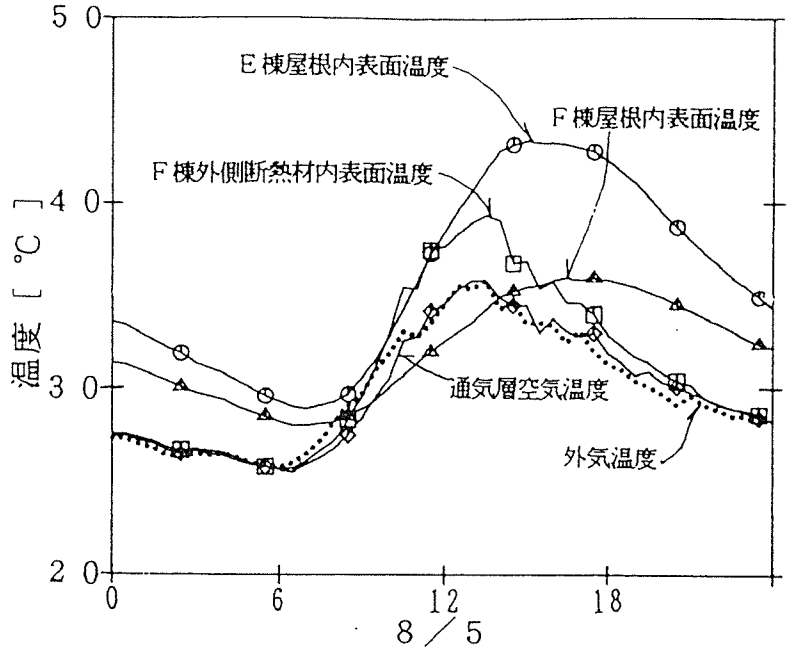
検討項目

モード	実験期間（1990）	検討項目	天窓	ブラインド	通気層 けらば	通気層 軒	冷房
1	8／ 1～ 8／ 5	屋根通気層内の通風量の違いによる効果	閉	閉	両側開	開	無
2	8／22～ 8／26				片側開		
3	8／ 6～ 8／ 9				両側開		
4	8／10～ 8／16					閉	
5	9／10～10／ 1	天窓の有無による影響	無		両側開	開	
6	9／ 6～ 9／ 9	天窓外付けブラインドの効果	閉	開			
7	10／ 2～10／11	天窓換気による効果	開	閉			
8	8／27～ 9／ 5	冷房による消費電力量	閉				有



図－26　室内（2階）空気温度の相関[75]

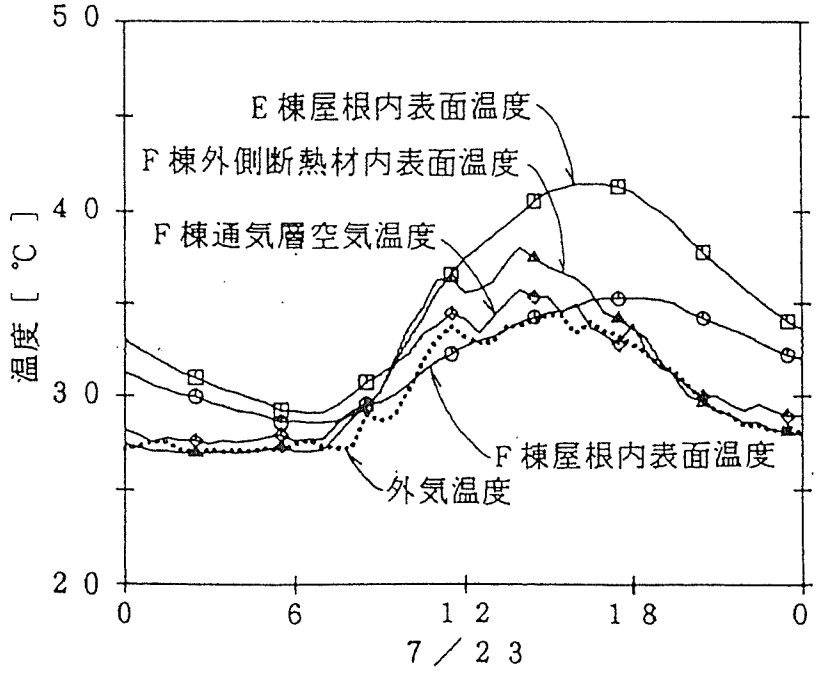
（E棟：屋根在来構法，F棟：屋根通気・2重断熱構法［モード1（けらば・軒：全開），モード2（けらば：片側開，軒：全開），モード3（けらば：全開，軒：全開），モード4（けらば・軒：全開）］



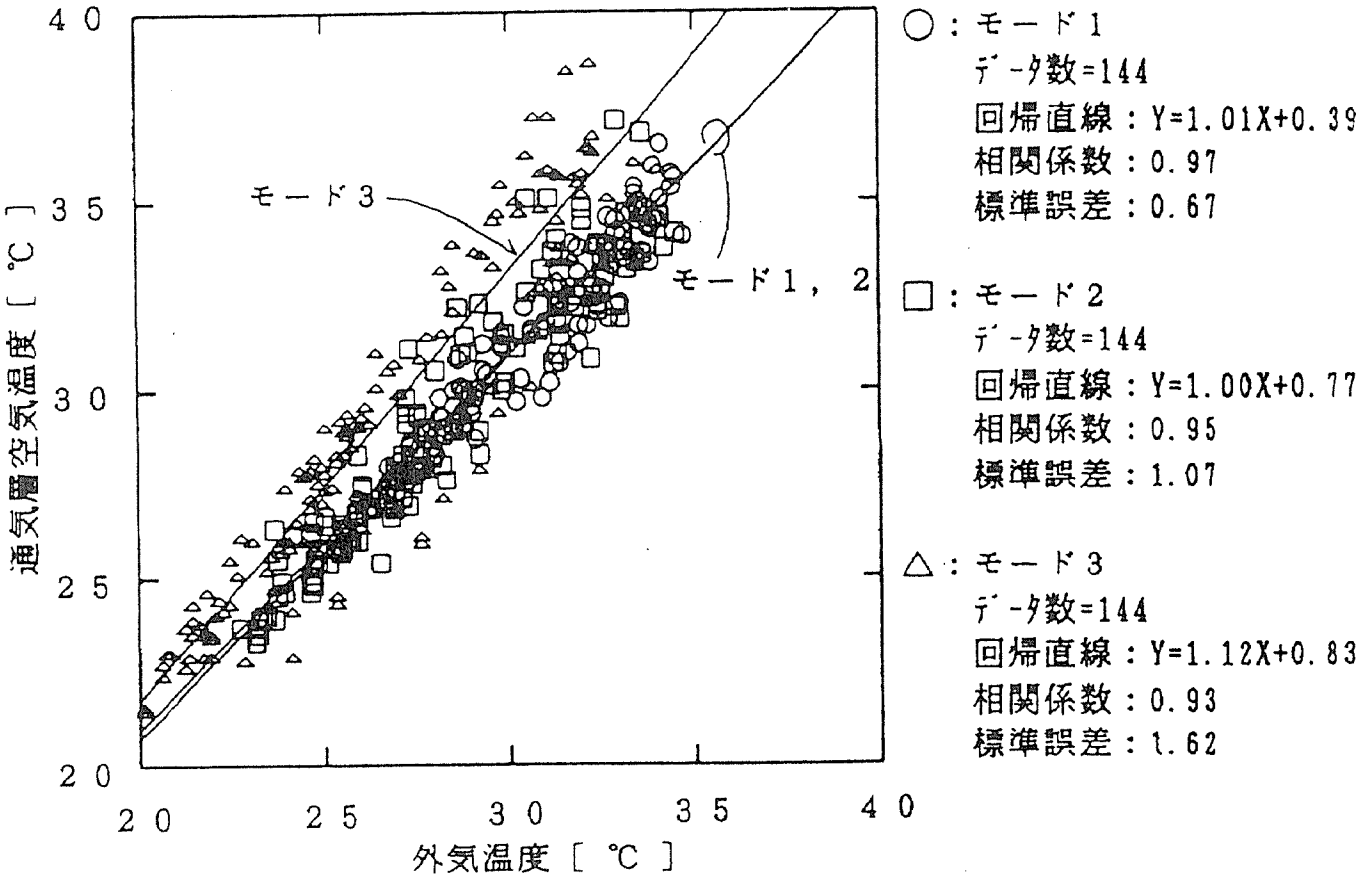
図－27　屋根内表面温度および通気層空気温度[75)]
（E棟：屋根在来構法，F棟：屋根通気・2重断熱構法［モード1（けらば・軒：全開）］）

検討項目および試験家屋の仕様

実験No.	検討項目	期間	軒換気口	けらば換気口	棟換気	仕様モード
1	・通気・二重断熱構法の通気層内通気量の違いによる遮熱効果 （・遮熱シートの効果）	7／22～8／3	開（南北）	開	開	1
2		9／3　～9／8		開	開	2
3		8／14～8／19			開	3
4		8／20～8／27	南側開		開	4
5	・冷房による消費電力量の比較	8／28～9／1	開（南北）			2

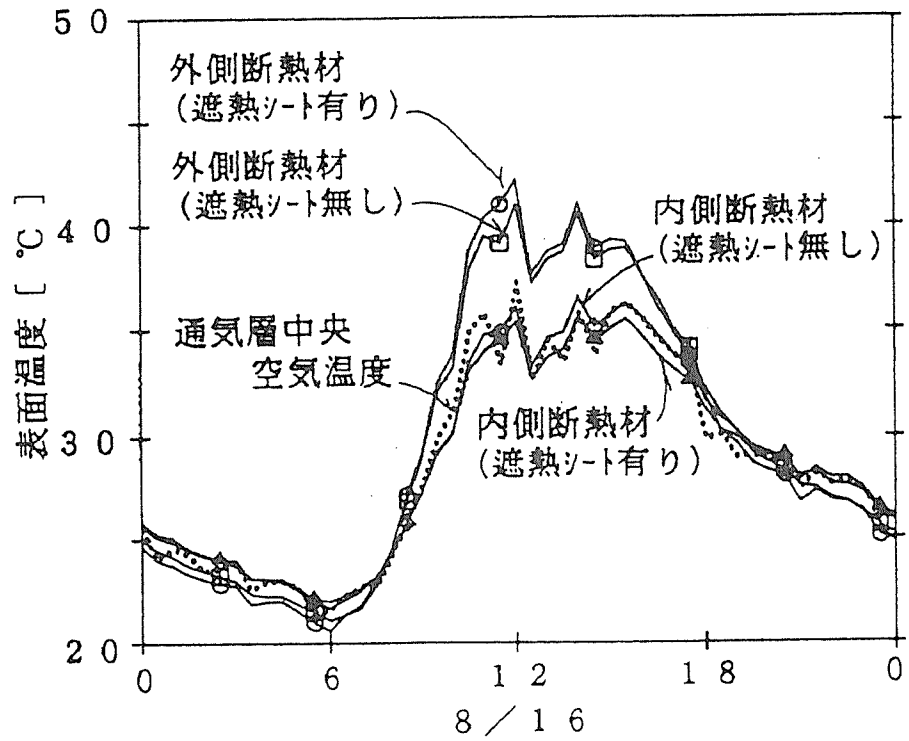


図－28　屋根内表面温度および通気層側空気温度（実験No.1）[76)]
（E棟：屋根在来構法，F棟：屋根通気・2重断熱構法［モード1（けらば・軒：全開）］）



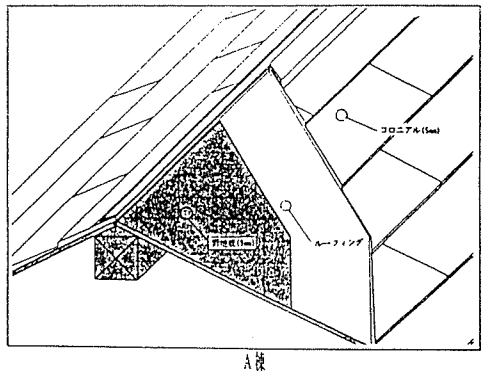
図－29　屋根通気層空気温度と外気温度の相関[76)]

（E棟：屋根在来構法，F棟：屋根通気・2重断熱構法［モード1（けらば・軒：全開），モード2（けらば：片側閉，軒：全開），モード3（けらば：全閉，軒：全開）］）



図－30　外側・内側断熱材の通気層側表面温度[76)]

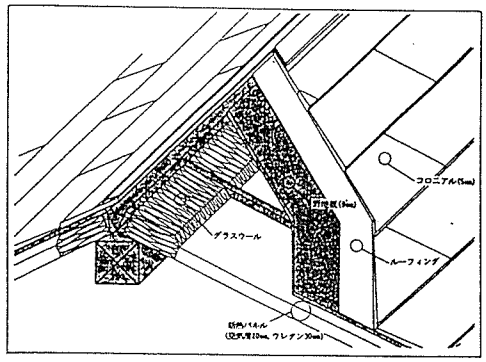
（F棟：屋根通気・2重断熱構法［モード3（けらば：全閉，軒：全開）］）



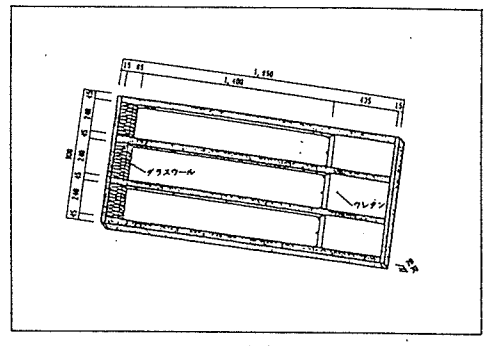
A棟

夏季実験スケジュール

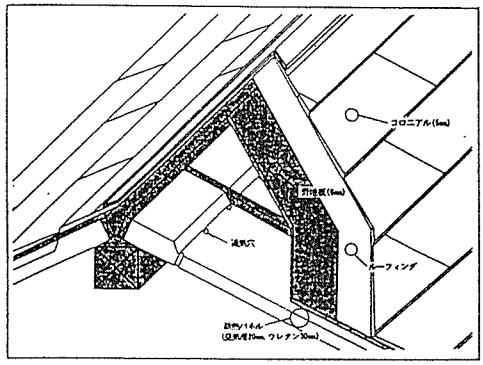
実験 NO.	実験期間	室内設定条件	設定	設定時間
NO. 1	8／30～9／8	自然状態		(終日)
NO. 2	9／11～9／17 9／20～9／30	室内冷房 室内無加温	28℃	(終日)



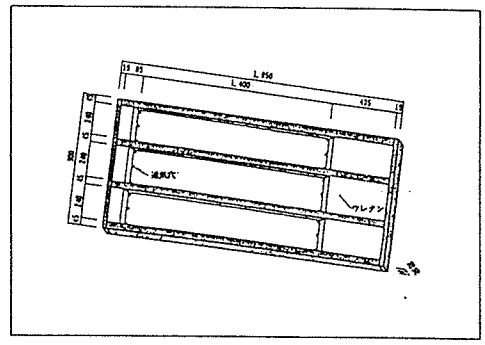
(GWによる併設パネル側)



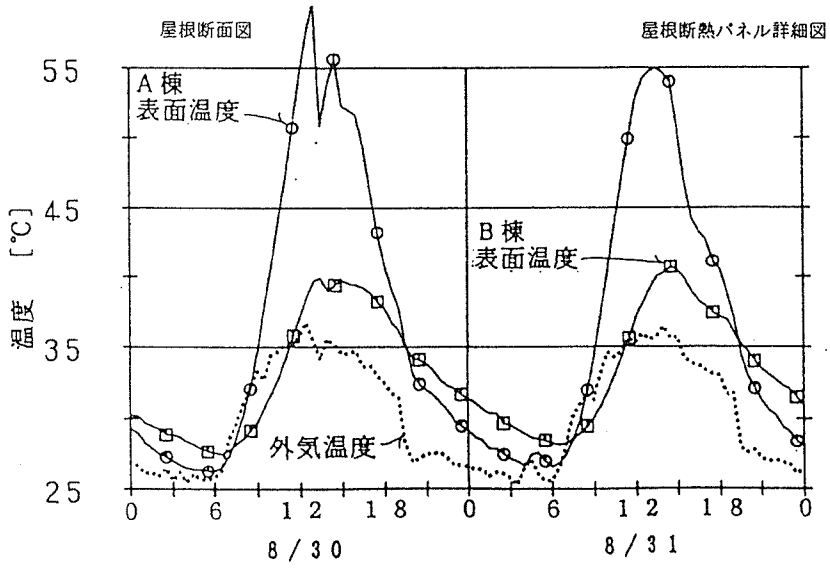
GWによる併設パネル



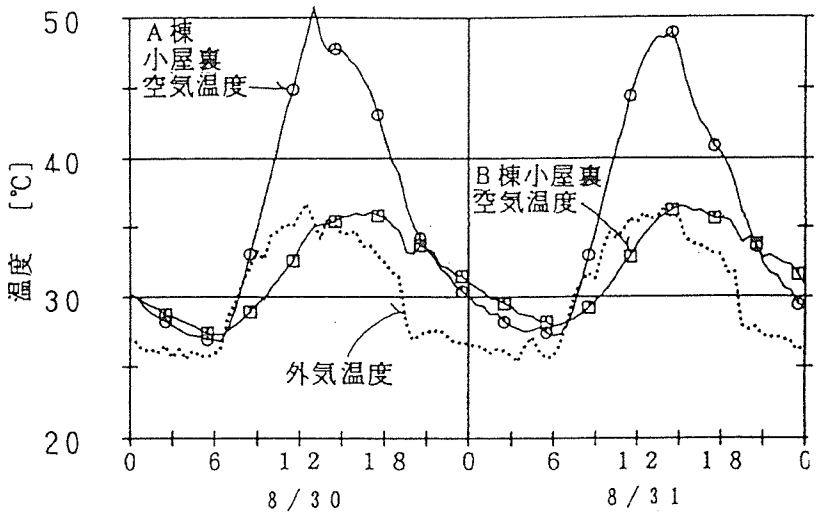
(通気穴による併設パネル側)



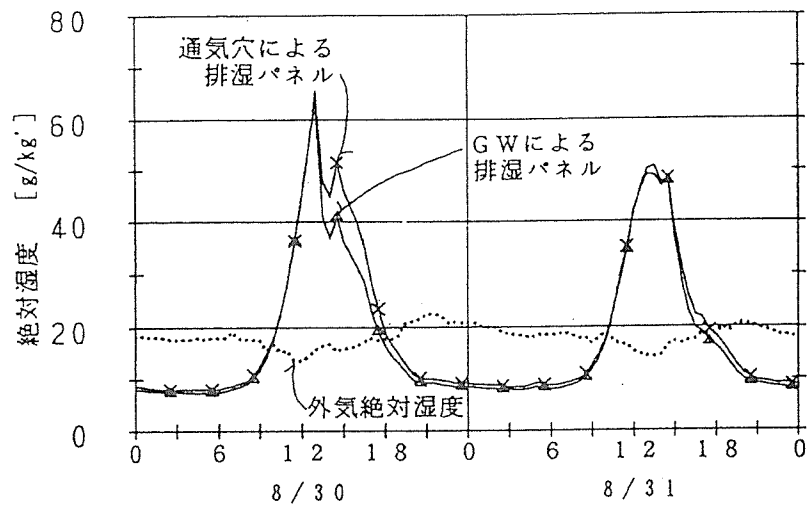
通気穴による併設パネル



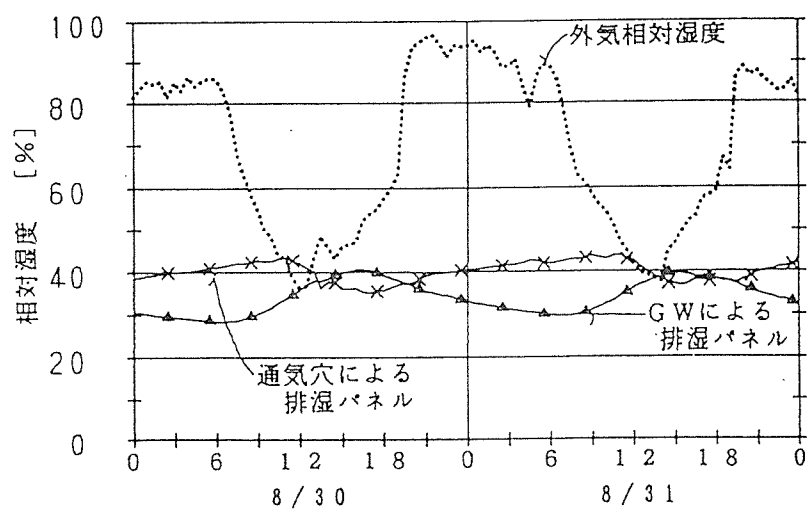
図－31　屋根内表面温度（実験No.1）[61]



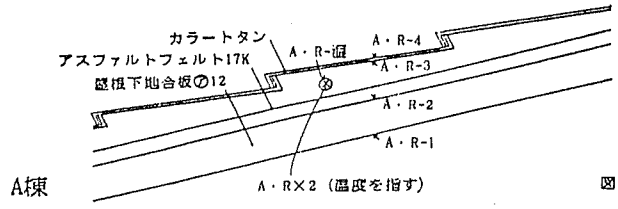
図－32　小屋裏空気温度（実験No.1）[61]



図－33　屋根内絶対湿度（実験No.1）[61]
（A棟：野地板外表面側，B棟：断熱パネル空気層側）

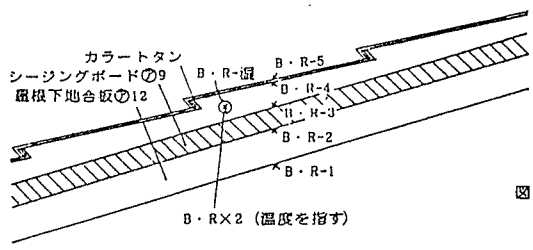


図－34　屋根内相対湿度（実験No.1）[61]
（A棟：野地板外表面側，B棟：断熱パネル空気層側）



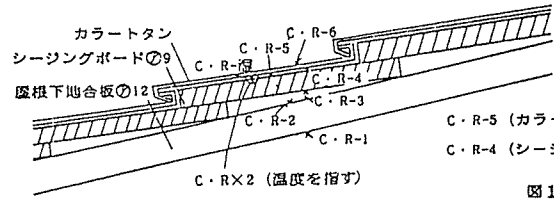
A棟

図1－1　A 棟の詳細



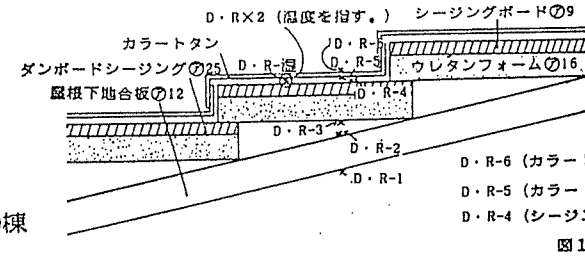
B棟

図1－2　B 棟の詳細



C棟

図1－3　C 棟の詳細



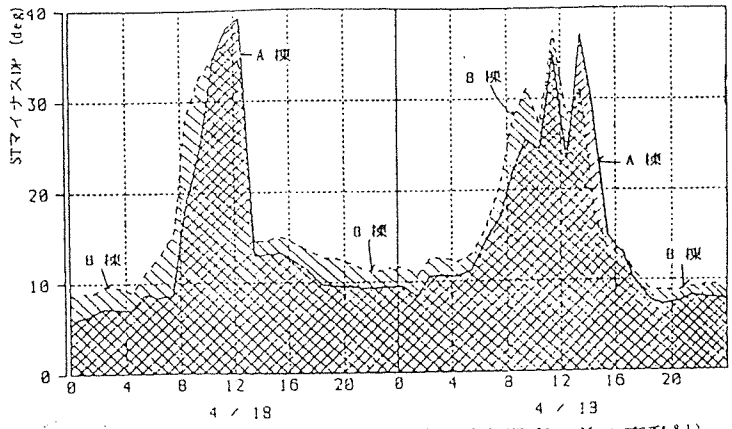
D棟

図1－4　D 棟の詳細

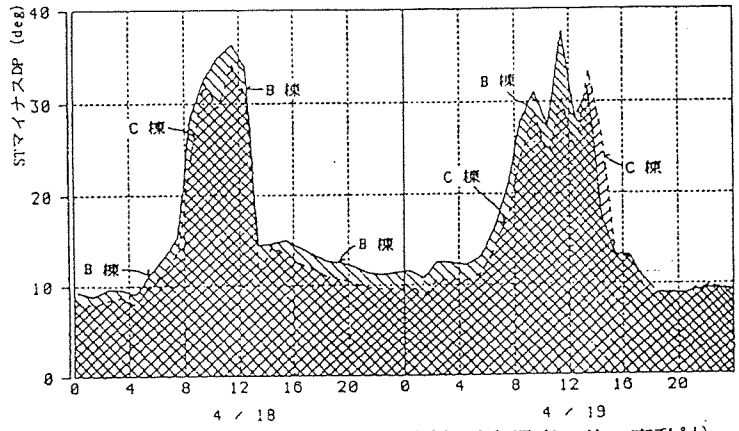
※各棟温湿度センサーが設置されている箇所を空気層と呼ぶ。

4/28，4/29 では，B，D棟の空気層部の温・湿度センターをA，C棟の室内に移した．

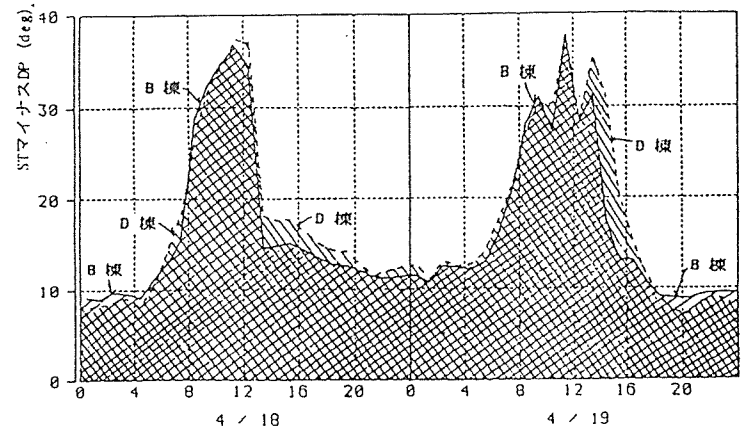
屋根仕様の概略及び温・湿度センサーの位置



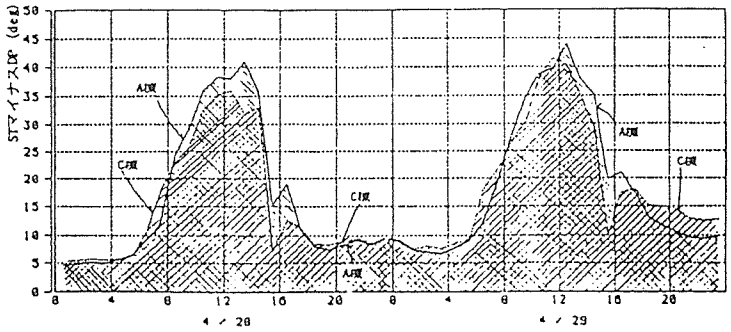
図－35　カラートタン裏面温度と空気層部露点温度の差の変動[81)]
(A棟:アスファルトフェルト, B棟:シージングボード(重ね目無し))



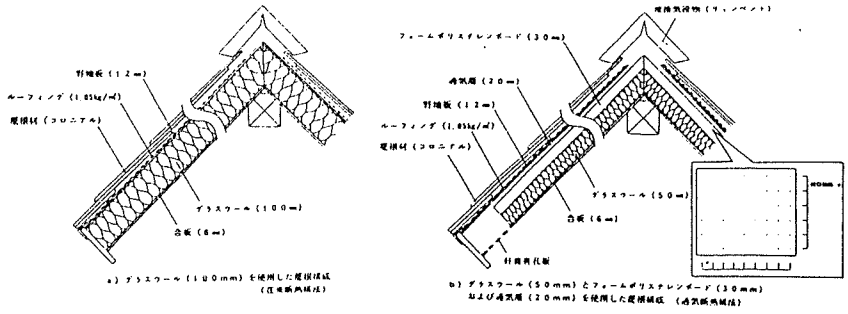
図－36　カラートタン裏面温度と空気層部露点温度の差の変動[81)]
(B棟:シージングボード(重ね目無し), C棟:シージングボード(重ね目有り))



図－37　カラートタン裏面温度と空気層部露点温度の差の変動[81)]
(B棟:シージングボード(重ね目無し), D棟:シージングボード, ウレタンフォーム(重ね目有り))



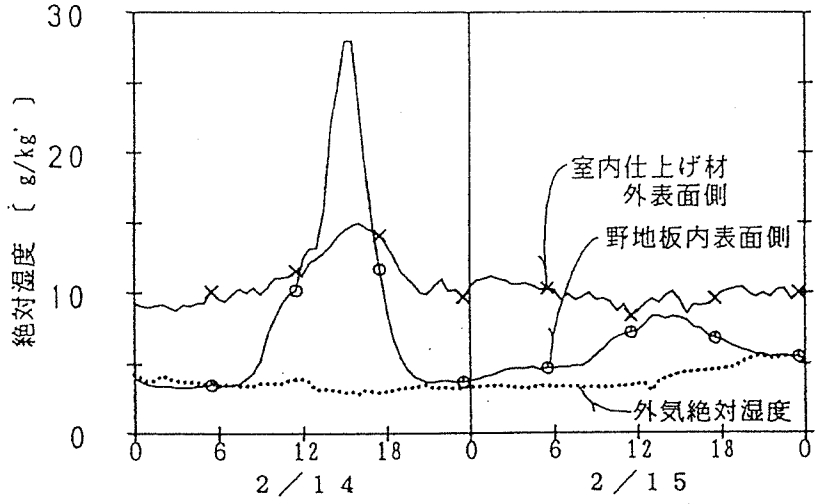
図－38　カラートタン裏面温度と空気層部露点温度の差の変動[81)]
(A棟:アスファルトフェルト, C棟:シージングボード(重ね目有り))



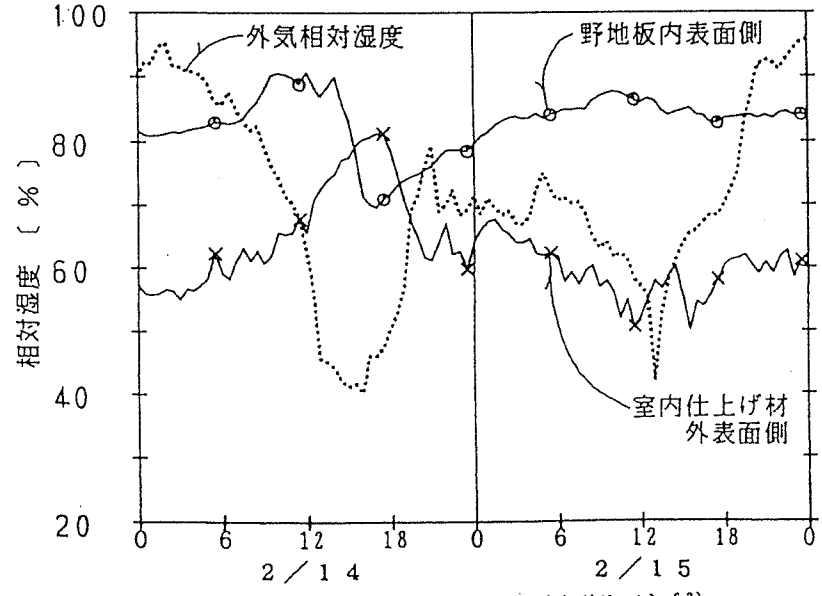
屋根構成

実験検討項目および室内条件

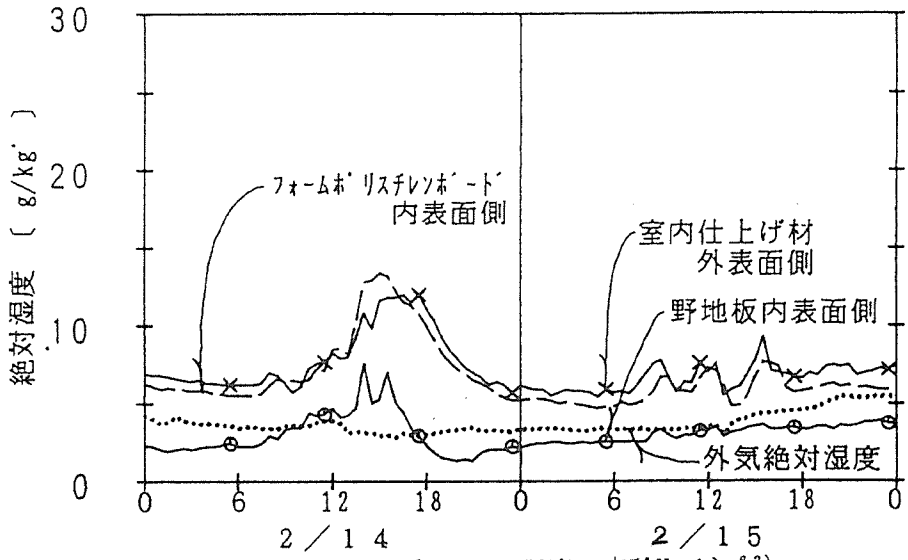
実験No.	実験期間	検討項目	室内条件
1	2/21～3/ 9	通気構法壁の排湿効果および冬型結露の有無	非暖房・非加湿
2	1/29～2/19		終日暖房・加湿《B室：22℃，80％》
3	3/11～3/31	屋根通気断熱構法の排湿効果および冬型結露の有無	非暖房・非加湿
4	1/29～2/19		終日暖房・加湿《C・D室：22℃，80％》



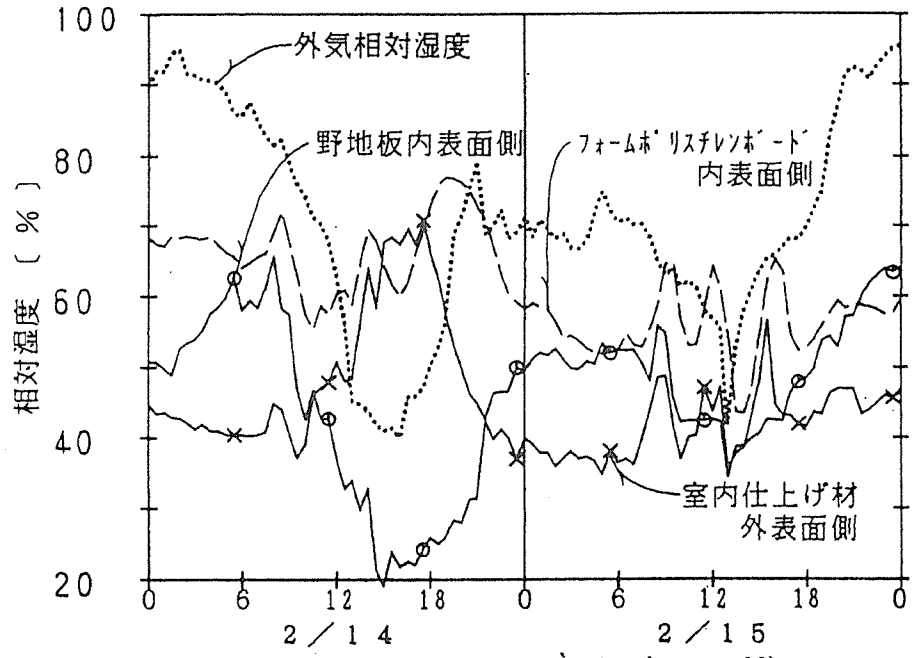
図－39　屋根内絶対湿度（実験No.4）[62]
（在来断熱構法）



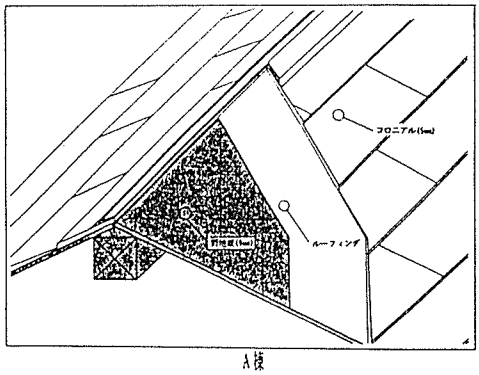
図－40　屋根内相対湿度（実験No.4）[62]
（在来断熱構法）



図－41　屋根内絶対湿度（実験No.4）[62]
（通気断熱構法）



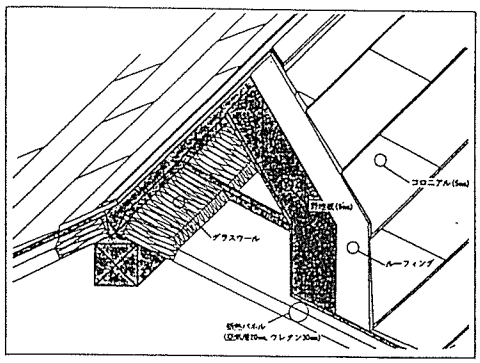
図－42　屋根内相対湿度（実験No.4）[62]
（通気断熱構法）



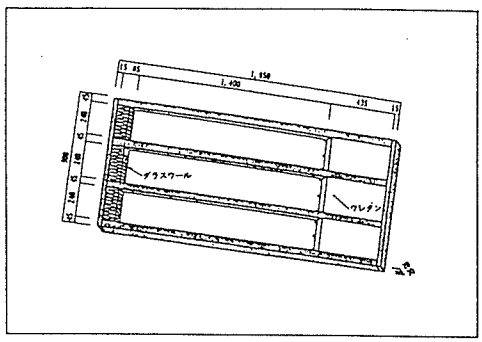
A棟

冬季実験スケジュール

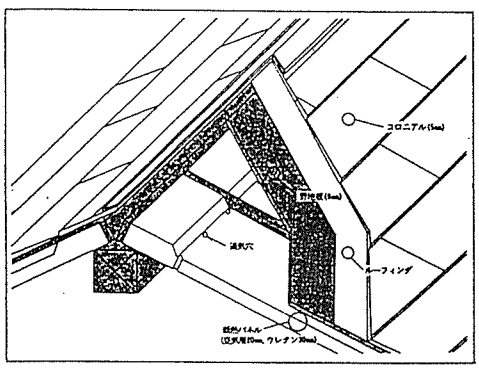
実験 NO.	実験期間	室内設定条件	設定	設定時間
NO. 3	2／9～2／18	室内暖房 室内加湿	20℃ 80%	(終日) (終日)
NO. 4	2／18～3／1	室内暖房 室内加湿	20℃ 80%	AM 6:00～AM 8:30 PM18:00～AM24:00 間上
NO. 5	3／1～3／14	室内暖房 室内無加湿	20℃	AM 6:00～AM 8:30 PM16:00～AM24:00
NO. 6	4／27～5／3	室内暖房 室内無加湿	24℃	AM 5:00～AM 8:30



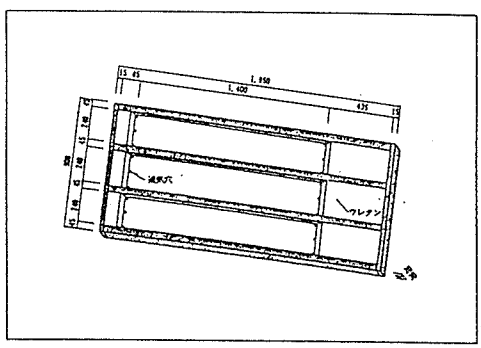
(GWによる排湿パネル例)



GWによる排湿パネル

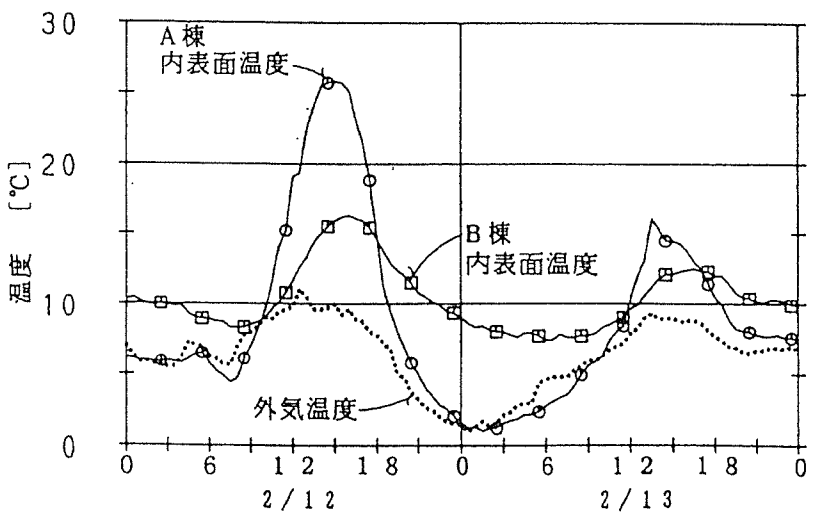


(通気穴による排湿パネル例)

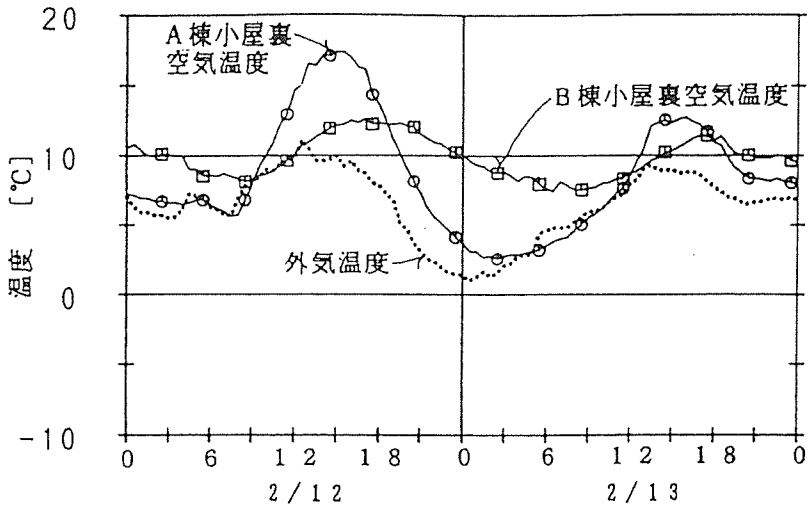


通気穴による排湿パネル

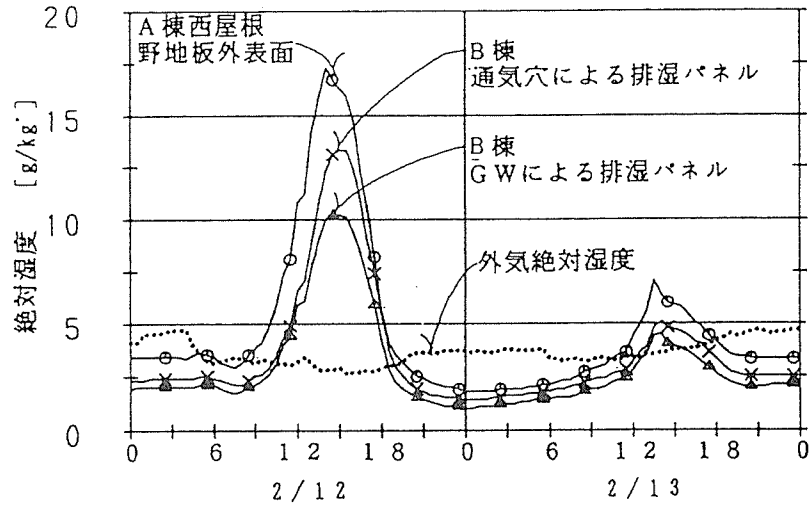
屋根断面図　　屋根断熱パネル詳細図



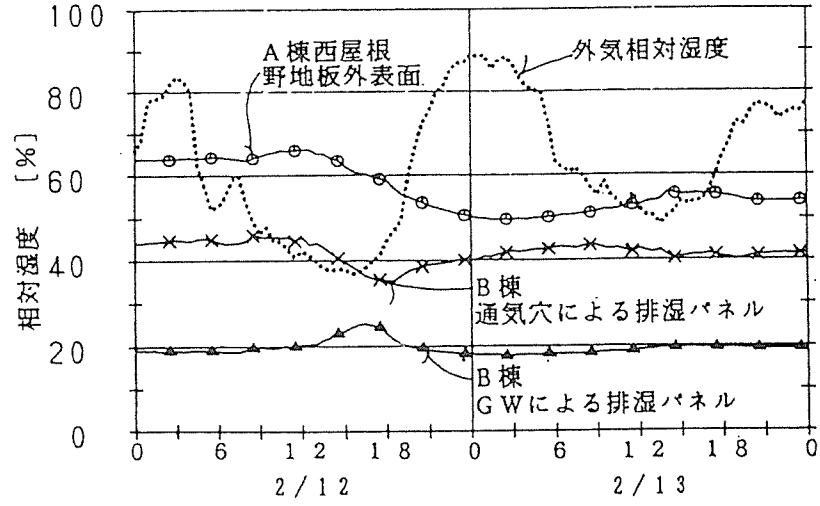
図－43　屋根内表面温度（実験No.3）[61]



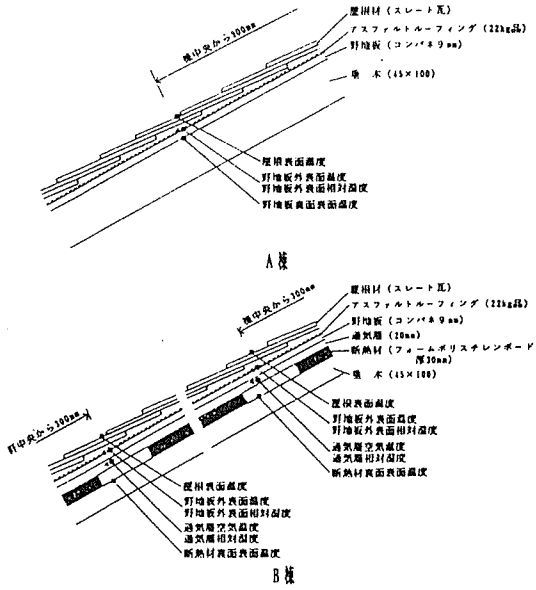
図－44　小屋裏空気温度（実験No.3）[61]



図－45　屋根内絶対湿度（実験No.3）[61]
（A棟：野地板外表面側，B棟：断熱パネル空気層側）



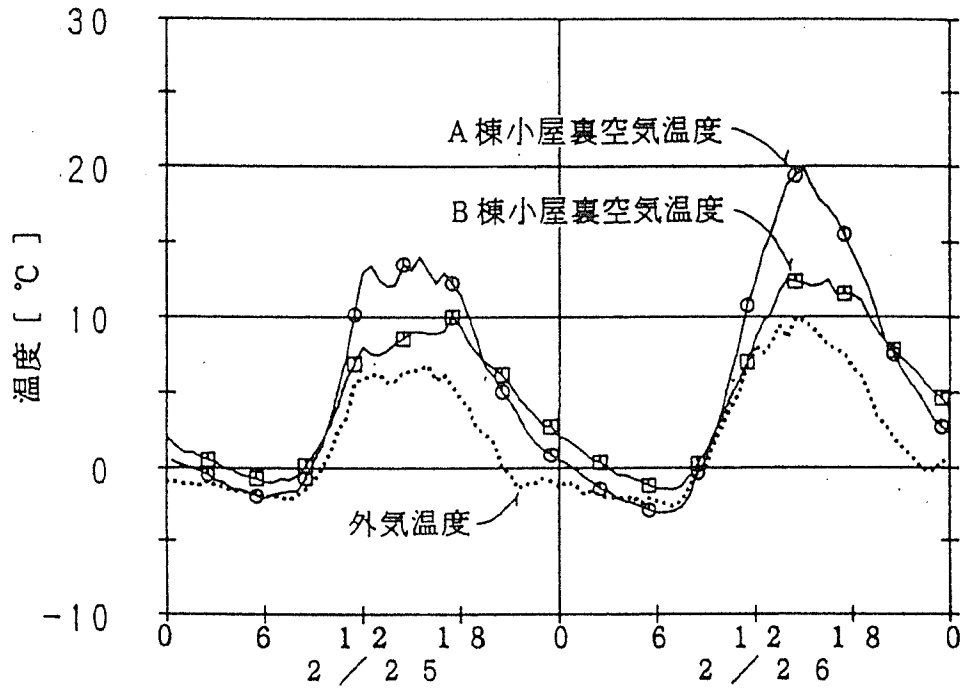
図－46　屋根内相対湿度（実験No.3）[61]
（A棟：野地板外表面側，B棟：断熱パネル空気層側）



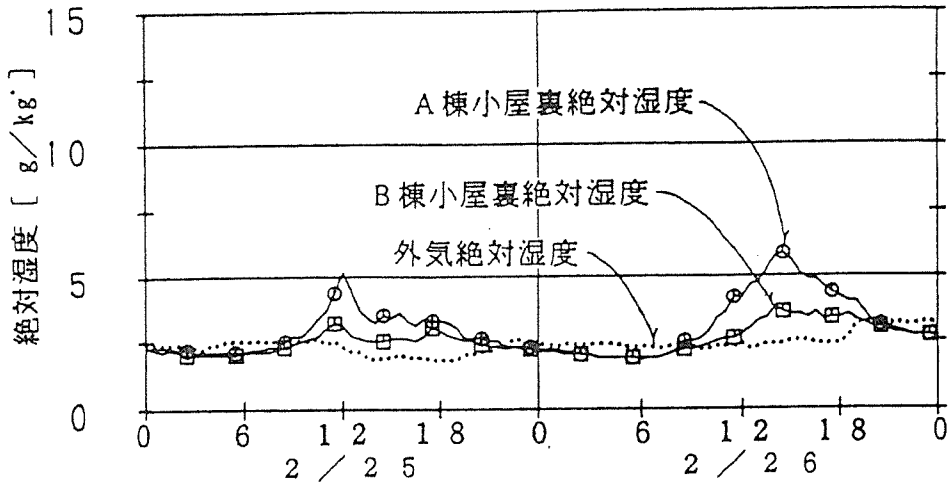
屋根構成

冬季実験内容

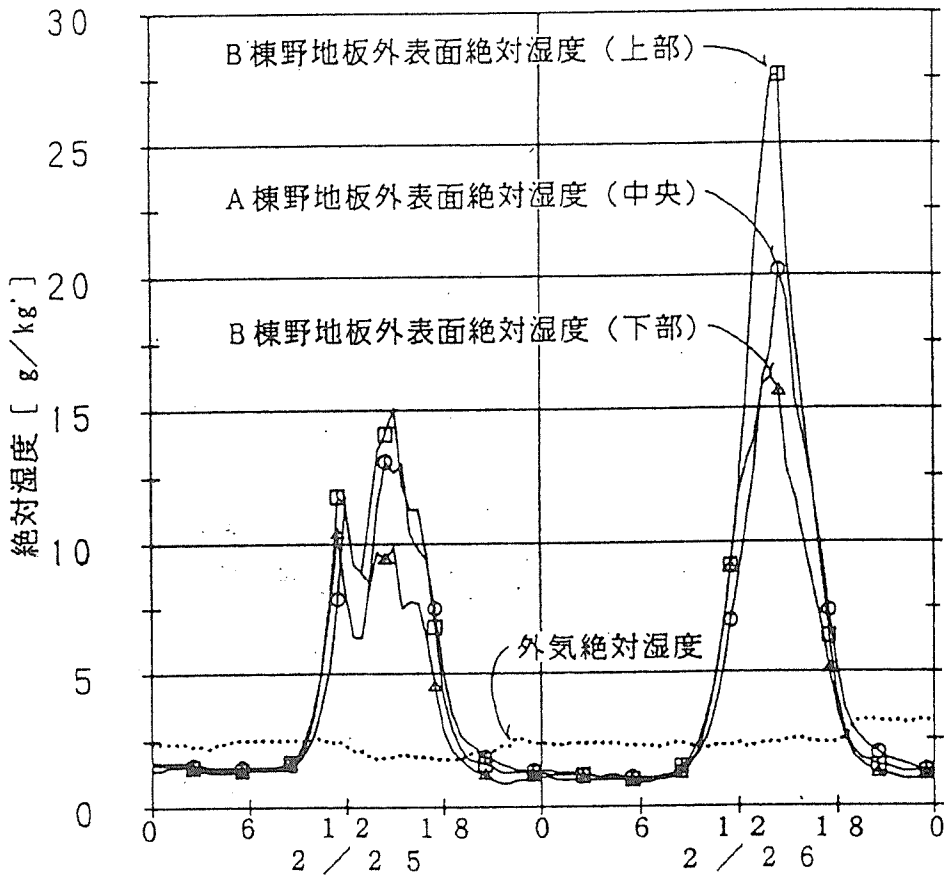
実験No.	実験期間	室内設定条件	温・湿度	設定時間
1	1／18～2／7	間欠暖房	20℃	6:00～8:30、18:00～24:00
		終日加湿	80%	0:00～24:00
2	2／10～2／17	終日暖房	20℃	0:00～24:00
		終日加湿	80%	0:00～24:00
3	2／19～2／28	間欠暖房	20℃	6:00～8:30、18:00～24:00
		間欠加湿	80%	6:00～8:30、18:00～24:00



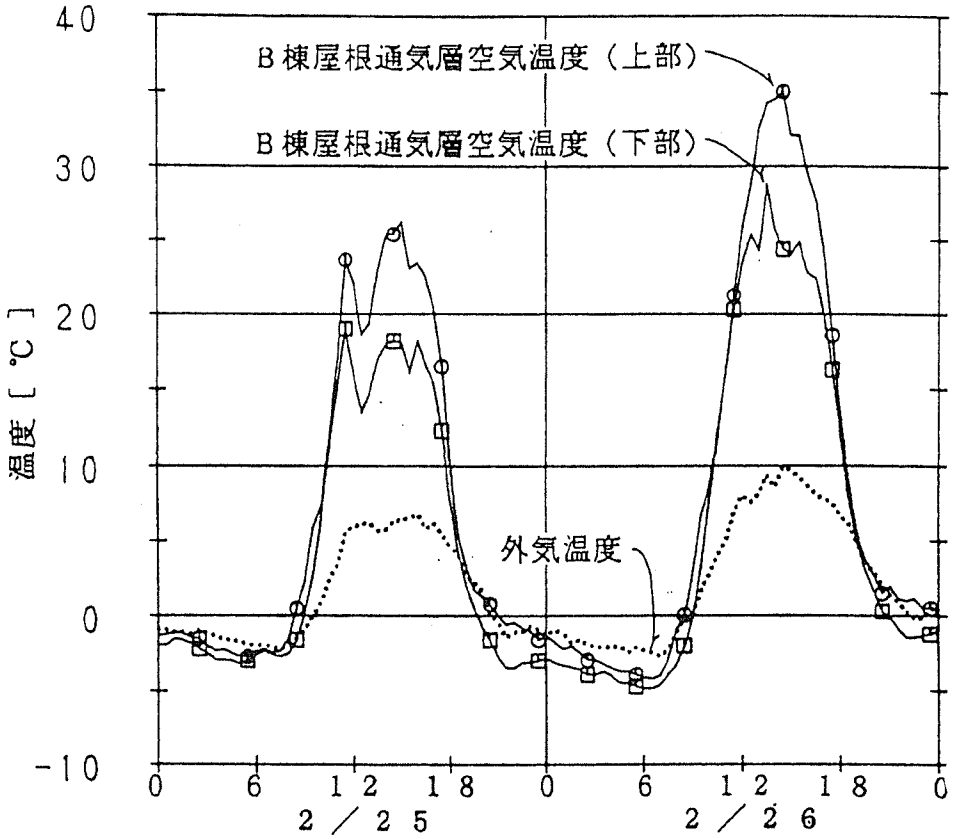
図－47　小屋裏空気温度（実験No.3）[77]



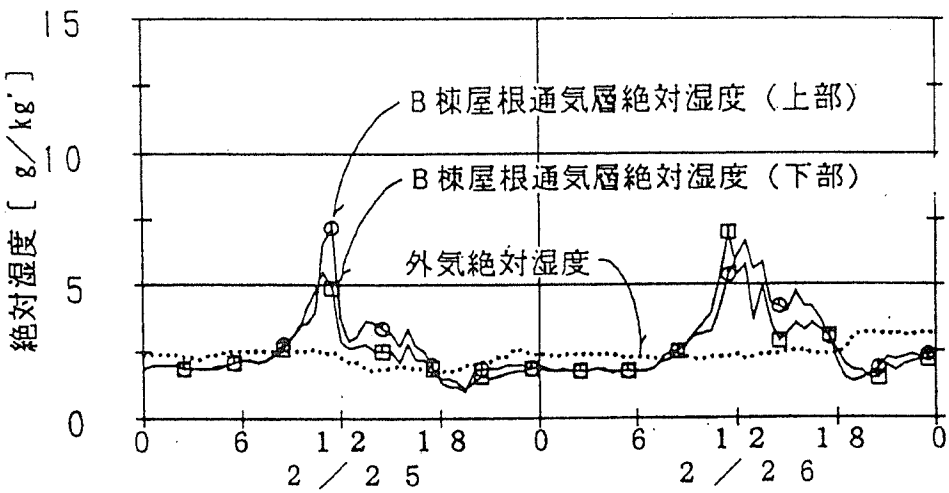
図－48　小屋裏絶対湿度（実験No.3）[77]



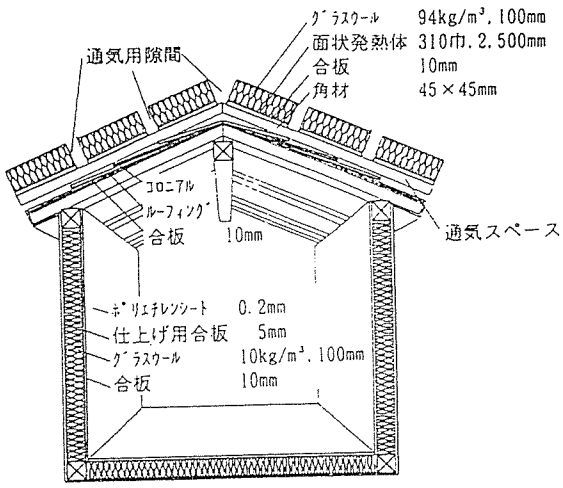
図－49　野地板外表面絶対湿度（実験No.3）[77]



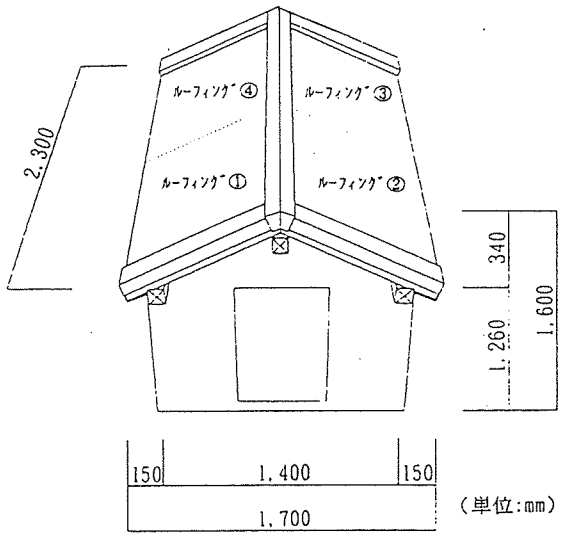
図－50　屋根通気層空気温度（実験No.3）[77]



図－51　屋根通気層絶対湿度（実験No.3）[77]



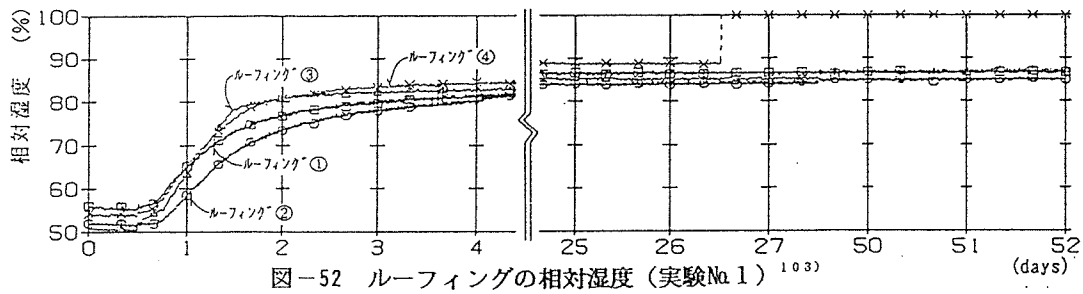
小屋裏模型の断面



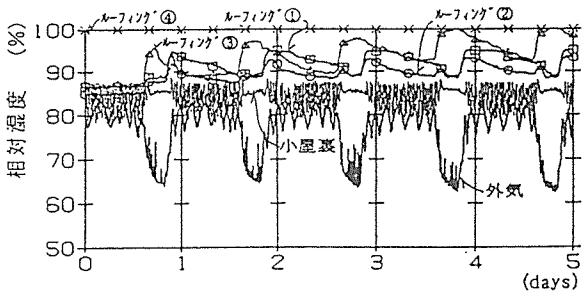
小屋裏模型の外観

実験条件

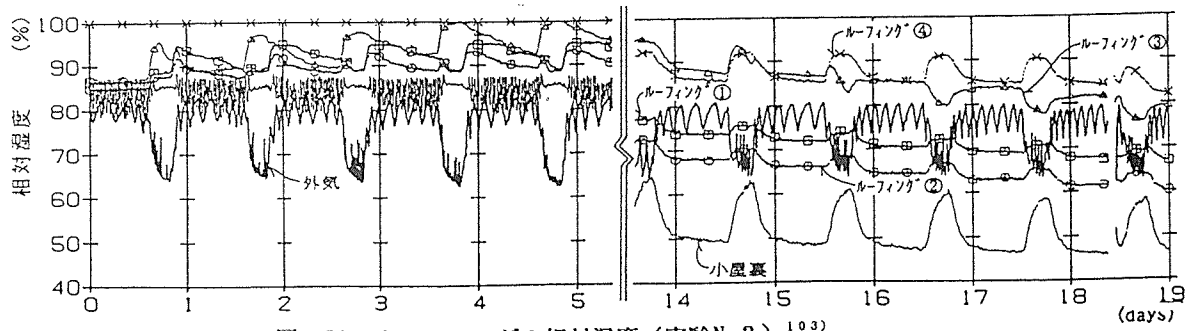
実験No.	小屋裏			人工気候室	
	空気温度	相対湿度	屋根加熱	空気温度	相対湿度
1	20℃	87～89%	無	5 ℃	自 然
2			6 時 間		
3		自 然	周期加熱		



図－52 ルーフィングの相対湿度（実験No.1）[103]



図－53 ルーフィングの相対湿度（実験No.2）[103]



図－54 ルーフィングの相対湿度（実験No.3）[103]

1.2　小屋裏に関する検討

1）小屋裏換気は夏の天井面の過熱防止にも役立つから切妻屋根，入母屋屋根の場合には両妻側に十分大きな換気口をとる[53]。

2）切妻屋根の場合，図－55(a) のように両側の妻部分のみに換気口を設けている住宅が多いが，風のないときは小屋裏空気が滞留してしまい効率が非常に悪い。また換気口に沿った風が吹いても，小屋束や振れ止めなど滑らかな空気の流動を妨げるものがたくさんあり乱流が生じる。図－55(b) のように軒裏にも換気口を設けると，換気口どうしで垂直差ができるから，無風のときでも温度差換気で小屋裏空気が外気に流出して効率がよい。しかし比較的大きい面積の換気口が必要であり，風によって雨や雪が小屋裏に持ち込まれるといった害も生じる[97]。

3）換気口，切妻屋根の場合，妻側の庇の出が大きいほど，台風時の吹き込みは少ないが，台風時の雨は水平にくると考えて，対策をとった方がよい（図－56参照）[29]。

4）寄せ棟の場合の小屋裏換気は軒裏の通気口だけのものも多いが，越屋根や入母屋形態にして，小屋裏の通気を計る方が耐久性や，夏季の断熱に効果は大きい。ただし，多雪地域では立ち上がりを大きくするとか，積雪を考慮して設計しなければならない（図－57参照）[29]。

5）海岸の強風地や多雪地では，換気口への潮風や雪の吹込みに注意が必要とされる[12]。

6）換気口は軒裏や妻側上部に設け，通気が下から上に抜けるようにするのが効果的である。また換気口から雨・雪や虫などが侵入しないよう適切なおおいをすることが必要である。雨・風・雪が多い地域では，それらが舞い込み積もることがないように図－58のような換気口の設け方が望ましい[5]。

7）小屋裏換気口は，雨，雪，虫等を防ぐため，スクリーン等を経路に取り付ける（図－59参照[23]）[2]。

8）日本の換気口面積の標準となっている住宅金融公庫の仕様書は，アメリカの基準を借りてきたものである。アメリカの木造工法は２×４工法で，室内や壁内と小屋裏は完全に遮断されているわけだが，日本の在来木造は，完全に連続しており，大量の熱や水蒸気が小屋裏に流入する。まず，これを遮断

することが先決である。改良構法ならば，これが可能である[37]。

9）小屋裏の換気口はどれだけの面積が必要か。日本でも住宅金融公庫の仕様書に示されるようになってきたが，文献（"Condensation Problems in Your House, Prevention and Solution" L.O.Anderson and G.E.Sherwood. U.S. Department of Agriculture. Forest Service.）では給気口と排気口の組み合わせによって，図－59のように定めている。屋根換気筒は図－60のようなもので日本では珍しい[44]。

10）小屋裏・軒裏には，雨水が浸入しないように注意し，換気孔を設ける（換気孔には吸気孔と排気孔がある。一般に住宅の上部は排気であり，下部が吸気となる。換気孔の大きさは，通常，屋根面積の 300分の１程度，結露の恐れのある地方では 150分の１程度必要とする）[28]。

11）小屋裏の換気を確保するため，十分な開口面積を持つ換気口を，できれば２方向に設ける。ただし，モニターなどで高低差をつけられる場合には，温度差換気も期待できるので，この率はやや緩和される[12]。

12）小屋裏換気口は，独立した小屋裏ごとに２カ所以上，換気に有効な位置に設ける[2]。

13）軒裏に換気口（吸排気両用）を設ける場合は，有効換気口面積の合計を天井面積の1／250以上とする[2]。

14）両妻壁に換気口（吸排気両用）を設ける場合は，換気口をできるだけ上部に設けることとし，有効換気口面積の合計は，天井面積の1／300以上とする[2]。

15）軒先のスリット状の吸気口，棟や排気筒による効果的な換気をとることが必要である[37]。

16）軒裏（吸気口），妻側（排気口），垂直距離で 910cm以上離して設ける場合は，それぞれの有効換気面積を天井面積の1／900以上とする[2]。

17）排気筒その他の器具を用いた排気筒は，できるだけ小屋裏頂部に設ける吸気口の有効排気面積は，天井面積の1／900以上とする[2]。

18）市販の換気ガラリの有効換気面積から計算すると，たいていの住宅は住宅金融公庫の仕様書の換気口面積の 1／5～1／10の換気口しかついていない[37]。

19）天井の湿気貫流率（３通り）と野地板部の断熱の有無，換気回数の組み合

わせについて小屋裏に結露を生ずる外気温度を求めたものである。天井面での防湿，屋根裏断熱が有効であることがわかる。また，小屋裏換気回数は3～5［回／h］を目安とすればよいことがわかる（**図－61参照**）[53]。

20）最近多い寄棟屋根の住宅，あるいは2×4構法住宅など建物全体の換気の少ない住宅では換気が不足がちであるので，軒先に給気口を設けるとともに，棟部に越屋根，換気口付き棟瓦金物などを用いて換気の促進を図るべきである[53]。

21）強制換気口の換気性能を木造住宅の小屋裏において実験的にとらえ，強制換気状態で換気量 200［m^3／h］，換気回数が約 3.9回／hの値を得た（**表－2，図－62参照**）[80]。

22）冬期，強制換気状態で小屋裏相対湿度は70％以下であった（**図－63参照**）。夏期では自然換気状態に比べ，日中の絶対湿度がかなり低いことが分かった（**図－64，図－65参照**）[80]。

23）強制換気状態では自然換気状態に比べ，日中日射が多い時に小屋裏空気温度は4℃程度低下した（**図－66，図－67参照**）。しかし天井面の室内側表面温度には，ほとんど差が生じなかった（**図－68，図－69参照**）。強制換気状態でも小屋裏空気温度は晴天時の日中で50℃を越えているが，換気量をさらに増加させこの温度を引き下げれば，天井面表面温度も低下すると予定される[80]。

24）強制換気口の基本的な換気性能を把握するために，小屋裏における換気量測定（炭酸ガス法JISA1406，測定期間：1988年7月27日～7月30日と1988年10月3日～10月6日）を行った。換気回数は各測定点および測定日の平均値で，強制換気状態で約 3.9回／h，自然換気状態で 1.7回／h，換気口密閉状態が約 1.1回／hという結果が得られた（**表－2参照**）[85]。

25）市販の強制換気口を実大住宅の屋根面に取り付け，その換気能力や夏季における排熱効果について検討を行った。その結果，強制換気時の換気回数は，自然換気時の約 2.3倍に達することがわかった。また強制換気時には，自然換気時に比べ，日射量の多い日中においては小屋裏空気の温度低下に効果がみられたが，2階居室天井表面温度はほとんど低下しなかった。換気量をさらに増大させれば天井表面温度も低下し，居住性が改善されると考えられる

（図－70，図－71参照）[85]。

26）前回（文献80），85））の小屋裏空気温度は自然換気時約 1.9回／h，強制換気時約 3.9回／h，それぞれ55℃，50℃を越えたが，今回（文献45））はそれぞれ自然換気時約 4.7回／h，強制換気時約11.4回／hで，いづれの換気時も40℃以下であった（表－3，図－72参照）[45]。

27）自然換気，強制換気時の日中の小屋裏空気温度の差は，前回（文献80），85））では4℃程度あったが，今回（文献45））の差は前回ほど明確でなかった（図－72参照）[45]。

28）小屋裏強制換気による排湿効果は，前回（文献80），85）），今回（文献45））とも明確に見られた（図－73参照）[45]。

29）今回（文献45））の強制換気時の小屋裏空気温度は，外気温に対して平均的に3～5℃高い程度で，この差は相当小さい。また自然換気でもかなりの小屋裏空気温度の低下が見られたのは，この住宅が小屋裏の自然換気を考慮し多くの換気口を持つ設計であること，小屋裏形状が複雑で，かつ壁内通気工法が採用されているため煙突効果が大きいことによると考えられる。更にこれ以上の小屋裏空気温度の低下を実現するには小屋裏換気だけでは実質的に困難で，日射による野地板の昇温の防止等を同時に考慮する必要がある[45]。

30）夜間においては小屋裏の空気温度は外気温度と大差がなく，絶対湿度は外気の方が小屋裏より高いため小屋裏の排熱，排湿ともに必要はない。一方，小屋裏の換気（排熱，排湿）を必要とするのは日中ということである事がわかった[63]。

31）換気回数が自然換気の約 2.5倍という値を示した強制換気の効果は排熱に比べ排湿に顕著に表れた。強制換気の効果が顕著に表れた排湿においては，小屋裏の空気温度が変化しても（蒸し返し作用が現れても）絶対湿度に著しい変動がみられないという結果を得た。自然換気において小屋裏の空気温度が高くなるにつれ絶対湿度も高くなるのに対し，強制換気ではその傾向がみられず十分な排湿効果を得ていることができる[63]。

32）小屋裏空気の温湿度は，妻換気のみの場合より妻換気と棟換気を併用した場合の方が低くなる。小屋裏温度が高い場合には，棟換気口からの浮力換気が促進され，この傾向がより顕著に現れる（図－74～図－76参照）[73]。

33）小屋裏空気温度は換気量に応じて低下するため，強制換気に頼ればさらに低下できる（図－77，図－78参照）。一方，絶対湿度と相対湿度には，外界気象や水分蓄積に関する履歴が影響するため，これらは換気量を増しても低下するとは限らず，相対湿度については自然換気の場合より強制換気の場合の方がむしろ高くなる傾向がある（図－79～図－82参照）[73]。

34）換気を促進することで小屋裏温度は低下するが，小屋裏換気で屋根断熱と同等の効果を得るためには，換気量を非常に多くする必要があるため，屋根断熱（遮熱）と小屋裏換気（排熱）を併用して，より効果的に小屋裏温度を低下することが望ましい（図－83参照）[73]。

35）小屋裏は外界の影響を緩和する緩衝空間であるが，夏季は日射受熱による昇温が著しく室内環境の悪化を防ぎ得ない。また，屋根断熱は日射受熱の影響を削減する有効な手段であるが，十分に小屋裏が設けられていない場合には，一般的な断熱施工では依然として劣悪な室内環境が形成される[72]。

36）夏季室内環境の改善には小屋裏の昇温抑制が不可欠であり，換気促進による小屋裏の排熱対策や断熱と並行した屋根の遮熱対策を考慮すべきである。特に，小屋裏を居室とする場合には屋根の遮熱が必須である（図－84～図－86参照）。一方，蒸暑地域では，通風による涼房に期待した開放的な住まい方が普通であり，一般に夏季は間欠冷房，中間季は非冷房とする。しかし，断熱気密化による相対的な室温の上昇は冷房時間と冷房期間を増長し，却って冷房負荷を増大させる恐れがあるため，蒸暑地域では断熱気密化と並行して開口部（窓の面積・形状・配置の計画）や通気システムの工夫による室内の排熱対策も考慮すべきである[72]。

37）小屋裏換気扇による排熱，排湿効果は以下の通りである。排熱効果[注2]は小屋裏空間で32.7%（表－4参照），6畳室内空間で35.0%（表－5参照），排湿効果[注3]は小屋裏空間で33.0%（表－6参照）が得られた。以上のことから，換気扇の夏季における排熱，排湿の面において，小屋裏及び室内環境の改善に寄与することが確認された[14]。

38）構法の異なるケースに分けて換気瓦（ファン）による効果をまとめると表－7のようになる。同表から，換気瓦（ファン）は夏季の小屋裏の温・湿度環境の改善に大きな効果を発揮することが明らかになった。また壁空洞にグ

ラスウールを詰めることにより，排熱・排湿効果が減少したのは，壁空洞からの通気がシャットアウトされたために，小屋裏の気密度が高まり，熱気や水蒸気が停滞したためである[38),42)]。

39）換気量が増加することで小屋裏温度は低下するがその温度低下は僅かなため，自然換気のみならず強制換気でも小屋裏熱環境の改善は期待できない。ただし，屋根遮熱で小屋裏への流入熱量を削減し強制換気した場合は，換気による排熱効果が認められ小屋裏空気温度を比較的低くできる[49)]。

40）換気方法が異なる場合でも換気量が等しければ，小屋裏からの排熱量と小屋裏から室内への貫流熱量に大きな違いはない。ただし，風圧力および浮力による自然換気では通風抵抗が影響するため，妻換気と棟換気を併用するなど換気口面積を増加することにより排熱量が増すと考えられる[49)]。

41）外気側から小屋裏内に熱が貫流しない場合（日没後）には，小屋裏空気温度は換気により著しく低下する。このときの小屋裏空気温度の低下は換気量に依存するが，比較的緩やかな強制換気でも十分な排熱効果が得られる。本実験では，換気回数を10回／h，20回／hとした場合で小屋裏空気温度には大きな差は生じなかった[49)]。

42）小屋裏空間では，昼間の日射受熱と夜間の放射冷却とによって大きく温度の日変化を生じ，それに応じて絶対湿度も大きく変動し，外気のそれよりも大きい。湿度変動の原因は野地板からの吸放湿現象によるものであり，その影響は大きい（**図－87，図－88参照**）[8)]。

43）年間で換気口の有無の差を見てその効果を検討する。小屋裏温度はほとんど差は少ない。これは換気口が小さい故にその効果も顕著には表れていない。小屋裏絶対湿度は年間を通して換気口のある方が低い目の値を取る。ここでの換気口は温度より湿度に対して効果がある（**図－89，図－90参照**）[8)]。

44）居室が暖房された場合でも，小屋裏の温湿度は昼間に居室以上になったり，夜間に外気以下となったりすることがある。換気回数４回／h（風速１m／s）程度のこの実験住宅の場合でも，小屋裏では居室よりも外界による影響の方が大きく作用することを示した（**図－91，図－92，図－93参照**）[8)]。

45）平均的な日変動パターンをみると，換気口が有ることによって小屋裏の絶対湿度は日中低く，夜間と午前中には逆に高くなる。これは昼間は外気によ

って除湿され，夜間は小屋裏より高い外気によって加湿されていることを意味する（図－91，図－92，図－94，図－95参照）[8]。

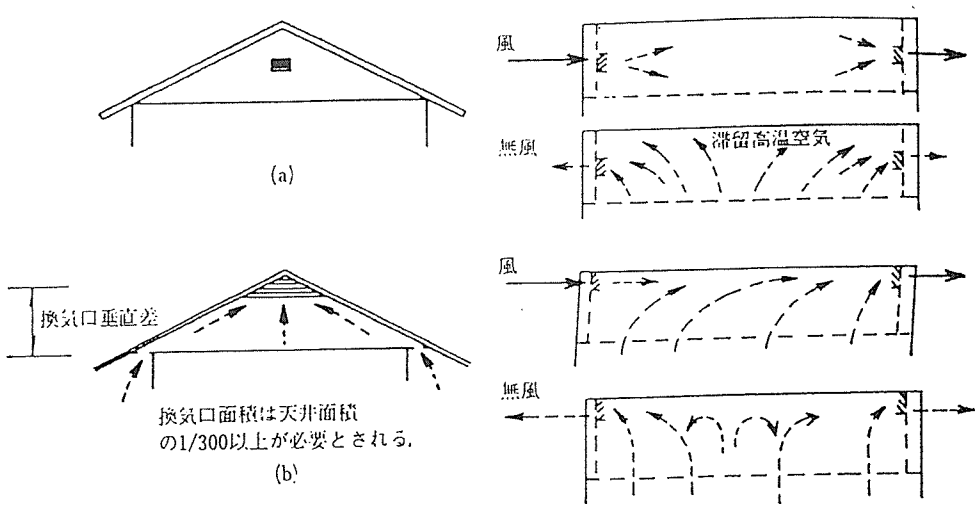
46）小屋裏の絶対湿度の上下分布は夏季の日中に上部が高くなっているが，これは夏季の大きな日射に基づく野地板からの放湿によるものと考えられる（図－96，図－97参照）[8]。

47）小屋裏空気の露点温度と野地板表面温度との関係を冬季１ヶ月間の測定データで示す。午前中の温度上昇時に小屋裏露点温度と野地板表面温度が重なって結露の危険性を生じているようにも見えるが，実際には最小でも２～３℃と野地温度の方が高く，結露域には達していない（図－98参照）[8]。

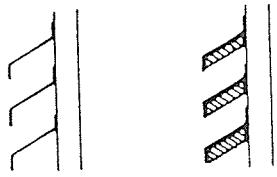
48）夏季，小屋裏においては外気温度が高いほど排熱による温度降下は増大することが明らかになった[79]。

49）換気瓦による小屋裏及び室内の排湿効果[注3]を小屋裏の気密度の異なる２つのケースに分けて，実測データに基づき分析した。その結果を以下に述べる。小屋裏の気密度が低い状態で，自然換気による排湿効果は小屋裏で48.8％，室内で55.8％，強制換気による排湿効果は小屋裏で72.6％，室内で67.5％である。また，小屋裏の気密度が高い状態で，自然換気による排湿効果は小屋裏で16.3％，室内で28.4％，強制換気による排湿効果は小屋裏で42.2％，室内で57.8％である。以上から，換気瓦は冬期の小屋裏及び室内の温湿度の改善に大きな効果を発揮することが明らかになった（表－７参照）[69),78)]。

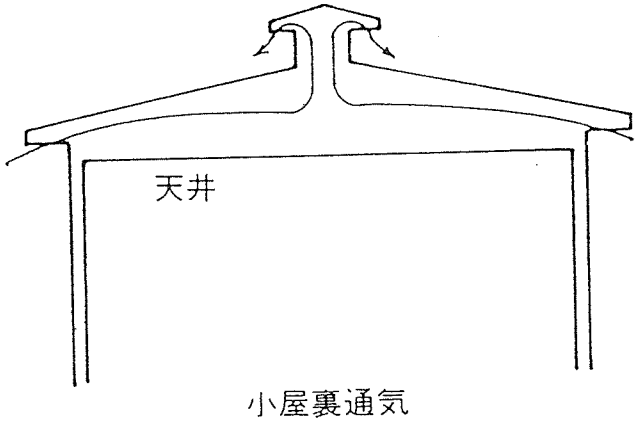
50）冬季，小屋裏においては北風が卓越していたため，その影響によって北側に設けた排気ファンの能力が低下し，小屋裏絶対湿度を大幅に減少させることはできなかった。冬季における結露の危険性については，小屋裏においてはファンＯＦＦに比べファンＯＮの方が安全側にシフトしていることが明らかになった[79]。



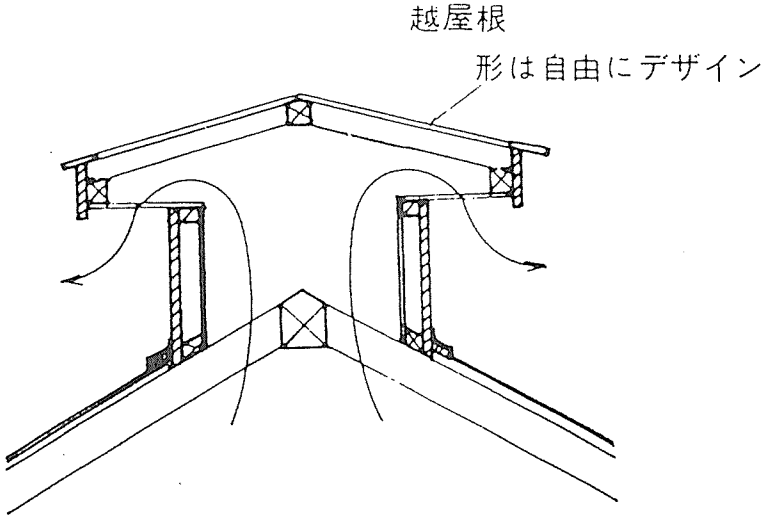
図－55　小屋裏[97]



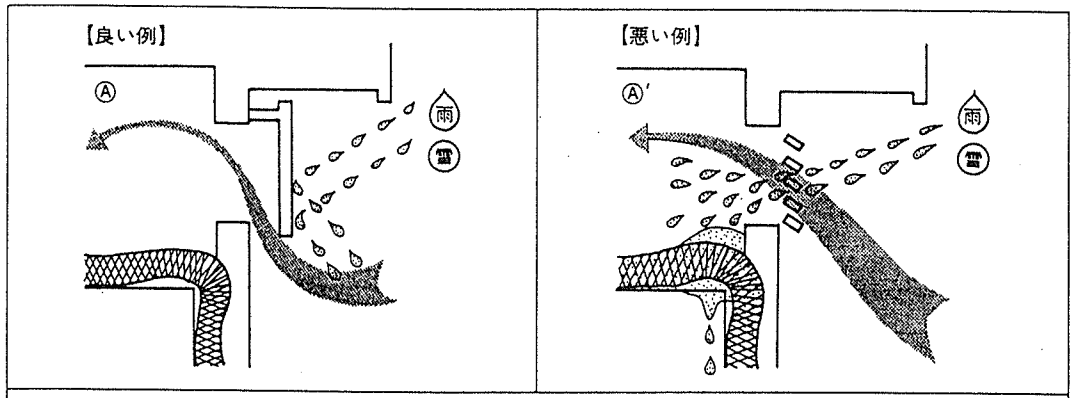
図－56　小屋裏換気口（切妻の場合）[29]



小屋裏通気

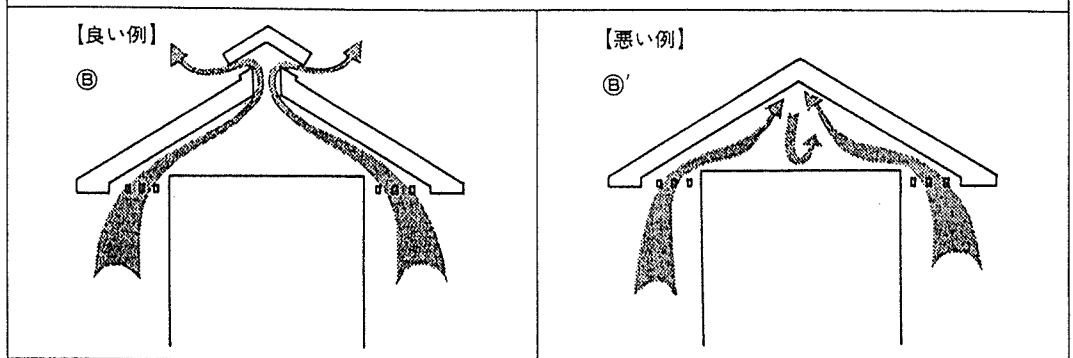


図－57　小屋裏換気口（越屋根の場合）[20]



Ⓐの方法は屋根面積に応じて換気面積を自由にかえることができ，さらに下向きに換気孔が開いているためⒶ′のような心配はありません．

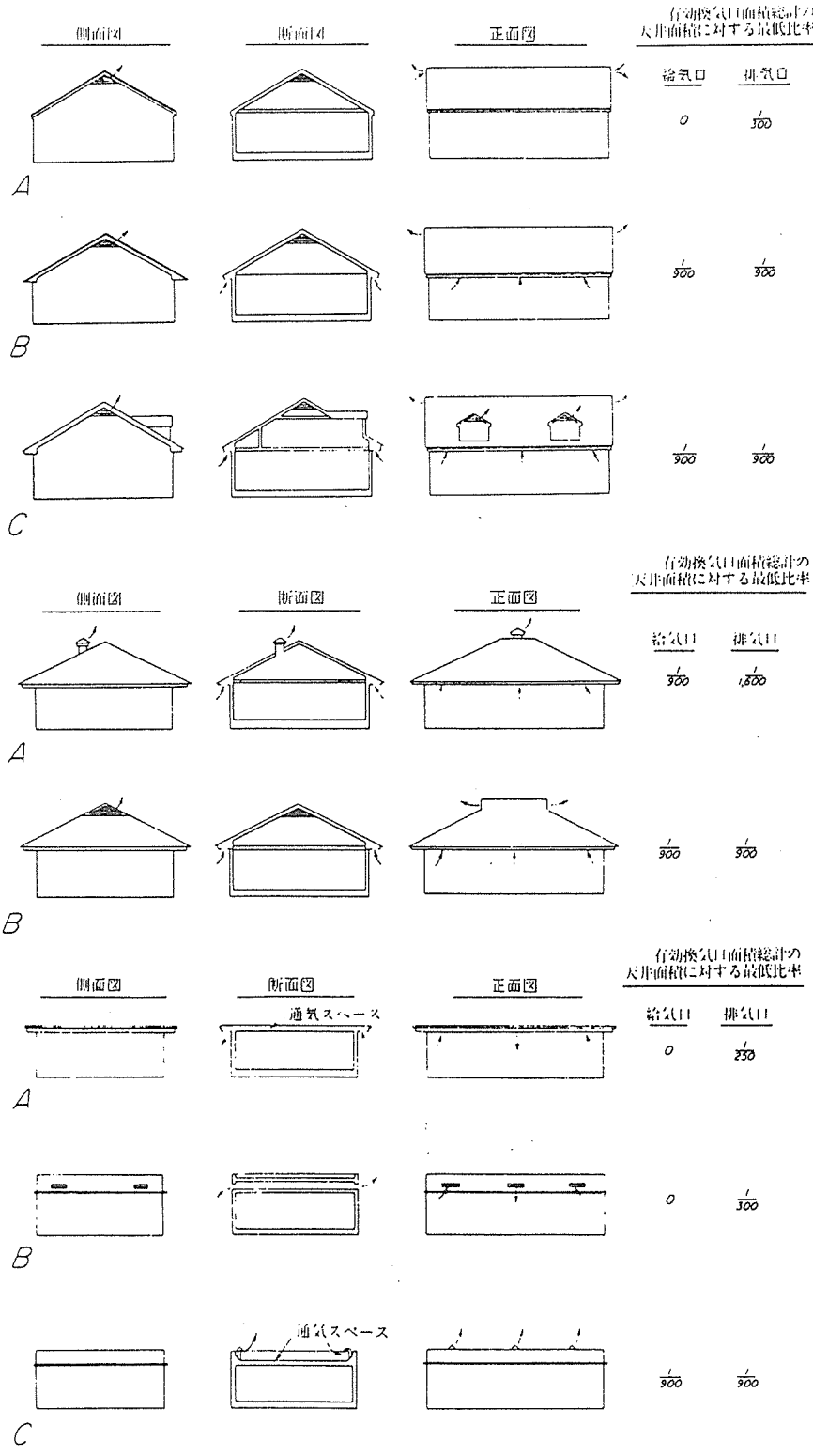
Ⓐ′の方法は強風時の雨雪の侵入の危険性がきわめて高く断熱材をぬらし，断熱材の性能の低下を引き起こすだけでなく天井にしみを作ったり，天井下地材や構造材の腐朽をまねくので好ましくありません．



Ⓑの方法はⒷ′の改良として考えられるもので棟の部分に特別に換気口を設けたものです．市販品もありますが，デザイン等を考慮し，越屋根等で解決する方法もあるので工夫して下さい．

Ⓑ′の方法をやむをえず採用する場合は換気面積を大きくとり，さらに各辺の端部に設ける必要があります．

図－58　小屋裏換気口の設け方 [6]

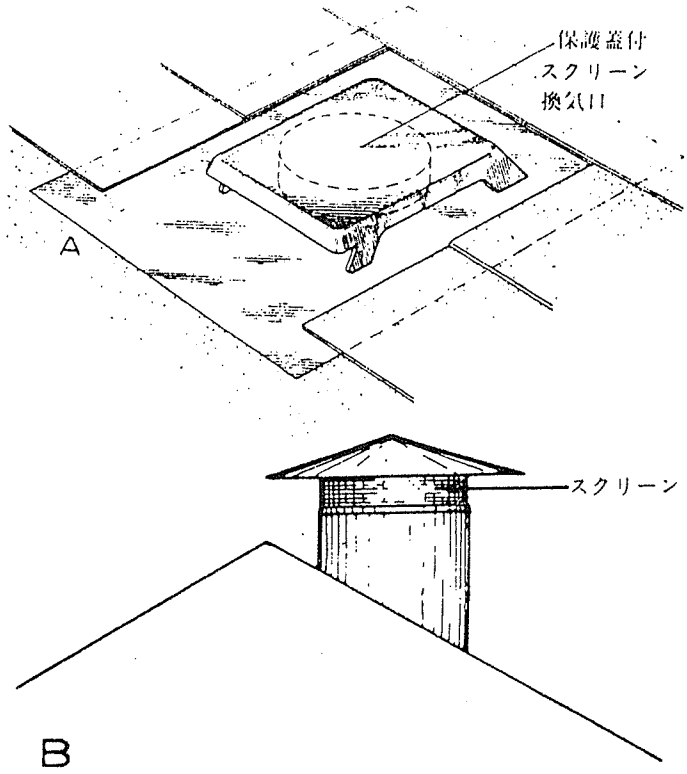


切妻屋根の換気口面積：
A．妻壁にルーバーを使用したもの；
B．妻壁ルーバーのほかに軒裏換気口を使用したもの；C．妻壁ルーバーのほかに軒裏および屋根窓に換気口を設けたもの
C図の断面図は野地板と屋根裏部屋の天井との間の通気用のスペースを示したもの

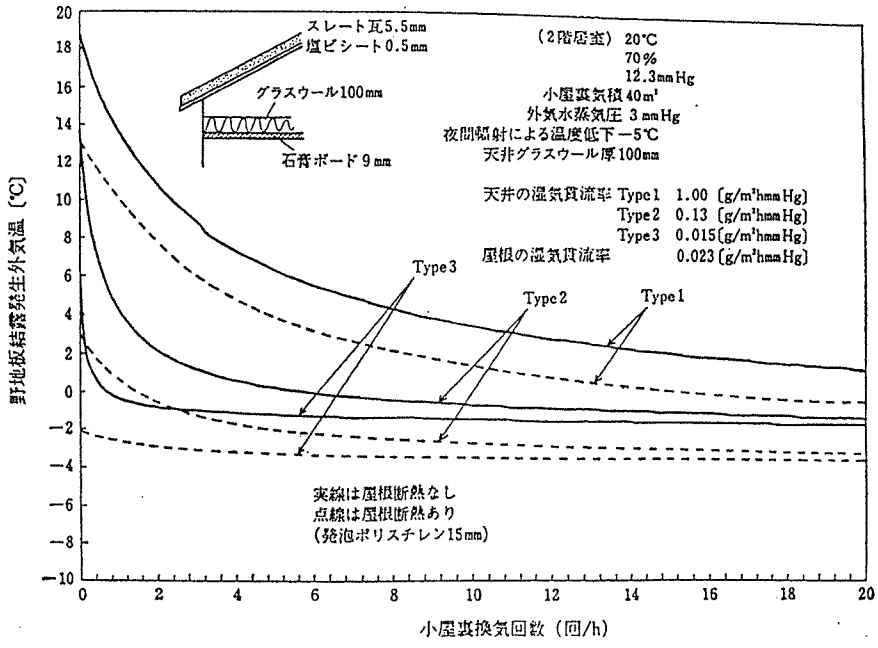
寄棟屋根の換気口面積：
A．軒裏給気口および屋根換気筒を使用したもの
B．軒裏給気口および棟排気口を使用したもの

陸屋根の換気口面積：
A．軒裏の換気口
（屋根根太が天井根太を兼ねる場合）；B．パラペットを利用した換気口
（屋根根太が天井根太とは別個の場合）；C．パラペットのある屋根の換気
（屋根根太が天井根太を兼ねる場合）。

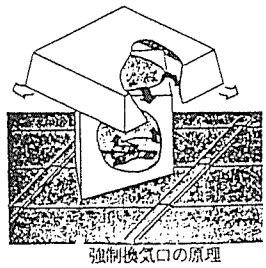
図－59　小屋裏換気口の取り方例[44)]



図－60　屋根換気筒[44)]



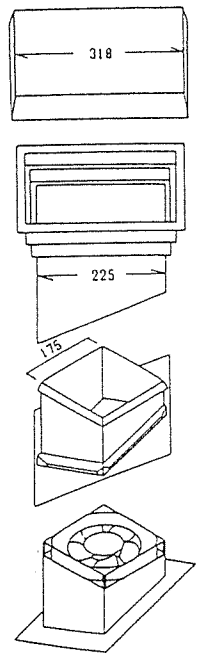
図－61　小屋裏構成・換気回数と結露発生外気温の関係[53)]



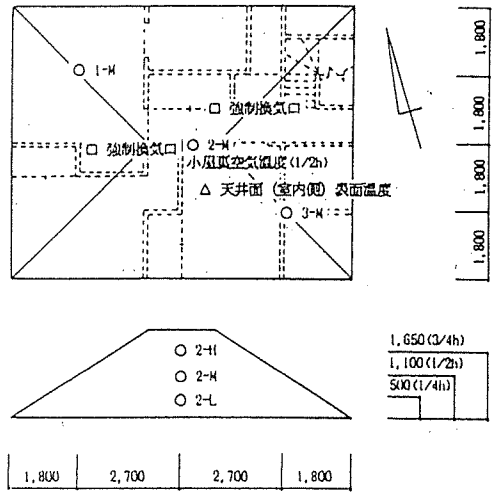
強制換気口の原理

強制換気口諸元

項　　目	諸　　元
定格電圧	100(V)
周波数	60(Hz)
起動電圧	65(V)
定格回転数	2100(rpm)
定格電圧	0.10(A)
定格入力	7(W)
最大風量	53.0(m³/min)
最大静圧	0.087(mmHO)
拘束電流	0.11(A)



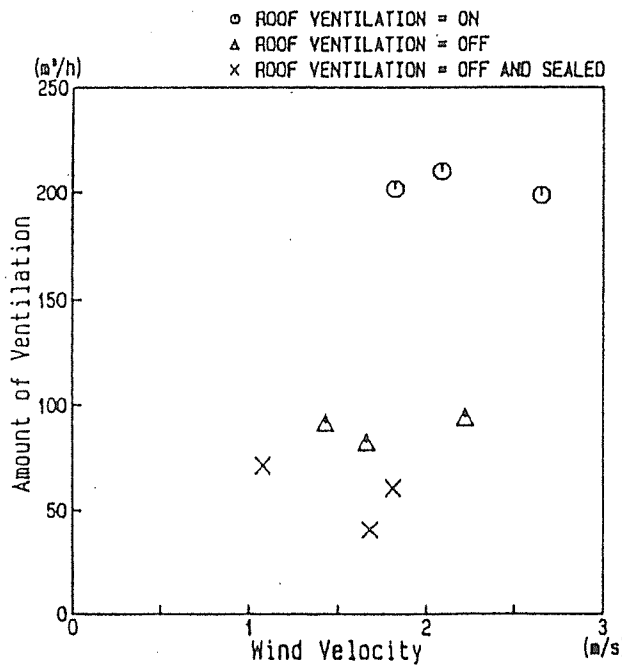
強制換気口の構成



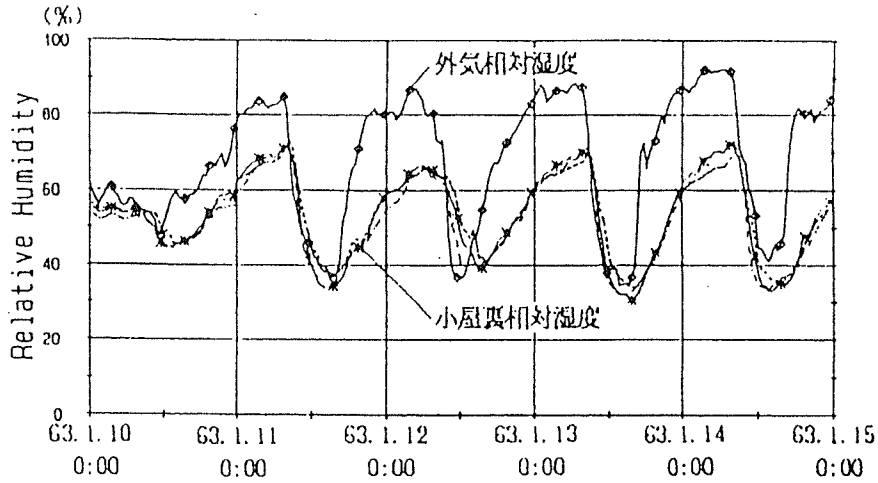
小屋裏の詳細及び測定点

表－2　小屋裏における強制換気口の換気量測定結果[80)]

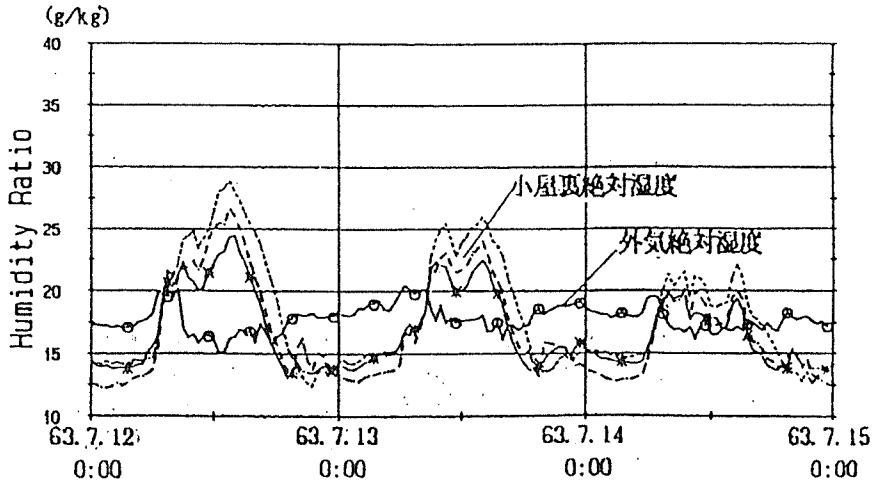
実験日	測定点	強制換気状態		自然換気状態		密閉状態	
		換気量	換気回数	換気量	換気回数	換気量	換気回数
10	2-H	219.41	4.20	84.34	1.61	55.43	1.06
月	2-M	202.86	3.88	85.35	1.63	65.76	1.26
3	2-L	209.51	4.01	79.06	1.51	61.72	1.18
日	平均	210.59	4.03	82.92	1.58	60.97	1.17
外部風速		2.08(m/s)		1.66(m/s)		1.81(m/s)	
10	1-M	202.86	3.88	87.73	1.68	66.56	1.27
月	2-M	199.32	3.81	100.16	1.92	76.89	1.47
4	3-M	203.22	3.89	80.46	1.69	71.40	1.37
日	平均	201.80	3.86	92.12	1.76	71.62	1.37
外部風速		1.82(m/s)		1.43(m/s)		1.08(m/s)	
10	2-H	194.76	3.72	98.14	1.88	38.09	0.73
月	2-M	216.95	4.15	101.54	1.94	46.25	0.88
5	2-L	184.65	3.53	84.05	1.61	37.94	0.73
日	平均	198.79	3.80	94.58	1.81	40.76	0.78
外部風速		2.65(m/s)		2.22(m/s)		1.68(m/s)	



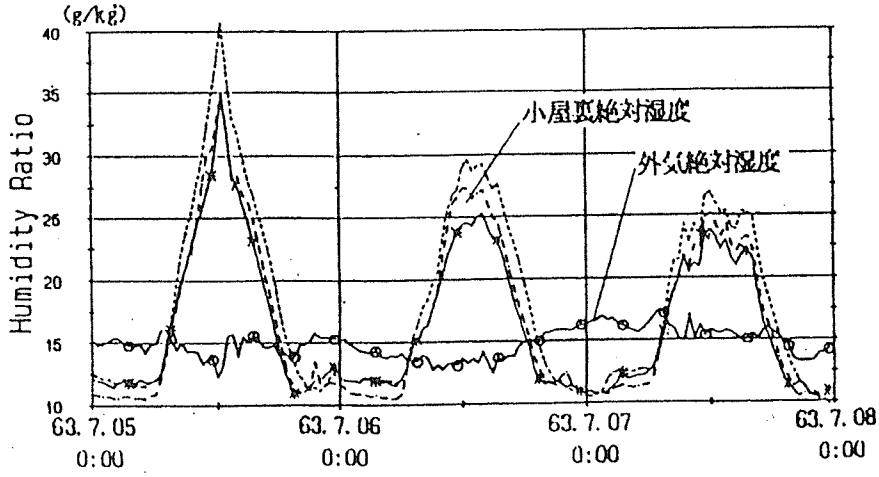
図－62　換気量と風速との相関[80)]



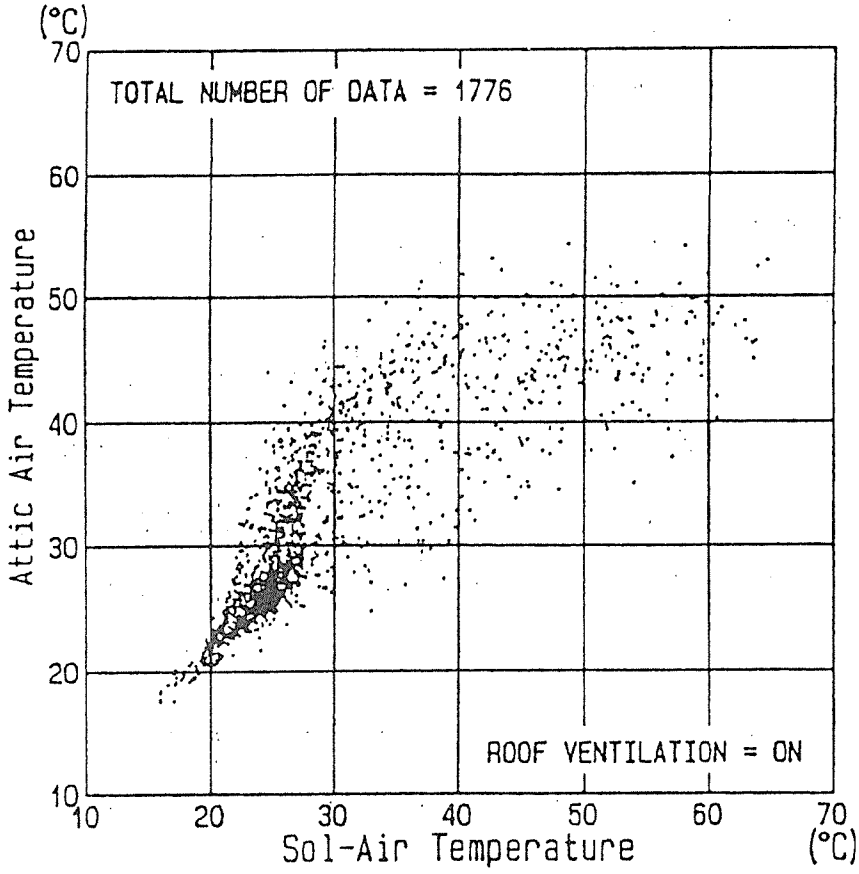
図－63　外気及び小屋裏の相対湿度（冬期・強制換気状態）[80)]



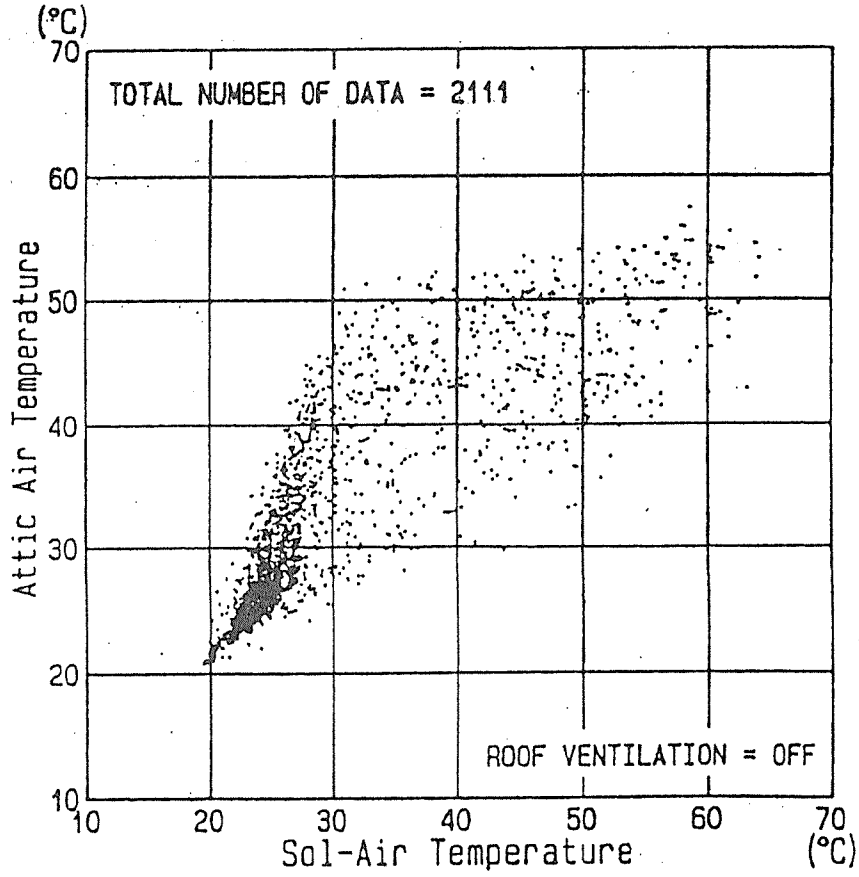
図－64　外気及び小屋裏の絶対湿度（夏期・強制換気状態）[80)]



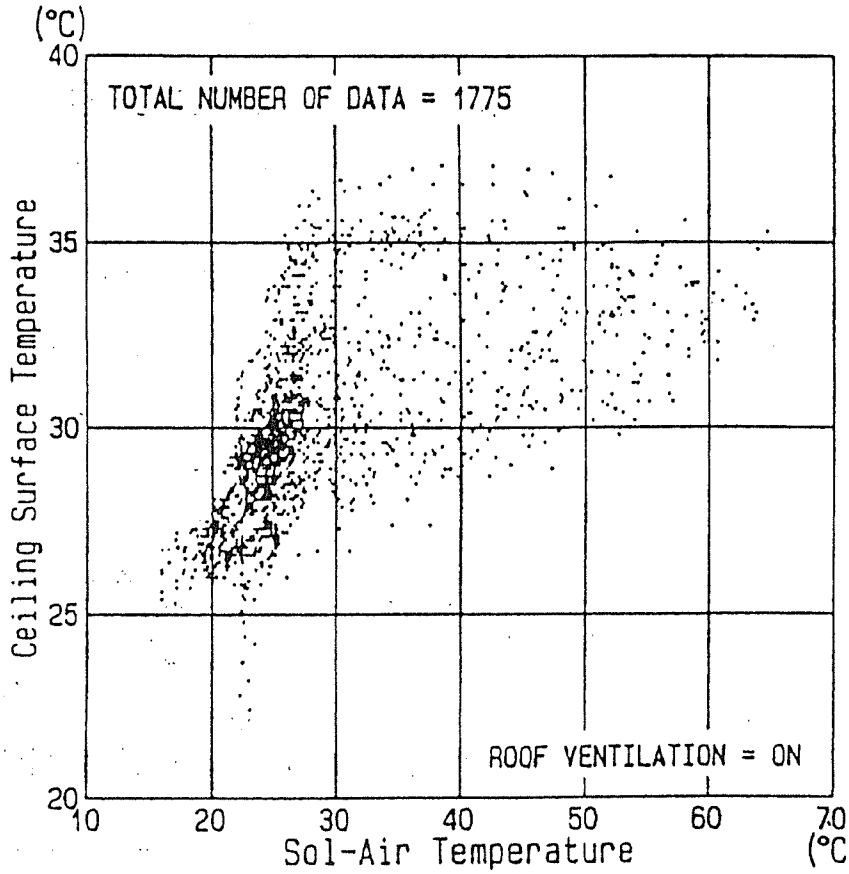
図－65　外気及び小屋裏の絶対湿度（夏期・自然換気状態）[80)]



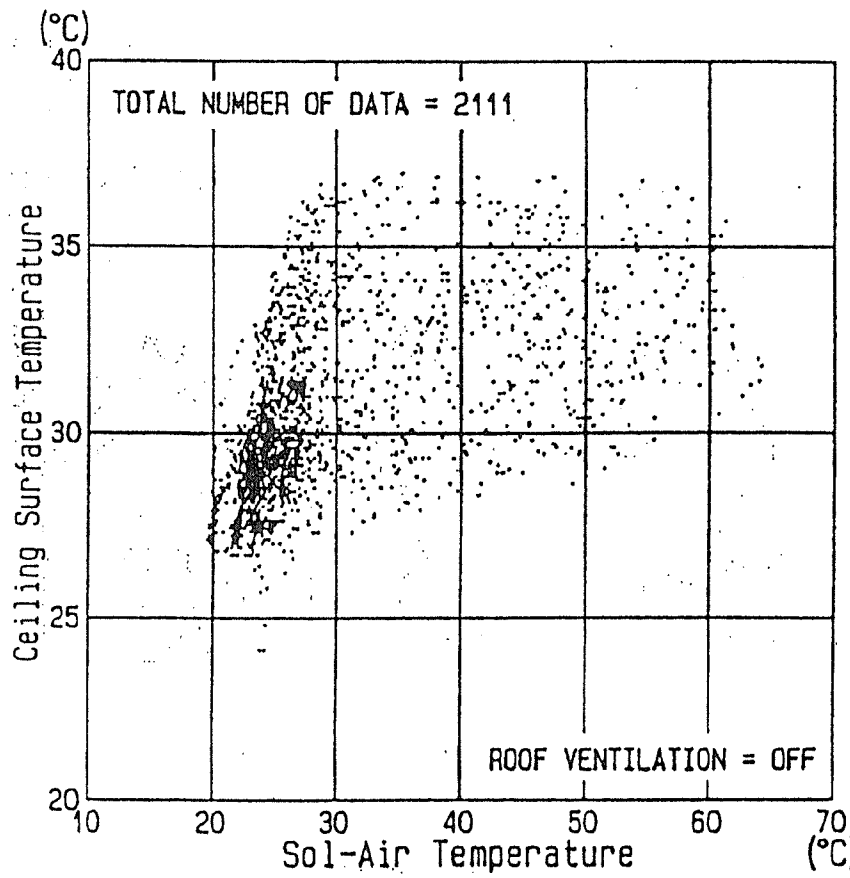
図－66　小屋裏空気温度との相関（強制換気状態）[80]



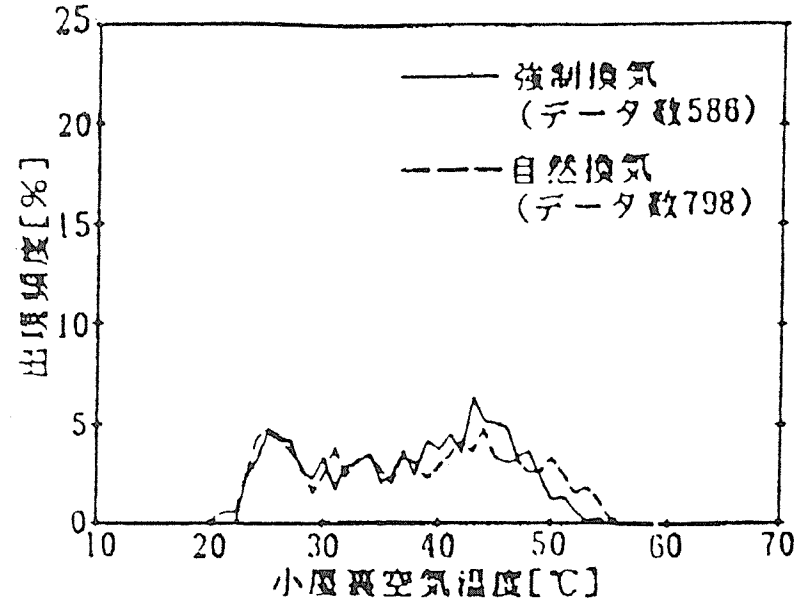
図－67　小屋裏空気温度との相関（自然換気状態）[80]



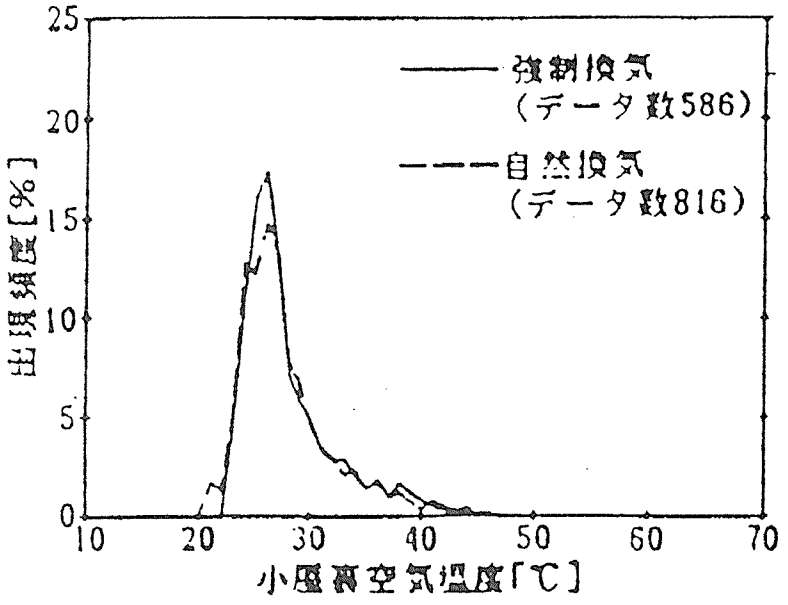
図－68　天井面表面温度との相関（強制換気状態）[80)]



図－69　天井面表面温度との相関（自然換気状態）[80)]

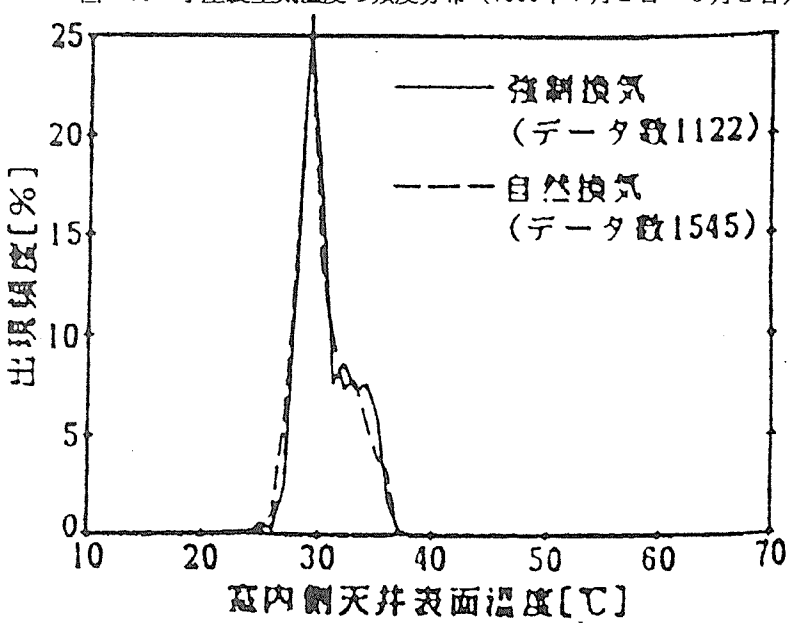


(a)昼間(06:00～18:00)

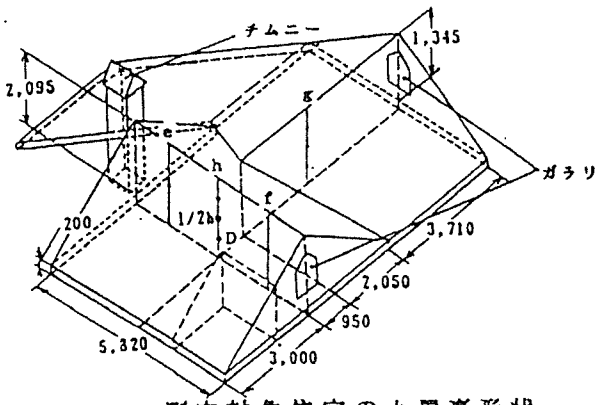


(b)夜間(18:00～06:00)

図－70　小屋裏空気温度の頻度分布（1988年７月２日～９月２日）[85]



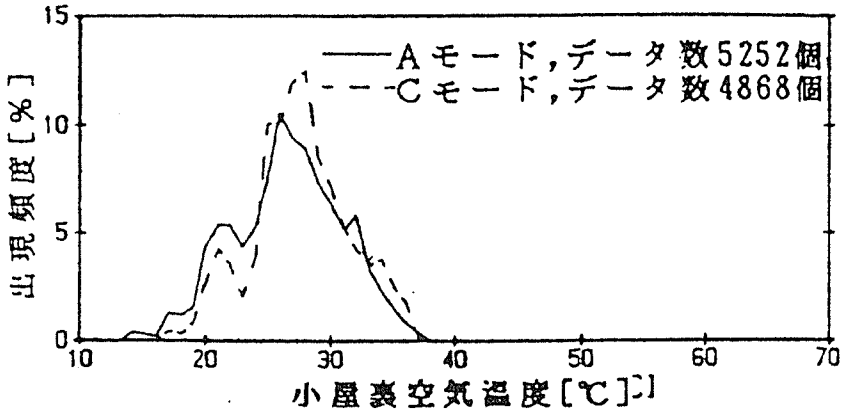
図－71　天井内表面温度の頻度分布（1988年７月２日～９月２日）[85]



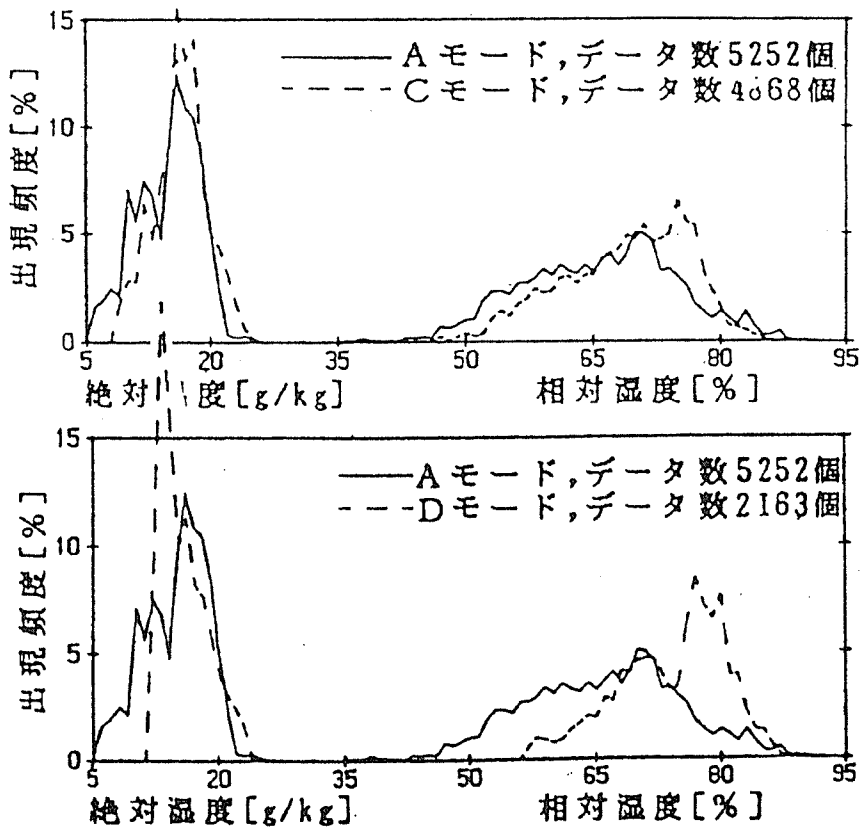
測定対象住宅の小屋裏形状

表－3　換気モード，位置，高さ別換気量（回／h）[45]

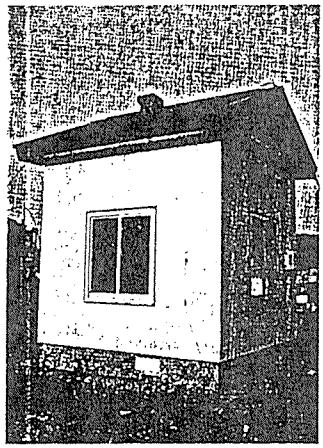
モード	位置、換気量			位置、換気量			位置、換気量			平均換気量	
A	e	中	11.5	f	中	14.0	g	中	14.8	13.4	11.4
A	h	下	8.4	h	中	8.2	h	上	9.9	8.8	
A	g	下	12.3	g	中	12.0	g	上	12.1	12.1	
C	e	中	5.2	f	中	5.1	g	中	5.8	5.4	5.5
C	h	下	6.3	h	中	5.9	h	上	8.9	7.0	
C	g	下	3.6	g	中	3.7	g	上	5.1	4.1	
D	e	中	4.2	f	中	4.2	g	中	4.7	4.4	4.7
D	h	下	5.5	h	中	4.8	h	上	5.9	5.4	
D	g	下	5.1	g	中	3.6	g	上	4.6	4.4	



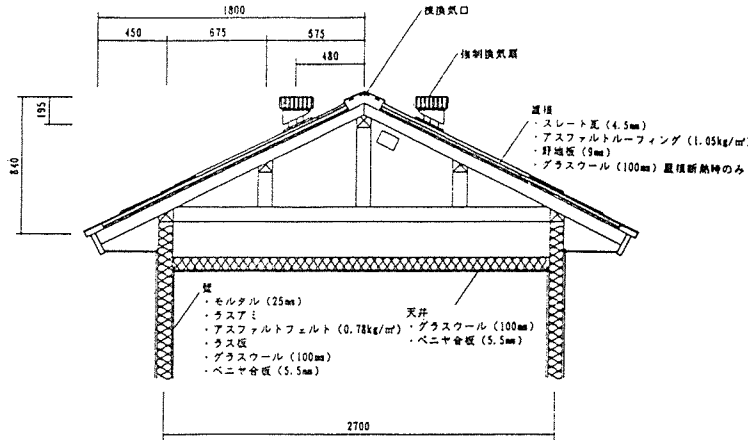
図－72　小屋裏空気温度の出現頻度の比較[45]
（Aモード：全日強制換気，Cモード：ガラリ・チムニー・有効ボードによる自然換気，Dモード：有効ボードのみの自然換気）



図－73　小屋裏湿度の出現頻度の比較[45]
（Aモード：全日強制換気，Cモード：ガラリ・チムニー・有効ボードによる自然換気，Dモード：有効ボードのみの自然換気）



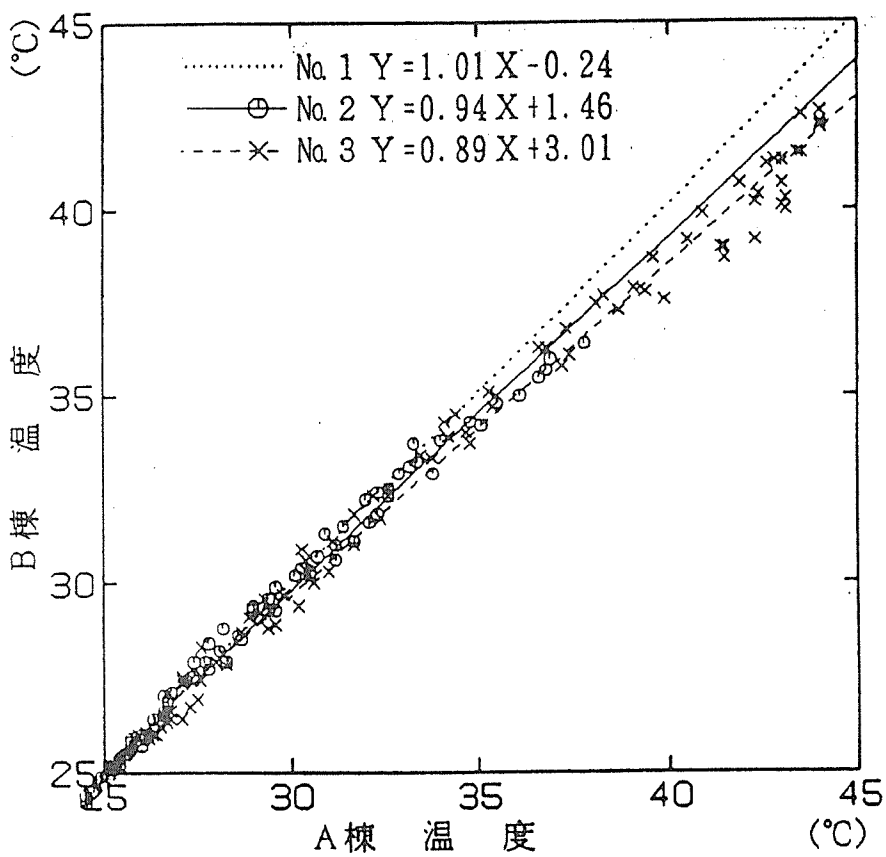
試験家屋全景



小屋裏断面図

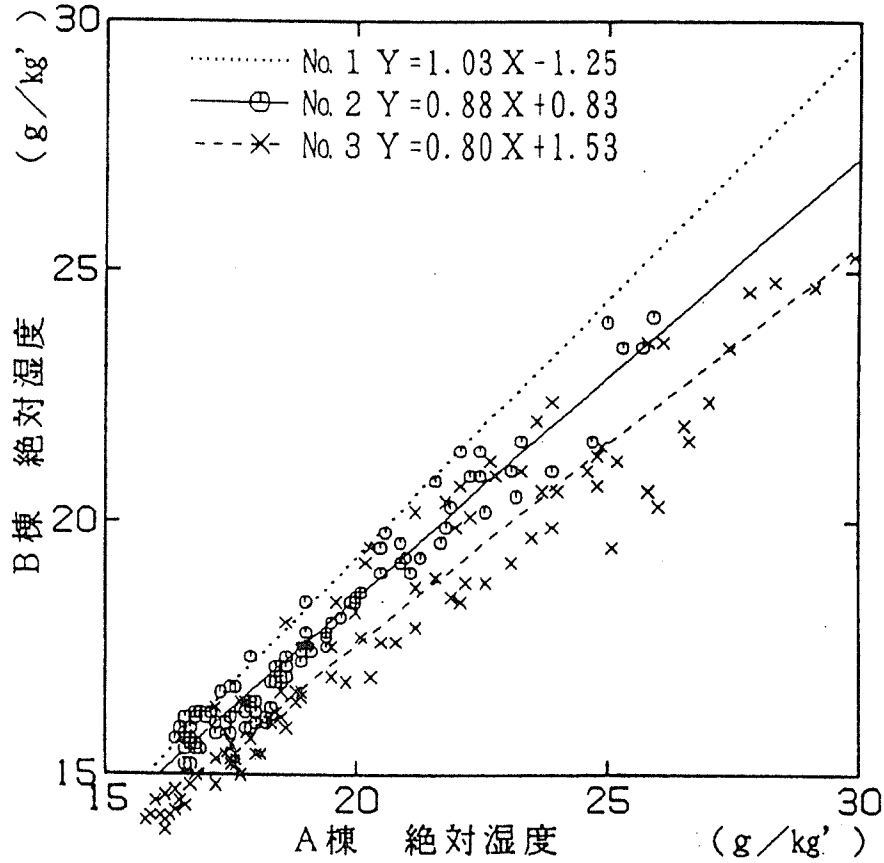
検討項目および試験家屋の仕様

実験No.	実験期間（1992年）	検討項目	両棟	A棟			B棟	
			妻換気口（自然換気）	棟換気（自然換気）	小屋裏換気扇（強制換気）	屋根断熱	棟換気（自然換気）	小屋裏換気扇（換気回数［回／h］）（強制換気）
1	8/ 4～ 7	2棟の試験家屋性能比較	開	開	無	無	開	無
2	7/11～ 13	棟換気の効果（梅雨季）					開	
3	7/28～8/ 3	棟換気の効果（夏季）						
4	7/24～ 28	小屋裏換気扇の効果						1台×100V（26.1）
5	7/18～ 24							2台×100V（52.2）
6	8/13～ 18							2台× 75V（33.5）
7	8/ 7～ 13							2台× 50V（14.3）
8	8/18～ 24							2台× 25V（ 5.5）
9	9/13～ 20	屋根断熱の効果		開		有		無
10	9/ 4～ 7							2台×100V（52.2）
11	9/ 2～ 4	屋根断熱と小屋裏換気扇の併用効果			2台×100V			
12	9/ 7～ 13				2台× 50V			

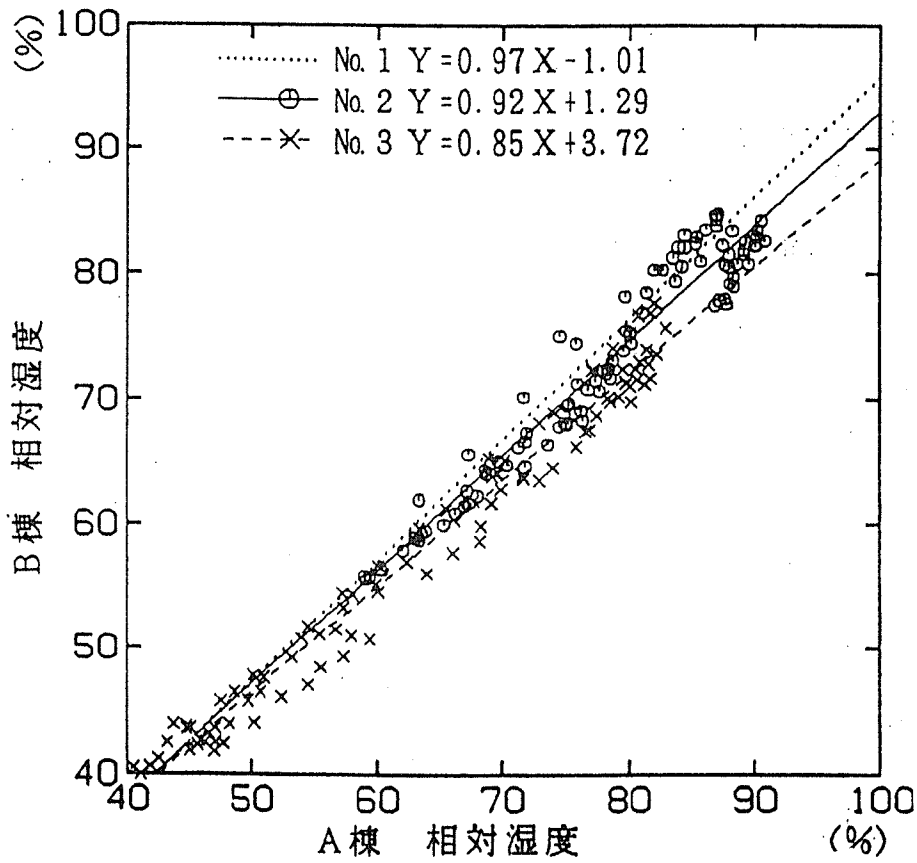


図－74　小屋裏中央温度の相関図（実験No.1～3）[73]

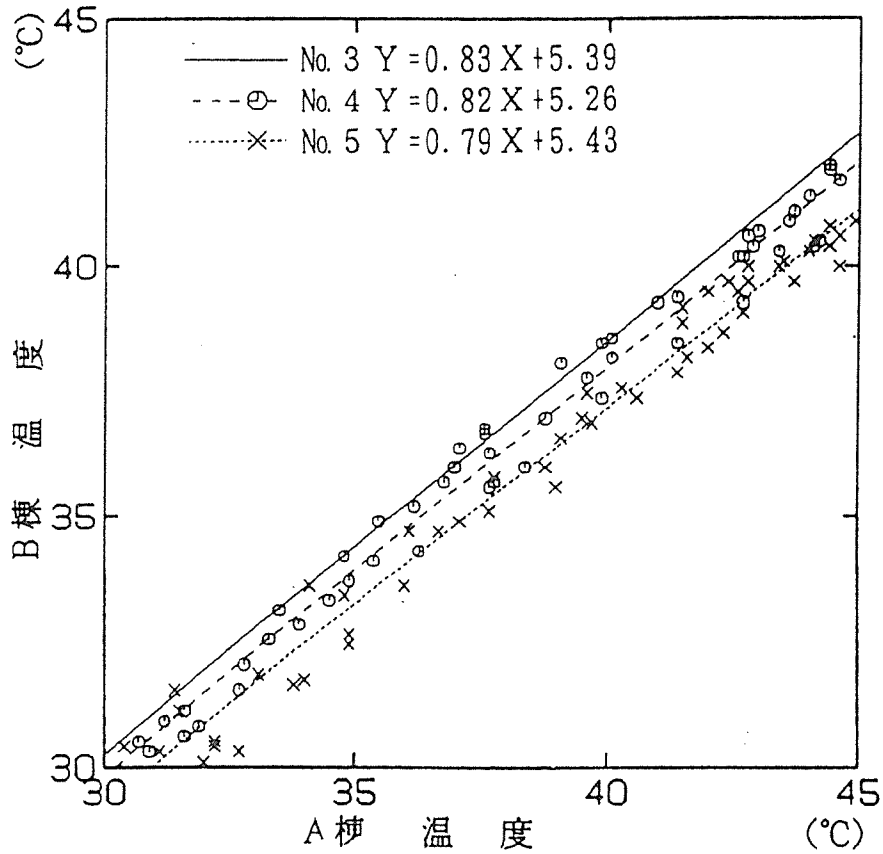
小屋裏温度30℃以下をカットしている。



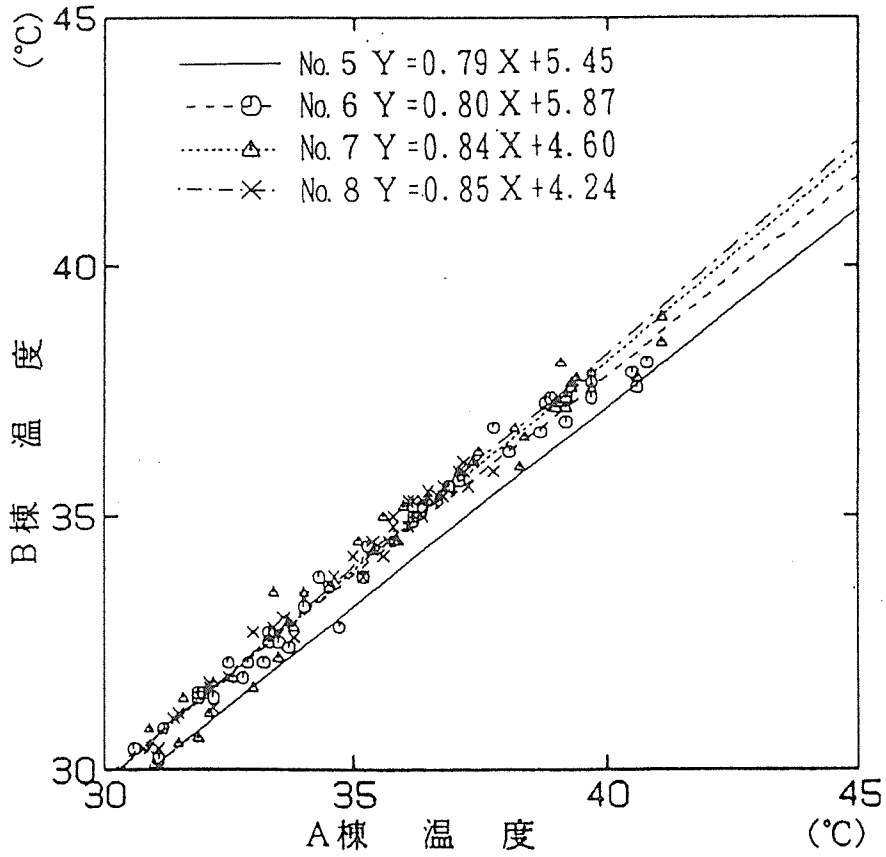
図－75　小屋裏中央絶対湿度の相関図（実験No.1～3）[73]



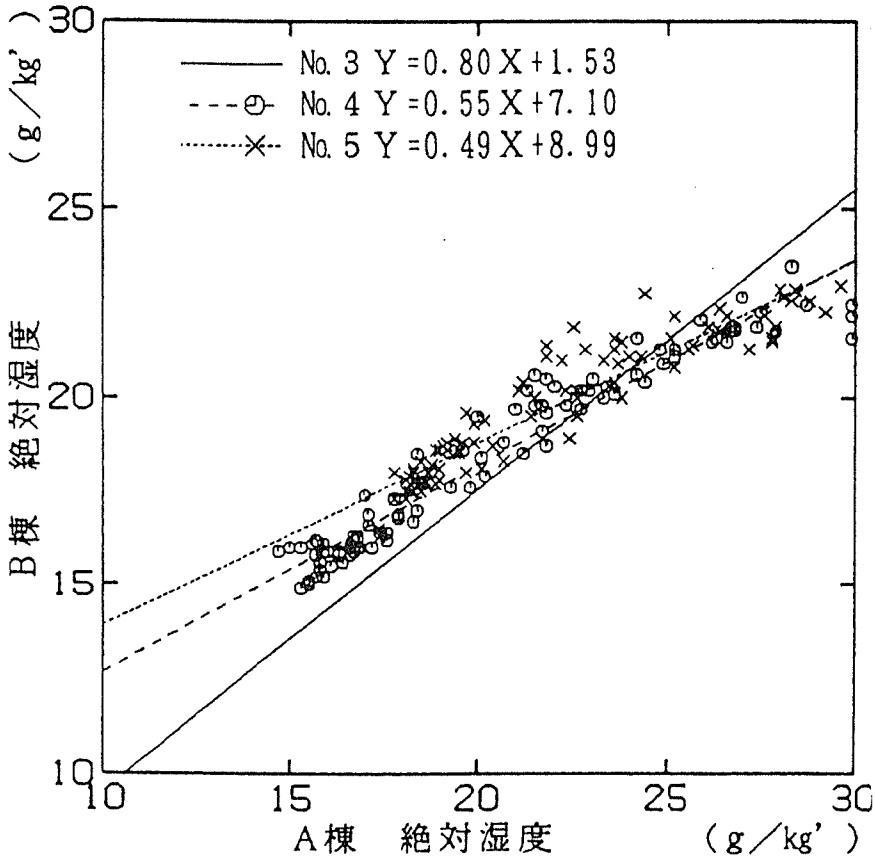
図－76　小屋裏中央相対湿度の相関図（実験No.1～3）[73]



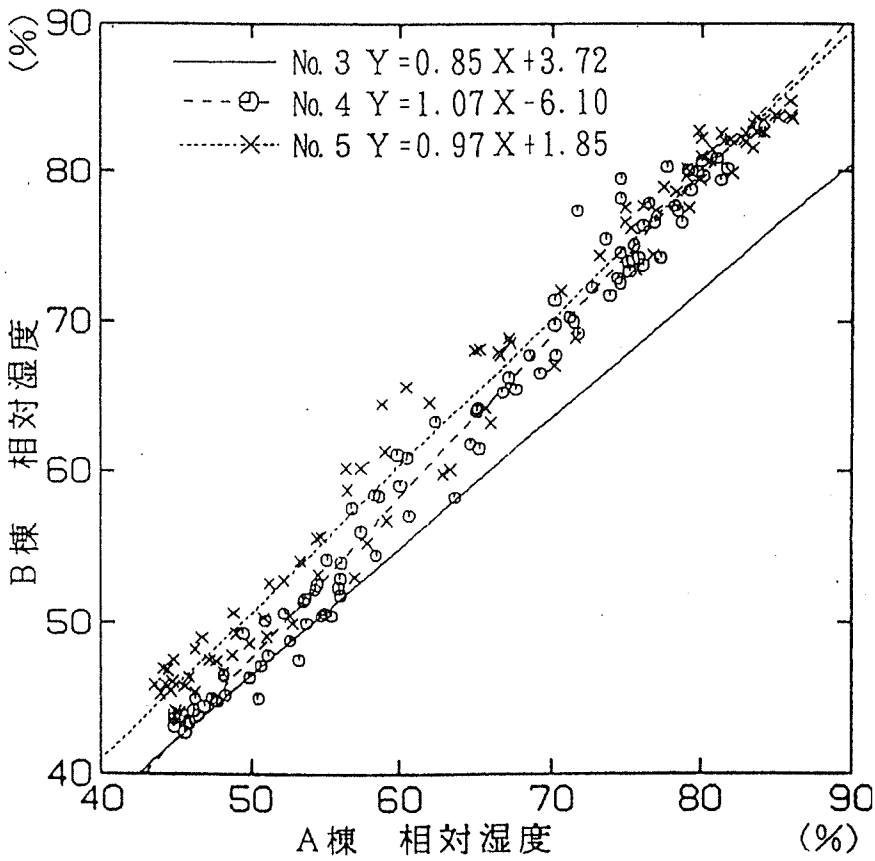
図－77　小屋裏中央温度の相関図（実験No.3～5）[73]
小屋裏温度30℃以下をカットしている。



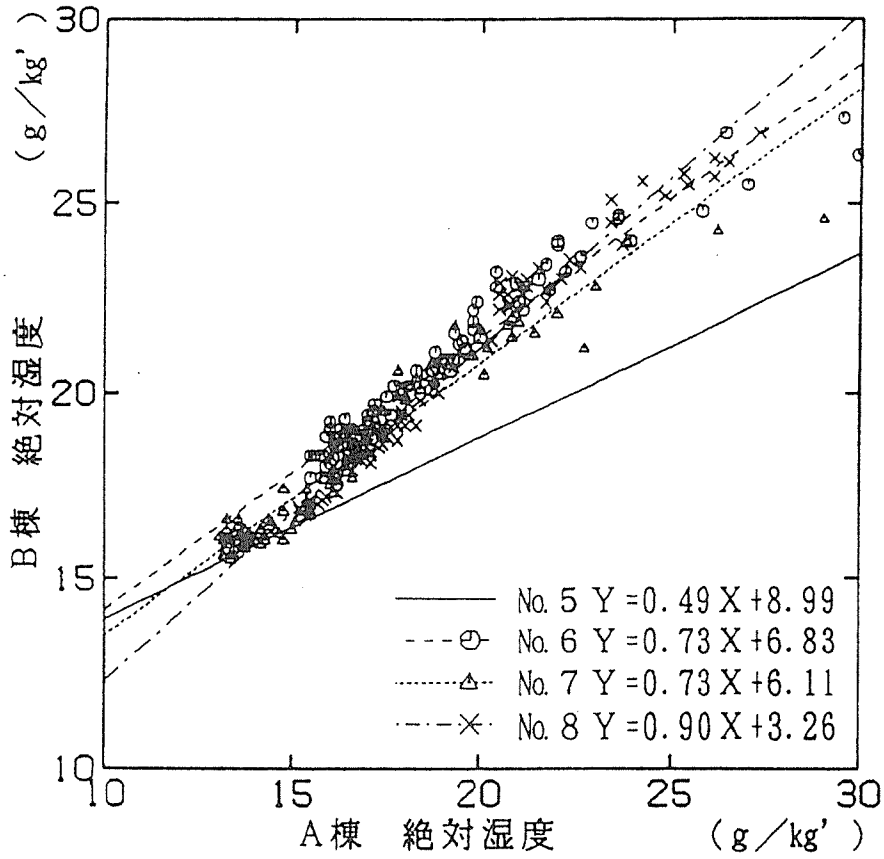
図－78　小屋裏中央温度の相関図（実験No.5～8）[73]
小屋裏温度30℃以下をカットしている。



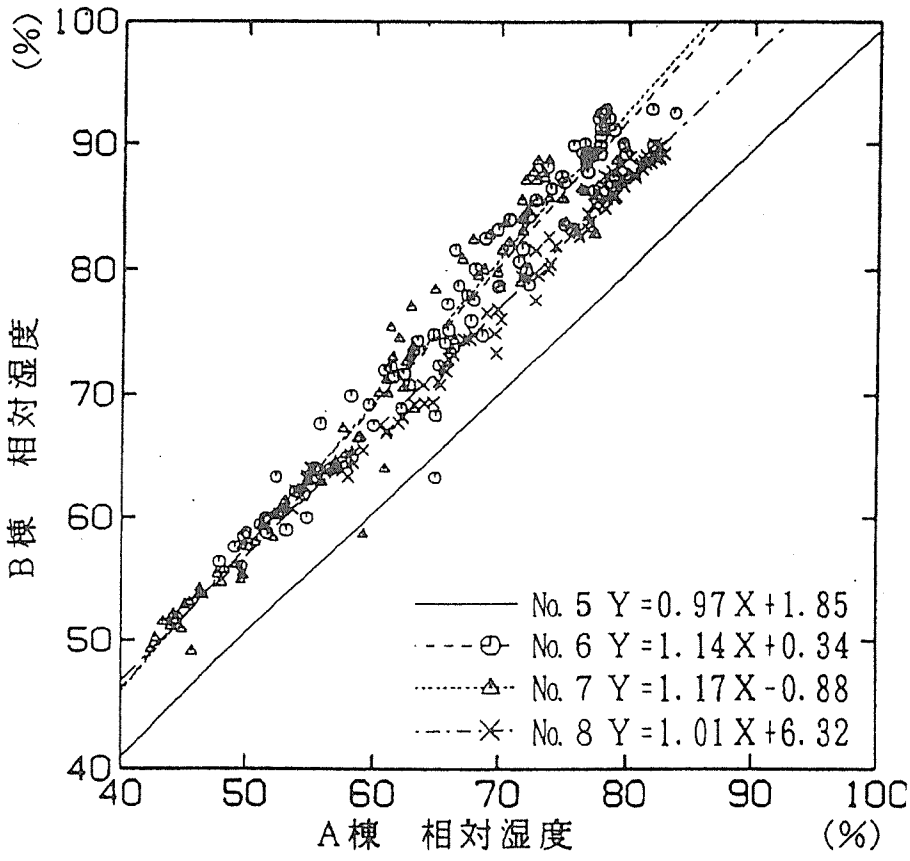
図－79　小屋裏中央絶対湿度の相関図（実験No.3～5）[73]



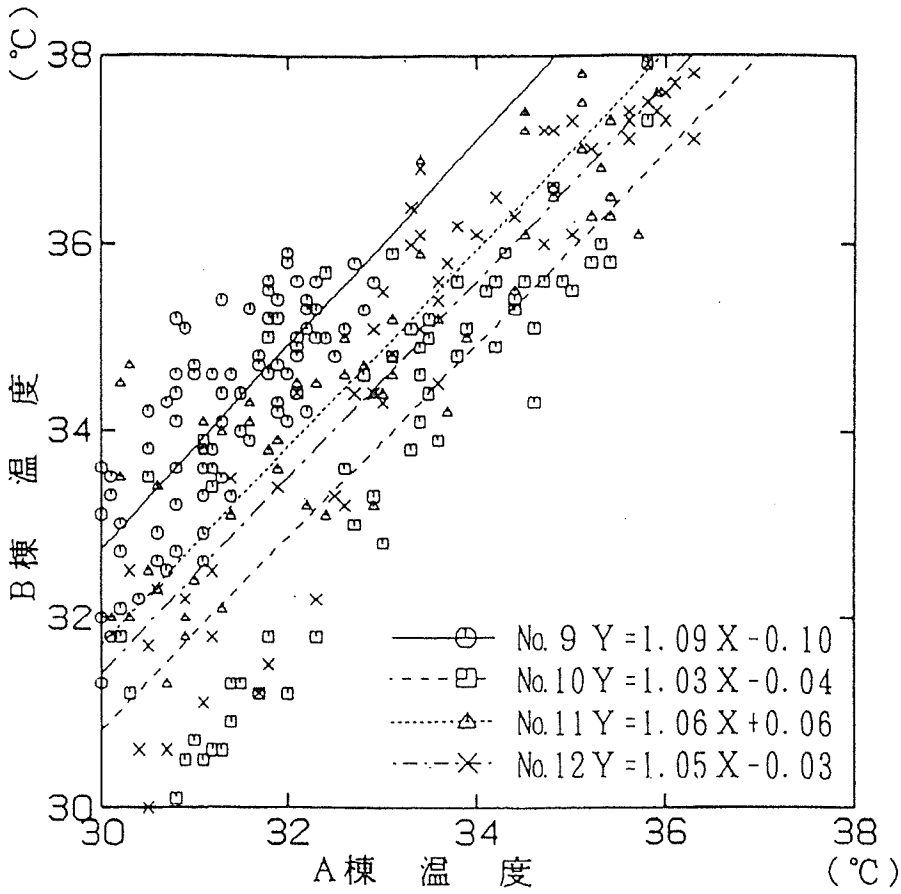
図－80　小屋裏中央相対湿度の相関図（実験No.3～5）[73]



図－81　小屋裏中央絶対湿度の相関図（実験No. 5～8）[73]

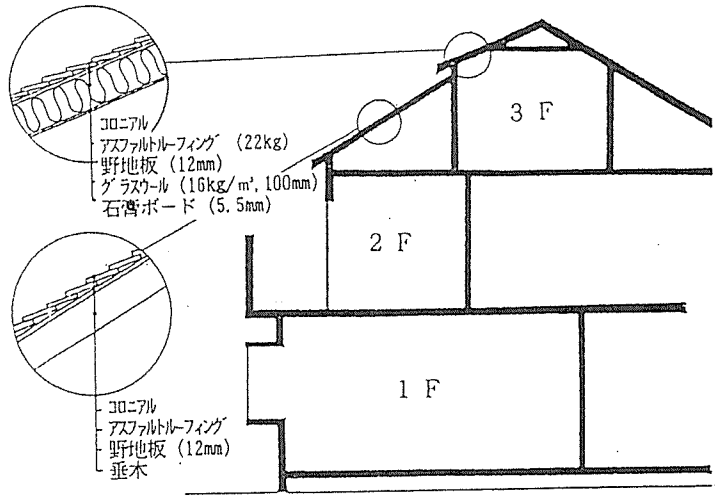


図－82　小屋裏中央相対湿度の相関図（実験No. 5～8）[73]

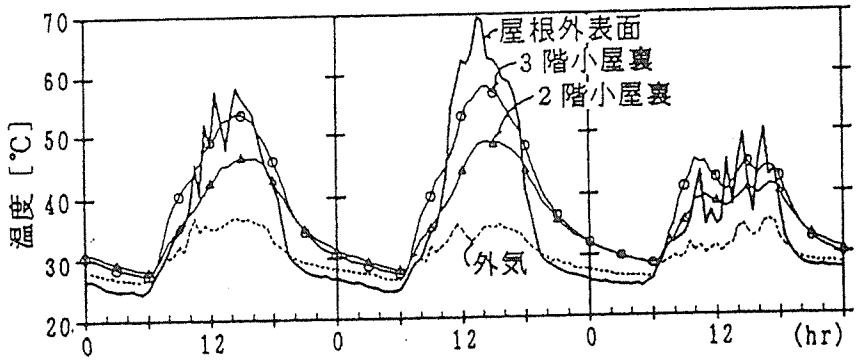


図－83　小屋裏中央温度の相関図（実験No. 9～12） [73)]

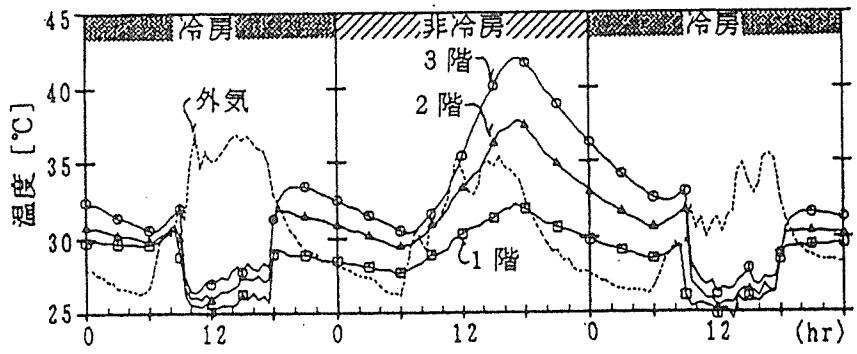
小屋裏温度30℃以下をカットしている。



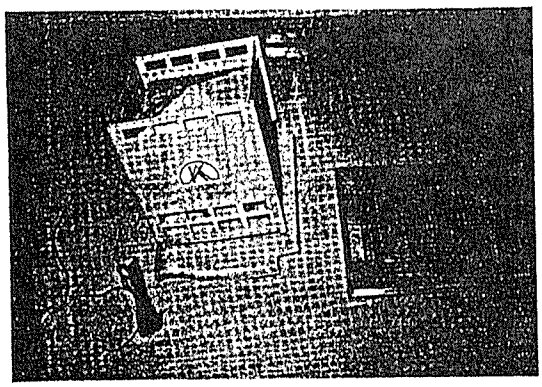
図－84　実在建物の断面[72)]



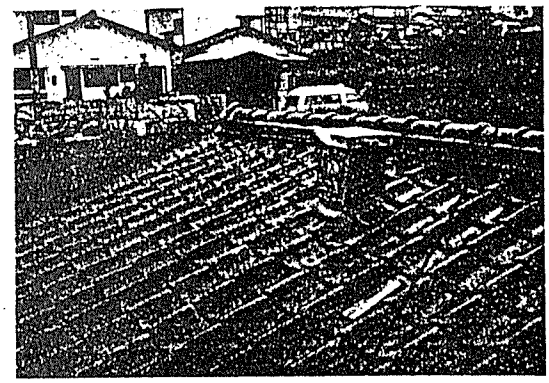
図－85　屋根外表面温度と小屋裏温度[72)]



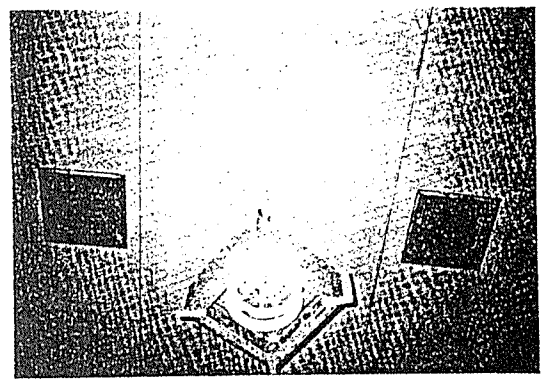
図－86　室内空気温度[72)]



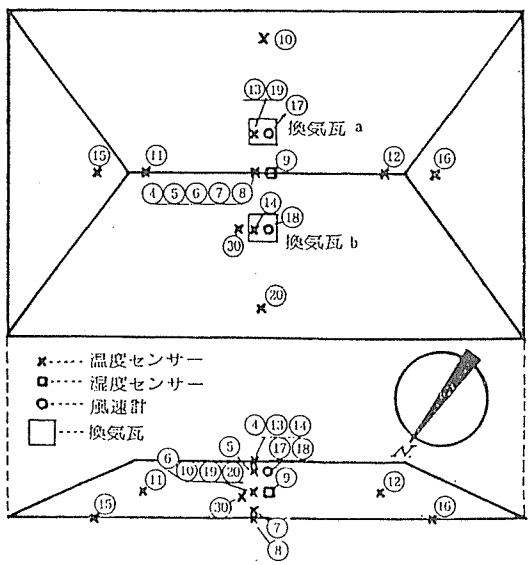
換気瓦（エアルーフ）：左側
室内換気ガラリ（密閉状態）：右側



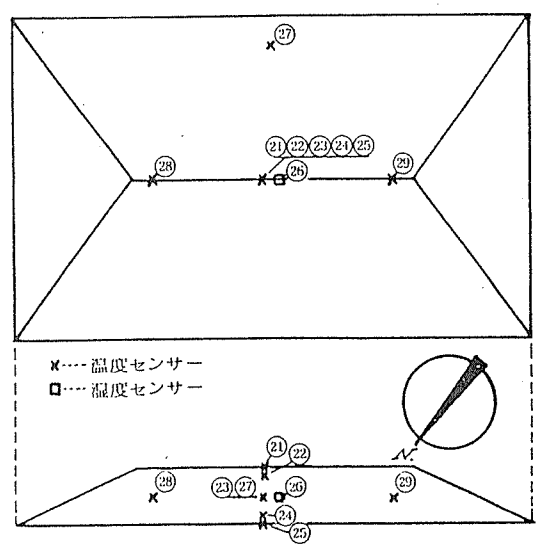
屋根面に設置した換気瓦
（換気瓦上部に載せているのは，水平面S. A. T 計）



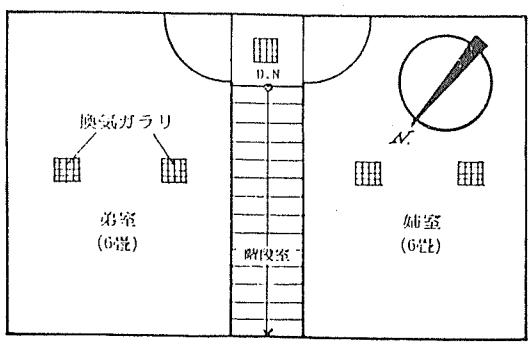
室内に設置した換気ガラリ
（写真はガラリ開放状態）



A棟（２Ｆ）小屋裏測定点及び屋根面換気瓦設置箇所



B棟（２Ｆ）小屋裏測定点位置



A棟（２Ｆ）天井面換気ガラリ設置点

表－4　外気温度に対する小屋裏温度と排熱効果[14]

小屋裏測定点	外気温度 [t]	換気扇がない状態時 X' [°C]	換気扇がある状態時 Y' [°C]	X' − Y' [deg]	X' − 外気温度 [deg]	排熱効果T [%] $\frac{(X' - Y') \times 100}{X' - 外気温度}$
小屋裏中央 1／2 h_1	30°C	35.1	33.4	1.7	5.1	33.3
小屋裏東側 棟木1／2h_1	30°C	35.8	34.0	1.8	5.8	31.0
小屋裏西側 棟木1／2h_1	30°C	35.2	33.5	1.7	5.2	32.7
小屋裏北東 隅角空間	30°C	35.0	33.1	1.9	5.0	38.0
小屋裏南西 隅角空間	30°C	34.7	33.7	1.0	4.7	21.3
小屋裏全体 の平均	30°C	35.2	33.5	1.7	5.2	32.7

表－5　外気温度に対する6畳室内温度と排熱効果[14]

小屋裏測定点	外気温度 [t]	換気扇がない状態時 X' [°C]	換気扇がある状態時 Y' [°C]	X' − Y' [deg]	X' − 外気温度 [deg]	排熱効果T [%] $\frac{(X' - Y') \times 100}{X' - 外気温度}$
6畳室内中央 天井表面	30°C	34.1	32.6	1.5	4.1	36.6
6畳室内中央 35／36 h_2	30°C	34.1	32.7	1.4	4.1	34.2
6畳室内中央 1／2 h_2	30°C	33.7	32.4	1.3	3.7	35.1
6畳室内中央 の平均	30°C	34.0	32.6	1.4	4.0	35.0

表－6　小屋裏における排湿効果[14]

小屋裏測定点	換気扇がない状態時 絶対湿度の変化量 H_1 [g／Kg'・deg]	換気扇がある状態時 絶対湿度の変化量 H_2 [g／Kg'・deg]	$H_1 - H_2$ [g／Kg'・deg]	排湿効果E [%] $\frac{(H_1 - H_2) \times 100}{H_1}$
小屋裏中央 1／2 h_1	0.73	0.47	0.26	35.6
小屋裏北東 隅角空間	0.52	0.36	0.16	30.8
小屋裏全体 の平均	0.63	0.42	0.21	33.0

表－7　換気瓦（ﾌｧﾝ）による小屋裏の排熱効果，排湿効果の一覧（実大家屋の実測）[38]

A) 小屋裏に開口した壁空洞にグラスウールを詰める前の状態（壁・天井に断熱材の無い在来軸組構法の場合）－ケースⅠ－

○排熱効果(温度降下率)・・・・外気温度30℃の場合：6.1(%)
外気温度35℃の場合：66.6(%)

○排湿効果・・・・73.1(%)

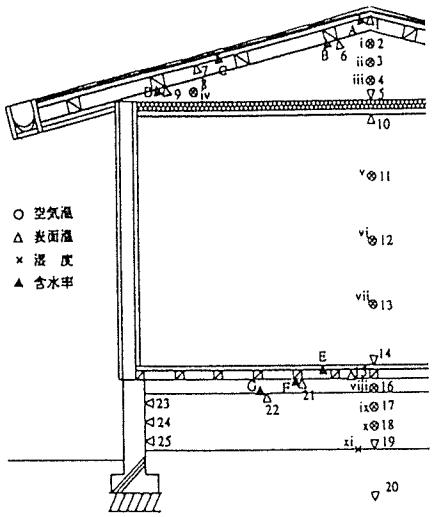
B) 小屋裏に開口した壁空洞にグラスウールを詰めた後の状態（2×4構法、パネル構法のような壁内密閉構法の場合）－ケースⅡ－

○排熱効果(温度降下率)・・・・外気温度30℃の場合：18.3(%)
外気温度35℃の場合：49.2(%)

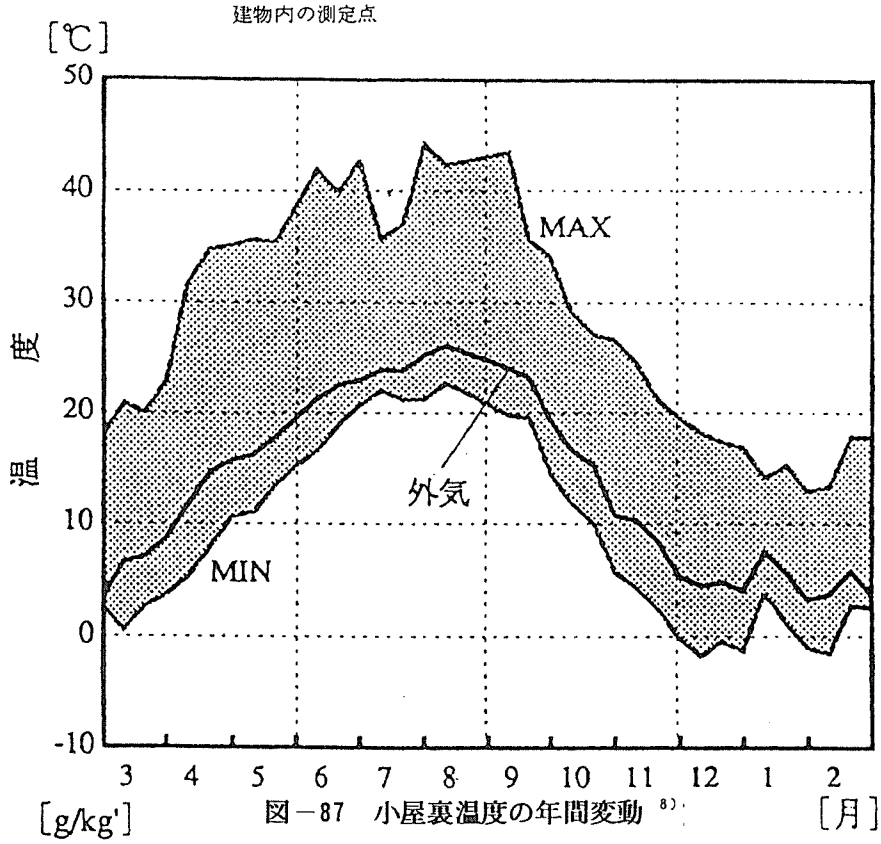
○排湿効果・・・・48.9(%)

建物仕様一覧

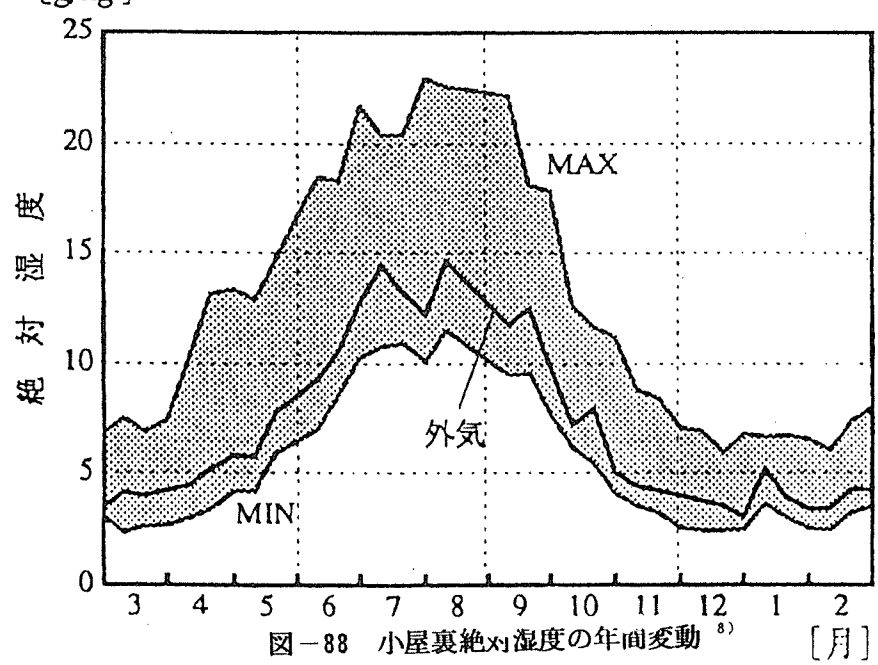
	A　棟		B　棟	
屋根	2.5寸勾配切妻ｶﾗｰﾍﾞｽﾄ仕様		2.5寸勾配切妻ｶﾗｰﾍﾞｽﾄ仕様	
	ｶﾗｰﾍﾞｽﾄ	4.5mm×2重	ｶﾗｰﾍﾞｽﾄ	4.5mm×2重
	ｱｽﾌｧﾙﾄﾙｰﾌｨﾝｸﾞ	2層	ｱｽﾌｧﾙﾄﾙｰﾌｨﾝｸﾞ	2層
	野地板	合板 12mm	野地板	合板 12mm
天井	ﾛｯｸｳｰﾙ（防湿層付）	50mm	ﾛｯｸｳｰﾙ（防湿層付）	50mm
	石膏ボード	9mm	石膏ボード	9mm
軒裏	ケイカル板	6mm	ケイカル板	6mm
外壁	外壁パネル	34mm	外壁パネル	34mm
	裏壁　ﾓｴﾝｻｲﾃﾞｨﾝｸﾞ	12mm	裏壁　ﾓｴﾝｻｲﾃﾞｨﾝｸﾞ	12mm
			小屋裏換気口	190×45mm
				東・西面各1
内壁	断熱内壁枠ﾛｯｸｳｰﾙ仕様	29mm	断熱内壁枠ﾛｯｸｳｰﾙ仕様	29mm
	石膏ボード	9mm	石膏ボード	9mm
床	合板	5.5mm	合板	5.5mm
	床パネル	12mm	床パネル	12mm
床下	防湿シート　無し		防湿シート＋盛土	
基礎	平屋用基礎	120×480mm	平屋用基礎	170×480mm
	床下換気口	270×170mm	床下換気口	270×170mm
		南・北面各1		南・北面各1



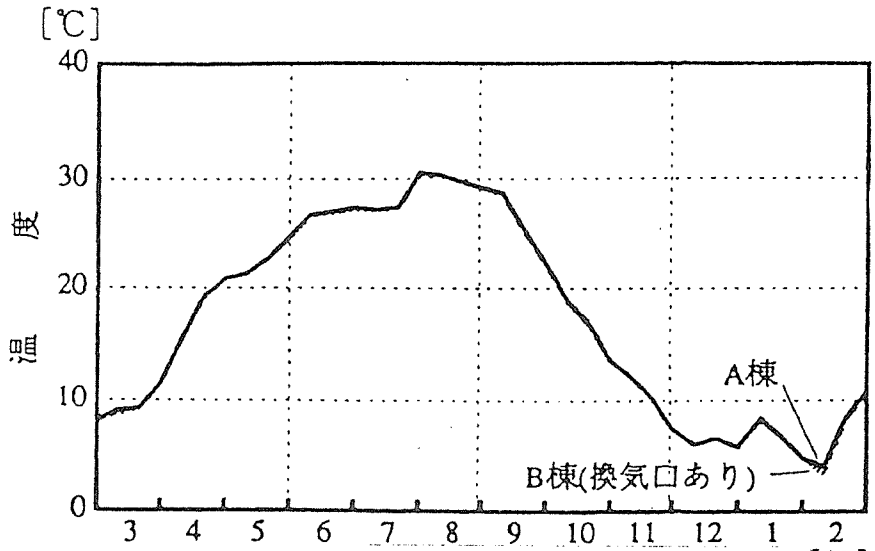
建物内の測定点



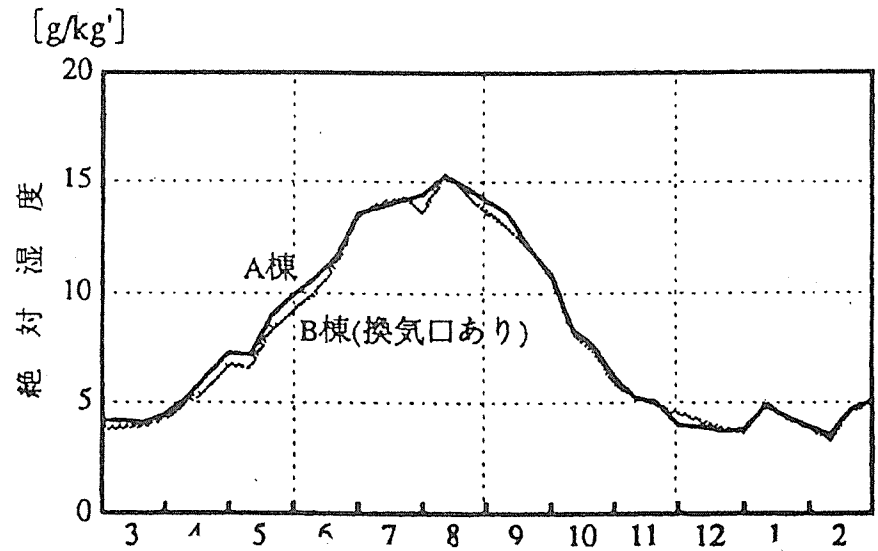
図－87　小屋裏温度の年間変動 [8]



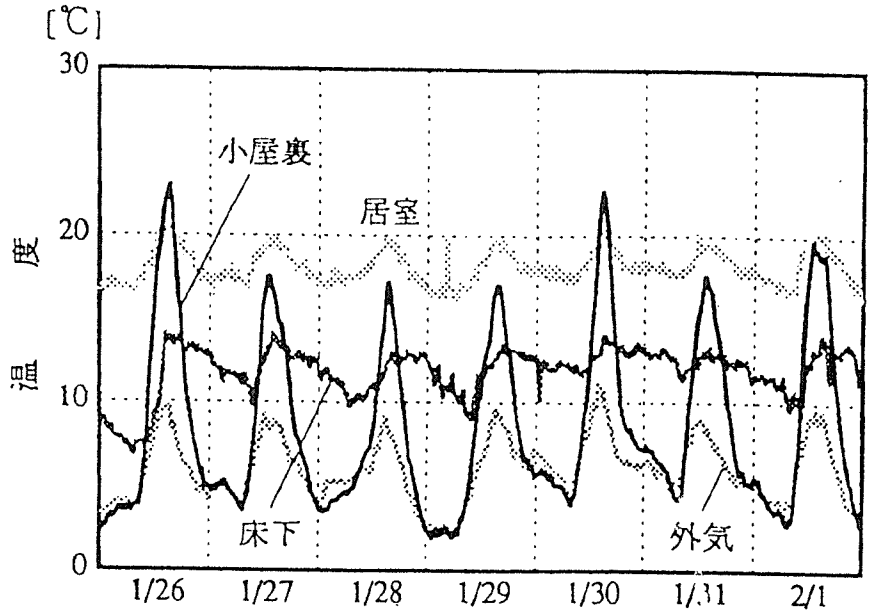
図－88　小屋裏絶対湿度の年間変動 [8]



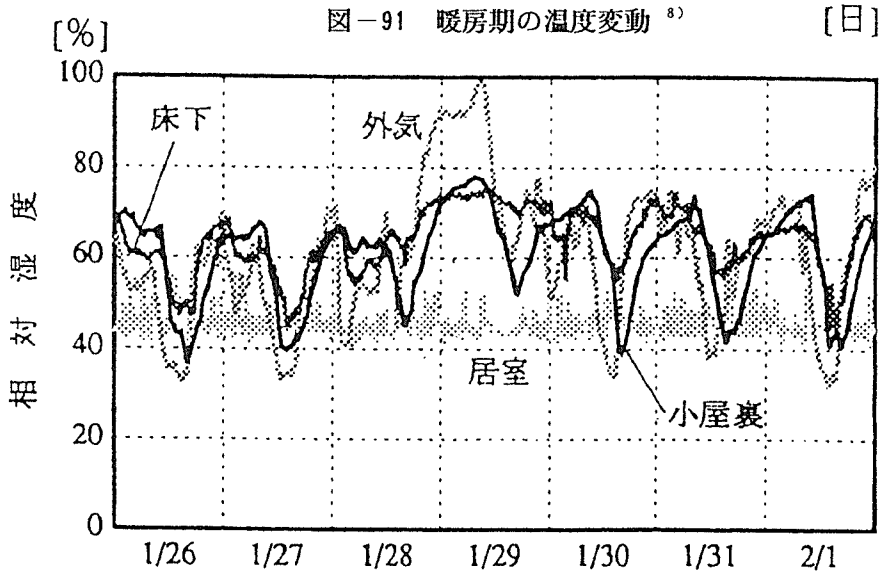
図－89　小屋裏換気口の有無による温度変化 [8]



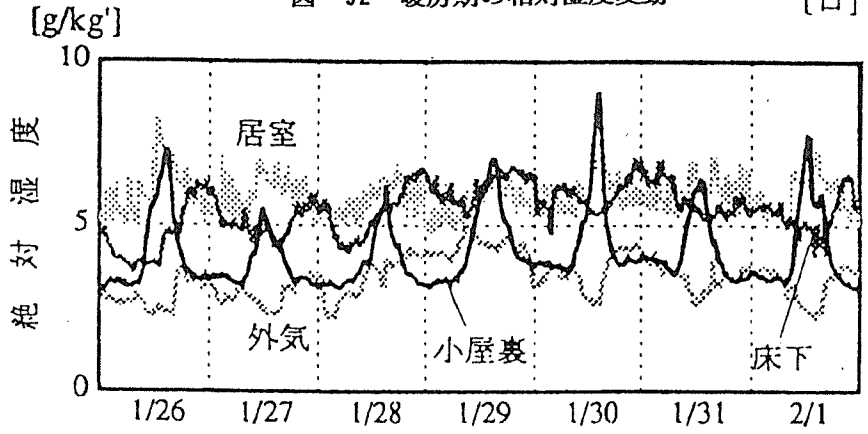
図－90　小屋裏換気口の有無による絶対湿度変化 [8]



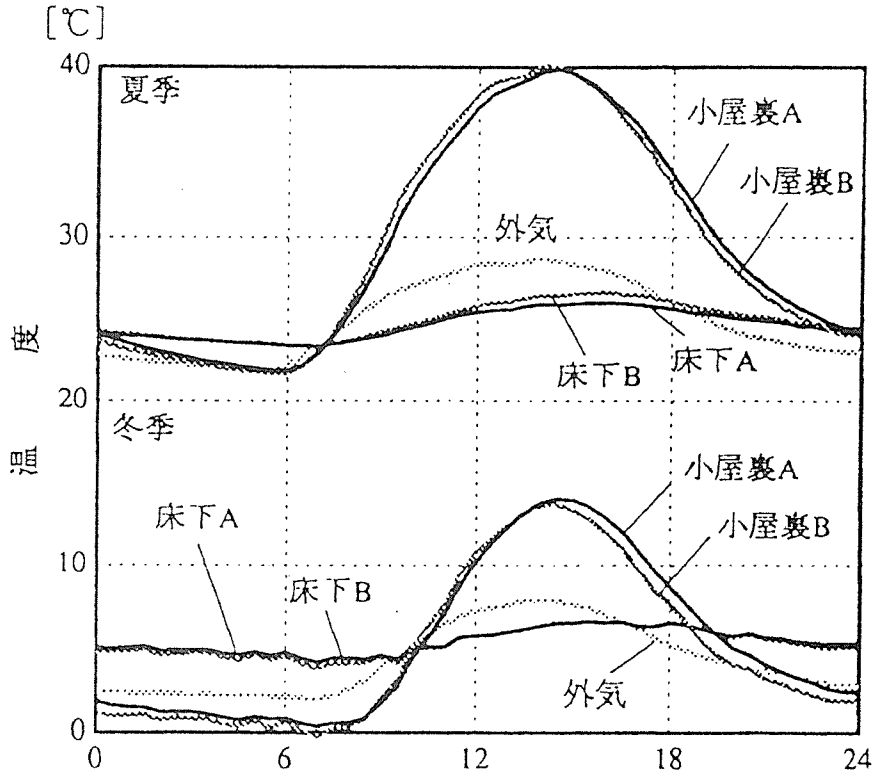
図－91　暖房期の温度変動 [8)]



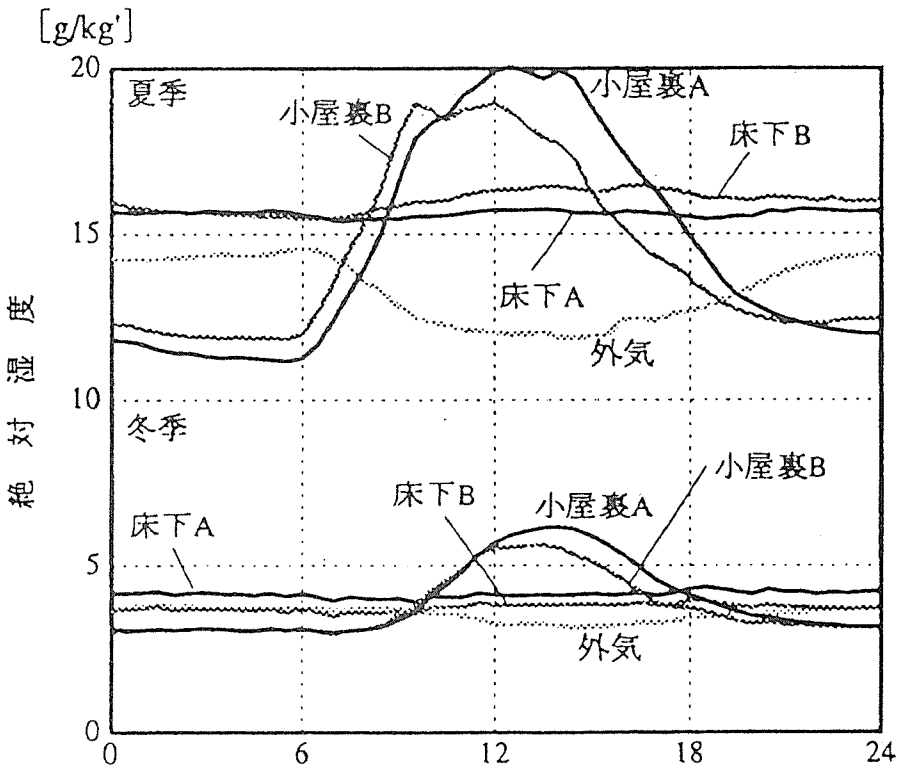
図－92　暖房期の相対湿度変動 [8)]



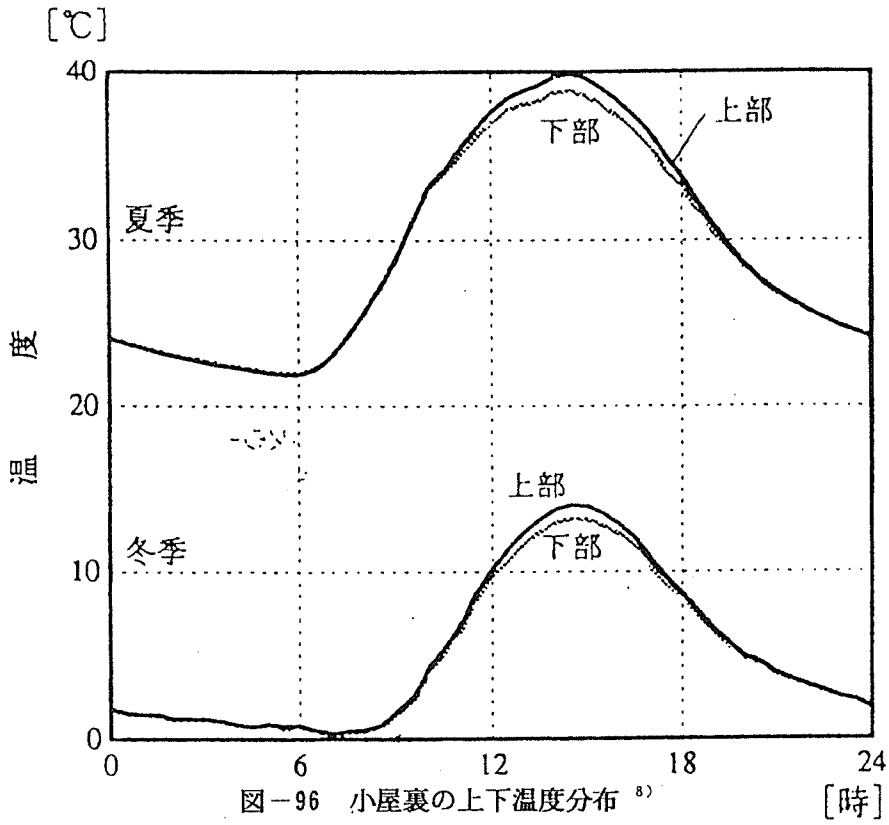
図－93　暖房期の絶対湿度変動 [8)]



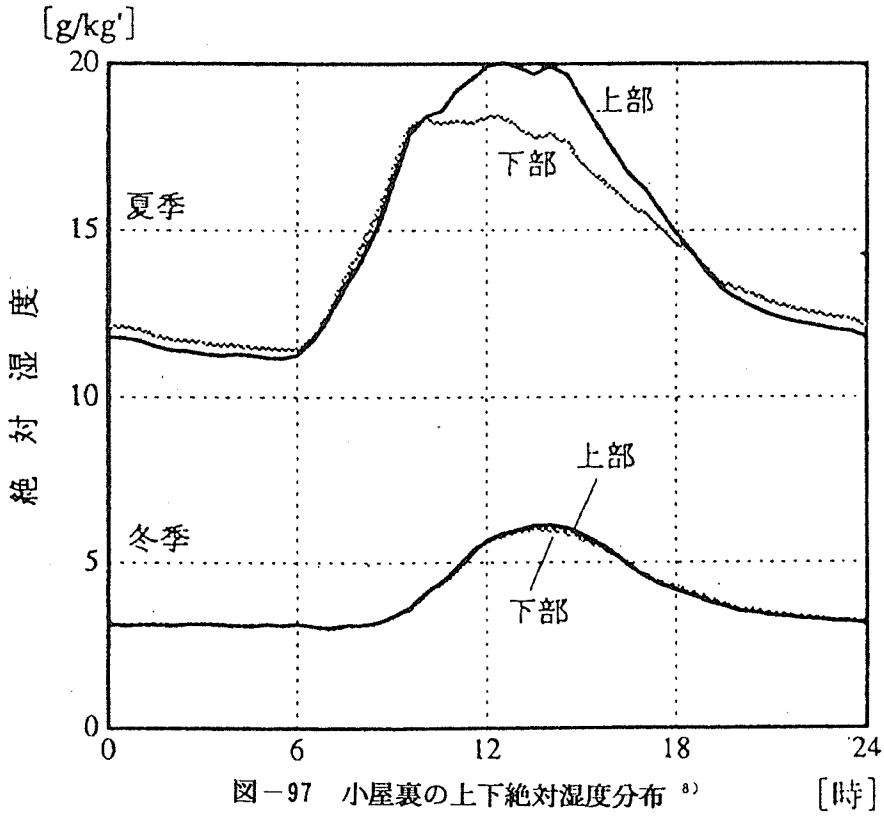
図－94　夏季・冬季の平均温度の日変動 [8)]　[時]



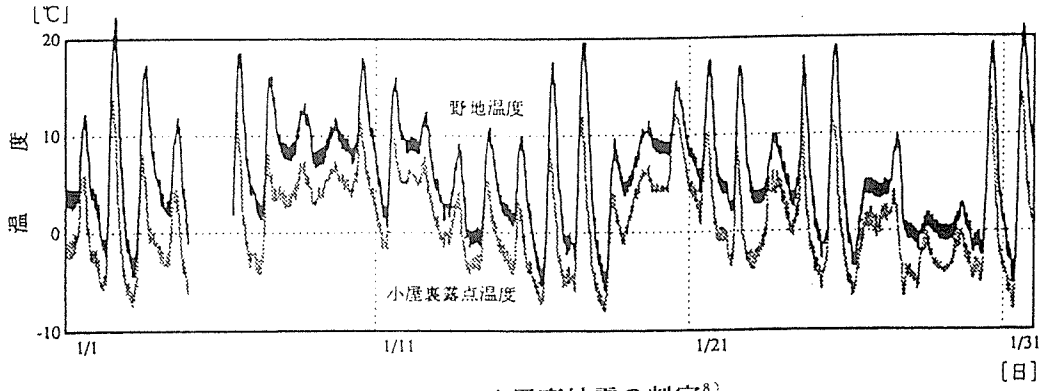
図－95　夏季・冬季の平均絶対湿度の日変動 [8)]　[時]



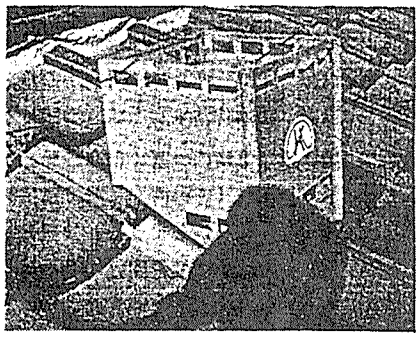
図－96　小屋裏の上下温度分布 [8)]



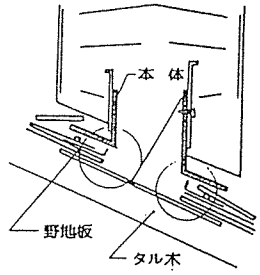
図－97　小屋裏の上下絶対湿度分布 [8)]



図－98　小屋裏結露の判定[8)]



換気瓦設置状態



換気瓦断面図
○は隙間の箇所を示す

表－8　小屋裏にｸﾞﾗｽｳｰﾙを詰める前後の排湿効果[69)]

ファン		OFF			ON		
ガラリ		全開			全開		
※1　測定位置		1	2	3	1	2	3
排湿効果(%)	A．小屋裏気密度の低い状態（グラスウールを詰める前）	48.4	40.6	55.8	72.6	66.7	67.5
	B．小屋裏気密度の高い状態（グラスウールを詰めた後）	16.3	-4.2	28.4	42.2	30.3	57.8
※2 $C = \frac{B}{A} \times 100$ (%)		33.7		50.9	58.1	45.4	85.6

※1　測定位置
1．小屋裏中央 1/2 h，2．小屋裏北東隅角部，3．室内中央 1/2 h
※2　C：A（小屋裏気密度の低い状態）に対するB（小屋裏気密度の高い状態）の排湿効果の割合．

1.3　天井に関する検討

1）夏季には強烈な日射熱で暖められた小屋裏空間の熱気を追い出すことが必要である。このような目的で小屋裏は積極的に換気されるため低温となるから天井面の断熱材はすき間なく入れることが重要となる[5]。

2）天井での断熱・防湿の施工においては，上面に受け材や電気配線が交錯して複雑なため，隙間ができないよう十分な配慮が必要とされる[12]。

3）天井裏の断熱材部分の防湿はつり木などで隙間ができ，完全を期し難いので天井仕上材側で防湿する方がよい[53]。

4）小屋裏空気が外気に近いほど，天井からの熱損失が大きくなるので天井断熱が重要になる。それと同時に，小屋裏に室内水蒸気が侵入しないように，断熱材の下面に防湿層が必要である。しかし天井の防湿と断熱は，野縁と吊木にじゃまされて不十分になる。図－99のような施工になっていることが非常に多い。したがって小屋裏の換気が不十分であり，それに対する天井の防湿と断熱も不十分になってしまうのが，実際に建てられている木造住宅の現状である[97]。

5）小屋裏結露が最も激しくなり水滴落下にまで至るのは，小屋裏換気口がなく，天井防湿もしないで，ただ断熱材を天井に設けたときである。この場合は，小屋裏の水蒸気量（絶対湿度）は室内の水蒸気量（絶対湿度）に近接し，小屋裏の空気温度は外気に近接するため，結露しやすい状態をつくり出す[97]。

6）屋根部位の冬季の保温のためには，天井面に隙間の生じないような断熱を施すことは効果的である[64]。

7）屋根部位の梅雨季および冬季の小屋裏内結露の防止のためには，①室内の湿気が小屋裏に上がらないように天井面に隙間なく防湿層を設ける，②前項を確実に施すことは困難をともなう場合が多いので，入ってきた湿気が結露する前（水滴になる前）に，換気によって排湿する，③適度な吸放湿材があること，などの対策を講じるのが効果的である[64]。

8）普通，木造屋根の断熱は天井部分で行い，天井を透過した湿気は小屋裏換気ですみやかに外気に排出するのが原則であるが，小屋裏換気が十分でないと屋根裏の野地板面に結露することがある。屋根は冬季，夜間放射の影響を受けるため，外気温度より10℃以上も低温になることがあり，結露が促進さ

れる。この結露を防止するには，天井面での防湿を入念に行い，湿気の通過を少なくすること，小屋裏換気を促進するために十分な換気口をとること，野地板部分にも断熱材を使用することなどがあげられる[53]。

9）天井の断熱が厚くなればなるほど小屋裏結露が発生しやすくなる。小屋裏結露を防止するためには，除湿のための小屋裏換気口を設ける必要がある。換気口の面積は，普通の住宅程度の面積であれば，風上側で有効面積で最低300m^{2}は必要である。風下側の面積は多少，小さくてもよいが，換気のポケットができないように換気口を分散させるのがよい。換気口を十分とれないときは屋根断熱をする。屋根断熱せず，小屋裏換気口なしで天井で高断熱をすると，小屋裏結露発生の確率は高くなる[35]。

10）天井断熱にするか屋根断熱にするかは，小屋裏空間を生活空間として利用するか否かによって決まる。小屋裏を生活空間として利用する場合には，屋根面で断熱する必要がある。最近は小屋裏利用のケースが多く，屋根断熱がよく見られるようになっている[96]。

11）以前は，天井に断熱材を敷き込むケースが多く，断熱欠損や断熱不足となり易い部分であったため，小屋裏結露やすがもりの発生など，非常に問題の多い部分であった（図－100のａ）[96]。

12）小屋裏（人間が利用しない空間）まで暖冷房するのは，エネルギー的に不利で理にかなわない。小屋裏は通常，室内と屋外上方との緩衝地帯として室内とは異なる扱いを受け，断熱と防湿は天井面で行われるのが一般的である。これが完全に行われれば，熱移動のうえでは外気とのやりとりだけを考えればよいはずであるが，実際にはそうはいかない。その第一の原因は，居室天井または間仕切壁上端からの暖気吹出しである。設計図面だけを見ていると，各部材は折り目正しく結合され，断熱材なども納まってそんなことの起こる余地や隙間などないようにようにも見える。しかし，寸法精度もそれほどよくない住宅に，仕上がりを期待するのは，本来無理な注文である。工業化・画一化が難しい住宅の場合，原則として，その納まりや材料の質はまったく異なっていると考えたほうが実態にあっている。ということは，隙間や仕上がりの違いは不可避で，防湿シート施工など二重三重の対策をとらないかぎり，暖気の吹出しもあることを前提として設計することが必要とされること

となる。小屋裏側から見た場合，この天井を透過し吹き出してきた水分を効果的に排出しない限り，夜間には放射冷却で外気温より冷える屋根面で結露することは避けられない[12]。

13）天井は図－101，図－102のように，野縁下端に防湿シートを貼りあげる。上から吹き込む（ブローイング）工法とするのが良いが，先にグラスウール100mmを敷込んでも良い。天井は耳付き断熱材を利用しない方がよい[37]。

14）天井の断熱施工は，吹き込み（ブローイング）工法によることが望ましいが，屋根が緩勾配で軒桁近くまで近づいて施工できない場合や，軒桁近くの小屋裏高さが吹き込み厚さと同じ程度か，または少ない場合には，軒桁まわりで小屋裏換気経路が塞がれる場合がある。このような場合には，あらかじめ屋根たるきの内側に，防水シートか薄いボードなど保水性の少ない材料でせき板[注4]を設けるなどの工夫を講じて，断熱材を吹き込む必要がある（図－103参照）[3),54)]。

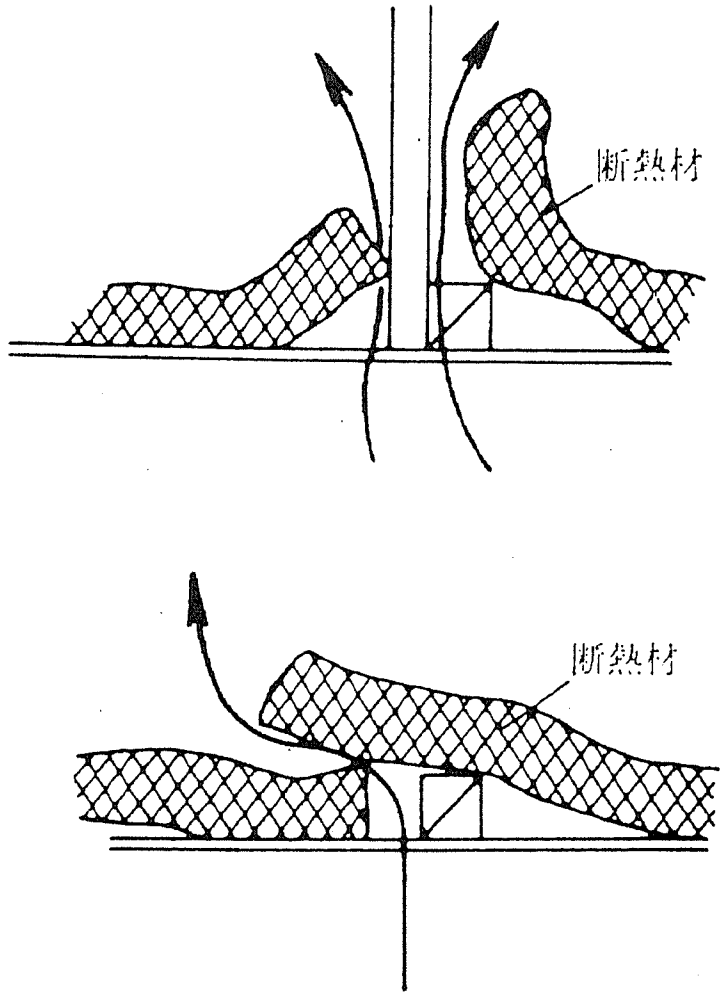
15）最近ではブローイング工法の普及により，断熱施工上の問題点はほとんど解消されている。しかし，在来木造住宅の場合，間仕切壁や外壁内部から上昇してくる壁内気流が，室内の水蒸気も大量に運び，それに見合った小屋裏の換気量が確保されていないため，小屋裏結露の危険性は完全には解消されていない（図－100のｂ）[96]。

16）①外壁や間仕切壁からの気流を防止する（→それぞれの壁上端を密閉構造とする），②防湿気密層に切れ目が生じないように施工する（→先貼り防湿シートなどの工夫が必要，埋め込み照明部分での防湿気密化（図－104），天井点検口の気密化），③適正な小屋裏換気量の確保（→住宅金融公庫共通仕様書に準じる），に注意して施工する必要がある。なお，天井はグラスウールブローイングで 250mm厚相当以上の断熱性能の確保が望まれる[96]。

17）小屋裏から室内へ貫流する熱は，天井を断熱することにより削減できるが，削減された熱の一部は小屋裏に蓄熱される。そのため，天井を無断熱とした試験家屋の小屋裏空気温度は，天井を断熱した試験家屋の小屋裏空気温度よりも終日高い値を示す（図－105，図－106参照）[30]。

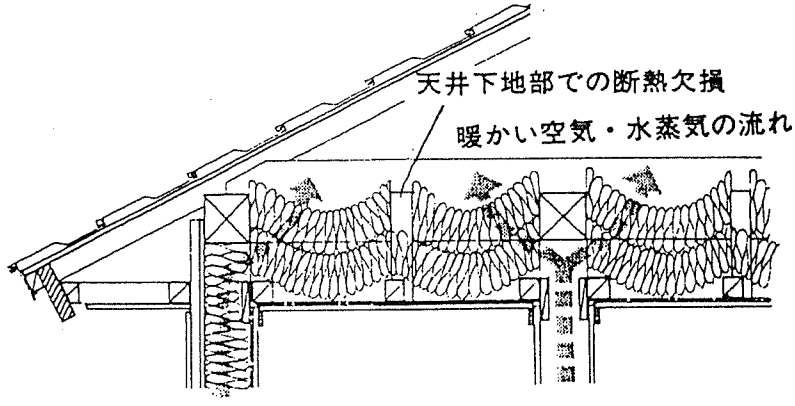
18）夏季昼間に室内空気温度の上昇を抑制するという点では，屋根断熱は天井断熱よりも優れている。屋根断熱と天井断熱を併用すれば，さらに遮熱効果

が向上する（図－107，図－108参照）[30]。

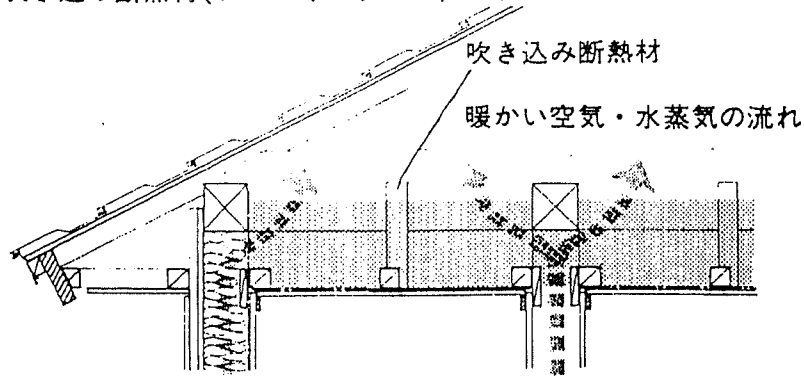


図－99　天井断熱の不備[97)]

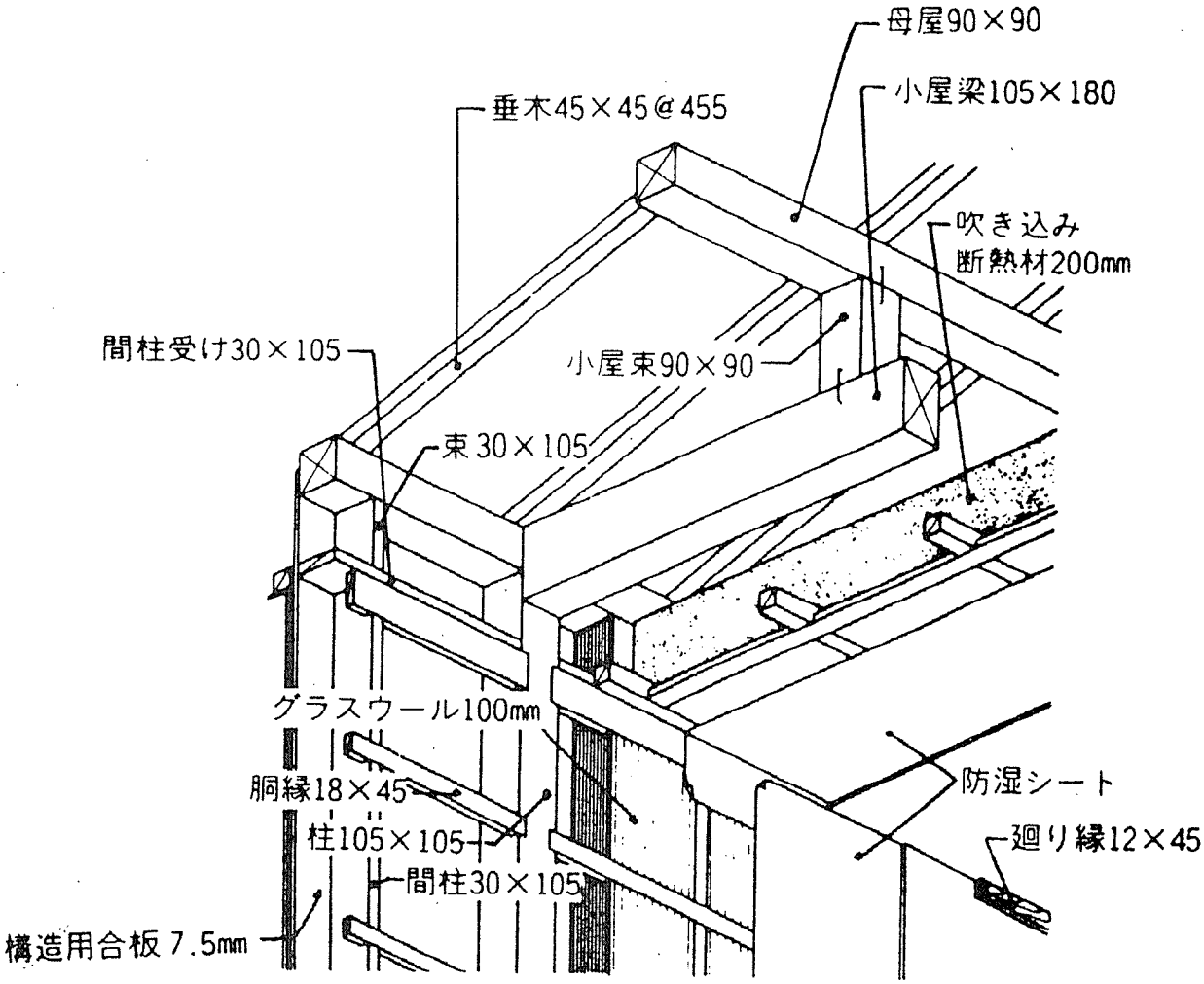
(a)ロール状グラスワール断熱材を施工



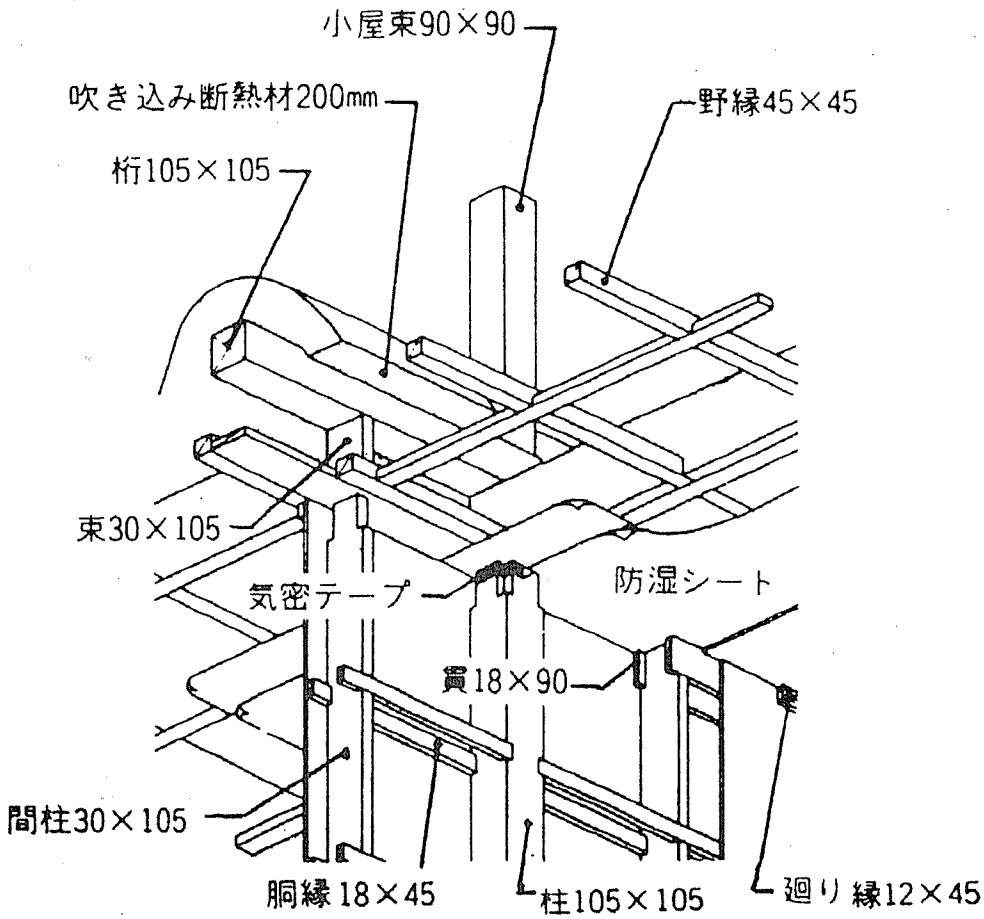
(b)吹き込み断熱材(ブローイング工法)で施工した場合



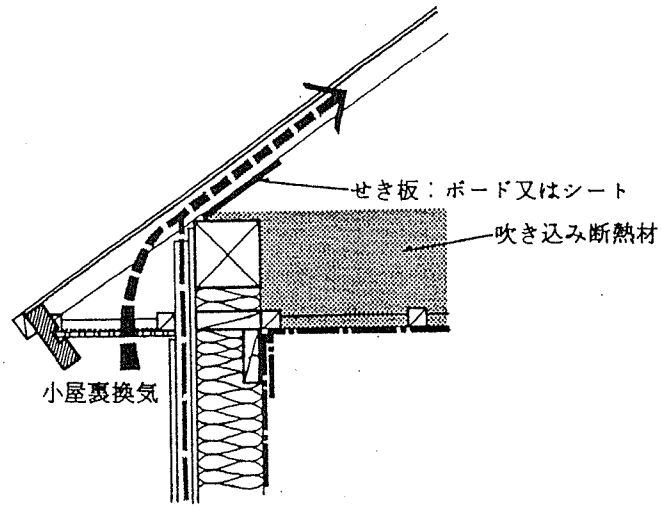
図－100　天井断熱の問題点[96)]



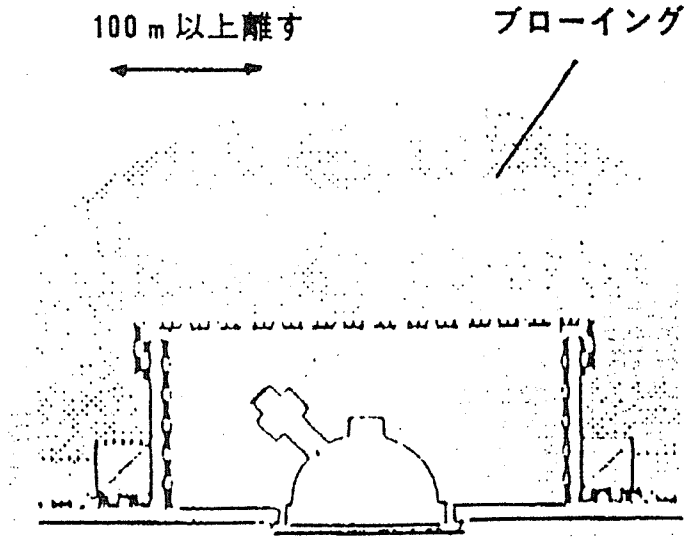
図－101　天井断熱構法（外壁上部）[37]



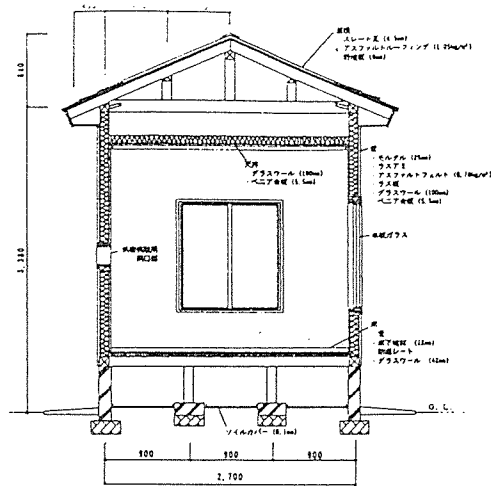
図－102　天井断熱構法（壁仕切り上部）[37]



図－103　天井の断熱[3)]



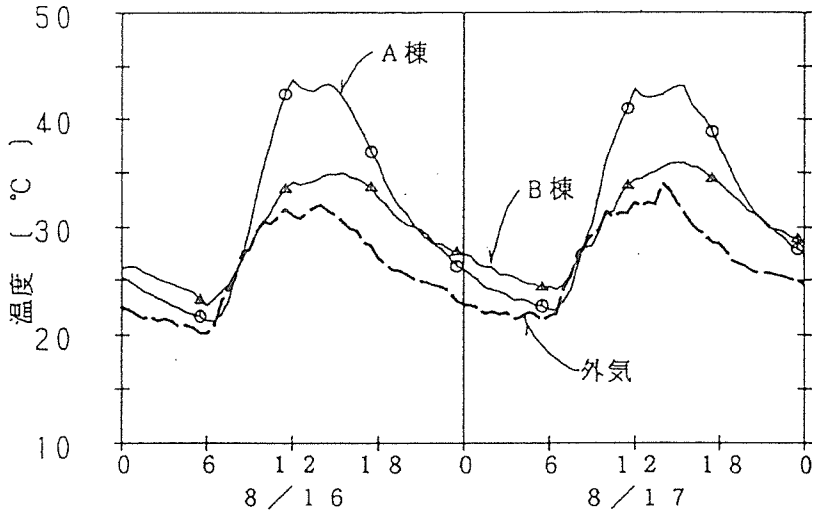
図－104　一般型ﾀﾞｳﾝﾗｲﾄ及び断熱施工ﾀﾞｳﾝﾗｲﾄSG型使用の場合[96)]



試験家屋断面

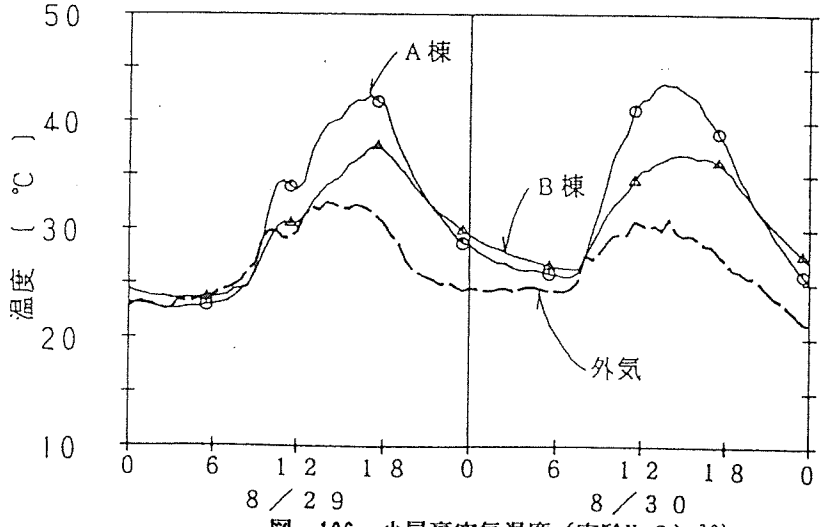
実験条件（天井断熱と屋根断熱の有無）

	実験期間	試験家屋	実験仕様	
			天井断熱	屋根断熱
基準実験	～8/12	A・B棟	有	無
実験No.①	8/13～8/18	A棟	有	無
		B棟	無	有
実験No.②	8/19～8/31	A棟	有	無
		B棟	有	有



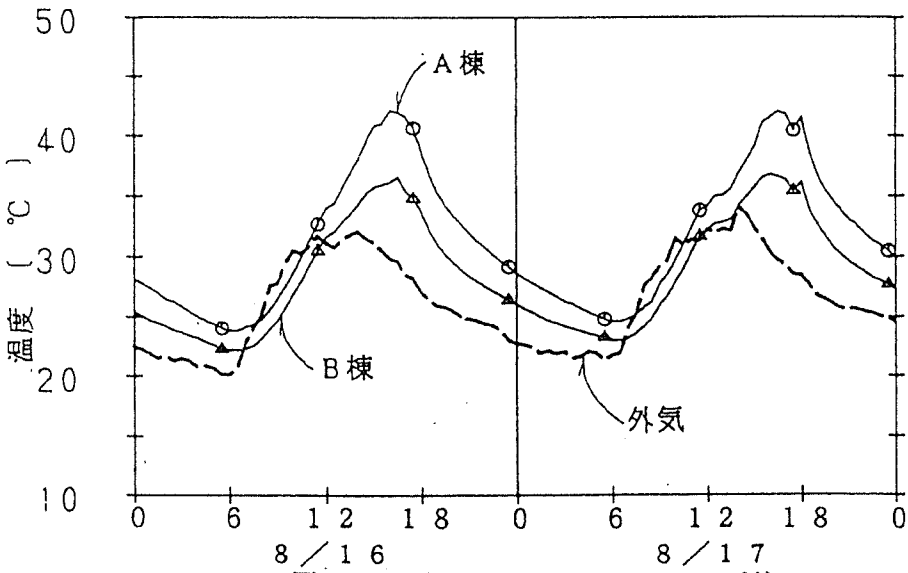
図－105　小屋裏空気温度（実験No.1）[30]

実験No.①[A棟(天井断熱(有)，屋根断熱(無))，B棟(天井断熱(無)，屋根断熱(有))]



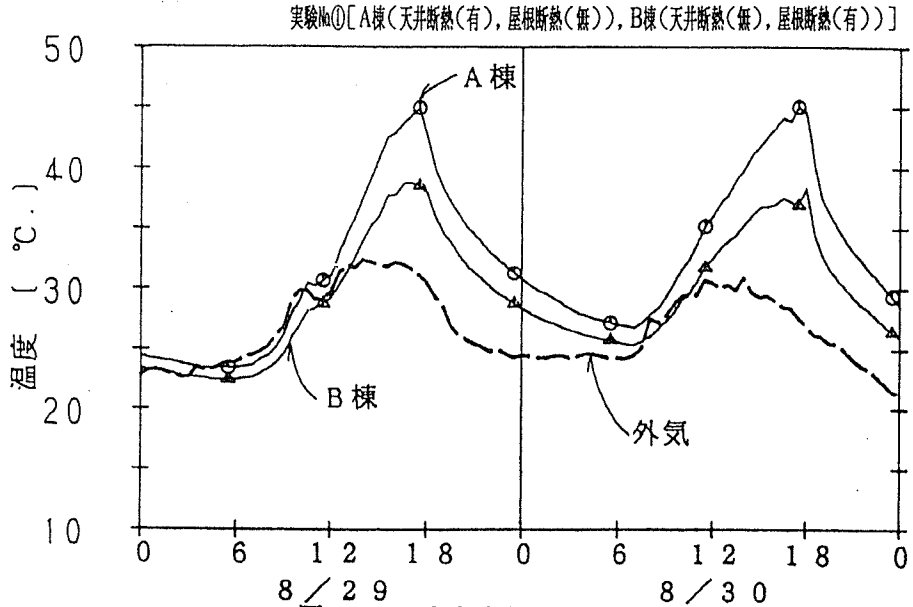
図－106　小屋裏空気温度（実験No.2）[30]

実験No.②[A棟(天井断熱(有)，屋根断熱(無))，B棟(天井断熱(有)，屋根断熱(有))]



図－107　室内空気温度（実験No.1）[30]

実験No.①[A棟(天井断熱(有),屋根断熱(無)),B棟(天井断熱(無),屋根断熱(有))]



図－108　室内空気温度（実験No.2）[30]

実験No.②[A棟(天井断熱(有),屋根断熱(無)),B棟(天井断熱(有),屋根断熱(有))]

1.4　その他（すがもり（すがもれ）現象）

1）雪や氷は雨以上に面倒な防水対象である。積雪寒冷地では，すがもれ現象[注5]に注意する必要がある。このすがもれによって入り込んだ水が結氷して，下地防水層の合わせ目部分が凍結の際の体積膨張で破損すると，防水性能は極端に低下する[23]。

2）すがもれ防止には，軒先を急勾配として，積雪を自然落下させる（建物周囲に十分なスペースが必要である上，雪の滑落による葺き材の破損を防止する必要もある。また，湿雪に対しては必ずしも有効でない）[23]。

3）すがもれ防止には，小屋裏換気を十分取って，屋根面に温度差が生まれないようにする（外気に曝された裸の軒先と小屋裏の部分の熱損失を同じにすることが必要であるが，これを実現することは容易でなく，軒先に軒天井を設けて熱損失を減じるなどの補助的な手段を付加する必要がある）[23]。

4）すがもれ防止には，軒先に室内の排熱を回して軒先温度が下がらないようにする（最も効果的な方法であるが，軒先で内部結露を生じやすい欠点がある。この欠点を除くためには，強制的に結露させ，結露水を外部に排出する方策を講じる必要がある）[23]。

5）（小屋裏換気口の必要性は，）冬季には天井や壁内から小屋裏に上がってきた湿気を換気口から逃がしたり，また，すがもれ現象[注5]の防止や夜間の結露等で湿った小屋裏を外気で換気し乾燥させる機能も有している[5]。

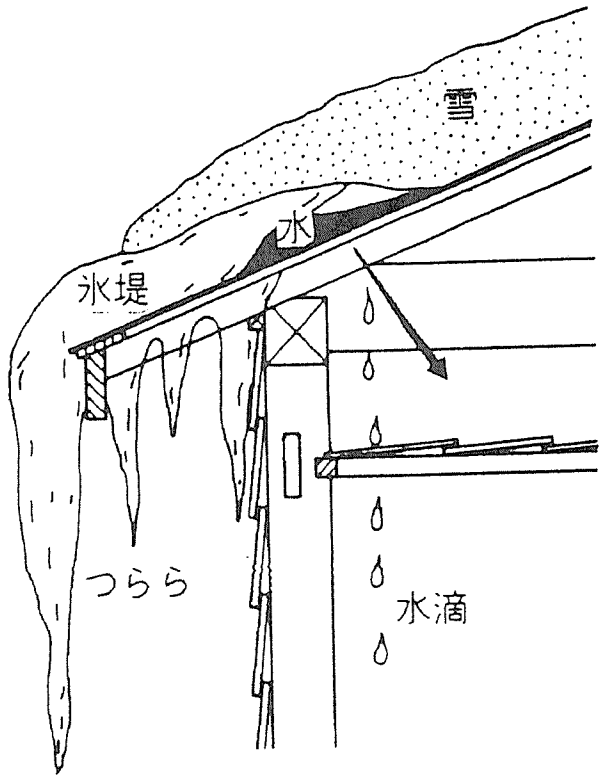
6）寒地建築特有の水による問題には，材料内部の水分凍結による破壊（凍害），地盤中の水分凍結による押上げ（凍上），屋根雪の融解に伴う漏水（すがもり[注5]），多湿な暖気の冷却による水滴の生成（結露），積雪，落雪に伴う問題がある（**図－109，表－9参照**）[6]。

7）小屋裏の暖気によって解かされた雪が軒先での冷却により氷堤を形成する。この氷堤の上部に融雪水が停滞し，屋根ふき材料の継目から小屋裏に漏れ出るのが，すがもり（すがもれ）[注5]である。軒先の冷却を防ぎ小屋裏は逆に冷却する，積雪の落下を促進させるなどの対策が必要である[6]。

8）すがもれ現象[注5]の対策としては，屋根の防水を完全にすること，軒の部分を急勾配にして氷堤ができにくくすること，天井裏の換気・断熱によって暖房熱が屋根に伝わらないようにすること等がある[48]。

9）雪の処理方法にも配慮して，断熱部位は屋根または天井のどちらかで行えばよい[12]。

10）小屋裏空間なども，室内側の空間なのに，密閉してしまう現場をよく見かける。ことに，三角屋根の軒近くのスペースは，塞ぐことが多いようである。室内の空間は，内部に開放することが原則である[54]。



図－109　すがもり [6)]

表－9　勾配屋根の雪による被害と対策 [6)]

被　害	方　針	対　策
(積雪被害) 建物の倒壊・変形	積雪荷重の適正見積	構造計算(最大積雪深度・積雪分布)
	積雪の低減・落雪の促進	屋根材料・こう配の選択・雪おろし
(漏水被害) すがもり	氷堤の成長防止 → 軒先の保温	軒先の保温設計・ルーフヒーティング
	氷堤の成長防止 → 小屋裏の冷却	天井の断熱・小屋裏の換気・二重屋根
	屋根防水性能の向上	屋根材料・こう配・工法の選択
(落雪被害) 隣地，通路 下階屋根への落雪	落雪方向への配慮	屋根形式・ふきおろし方向の設計
	落雪の阻止	雪止めの設置(無落雪屋根)

2　床下の換気口の設け方とその排湿効果の検討

2.1　基礎に関する検討

1）布基礎の幅は，120mm以上とする[2]。

2）地盤面からの布基礎の高さ（立上がり）は，100mm以上を確保する[1]。

3）地盤面からの布基礎の高さ（立上がり）は，240mm以上とし，300mmを標準（推奨）とする。また，高耐久性木造住宅・高規格住宅の仕様では，400mm以上とする[2]。

4）住宅金融公庫融資では地盤面から300mm以上（地盤湿気，跳ね返り雨水から土台を保護し，白蟻の接近を防ぐ意味でも耐久性向上の効果が大きい[55]）の基礎の高さを推奨しているが，これに満たないものがなお9％程度を占めている。また，住宅金融公庫融資の高耐久性木造住宅・高規格住宅の仕様では，400mm以上の基礎の高さとなっているが，これを満たすものはまだ全体の半分にしかすぎない（図－1～図－4参照）[32]。

5）都道府県によっては，基礎の高さ300mm未満の住宅が20％を超えていないところも見られる（図－3参照）。北海道や東北地方の日本海側等積雪量の多い地域では，基礎の高い住宅が一般化しつつある（図－4参照）[32]。

6）基礎の高さ（立ち上がり）が低いと積雪，雨水のはね返りなどでＡＬＣ板がぬれて凍害を起こすので，基礎の高さは積雪よりも高くする（図－5参照）[66]。

7）土台まわりの耐久性向上策は基礎の高さを上げることでは不十分である。先ず腐朽しにくい材種（表－1～表－5参照）や乾燥材（北海道乾燥材普及協議会の認定では，構造材で17％以下，造作材で12％以下の含水率としている[42]）を選び，土台等に用いること，又必要に応じて防腐処理（防腐剤を入念に塗り，特に切り欠き部と小口を忘れないこと）や防錆処理を十分に施すことが大切である（図－6～図－10参照）[19],[32],[52]。

8）土台に用いる樹種は，ひのき，ひば等又は日本工業規格（JIS）に定める土台用加圧式防腐処理木材，日本農林規格（JAS）の防腐・防蟻処理又は防腐処理の表示のある木材等で耐久性のあるものとする[2]。

9）ＣＣＡ注入材の使用やクレオソートなどの防腐剤を塗らないことを訴えているものがある。ＣＣＡはクロム・銅・砒素が注入されており，焼却処分さ

れたりチップとして再利用されたときに環境汚染を引き起こす。防腐，白蟻対策には高い床，通風，床下の構造など物理的な処理や材料の選択によって解決すべきだという考え方である。土台には国産材としてのヒバ材の使用を推奨している[102]。

10）在来木造工法では壁内結露が発生し，土台や柱下部の耐久性を低下させる原因となっている[15]。

11）床下空間は土壌からの水分蒸発により湿度が高くなりやすく，床下基礎の外周部内側表面における結露の原因になる[7]。

12）高規格住宅の仕様では，土台と基礎と接する面には，防水紙その他これに類するものを敷く等の防腐処理を講ずる[2]。

13）基礎と土台の密着を防ぎ，風通しを良くし，土台の蒸れによる腐れを防ぐために，基礎と土台の間にスペーサーを用いる方法がある（図－11～図－13参照）[50),51]。

14）建築基準法施行令の「構造耐力上重要な部分である柱，筋かい及び土台のうち，地面から１ｍ以内の部分には，有効な防腐処理を講ずるとともに，必要に応じて，しろありその他の虫による害を防ぐための措置を講じなければならない」（第49条）と規定している[11]。

15）布基礎の深さは，地盤面下 120mm以上（文献3)では削除された項目[3),54]）とし，設計地耐力の地盤まで掘り下げるとともに，建設地域の凍結深度[注6]以下とする[2]。

16）凍上[注7] 防止としては，①基礎を凍結深度以上に設置する（表－３参照），②凍上しやすい粘土質の地盤を凍上しにくい砂・砂利・火山灰で置換する，③基礎周辺の排水を促す，④基礎外周辺と地盤との間に凍結を阻止する遮断材を挿入する，⑤土間などではスラブに断熱材を入れ，地盤の凍結を阻止するか，凍上を見込んだ空間を下部に用意する，などがある（図－14～図－17参照）[11),66]。

17）建物の基礎が凍結深度より浅いと，基礎下に霜柱ができて建物をもり上げる。また，気温が急激に下がると，基礎と外周の地盤が凍着し，地盤の凍上とともに基礎が上がる。これを防止するためには，基礎の深さを，凍上深度より深くすることである。

また，基礎周辺の埋め戻し土を凍着性の小さな砂利などにするのがよく，基礎周辺の排水を良くすることが有効である[57]。

18）布基礎の普及と床の断熱気密化によって，床下空間の密閉化が進行している[15]。

19）土間床等（地盤面をコンクリートその他これに類する材料でおおった床又は床裏が外気に通じない床）のように布基礎の外周部に断熱材が施された気密住宅[注8]の床下空間は室内空間と同じにみなすことができる。その場合は原則として床下換気口を必要とせず，設ける場合は開閉可能かつ閉じた時に完全に密閉できる構造とする。また，床下空間は，結露防止のための換気設備を設けることが望ましい[2]。

20）寒冷地では，基礎の断熱は外断熱が原則である。この場合，床下地面や土間床下の断熱は不要であるが，地盤の状況に応じ，基礎外周部に接する側90mm幅程度に断熱材（透湿性，保水性の少ない発泡プラスチック系断熱材が適切）を配したり，床下全体に断熱材を敷くと有効である[1]。

21）基礎断熱とする場合は，基礎の耐久性と熱橋防止，また基礎の熱容量を活用するうえで外側断熱を原則とし，断熱部分の深さは地中も含めて布基礎の立ち上がり部分全面とし，暖房も全屋暖房を前提とする（**表－7，表－8，図－17，図－18参照**[11]）[54),86]。

22）床面温度を保ち，熱ロスを防ぎ，床下配管を保護するには，基礎断熱が非常に有効であることが分かる（札幌，**図－19参照**）[36]。

23）従来の住宅では，床下温度が0℃以下になることが多いが，セントラルヒーティングで基礎断熱を採用した住宅で測定したところ，激冬期でも床下温度は外気温度より12℃以上高かった例である（冬季，旭川，**図－20参照**）[36]。

24）床および床下における断熱・防露対策を考える場合，地域により季節によって，接する床下空間が外気より高温・高湿になり得るという点に注意が必要である。例えば，強風や積雪期間などに換気開口を確保できない場合も予測され，外壁のように構造体内の水分を外気に排出する形だけで処理することは難しい場合も多い。そのような場合の代表的対策としては，地盤面の防湿（水分の発生源となりうる地盤面をコンクリートやシートなどの防湿材で覆って水分レベルを下げる方法）や基礎の断熱化（温度レベルを上げて結露

を防ぐ方法）などが考えられる[12]。

25）床下空間で起こる問題を解決するには，床下をなくすことを考慮する。新築で床下空間を利用しない場合は，１階床を土間コンクリートとする土間床工法（図－21参照），床下空間を利用する場合には，地下室または高床にする床下利用法（図－22参照）がある。両方とも基礎の外側から断熱する必要があるが，基礎断熱することにより床下地盤は室内となり熱容量として活用できるので，室温の安定保持に役立ち，省エネルギーが進む。今後は基礎工事は機械化されるのでコストも安くでき，居住環境の向上の上からも普及が期待できる工法である[19]。

26）基礎断熱には，１階床を木造床として構成し，床下を温度的に室内側に取り込んでしまう場合と，１階床をコンクリート床として床下を無くしてしまう場合の２タイプに分けることができる[60]。

27）基礎断熱は，若干コスト高になってしまうものの，床断熱で生じ易い問題点を容易に解消できることなど，寒冷地における住宅の断熱・気密化工法としてのメリットが多く，最近ではかなり普及してきた[60]。

28）基礎断熱を施工する場合には下記の点に注意して施工する必要がある（図－23，図－24参照）。①地盤面からの水蒸気を抑えるため，必ず防湿シートを切れ目無く敷き込むこと，②基礎外側に施す断熱性能は，プラスチック系断熱材（ポリスチレンフォームＢ類２種相当）で75mm厚相当以上確保すること，③基礎コンクリートと土台の間を気密にするため必ず基礎パッキン材をはさむこと，なお，基礎断熱を設けた場合は，床下換気口を設ける必要はない[60]。

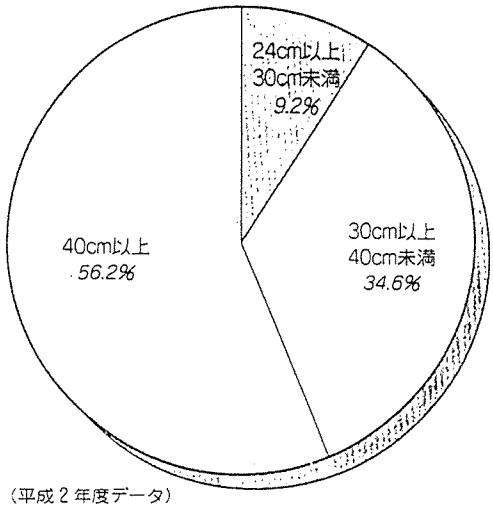
29）構造体の外側から断熱した建物では（木造住宅の外貼り工法，コンクリート造など）床下換気口を設けない方法を採用しているのが一般的である[60]。

30）気密性の面からも，蓄熱性能や地熱利用の面からも土間コンクリート床の方が優れているが，断熱性能をもたせるための施工は注意を要する。土間コンクリート床の断熱には，外側断熱と内側断熱の２種類がある。寒冷地では外側断熱方式が多く，それ以外では内側断熱が採用されている（図－25～図－28参照）[11]。

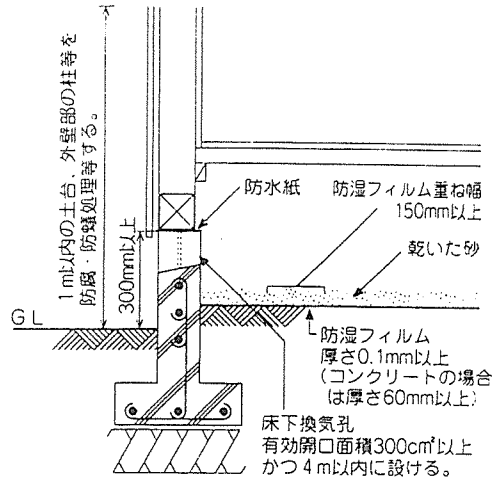
31）床下の環境で一番問題になっていることは，乾燥の問題である。現在でも，

激寒期には，過剰乾燥している。土台の木材が，含水率の高い防腐土台を使っているので，木材が乾燥収縮して，床が下がるという問題が起こっている。過度に床下の温度を上げすぎて，床下の相対湿度が下がり，もっと乾燥の問題が表面化しそうである。基礎断熱をして，床下の温度を保つ時には，木材の乾燥は，含水率10%位に保ちたいたいところである。現状ではそこに近づける努力をしたいものである[36]。

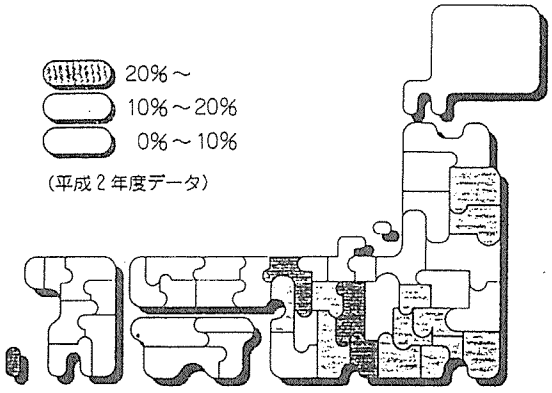
32）床下の曖昧さを排除しつつ，配管等の凍結を防止する意味から，基礎断熱(1),(2）のパターンが増えてきている。(1）のパターンは，床下地面の防湿をすることはもちろんであるが，床下と室内を積極的に換気しつつ，給湯配管の断熱をしない等，床下に熱を供給することも必要である。(2）のパターンは床暖房が容易にできることがメリットである。(3）のパターンは，半地下室の場合で１階床もＲＣとすることが多い（**図－29参照**）[37]。



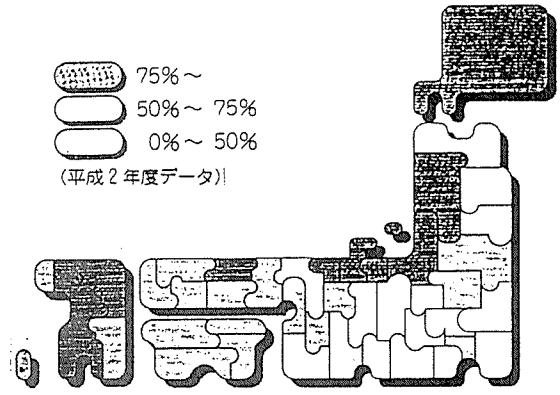
図－１　基礎の高さ[32)]



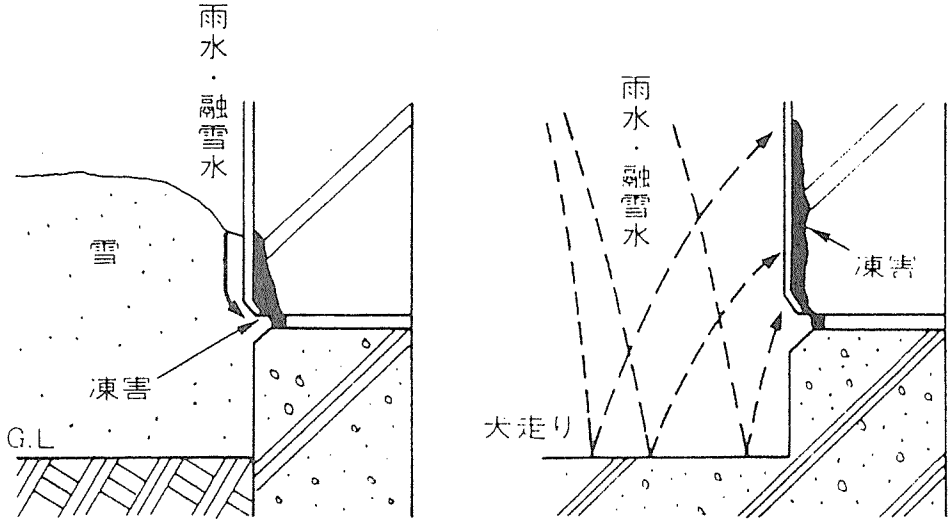
図－２　住宅金融公庫が推奨する床下設計[32)]



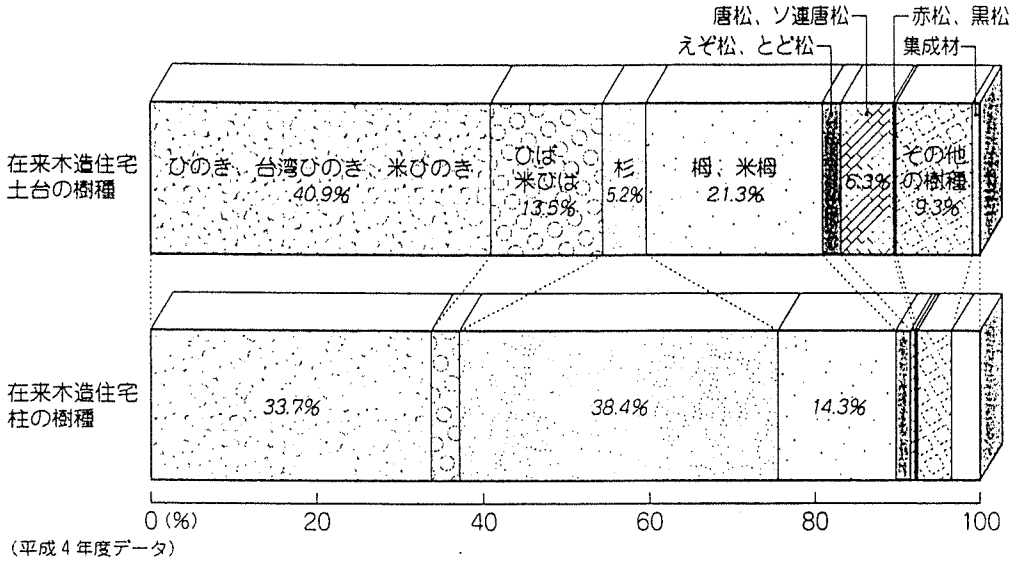
図－３　基礎の高さ30cm未満の多い県[32)]



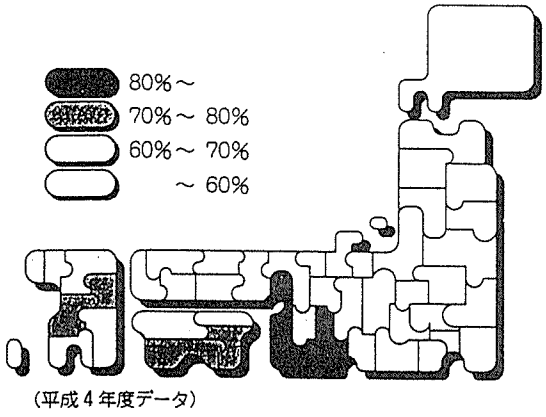
図－４　基礎の高さ40cm以上の多い県[32)]



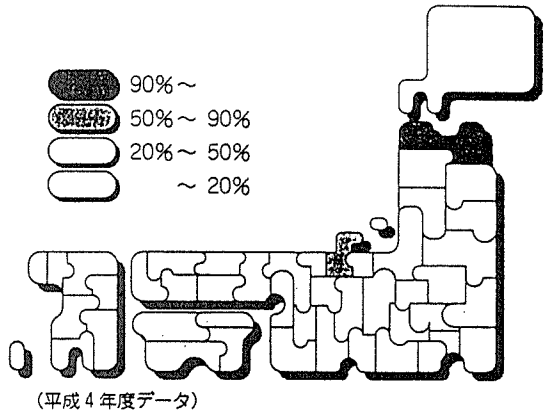
図－５　基礎まわりの凍害[66)]



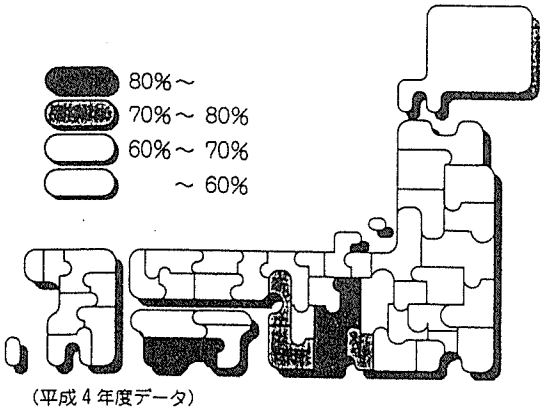
図－6　土台，柱樹種の全国分布[32)]



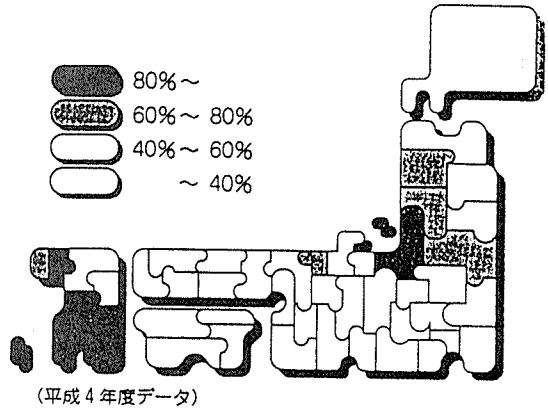
図－7　土台にひのきの多い県[32)]



図－8　土台にひばの多い県[32)]



図－9　柱にひのきの多い県[32)]



図－10　柱にひばの多い県[32)]

表－1　耐腐朽性・耐蟻性の心材比較[2)]

	部位	参考（一般的に用いられる樹種例）
軸組	土台	ひのき・べいひのき・ひば・べいひば・こうやまき・くり・けやき・加圧式防腐防蟻処理土台・加圧式防腐処理土台
	火打土台	すぎ・べいまつ・べいつが・ひのき・ひば・からまつ
	柱（見えがかり）	ひのき・すぎ・べいつが・化粧ばり構造用集成材
	柱（見えがくれ）	すぎ・べいつが
	胴差	あかまつ・くろまつ・べいまつ・べいつが・すぎ・からまつ
	けた	あかまつ・くろまつ・べいまつ・べいつが・すぎ・からまつ
	すじかい	すぎ・べいつが
	その他	すぎ・あかまつ・くろまつ・べいまつ・べいつが
床組	はり	あかまつ・くろまつ・べいまつ・からまつ・べいつが
	大引	ひのき・すぎ・あかまつ・くろまつ・べいまつ・からまつ・べいつが
	根太	すぎ・あかまつ・くろまつ・べいまつ・べいつが・からまつ
	火打ばり	すぎ・べいまつ・べいつが
	その他	すぎ・あかまつ・くろまつ・べいまつ・べいつが・からまつ
小屋組	はり（丸太）	あかまつ・くろまつ・べいまつ
	はり（その他）	あかまつ・くろまつ・べいまつ・からまつ
	母屋	すぎ・あかまつ・くろまつ・べいまつ・べいつが・からまつ
	たるき	すぎ・あかまつ・くろまつ・べいまつ・べいつが・からまつ
	その他	すぎ・あかまつ・くろまつ・べいまつ・べいつが・からまつ
造作材	生地表わし	ひのき・すぎ・あかまつ・くろまつ・べいまつ・べいつが スプルース・防虫処理ラワン・化粧ばり造作用集成材
	表面塗装	すぎ・あかまつ・くろまつ・べいまつ・べいつが・スプルース・防虫処理ラワン

表－2　部位別使用樹種[2)]

種類	樹種
耐腐朽性・耐蟻性が大なもの	ひのき・べいひのき・ひば・べいひば・こうやまき
耐腐朽性が大、耐蟻性がやや大なもの	くり・けやき
耐腐朽性が中、耐蟻性が大なもの	すぎ
耐腐朽性が中、耐蟻性が小なもの	べいまつ・からまつ・ソ連からまつ・あかまつ・くろまつ
耐腐朽性・耐蟻性が小なもの	べいつが・スプルース

表－3　おもな建築用木材の耐朽性区分[52)]

（日本木材保存協会：木材保存学，文教出版，1982）

区分	国産材	北米材	ソ連材
極大		レッドウッド	
大	あすなろ，こうやまき，ひのき，ねずこ，ひば，くり，けやき	べいひ，べいひば，べいすぎ	
中	いちい，いぬまき，すぎ，からまつ，かや，とがさわら，あかがし，いすのき，くすのき，なら，しおじ，たも	べいまつ	シベリアからまつ，オウシュウあかまつ
小	あかまつ，くろまつ，つが，とどまつ，もみ，とちのき，はりぎり，あかだも	ストローブマツ，べいつが，べいとうひ，べいもみ	べにまつ，とどまつ
極小	はりもみ，えぞまつ，しなのき	アスペン，アメリカしなのき	えぞまつ

表－4　モルタル塗り木造建物の構造部材の腐朽度と含水率[52)]

（浅野猪久夫他：木材と住宅，学会出版センター，1979）

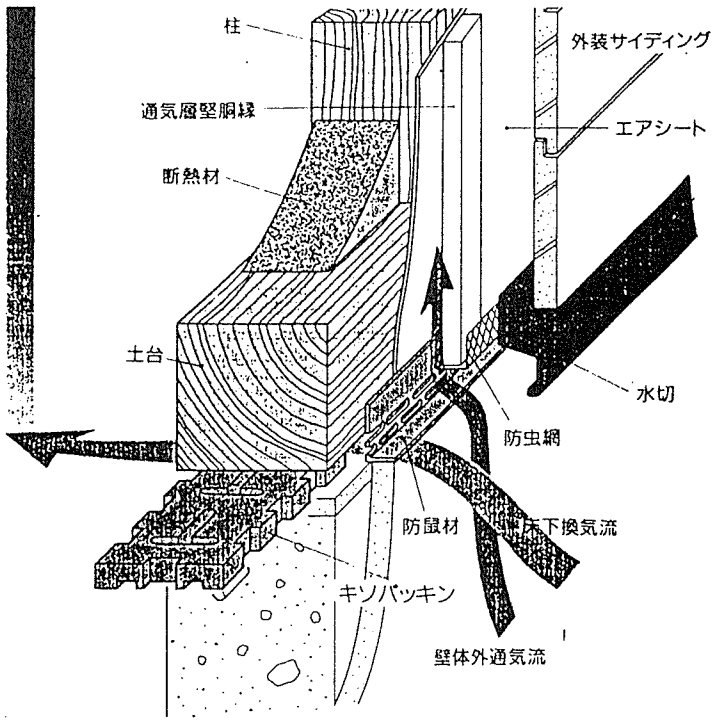
外気候	項目		土台	柱（土台上からの距離 cm）				
				0～30	31～60	61～90	91～120	121～150
乾燥時	腐朽部	含水率	30	21	19	19	19	17
		腐朽度	58	42	31	50	40	15
	健全部	含水率	-	18	--	18	--	16
湿潤時	腐朽部	含水率	41	32	30	25	23	25
		腐朽度	49	32	27	12	26	17
	健全部	含水率	21	19			17	

注1）含水率は表面から3～5cmまでの平均含水率(%)
2）腐朽度は部材断面における腐朽部の面積割合
3）乾燥時：調査当日雨，湿潤時：調査当日小雨

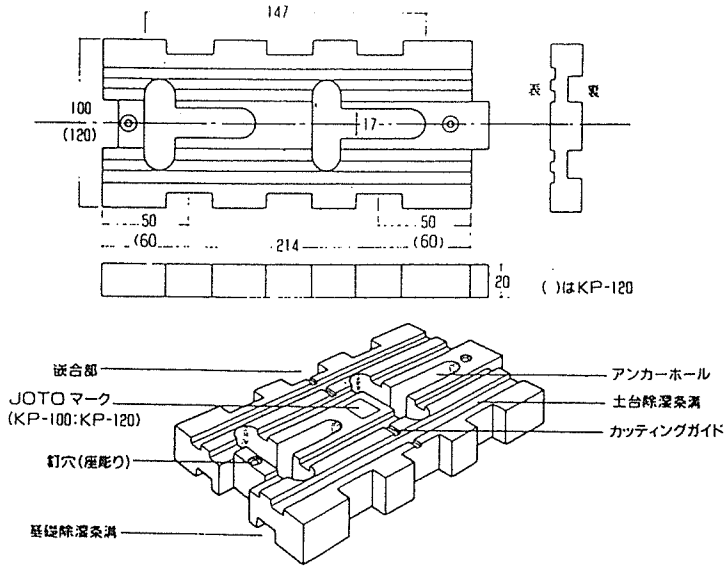
表－5　おもな建築用木材に対する抵抗性[52)]

（日本木材保存協会：木材保存学，文教出版，1982）

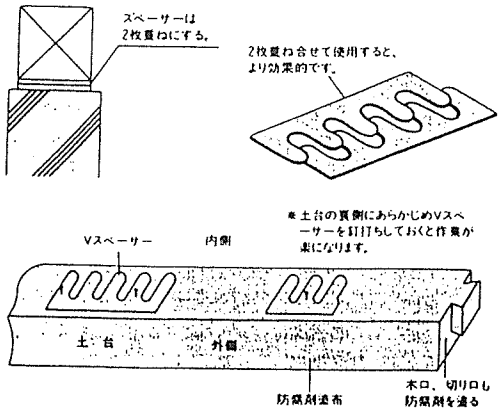
抵抗性	樹種
大	こうやまき，いぬまき，びゃくしん，ひば，いすのき，かし，アピトン，レッドラワン，ローズウッド
中	すぎ，もみ，ひのき，つが，とどまつ，くすのき，さくら，いたやかえで，くり，かつら，ぶな，けやき，とちのき，タイワンひのき，ホワイトラワン
小	しらべ，べいつが，にれ，なら，せん，いたじい，えぞまつ
極小	あかまつ，くろまつ，からまつ，べいまつ，ラジアータまつ，やなぎ



図－11　基礎と土台のスペーサー施工例[50]



図－12　基礎と土台のスペーサー（その１）[50]

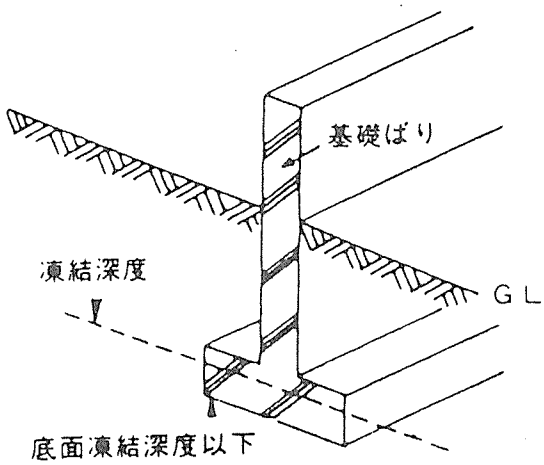


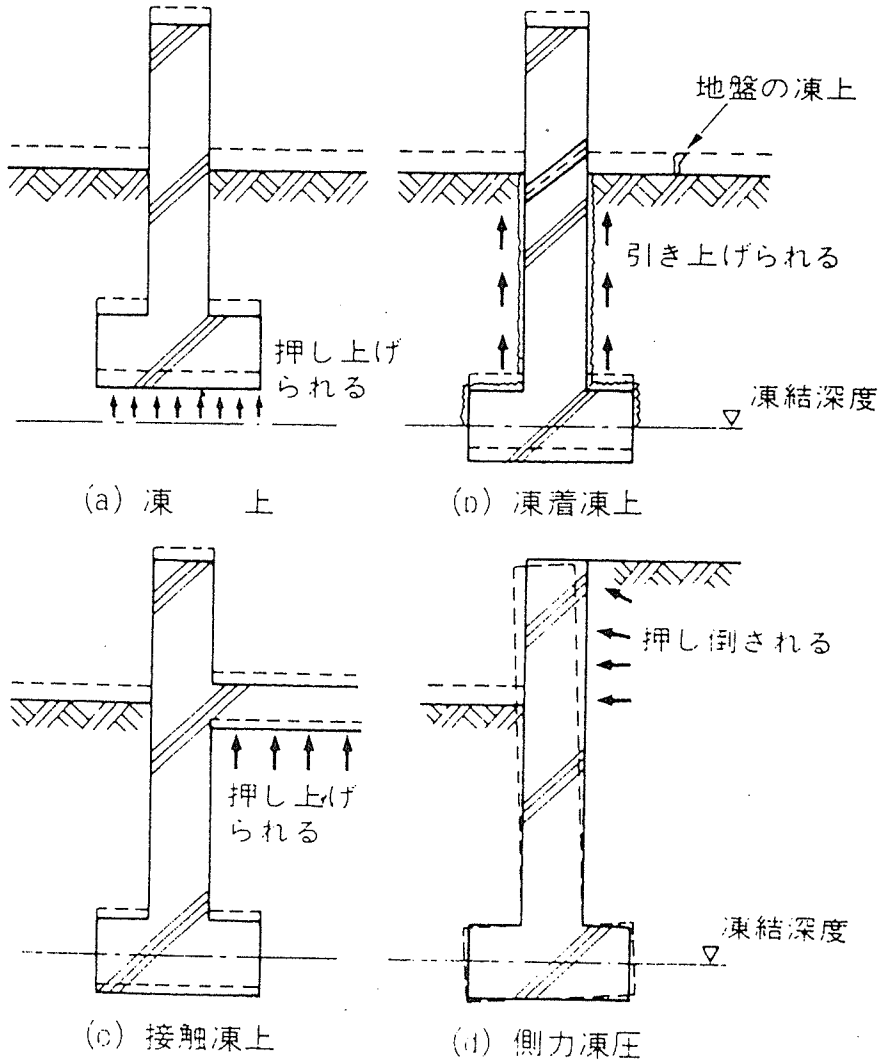
図－13　基礎と土台のスペーサー（その２）[51]

表－6　凍結深度（北海道道内市町村）[3),57)]

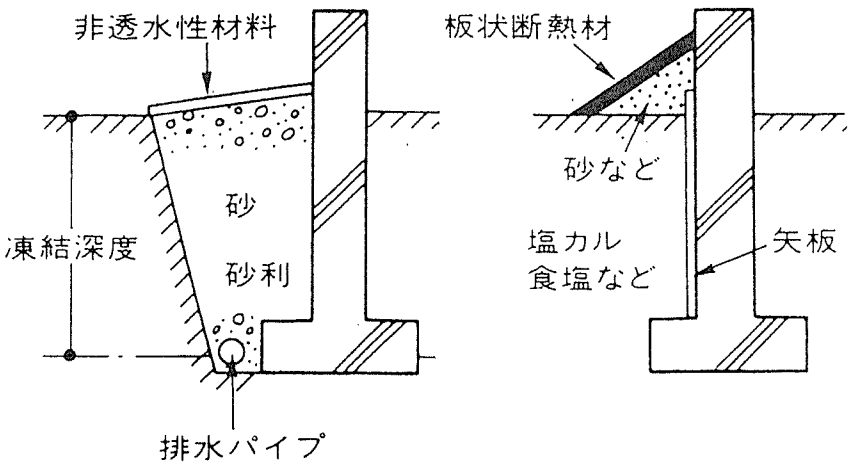
地中にある深さで土の温度が、ほぼ零度になり、地盤の凍結が停止する位置を凍結線、地表から凍結線までの深さを凍結深度という。この数値は各市町村の標準的な値であって、地質や地下水などによって異なるので、それぞれの建設地の状況に応じて、凍結深度を設定しなければならない。
表中の建物に対する凍結深度とは、地表面から基礎フーチング下端まで。

支庁	市町村名	建物に対する凍結深度	支庁	市町村名	建物に対する凍結深度	支庁	市町村名	建物に対する凍結深度	支庁	市町村名	建物に対する凍結深度
		cm／			cm／			cm／			cm／
石狩	札幌	60	後志	黒松内	60	留萌	留萌	60	胆振	大滝	70
	江別	60		寿都	80		増毛	60		壮瞥	60
	千歳	60		島牧	60		小平	60		白老	60
	恵庭	70	空知	夕張	60		苫前	60		早来	60
	石狩	60		岩見沢	60		羽幌	60		追分	100
	当別	60		美唄	60		初山別	70		厚真	80
	新篠津	60		芦別	70		遠別	60		鵡川	80
	厚田	70		赤平	70		天塩	80		穂別	70
	浜益	80		三笠	60		幌延	80	日高	日高	100
	広島	60		滝川	60	宗谷	稚内	80		平取	70
渡島	函館	50		砂川	70		猿払	90		門別	80
	松前	60		歌志内	90		浜頓別	砂 100		新冠	70
	福島	60		深川	70		〃	他 80		静内	70
	知内	60		由仁	60		中頓別	90		三石	90
	木古内	60		長沼	60		枝幸	80		浦河	50～60
	上磯	60		栗山	60		歌登	80		様似	70
	大野	60		栗沢	60		豊富	80		えりも	70
	戸井	60		南幌	60		礼文	80	十勝	帯広	100
	七飯	60		北村	50		利尻	70		音更	80
	尻岸内	70		奈井江	60		東利尻	90		士幌	90
	椴法華	50		上砂川	80	網走	北見	砂利 100		上士幌	80
	南茅部	60		月形	80		〃	火山灰 120		鹿追	80
	鹿部	60		浦臼	60		網走	80		新得	80
	砂原	60		新十津川	60		紋別	80		清水	90
	森	70		妹背牛	60		東藻琴	100		芽室	80
	八雲	60		秩父別	70		女満別	100		中札内	100
	長万部	60		雨竜	80		美幌	80		更別	100
檜山	江差	60		北竜	60		津別	90		忠類	90
	上ノ国	60		沼田	60		斜里	80		大樹	80
	厚沢部	60		幌加内	80		清里	80		広尾	80
	乙部	60	上川	旭川	60～100		小清水	80		幕別	110
	熊石	70		士別	70		端野	120		池田	100
	大成	60		名寄	80		訓子府	100		豊頃	80
	奥尻	60		富良野	70		置戸	120		浦幌	100
	瀬棚	70～80		鷹栖	90		留辺蘂	120		本別	80
	北檜山	50		東神楽	80		佐呂間	120		足寄	120
	今金	50		比布	80		常呂	90		陸別	120
後志	小樽	50		当麻	100		生田原	90	釧路	釧路	100
	余市	50		愛別	80		遠軽	90		釧路町	120
	仁木	60		上川	80		丸瀬布	80		厚岸	110
	赤井川	60		東川	80		白滝	80		浜中	90
	古平	60		美瑛	80		上湧別	80		標茶	100
	積丹	60		上富良野	80		湧別	80		弟子屈	100
	神恵内	60		中富良野	90		滝上	80		阿寒	100
	泊	60		南富良野	80		興部	80		鶴居	100
	岩内	60		占冠	80		西興部	80		白糠	80
	共和	60		和寒	90		雄武	80		音別	90
	倶知安	60		剣淵	80	胆振	室蘭	60	根室	根室	100～100
	京極	60		朝日	80		苫小牧	60～80		別海	100
	喜茂別	60		風連	80		登別	60		中標津	90
	留寿都	70		下川	90		伊達	50		標津	100
	真狩	60		美深	80		豊浦	50		羅臼	90
	ニセコ	60		音威子府	80		虻田	50			
	蘭越	60		中川	70		洞爺	50			

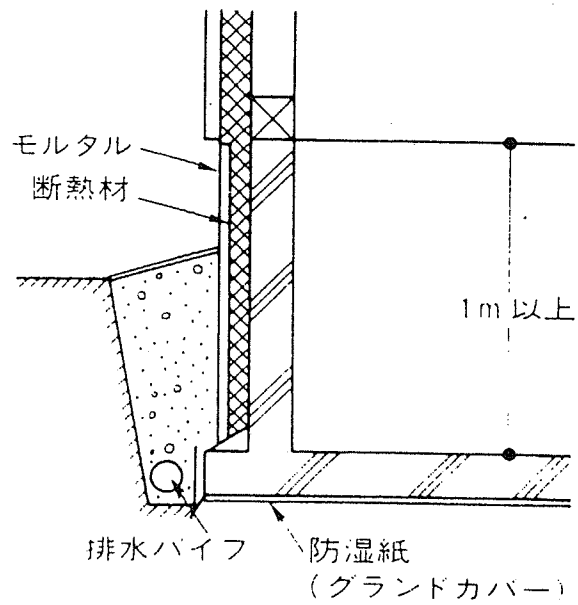




図－14　建物の凍上[66)]



図－15　凍着凍上の防止法[66)]



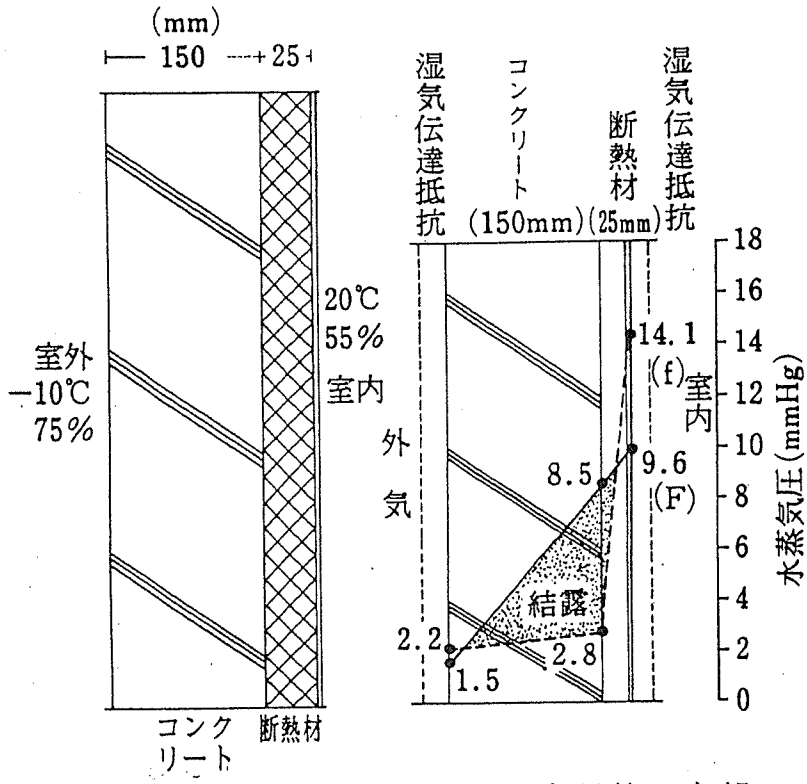
図－16　床下利用による凍上利用法[66)]

表－7　外断熱と内断熱の比較[11)]

	外　断　熱	内　断　熱
1.躯体保護	太陽日射による熱応力が微小となり、躯体が傷まない。	太陽日射による応力が生じ、コンクリート躯体が損傷する場合もある。
2.熱　橋	温熱橋となるため、害を生じない。 熱橋部分の断熱保護処理が容易であることが多い。	冷熱橋部分の断熱保護処理が、施工上あるいは美観上困難であることが多く、局部結露等の害を生じやすい。
3.暖房負荷	基本的には断熱材の内外による差はほとんどないが、暖房の使用法によって大きくも小さくもなる。一般の建築構造上の熱橋と暖房停止時のコンクリート蓄熱を考えると、小さくなることが多いが、その差は大きいものではない。	集会場など部屋の使用時間が短い建物では有利である。 講堂や集会場などの短時間暖房に適する。
4.冷房負荷	基本的には断熱材の内外による差はほとんどない。冷房の場合は、夜間の外気を導入して蓄冷すると有利である。又、外気流通空気層で、あらかじめ日射の影響を除去することももよい。	基本的には断熱材の内外による差はほとんどない。夜間の冷たい外気の導入がない場合は、蓄熱負荷が外断熱より小さくなることがある。
5.室温変動	室温変動は小さい。特に暖房停止時の温度降下が少ない。室内側コンクリートの熱容量が働き、室温の変動を妨げる。 夏のほてりを防止する。	室温変動は外断熱より大きい。特に暖房停止時の温度降下が大である。 夏はコンクリートの蓄熱によって、ほてりで暑さを感じることがある。

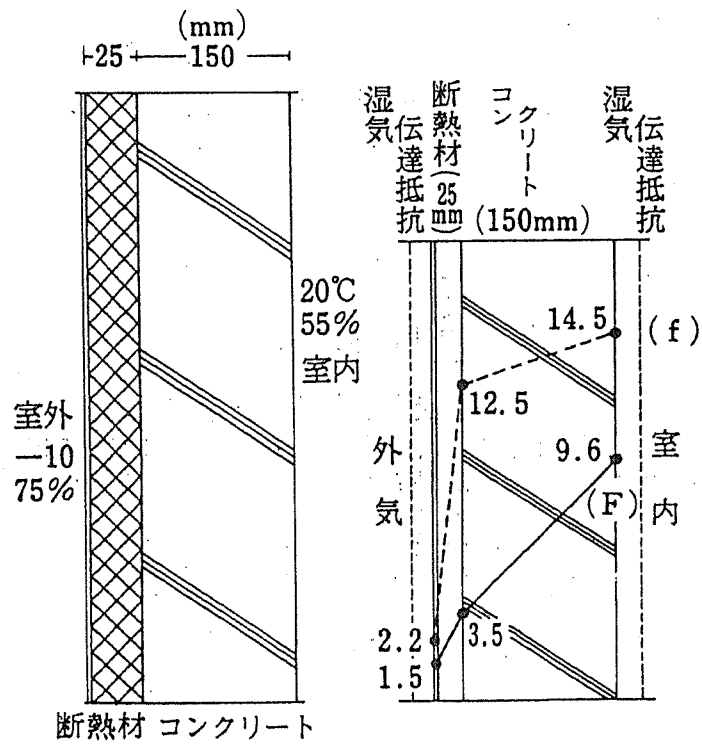
表－8　外断熱と内断熱の防露上の比較[11)]

	外　断　熱	内　断　熱
表面結露	繰り返し暖房が使用されている部屋では、暖房停止時の壁表面温度が高く、また最低室温が高いので結露しにくい。	暖房停止時の室温が低く、壁表面温度がさらに低くなるため結露しやすい。結露防止のために換気に十分注意を要す。
内部結露	コンクリート躯体と断熱材の相互位置が正しいので、室内側に防湿層がなくても結露しない。しかし外装材の種類によって断熱材と外装材の境面が結露するので、防湿層を設けたり換気方式を利用する。	内部結露の防止のために断熱材の室内側に完全防湿層を設ける必要がある。外気側に通気層を設けるのも有効である。



(a) 内断熱コンクリート壁　　(b) 内断熱の内部結露

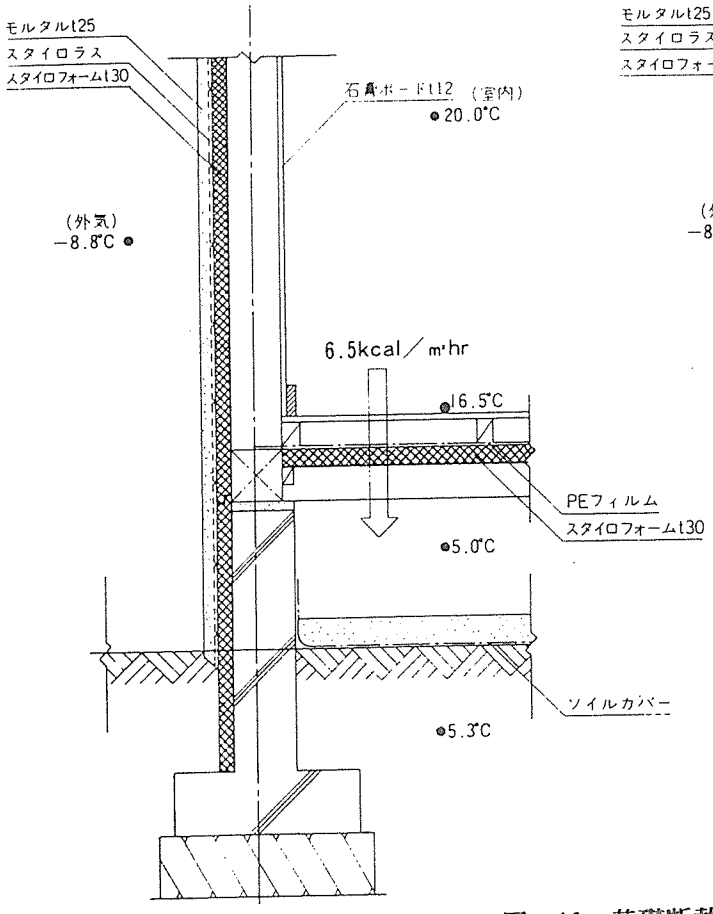
図－17 コンクリート壁の結露（内断熱）[11]



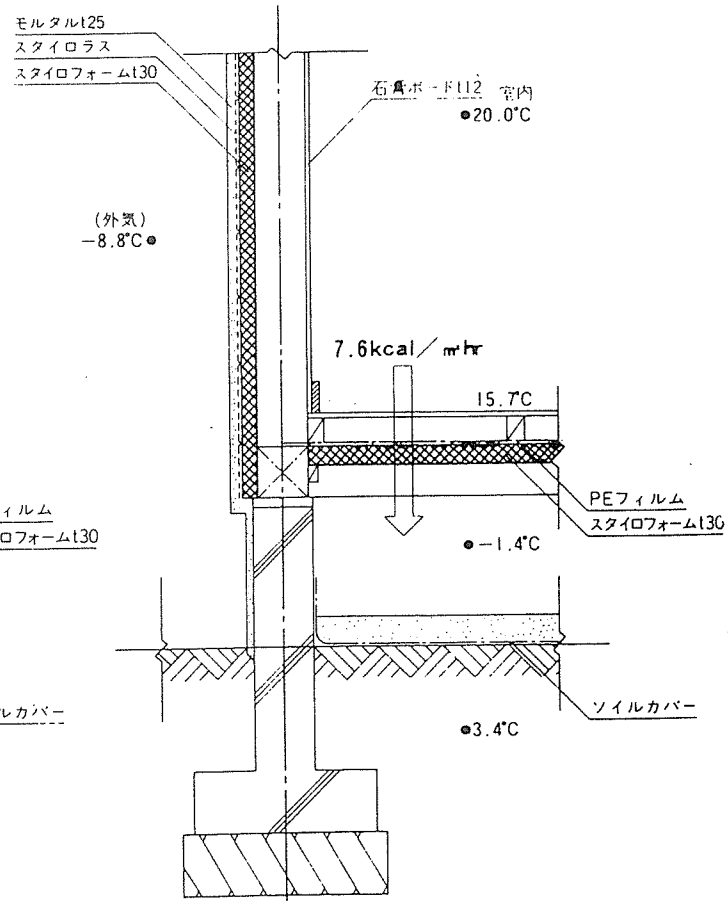
(a) 外断熱コンクリート壁　　(b) 外断熱の水蒸気圧分布

図－18 コンクリート壁の結露（外断熱）[11]

基礎断熱と床断熱併用のＡ棟

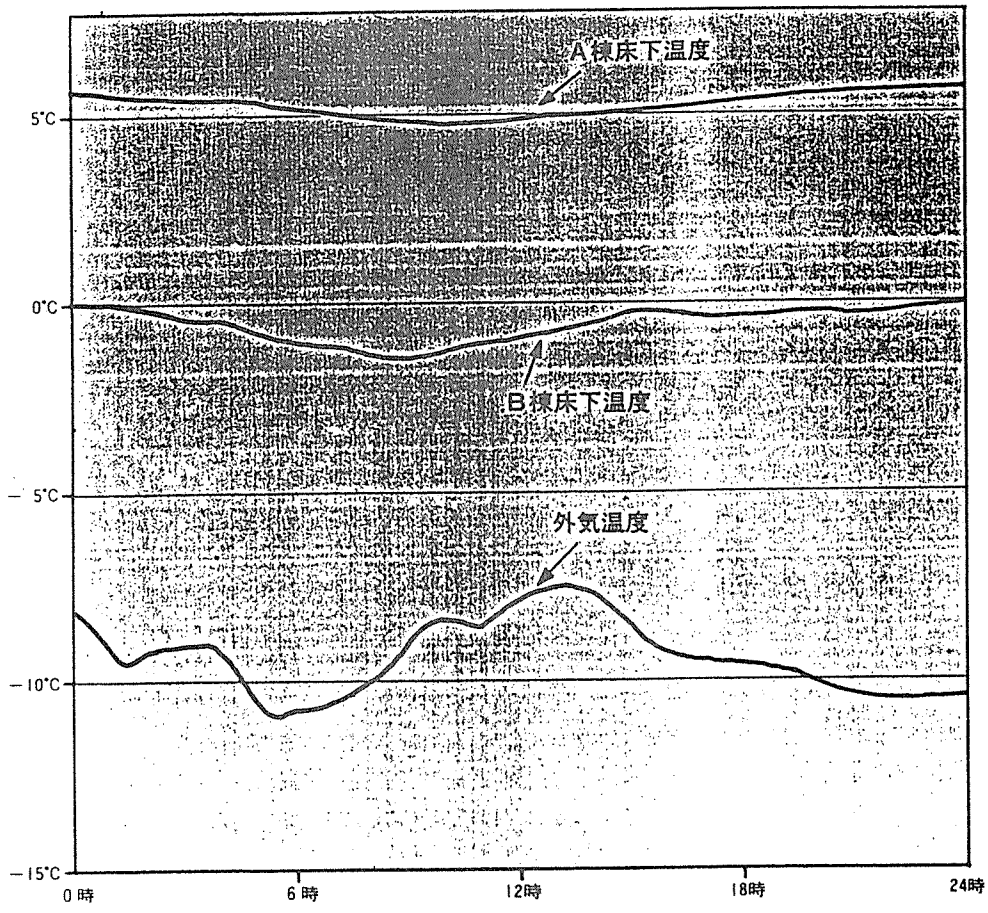


床断熱だけのＢ棟

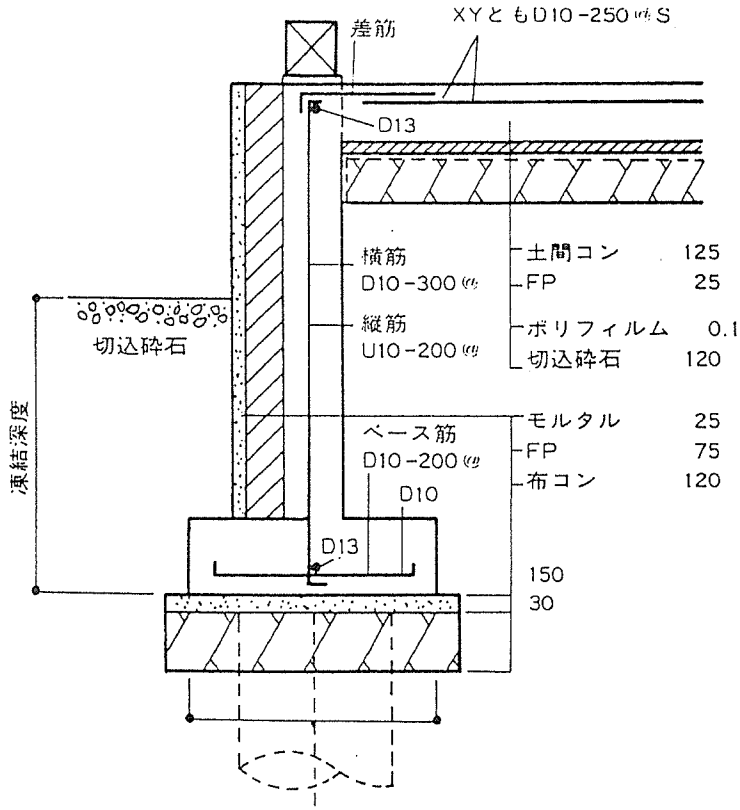


図－19　基礎断熱と床断熱[36]

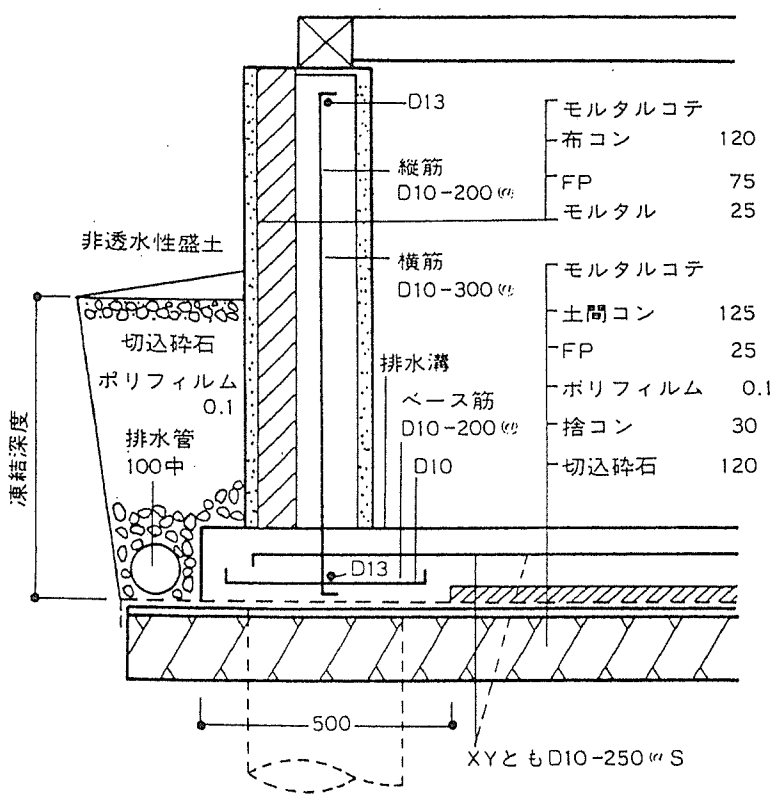
基礎断熱をすることにより床下温度は0°C以下にならない



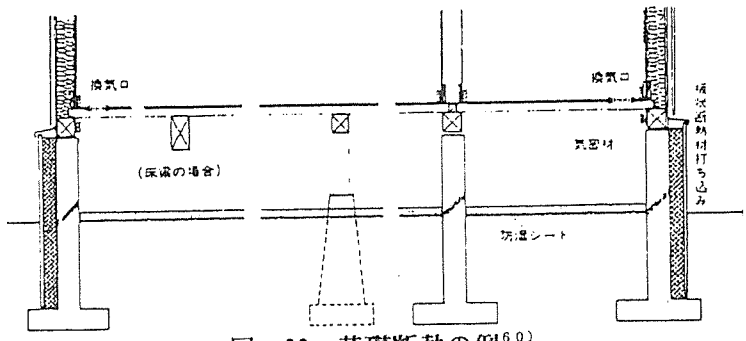
図－20　基礎断熱による床下温度（旭川，Ｂ棟）[36]



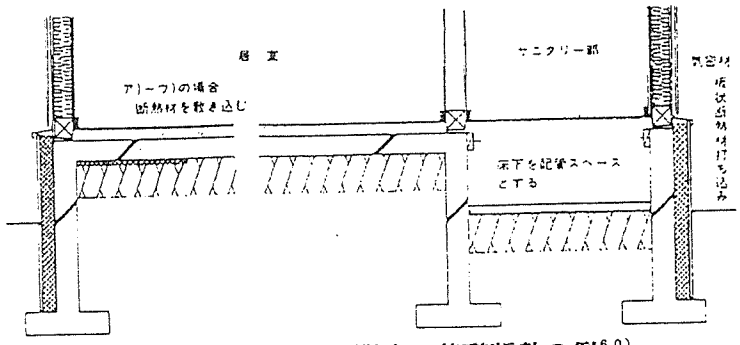
図－21　土間床工法[19]



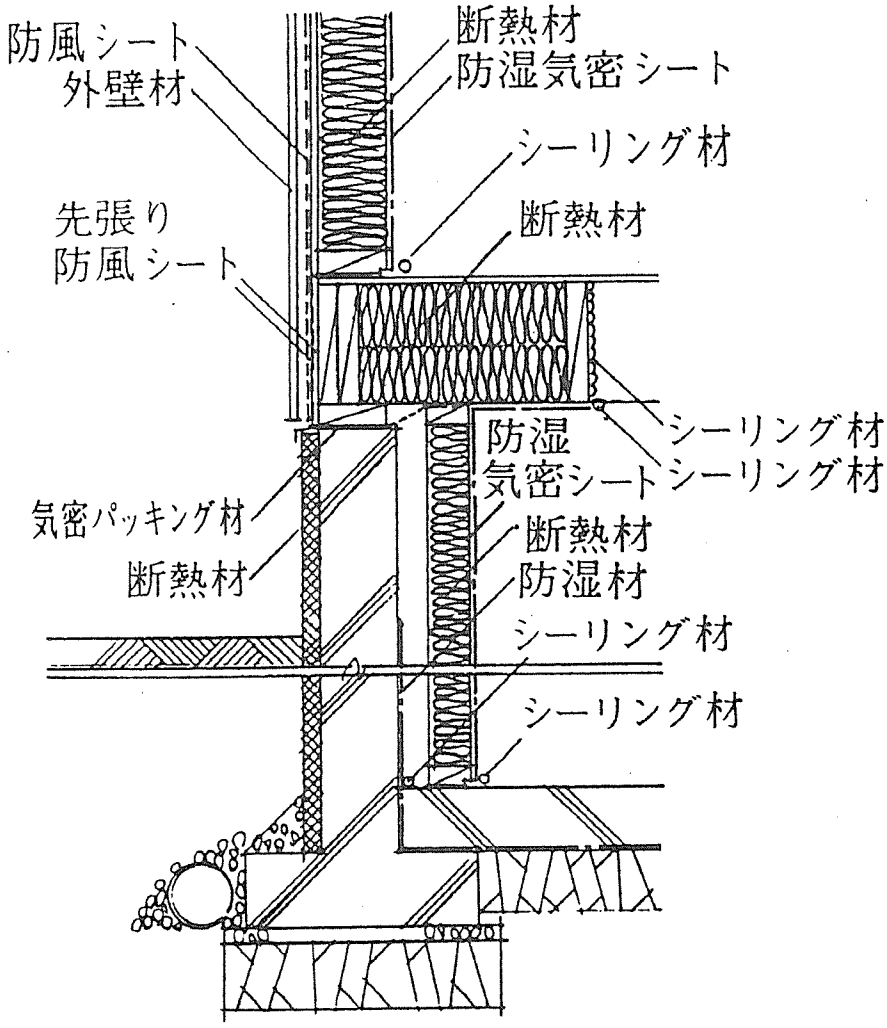
図－22　床下利用工法[19]



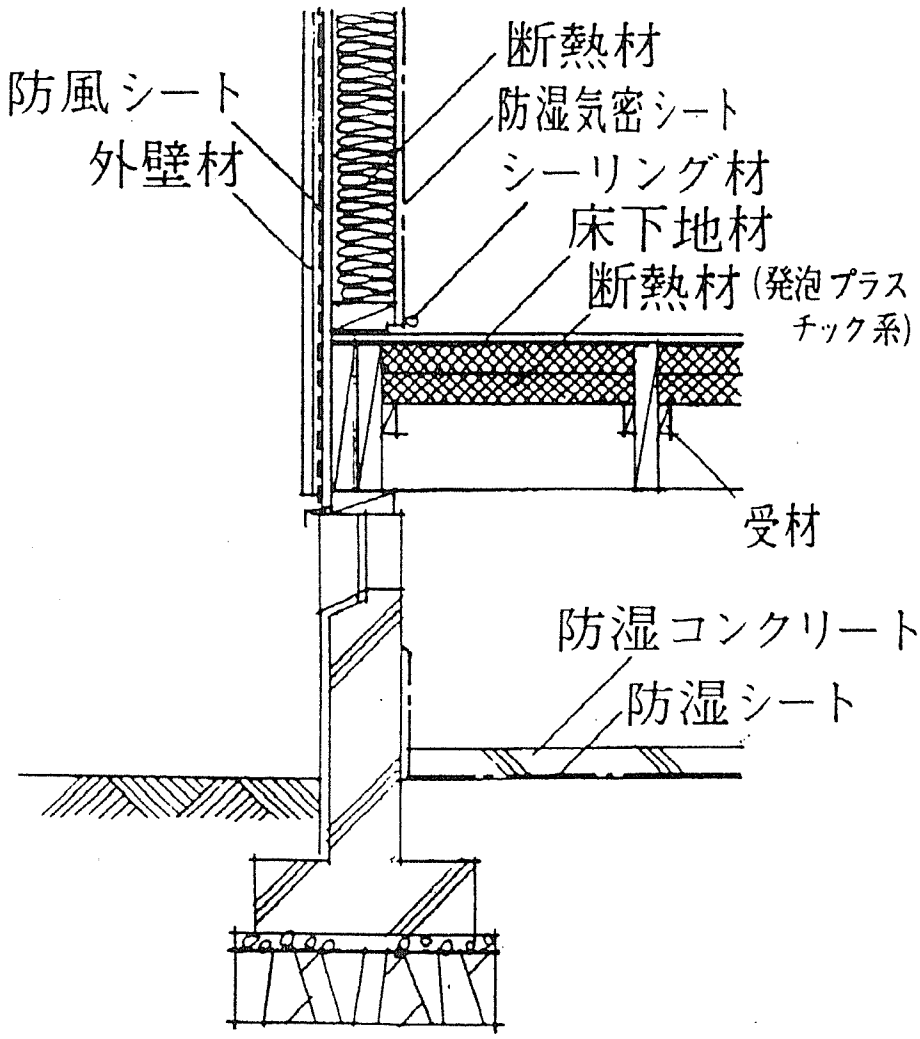
図－23　基礎断熱の例[60)]



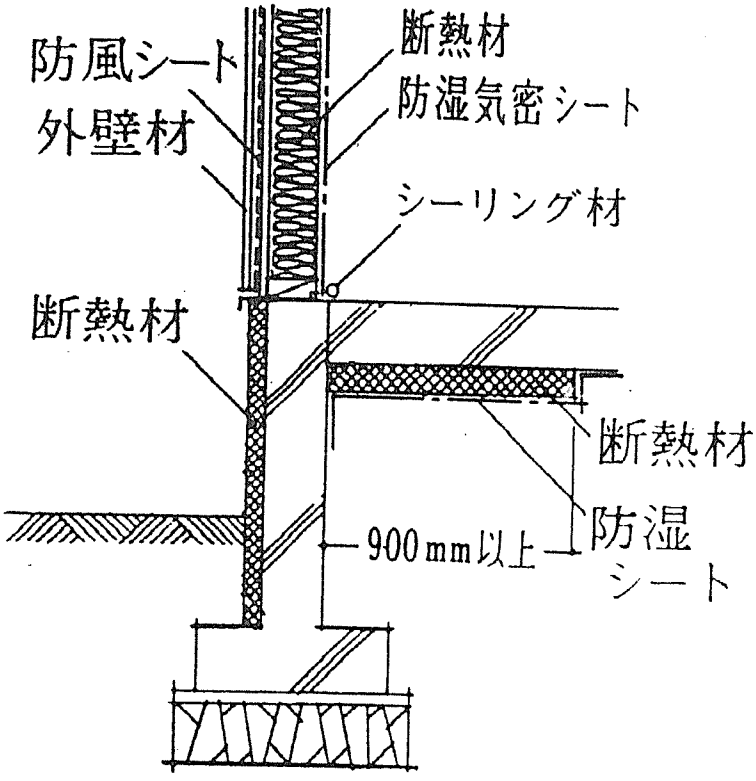
図－24　土間床・基礎断熱の例[60)]



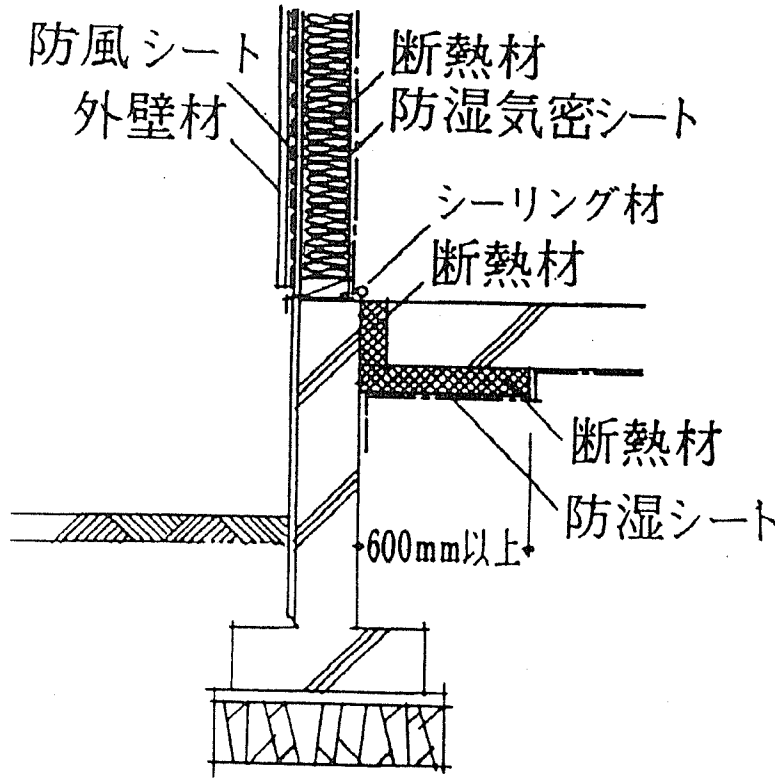
図－25　半地下室及び地下室の壁の施工方法[11)]
(寒冷地の場合の内・外断熱)



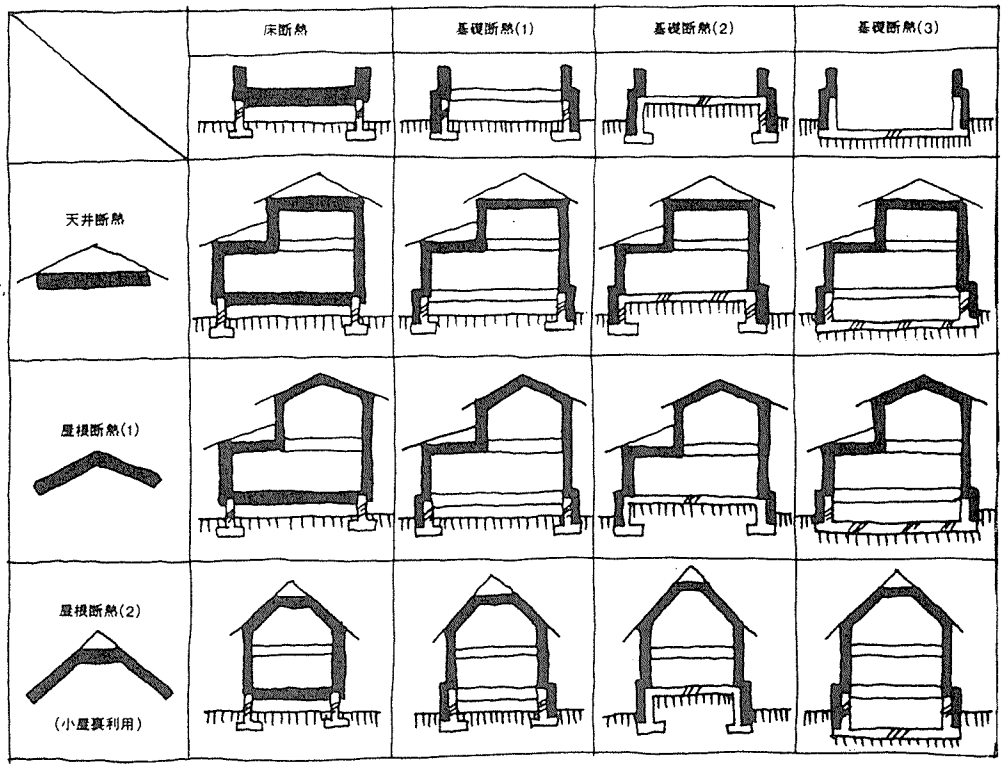
図－26　換気口付き床下をもつ床施工方法[11)]
（発泡プラスチック系断熱材を使用する場合）



図－27　土間コンクリート床[11)]
（寒冷地（Ⅰ，Ⅱ地域）の基礎外断熱と床断熱）



図－28　土間コンクリート床[11)]
（温暖地（Ⅲ～Ⅴ地域）の床内断熱）



図－29　断熱パターン概略図[37)]

2.2 床下換気に関する検討

1) 基礎回り（換気口の前の犬走りなど）の通風を図るため，基礎回り 600mm 以内に植木やはちなどを置かない。また，2m以内に大きくなる樹木，葉の多い樹木は植えない[11),29)]。

2) 近くに木があると床下が乾燥するといわれる[53)]。

3) 床下換気口には，ねずみ等の侵入を防ぐため，スクリーン（鋳鉄製等の市場出来合品）を堅固にとりつける（図－30参照）[2),16)]。

4) 外周部の布基礎の換気口から雨水が流入しないように，換気口下端は外下がりに勾配をつける[2),11),16)]。

5) 床下が常に乾燥している状態を保つために換気口はできるだけ高い位置に設ける（図－31参照）[2),11)]。

6) 建築基準法施行令の「居室の床の高さ及び防湿方法」（第22条）には，床の高さは直下の地面からその床の上面までの高さを45cm以上とすることと，外壁の床下部分には，壁の長さ（水平距離）5m以下ごとに面積 300cm² 以上の換気口を設け，これにネズミの侵入を防ぐための設備をすること，と規定している（図－32，図－33参照）[4),11)]。

7) 外周部の布基礎には，間隔5m以内に有効換気面積 300cm² 以上の床下換気口を設ける（必要最低限の換気量を得るために定められたものであり，床下の換気回数は5回／h程度であるという報告[31)]，床下の換気回数は 4.8 ～ 6.1回／hであるという報告[43)]）[58)]。なお，間隔は4mを標準とする。北方型住宅では3m間隔を推奨している[2),11),19)]。

8) 従来の床下換気口では隅角部に換気不足になり湿気が籠もりやすいので，その箇所に換気口を設けるのが効果的である（図－34参照）[2),11),65)]。

9) 床下の通風に関しては，その経路を明確に意識し，滞りのない流れを設計することが重要である[12)]。

10) 床下空間での結露防止の基本は，地盤からの湿気の蒸散を抑えることであるが，水蒸気[注9)]はわずかな隙間をも通過してくるから，水蒸気を逃がす効果的な換気口を設けることが肝要である[10)]。

11) 外周部以外の屋内の布基礎（間仕切壁）には，（対向する開口部間の）通風を妨げないように，また，床下点検時の通路になるように，十分な大きさ

と適切な位置に開口を設けておく必要がある[2),11)]。

12）中間仕切の基礎には有効に人が出入できる幅45cm，高さ30cmくらいの貫流孔を設ける。布基礎が高いときは中間にもつける必要がある（**図－35参照**）[19)]。

13）床下空間の湿気を取り除くため，床下換気口を設けることが一般的に行われている。しかし現在の木造建築の基礎工法として多く採用されている床基礎においては，**図－35**のＡ部分のような１個の床下換気口では換気は期待できず，結露が発生しやすい。これを防止するためには，Ｂ部分のように最低でも２個以上の床下換気口を設け，通風が必要となる[7)]。

14）床下換気口は空気の流れが最もよくなるように配置しなければならない。２箇所に設ける場合には，１つはもっとも多い風向の風上側に，もう１つはその反対側に配置する[44)]。

15）適切な位置に適切な数で十分な大きさの換気口を設けて床下の通風が効果的に行われるようにする。例えば，対向する開口部が一直線になると隅の空気が淀む可能性があるので，換気口の配置には配慮を行う[11)]。

16）梁床[注10)]の場合は，梁の木口を布基礎のコンクリートに接触しないようにする。また，梁下と地面の間は少なくても30cm以上の間隔をとる（**図－36参照**）[19)]。

17）日本では昔から束立ての床下であり，これはほとんど外気と同じになるので，床下については無関心であるが，布基礎で換気口をふさがれると，空気の性質は変わってしまう。例えば，積雪のある雪国の場合や省エネルギーを目的とした寒冷地の場合は，換気口をふさがれることがある。この場合は床下結露の発生を防止するような工夫がなされなければならない[27)]。

18）床下には地盤という大きな水分の供給源があり，布基礎にあけた換気口程度では対処しきれない面がある[15)]。

19）床下換気口による放湿効果が極めて小さく，特に通気経路から外れた所では90％程度の高湿状態となっている[13)]。

20）基礎と土台との間全体に隙間をつくり換気性能を高めるため，床下の蒸れを防止し，温度上昇を抑え，土台や根太などの腐れを抑える効果を発揮している。夏季，床下換気口を閉じた場合に比べて床下換気口を開けた場合は絶

対湿度で約 1.5g／kg' 低下する（図－37参照）[65]。

21）冬期，床下換気口を閉じた場合の絶対湿度変動は，外気が2g／kg' で推移しているのに対し，床下空間の絶対湿度は6g／kg' を中心に上下している。土台では結露が発生している（図－38，図－39参照）。床下換気口を開けた場合の絶対湿度変動は，外気が床下換気口を閉じた場合と同様であるのに対し，床下は4g／kg' で上下し2g／kg' 程度低く，土台での結露の発生もない（図－40，図－41参照）[41]。

22）床下の換気が防湿計画に効果的であり，換気口については建物や周囲の状況に応じて位置，大きさ等を考慮する必要がある[41]。

23）床下換気口の開閉時の測定結果によると，開閉時の換気回数の差により，床下温度で閉時で約2℃上昇する。湿度は閉時には上昇するが，冬期は絶対湿度が低く，木材の含水率が大きく変化しないので腐朽は進行しないと考えている（図－42，図－43参照）[16]。

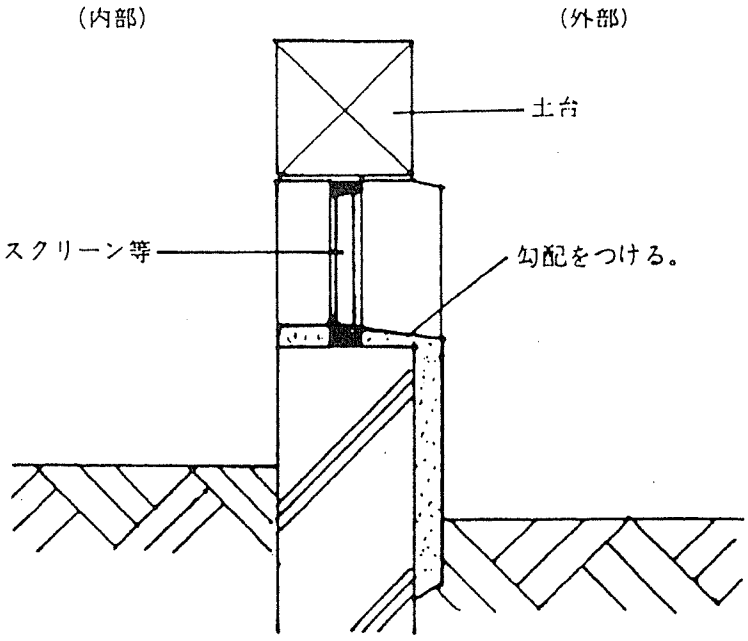
24）自動開閉式床下換気口（外気温度8℃以下で全開，2℃以上で全閉になるように設定）は床下空気温度の低下を防ぐ効果があることを確認した。本実験における床下空気温度の最低値は自動開閉式床下換気口の場合が約3℃，通常の床下換気口の場合が約1℃であった。なお，実験期間の外気温度の最低値は－1℃である（図－44参照）[17]。

25）冬季における床下空間の閉鎖効果は，床下温度の2℃上昇する（図－45，図－46参照）[59]。

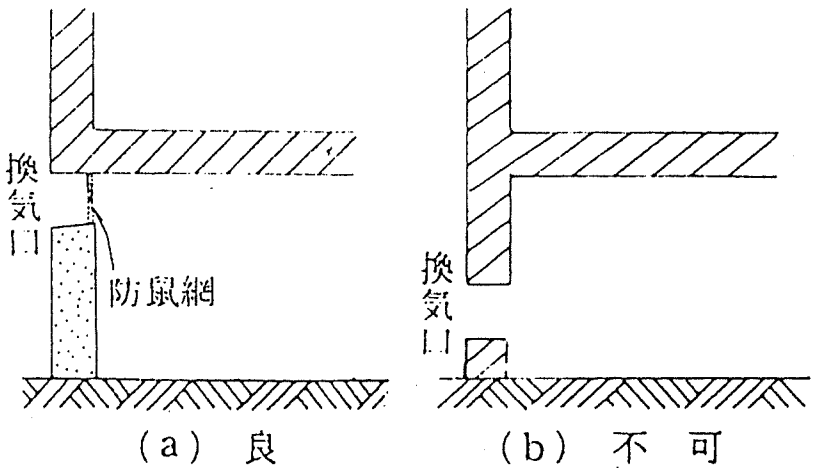
26）床下換気口の開閉を自動的に行う場合において地域により換気口の開く日数が異なり，これらの地域は寒冷地（札幌，盛岡，仙台，新潟）と温暖地（東京，大阪，福岡）に区分できる（図－47参照）。外気温度（4～10℃）のゾーンは，寒冷地では各月の平均値より高い値であるが，温暖地では各月の平均値と同程度であり，寒冷地と温暖地に区分できる。特に，札幌，新潟など積雪の多い寒冷地については，積雪を考慮し床下換気口の設定温度を検討する必要がある（図－48参照）[18]。

27）床下は，地盤の防湿と床の断熱層の防湿がきちんと行われれば，冬期間の換気量は相当少なくて良さそうである。寒冷地では床下換気口を閉じる習慣があるが，やむを得ないことかも知れない。最近，開閉がスムーズにきちん

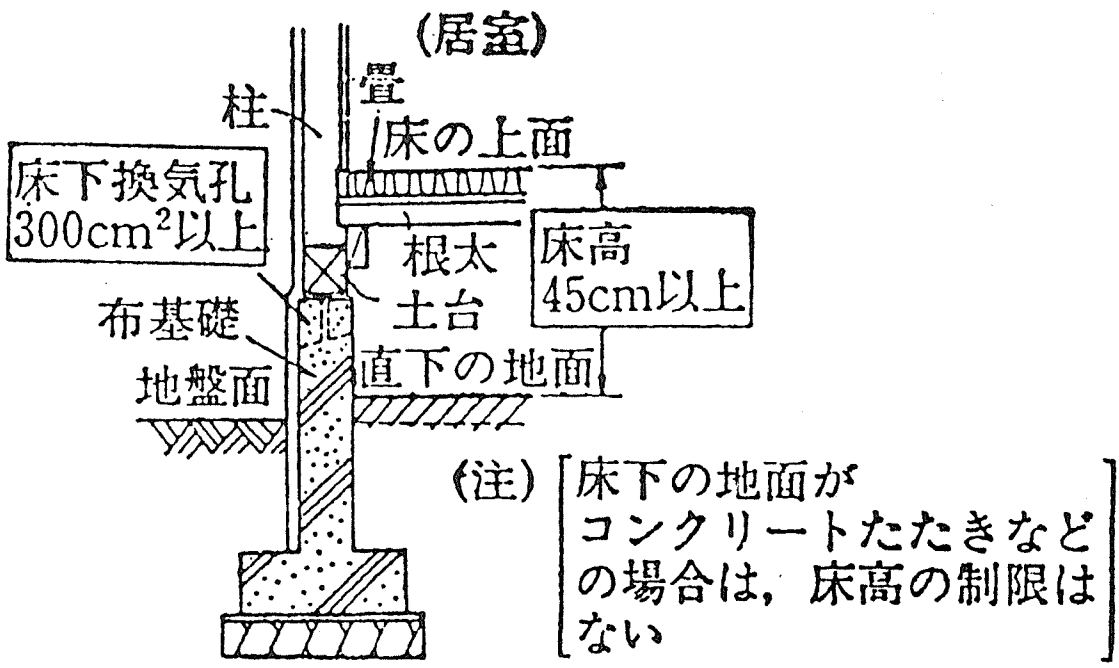
とできるものが市販されている。しかし，春になって開け忘れると大変である。床下に侵入する水蒸気を完全に遮断することは不可能であるから，非常に高湿になり木材が腐朽する。夏場，床下が外気程度の湿度を保つには10回／h以上の換気が必要である。アメリカ製のバイメタルによって自動開閉する装置は，開け忘れの防止に効果がありそうである[37]。



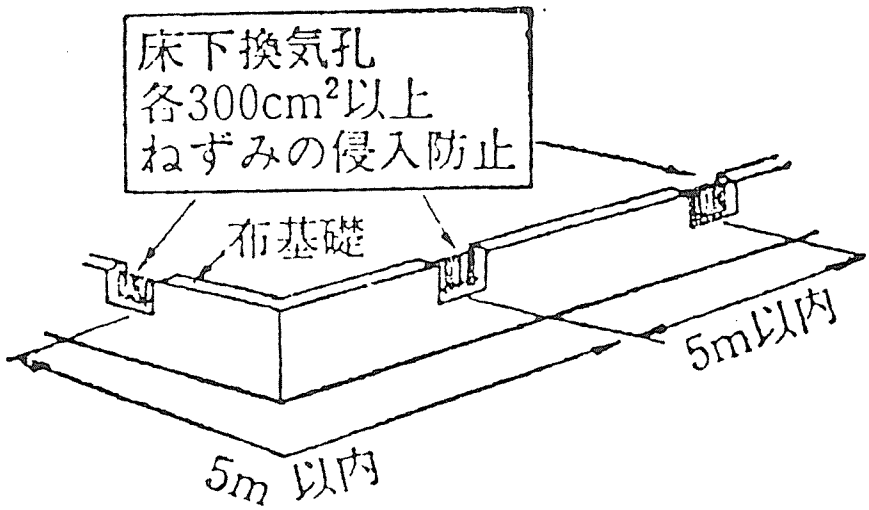
図－30　床下換気[2),16)]



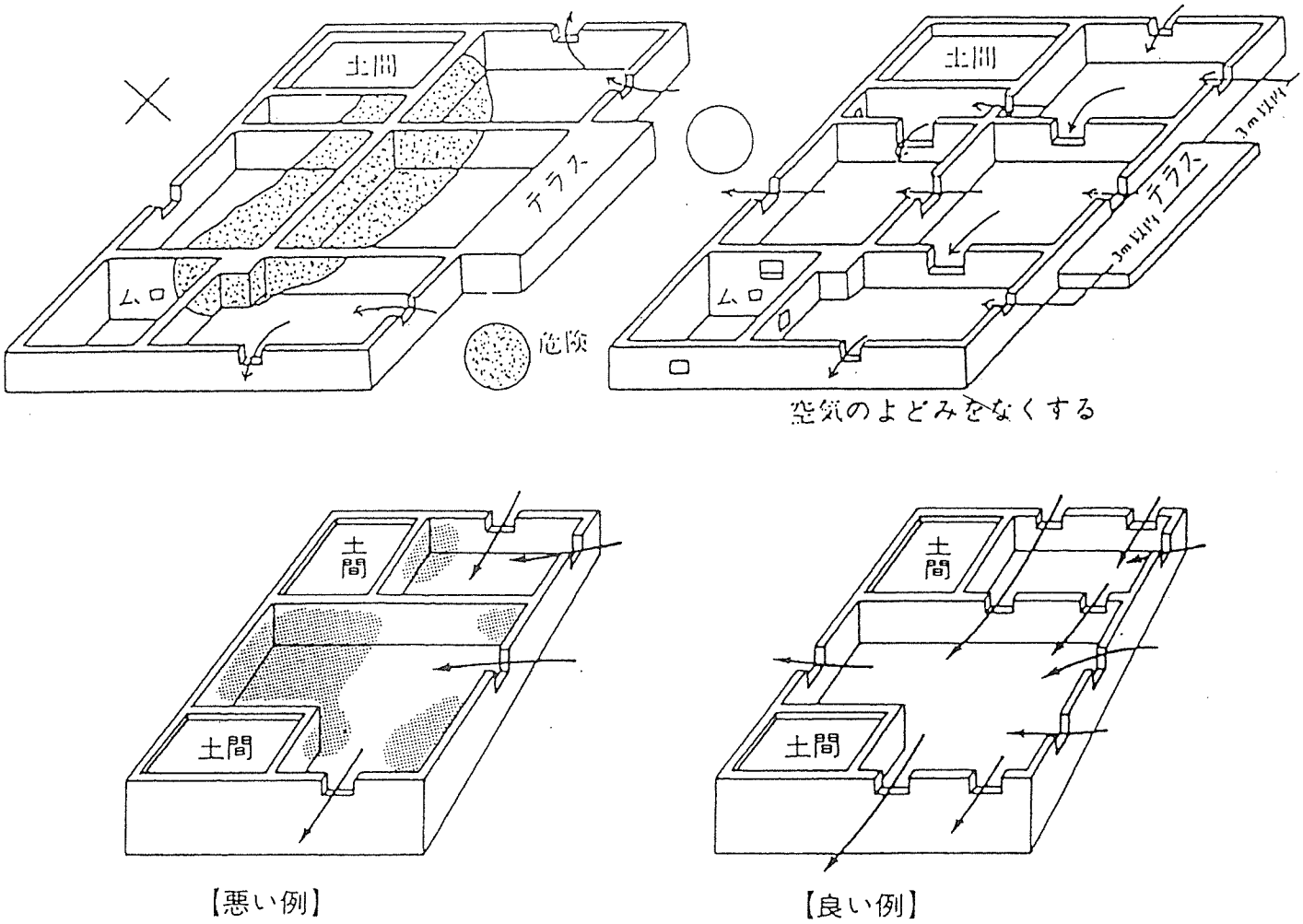
図－31　床下換気口の位置[11)]



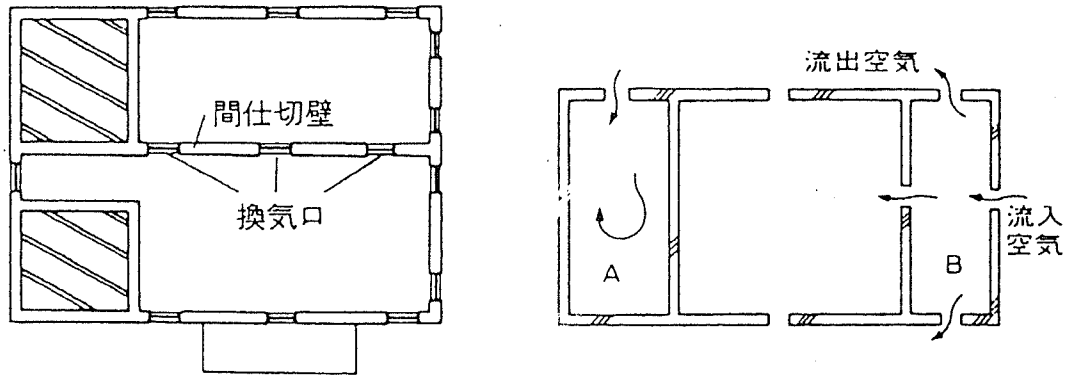
図－32　居室の床の高さと床下換気口[4)]



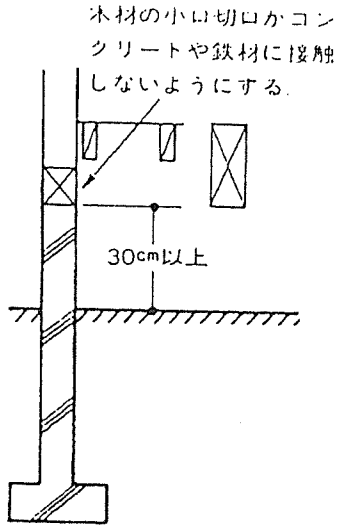
図－33　床下換気口の取り方



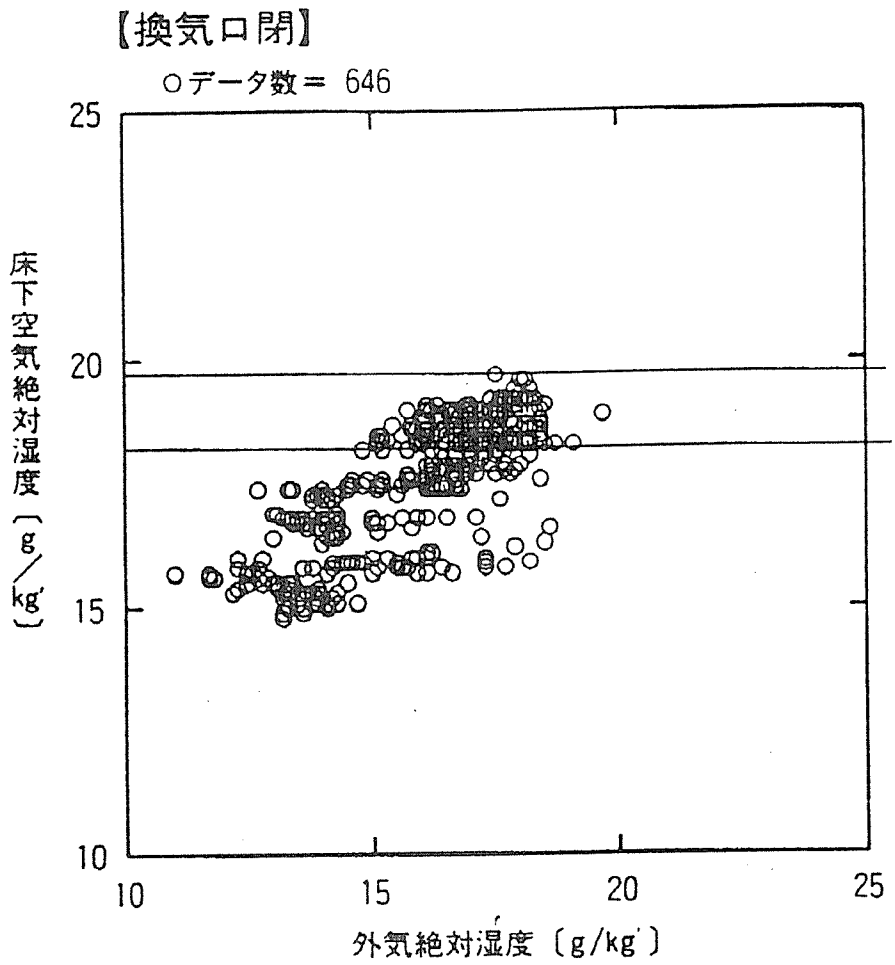
図－34　床下換気口の換気[5),19)]

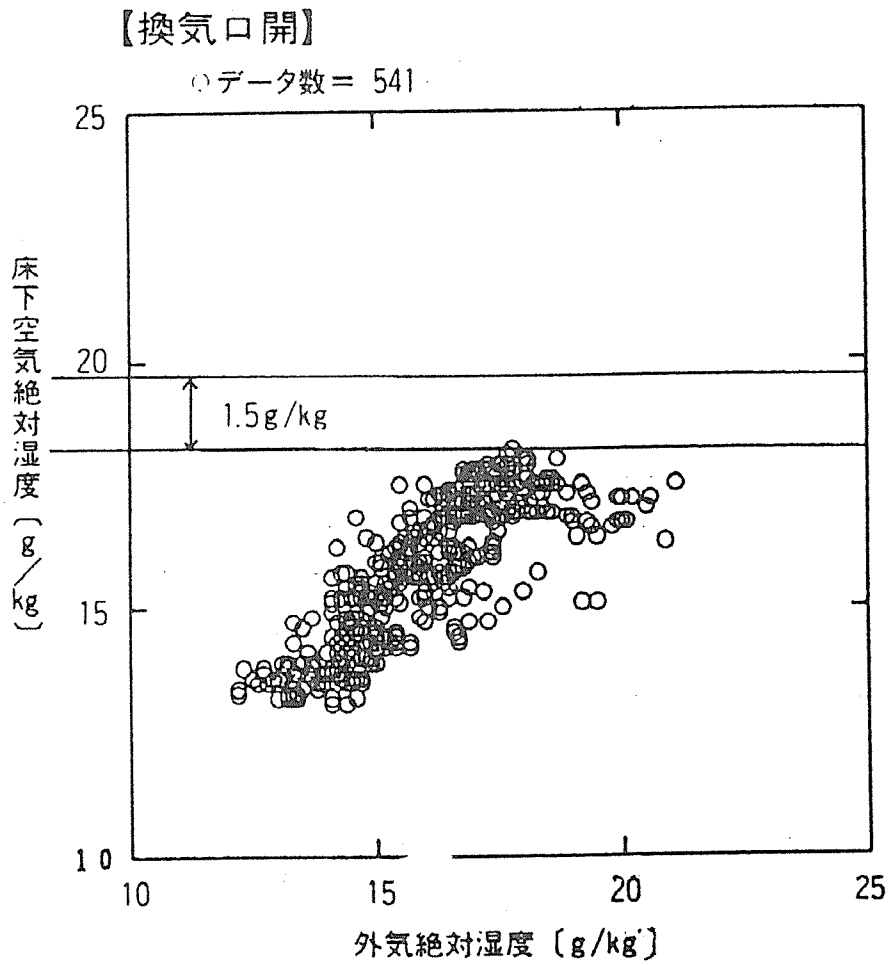


図－35　間仕切り壁の換気口[5), 7)]

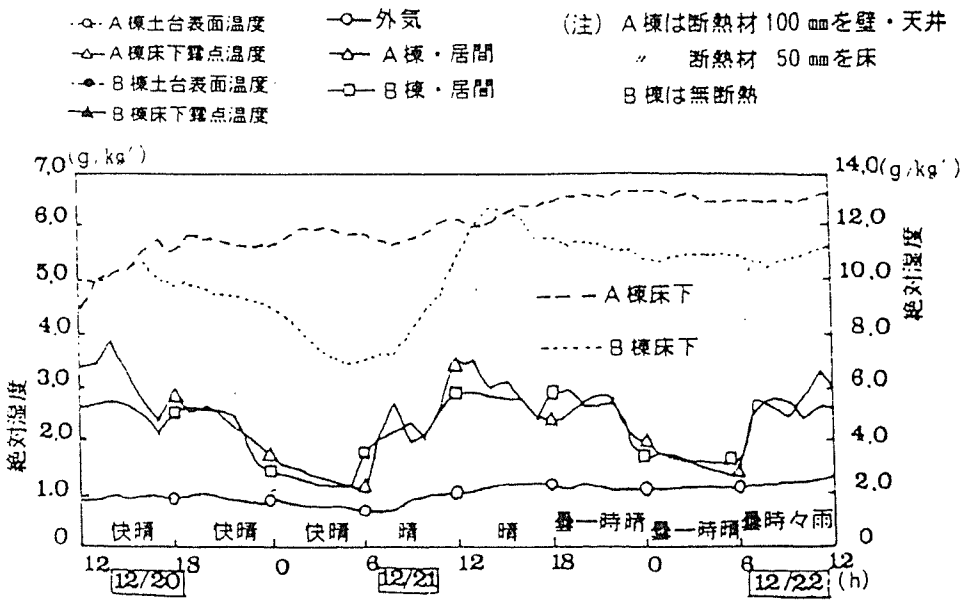


図－36　梁床の場合の注意[19)]

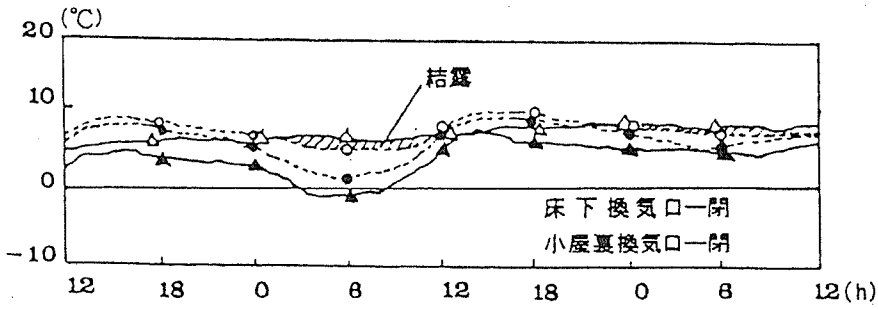




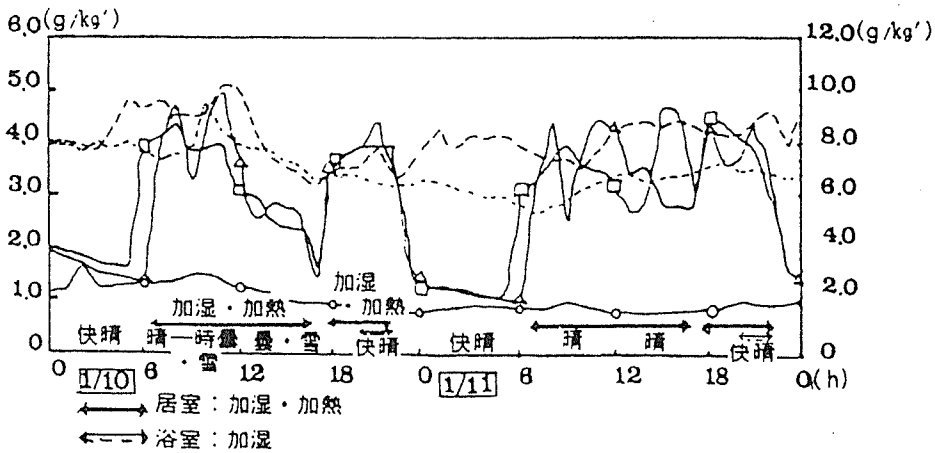
図－37　床下空気と外気の絶対湿度の相関図[65)]



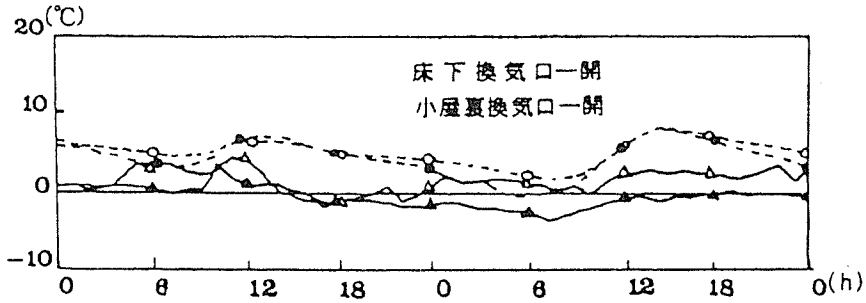
図－38 床下の絶対湿度（換気口：閉）[22),41)]



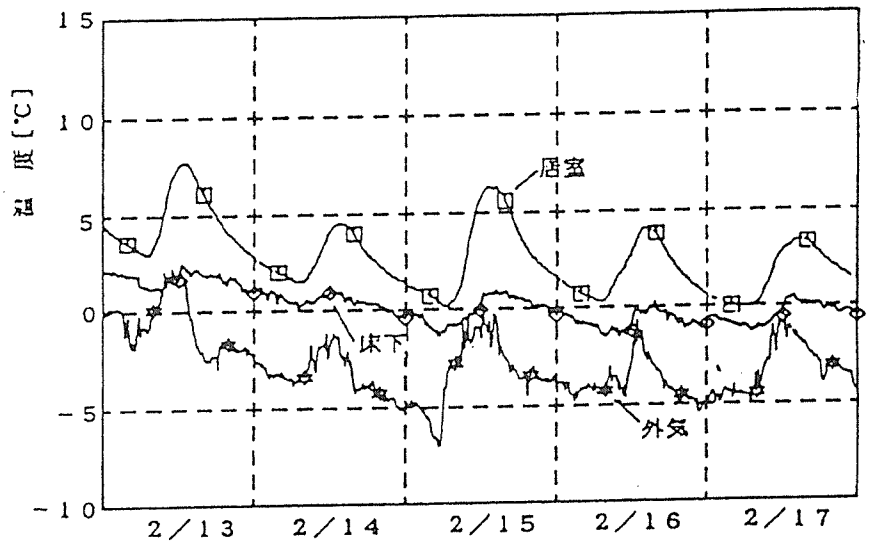
図－39 土台の結露性状（換気口：閉）[22),41)]



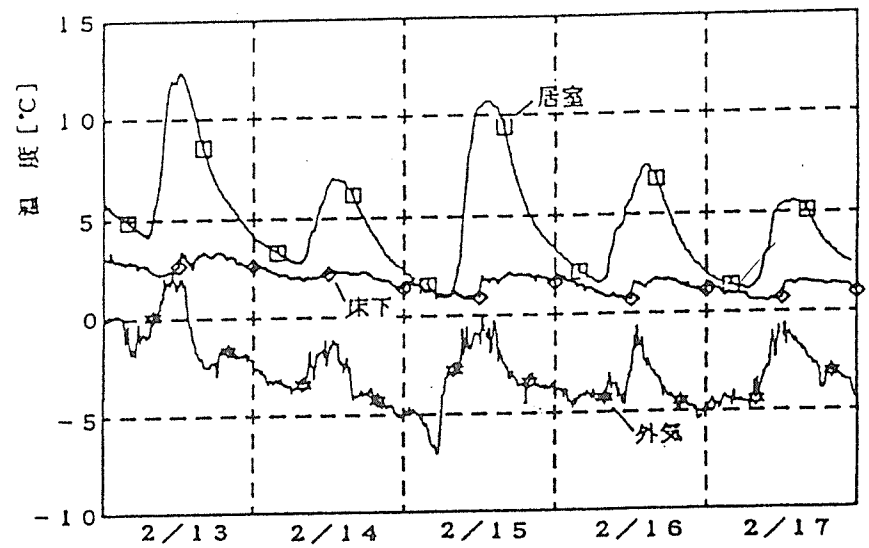
図－40 床下の絶対湿度（換気口：開）[22),41)]



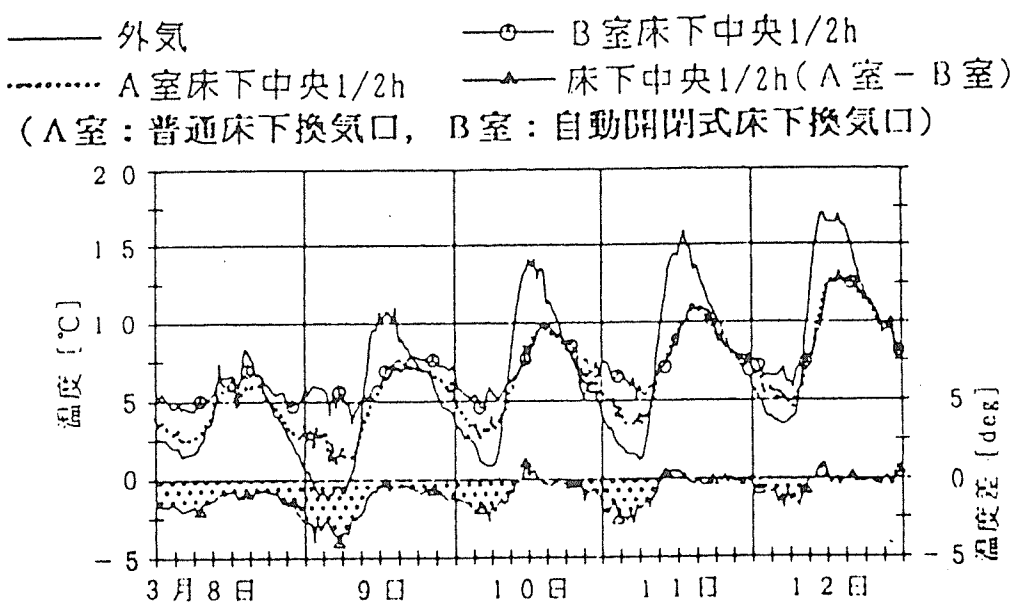
図－41 土台の結露性状（換気口：開）[22),41)]



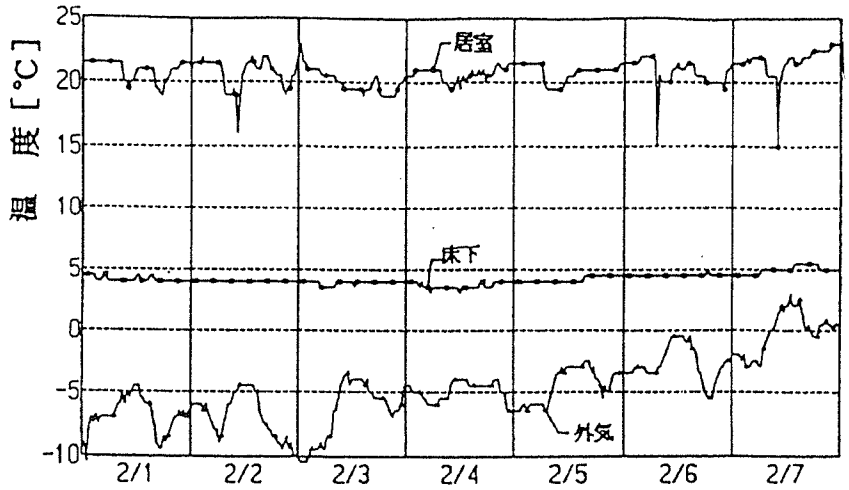
図－42　床下の空気温度（換気口：開）[16)]



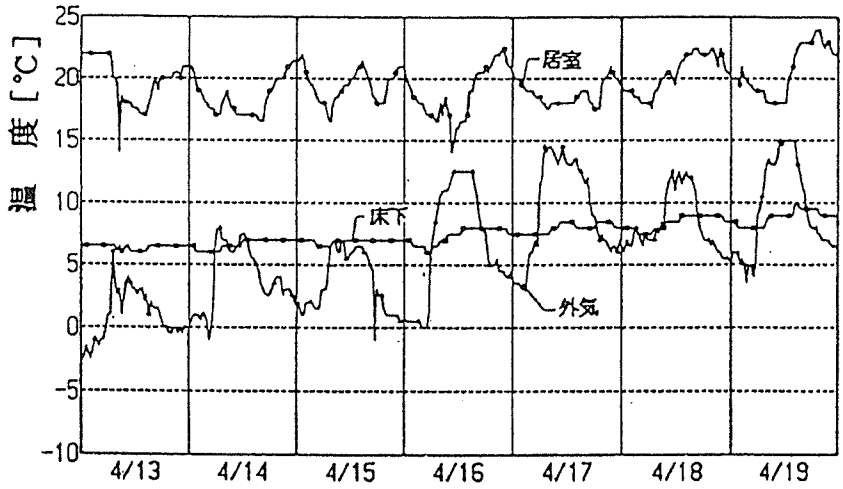
図－43　床下の空気温度（換気口：閉）[16)]



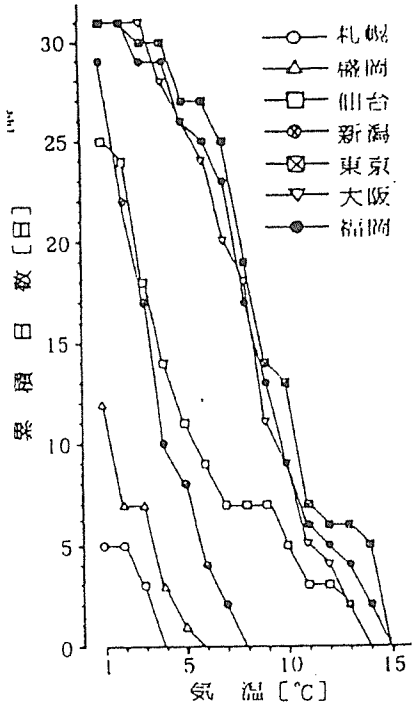
図－44　床下の空気温度[17)]
自動開閉式換気口と通常換気口（換気口開）の比較



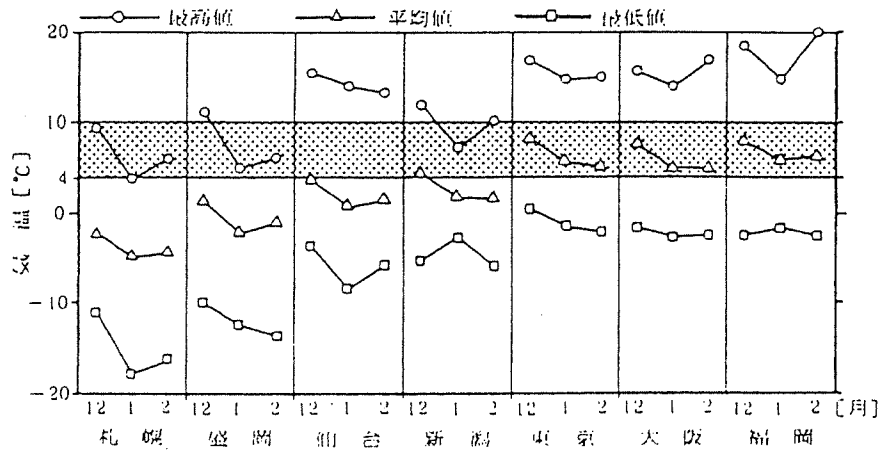
図－45　床下の空気温度（換気口：開）[59]



図－46　床下の空気温度（換気口：閉）[59]



図－47　外気温度の日最高の累積日数（標準気象データ，１月）[18]
例えば，1月の札幌において1℃以上の日が5日間あることを示す。



図－48　外気温度の月別の最高値・平均値・最低値（標準気象データ）[18]

3　床下ソイルカバーの完全化による換気効果の検討

3.1　床下防湿に関する検討

1）日本は降水量が多く，土壌の水分含水量も多い[7]。

2）裸の床下地盤からは，10g／m²・h以上の水蒸気が出ている（図－1参照）。例えば，地盤の面積が50m² だと，約 500g／h に達する[1]。

3）外壁や間仕切壁の通気止めを徹底すると，地盤から発生した水蒸気が床下空間に閉じこめられ，床下の相対湿度が非常に高くなり土台などで結露を引き起こす（図－2参照）[1]。

4）冬期は床下の水蒸気濃度は非常に小さく，普通2～3g／m²・h程度で，夏期は外気が高湿度のため外気の水蒸気濃度が大きいので，床下の湿度が高くなる恐れが多く，十分な換気が必要である[11]。

5）床下の絶対湿度は，5月より増加し，8月に最高に達する。それ以後は減少を続けて2月には最低となる。外気の絶対湿度と同様の傾向になるが，相対的にそれよりも高い。また，床下の水蒸気発生量は床下の絶対湿度と似ているところが多く，水蒸気発生量が床下の絶対湿度に大きな影響を与えている（図－3，図－4参照）[41]。

6）天候によって大きく左右され，雨の日は 4.25g／m²・h と少なく，曇りの日はやや多い。晴れると 20.0g／m²・h と急激に増加する。水蒸気発生量は外気温度の上昇とともに増大し，夜間は発生量も少なくなり，安定した発生状態を維持している（図－5参照）[41]。

7）地盤面に防湿シート（0.15mm厚）を施工した場合の水蒸気発生量は，10月4日から10月5日にかけては，1.25g／m²・h と極めて少ない。防湿シートをしていない場合と比較すると，1／4に減少しており，高断熱・気密化などの対策にも有効である（図－6参照）[41]。

8）床下地盤からの水蒸気発生は昼間の外気温度上昇とともに増大し，夜間から朝方にかけて減少する。水蒸気発生量は季節や場所によって異なる[53]。

9）床下の土がむき出しのような場合は土中から蒸発する水を押さえねばならない。とりわけ夜と朝は地盤の表面温度の方が空気温度より高いので土からの蒸発が盛んだから湿めるのである[9]。

10）住宅を建設する以前に，水田のように土壌に水分が多い場所では水位が高

く，床下空間への水蒸気の蒸発量が多くなり，結露に対して悪い条件となる[7]。

11）床下結露には外壁の内部結露と同様に室内から侵入した水蒸気が結露するもの，地盤面からの水蒸気が非暖房室の冷たい床版に結露するもの，転ばし根太[注11]や束が地盤やコンクリート面の水を吸い上げるものなどがある[53]。

12）床下空間の湿気は，結露だけでなく，腐朽菌の発育が促進される原因ともなる。特に床下空間の温度が冬季より高い夏季については，日射が入らない床下の土壌表面は床下空気の露点温度以下になりやすく，相対湿度は高くなり，土台などの木材が腐る原因となる[7]。

13）床下は，十分な換気開口の確保と地盤面の防湿措置をあわせて行うことにより，環境を外気に近く保つことが原則である[12]。

14）換気口は通風がうまく行えるような配置や個数を増やすようにしているが，構造上限界がある。このため，床下地盤からの発湿を押さえる防湿層（グランドシート）の施工は，冬期の結露防止には大きな効果を上げている。しかし夏期は床下の空気より外気の絶対湿度が高くなる時期があり，吸湿能力の高い地盤への防湿層（グランドシート）の上に砂を敷くなどして対処している[15]。

15）床下空間の設計においては，通気開口の確保と床下地盤面の排水・防湿が必要不可欠な両輪である[12]。

16）床下地盤面の排水には勾配に対する配慮，床下地盤面の防湿にはシート敷設またはコンクリート打設が望ましい[12]。

17）温暖地で地盤の状態が良い場合には，防湿処理を省略できる。その代わり，床高を高く，換気口を増設して，換気の一層の促進を図る必要がある[1]。

18）防湿フィルムの全面に乾燥した砂又は砂利で押えた場合には，外周部の布基礎に設ける床下換気口を省略できる[32]，[54]。

19）床下地盤（床下が土間コンクリートの場合を除く）は，建物周囲の地盤より50mm以上高くする（相当の防湿効果があるとの報告[53]）[1]，[2]。

20）床下地盤面にはソイルカバーを施すことによって，床下環境は大幅に改善されることになるため，必ず設けることを原則とすべきである[10]。

21）床下の湿気と建物の含水状態との関係について調査した例であるが，いず

れも床下防湿施工の効果がよくあらわれていることがわかる（図－7，図－8参照）[52]。

22）図－9に床下換気口の有無別に性能の異なる各種防湿層（ソイルカバー）を用いたときの防湿効果（床下湿度の測定結果）を示す。ただし，梅雨時には逆に水蒸気が地表面で凝結することがある。これは高温多湿の空気が床下に侵入し，低温で吸水性のないソイルカバーの表面で起きる一種の結露現象である。したがってソイルカバー表面は不陸がないように仕上げ，かつ排水溝を設けておくことが必要である[11]。

23）防湿方法は地表に防湿層を設けること，建物周辺の風通しをよくし，換気口を高くする（図－10参照）である[9),10]。

24）床下地盤面にビニルシートを設けたケースと，土間のままのケースとの比較実験である。実際の建物の床下をいくつかに区切り換気口の外と床下に吊るした同じ高さのろ紙の含湿率の年間変動を示したもので，土間のままの床下ははなはだ湿るが，隙間なくビニルシートを完全に張ったものは，外界のそれと全く同じであり乾いている，床下防湿層が有効なことを示している（図－11参照）[9),10]

25）床下地盤全面にJISZ1702（包装用ポリエチレンフィルム），JISK6781（農業用ポリエチレンフィルム）若しくはJISK6732（農業用ポリ塩化ビニルフィルム）に適合するもの又はこれらと同等以上の効力を有する防湿フィルムで厚さ 0.1mm以上のものを敷きつめる[32),54]。

26）床下地盤全面に防湿シートを敷き詰め，重ね部は 150mm以上，布基礎の立上がり部は 100mm以上確保し，その上で乾燥した砂又は砂利を乗せて押える。砂または砂利の代りに，厚さ60mm以上のコンクリートを打設する方法（コンクリートに先立ち，床下地盤は地盤面より盛土し，十分突き固める）もある（表－1，表－2，図－12参照）[1),2),7),53),55]。

27）束石部は，石下面に防湿シートをもってくるか，石に直接貼るかのいずれかとし，束石の支柱にもってこないようにすることが必要である[1]。

28）防湿材料使用に当たっては，気密保持の施工精度（切れ目や破れなどのないように施工[1]）を上げる必要がある[20),34]。

29）土台などでの結露を防ぐのが，地盤の防湿処理であり，これと併せて，適

切な換気口の設置，換気経路の確保を図ることも大切である[1]。

30）外気に通じる床裏は，地盤面を防湿層で覆うこと，換気口を適正な位置に配置すること等により，防湿上有効な措置を講じることにより結露を防止することができる[1]。

31）床下換気の促進を図ることも重要で，床下換気口を配置よく，十分にとる必要がある[53]。

32）床下防湿シートの無い自動式開閉床下換気口は床下地盤面からの湿気が床下内に溜まり易く，高湿な状態が長期間にわたって継続するため，木材の含水率の上昇など耐久性の点で危険な状態になることがわかった（図－13，図－14参照）。また，床下防湿シートの有る自動開閉式床下換気口と普通床下換気口を比較すれば床下空間の湿度に関して，ほぼ同じ性能になった（図－15，図－16参照）[17]。

33）冬はビニールを敷くと温度の変化はないが湿度は80～90％のものが，50～70％に低下して効果がある（図－17参照）[31]。

34）床下に防湿シートを敷設（Ｂ棟）すると，結露の危険性が高い夏季（６月中旬～８月中旬）に床下空間がやや高湿になっている（図－18，図－19参照）[8]。

35）平均的な日変動パターンで床下の絶対湿度（防湿層がある場合）をみると，ほとんど日変動せずに一定で，夏季にはやや高湿となり，冬季には逆に低湿となる。これは夏季には防湿シートによって床下空間から地盤面への水分の移動が阻害されていることを意味する（図－20，図－21参照）[8]。

36）床下空間の露点温度の方が地表面温度よりかなり高く，地表面での夏型結露（夏季の１ヶ月間の測定データ）は，発生していない（図－22参照）[8]。

37）壁内下部の通気止めをした場合，木片による重量含水率で1.0～1.5％程度低くなる。ソイルカバーを施工した場合，結露指数[注12]はほとんど０になり，同時に木片の重量含水率にも低下の傾向が見られる。ソイルカバーの施工は入念に行う必要がある[24),25]。

38）ソイルカバーを良施工した場合，結露指数[注12]は非常に少なくなり，床下は無く壁内下部の通気止め無しの場合に見られる程度である。床下近傍の温度環境は床下の北側と南側では２℃程北側が低い[26]。

39）床下と壁では床下の方が常に2℃以上高く推移する。ソイルカバーの良施工と雑施工では土台の含水状態に大きな違いが見られる。湿気透過実験によってソイルカバーを良施工した場合は湿気透過係数が小さい[26]。

40）床下防湿層（グランドカバー）の効果については，湿度が20%近く低下することが，土居らの実験で確かめられている[19]。

41）ソイルカバーを設けると，土中からあがってきた湿気はソイルカバーによって床下まであがることなく，床下は乾燥状態になっていることが確認された（冬季，室温20℃，湿度50%の条件）[36]。

42）試料④（ポリエチレンフィルム 0.1mm厚，重ね代15cm（完全に密閉施工））とした場合には室内（測定箱周囲の濾紙の吸水量）の値をわずかしか上回っていないことから，土壌から漏れた湿気はほんの僅かであったと推定できる。その他の3試料（試料②（土間コンクリート50mm厚（打設後1年経過したもの）），試料③（レミファルト3.0mm厚（防湿，防蟻兼用の性能を備えたアスファルト混合物で，床下地盤面を締め固めた上に全面に敷き固めて施工）），試料⑤（ポリエチレンフィルム 0.1mm厚，開口率5%（45×45cmの穴を均等に4カ所の隙間施工））とした場合）に着目すると試料③とした場合は僅かに他に比べて良い値を示す結果になっている（**図－23参照**）[10]。

43）冬期床下防湿，乾燥には，アスファルト合材（レミファルトT）の性能が良好である[20),34)]。

44）防湿層を設ける理由と，工法及び材料性能，施工程度によって，水蒸気圧の異なることが理解できる[20),34)]。

45）床面積（68.8m^2）のうち，6%（約 0.9m^2）程度の防湿層欠損があれば，地盤によって床下水蒸気圧は室内側に湿流する可能性がある[20),34)]。

46）無処理槽（試験槽No.1工法）は，外部に面するコンクリート全面に結露現象がみられた。その他の試験槽では，結露現象はみられない[21]。

47）ポリフィルムを敷きつめた槽（試験槽No.2工法）は，気密保持の施工精度を上げることによって，防湿効果を十分に上げることが可能と考える[21]。

48）コンクリートを打設した槽（試験槽No.3工法）は，木片含水率の変動からみて，コンクリートのみによる長期間の防湿効果は期待できない[21]。

49）常温アスファルト合材を舗設した槽（試験槽No.4工法）は，防湿性能は良

好である[21]。

50）ソイルカバーを施さない場合は，地盤面からの水分蒸散により床下躯体の含水率が増加する（図－24参照）[30]。

51）敷地が湿地の場合は，床下の地表面にポリフィルムなどの防湿層（グランドカバー）を敷き，土中からの水蒸気の発生を防ぎ，その上に砂５～10cmに覆い，夏期の結露を防ぐ（図－25参照）[19]。

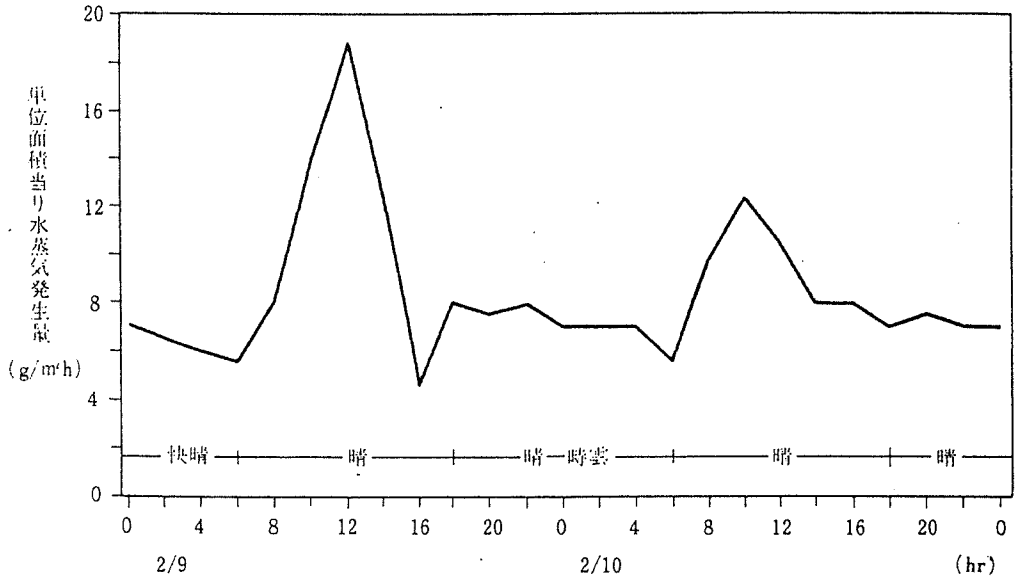
52）床の断熱材の高温側，すなわち室内側に防湿層（ポリエチレンフィルムを重ね貼り）をつくり，同時に床下の土壌に対してはソイルカバーを設けて水分の蒸発を抑えておく必要がある（図－26参照）[27]。

53）地盤がある程度乾燥していても，基礎断熱をして床下温度の高いときは床下の絶対湿度が上昇し，図－27の示すように外壁の壁内結露の原因となるのでソイルカバーが必要である。もっとも，この被害は断熱材にグラスウール，ロックウールなど通気性の材料を用いたときに発生する。また，壁体に床下から通気しないような構造にしたときは発生しない[35]。

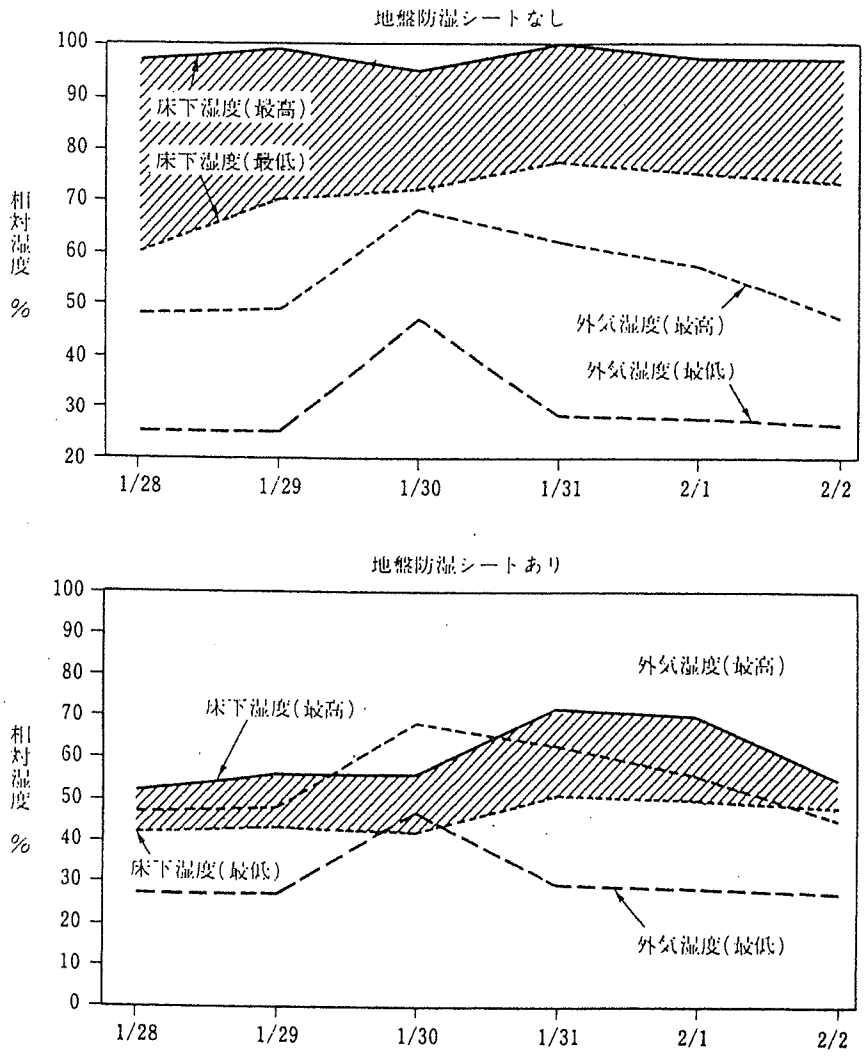
54）土壌カバーの効果は東洋大学永峰氏の実験からも明らかであるが，文献（"Condensation Problems in Your House, Prevention and Solution" L.O. Anderson and G.E.Sherwood. U.S.Department of Agriculture. Forest Service.）では床下換気口の面積は土壌カバーがある場合は1／10の面積でよいとしている（表－３，表－４参照）[44]。

55）床下は，戸建の住宅にとって室内と並ぶ大きな水分発生源である。発生した水分は通常，床下換気によって排出が期待されるが，多雪地や強風地では換気口を閉めることが多いなどの問題点もある。床下防湿は，これらの原因である地盤面からの水分発生をシートやコンクリートで覆うことにより，元から断とうと意図したものである。雨水の侵入や漏水でもないかぎり，一般には床下環境を乾燥化するのに役立つことが確かめられており，ことに造成地など地盤が湿潤な敷地で効果が期待できる[12]。

56）床下環境改善のために，床高を上げ通風をよくする方法も考えられるが，防湿上の効果が換気口閉鎖とともに失われるなどの問題があり，結露防止の観点からは次善の策といえる[12]。

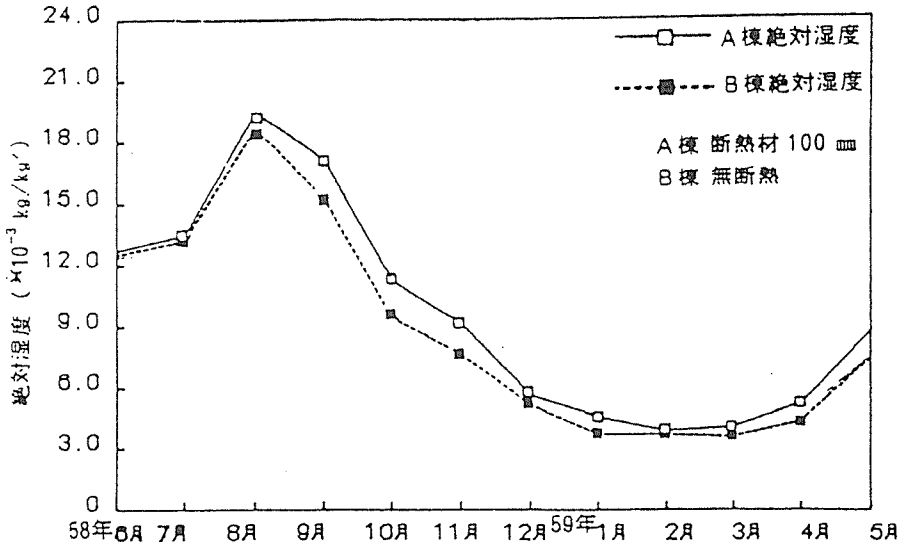


図－1　床下地盤からの水蒸気発生量（単位面積当たり） [1), 53)]

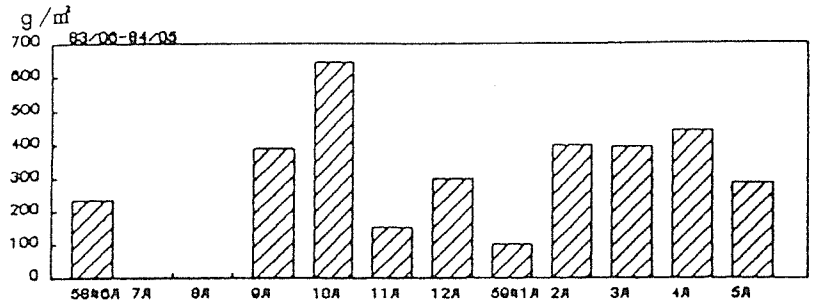


測定期間　昭和61年1月28日～昭和61年2月2日

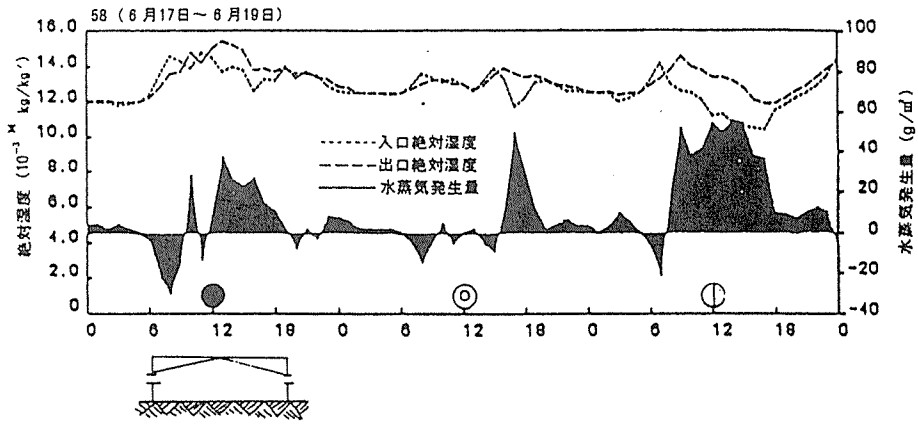
図－2　床下の湿度変動の相違実測例（地盤防湿シートの有無による） [1)]



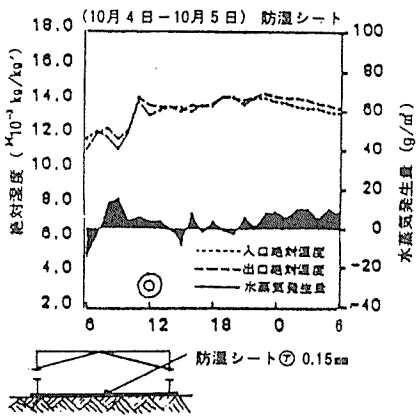
図－3　床下の年間絶対湿度変動[41)]



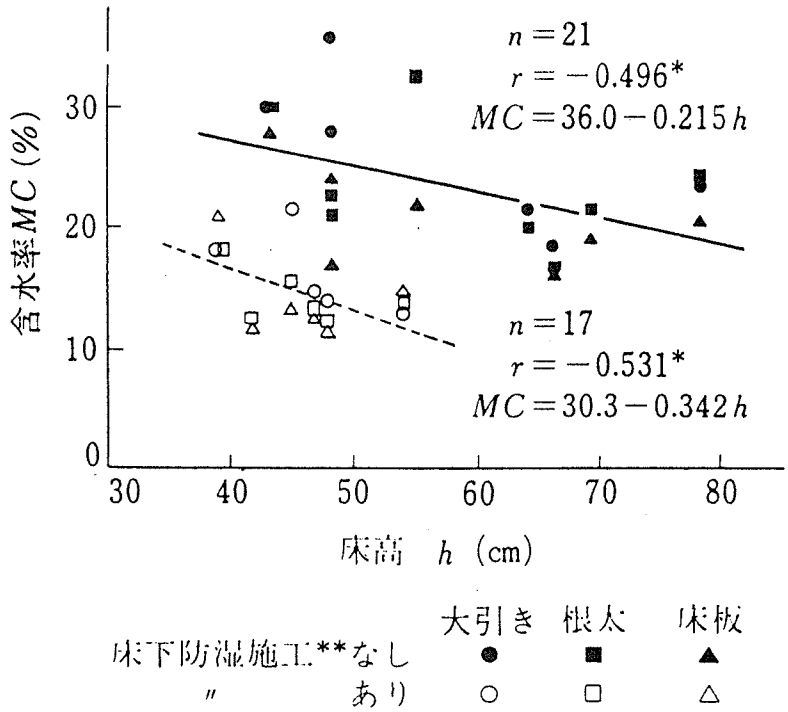
図－4　床下の年間水蒸気発生量変動（1日当たり）[41)]



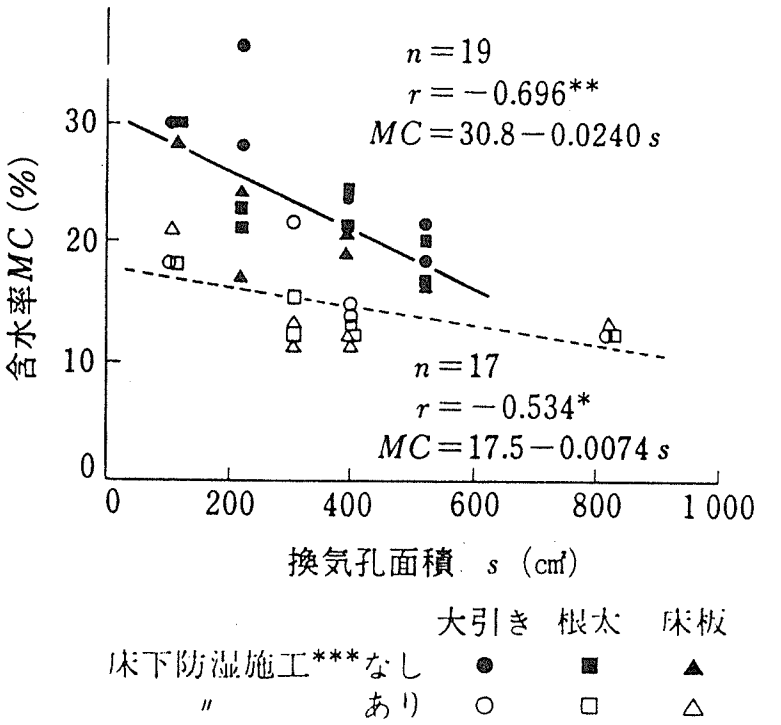
図－5　地盤面の水蒸気発生量（防湿シートをしない場合）[41)]



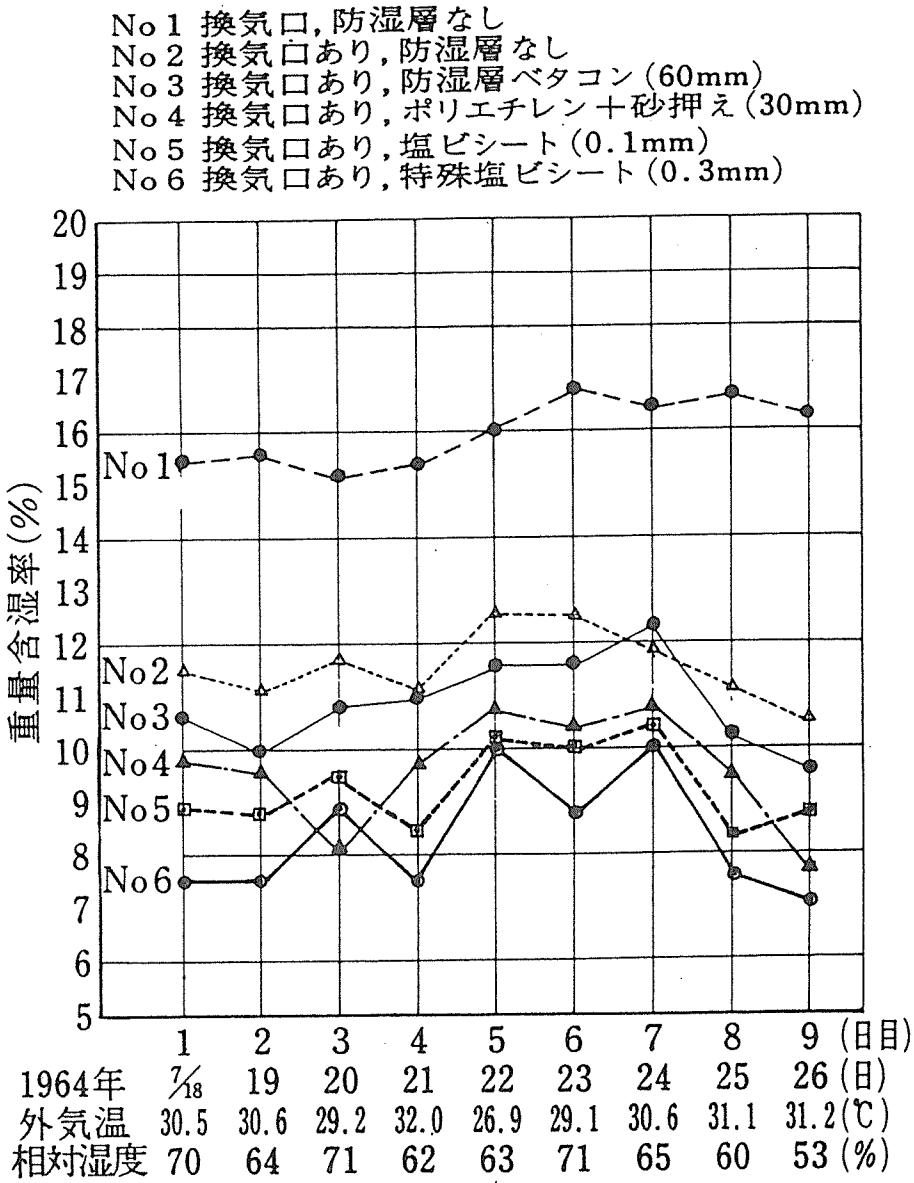
図－6　防湿シートをした場合の水蒸気発生量[41)]



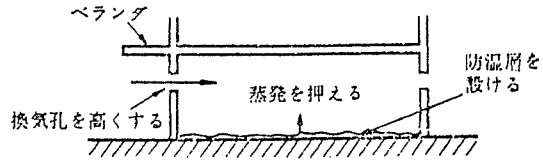
図－7　床高と床組部材・床板の含水率の関係[52)]
（在来構法・枠組壁工法，平家・2階建建物，合計7棟，外周壁：モルタル塗り，外周基礎：布基礎，建築後経過年数：2~35年，所在地：茨城県・千葉県・東京都・神奈川県・愛知県）
**コンクリート打ちあるいはプラスチックシート敷設，*危険度5%で有意差あり



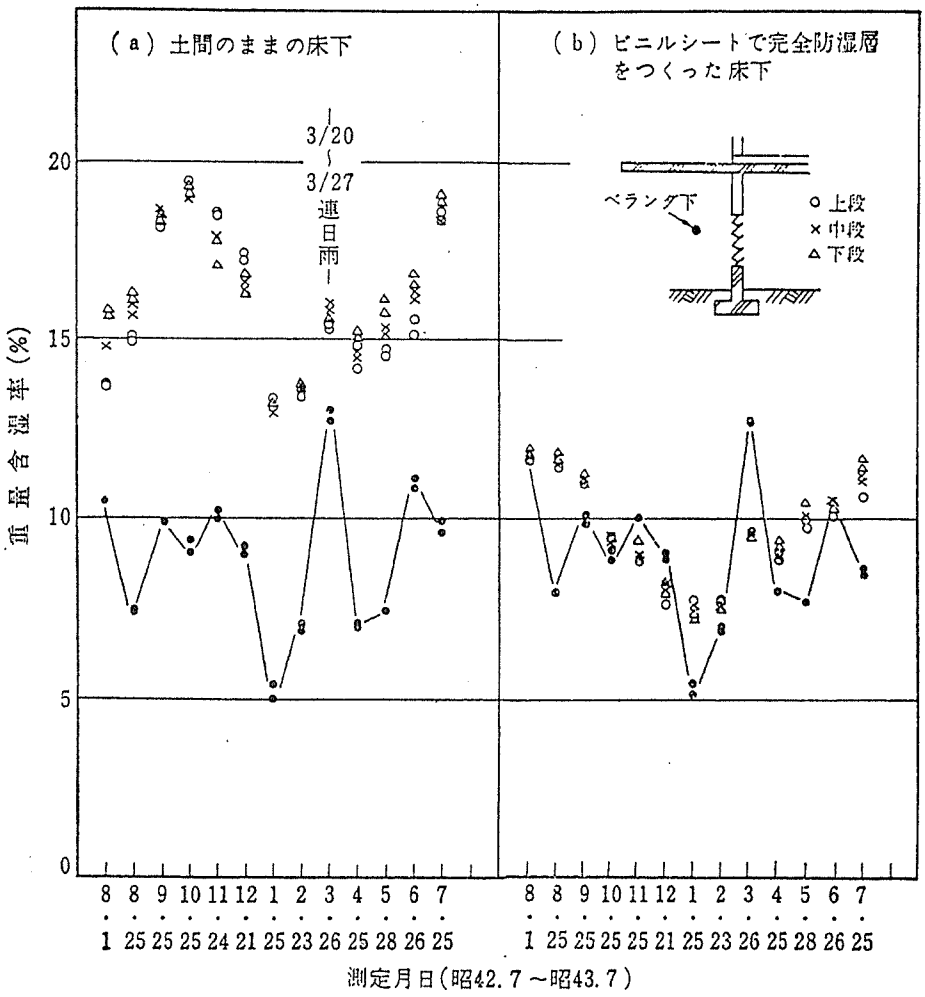
図－8　床下換気口面積（外周壁5m当たり）と床組部材・床板の含水率の関係[52)]
（在来構法・枠組壁工法，平家・2階建建物，合計7棟，外周壁：モルタル塗り，外周基礎：布基礎，建築後経過年数：2~35年，所在地：茨城県・千葉県・東京都・神奈川県・愛知県）
***コンクリート打ちあるいはプラスチックシート敷設，**危険度1%で有意差あり，*危険度5%で有意差あり



図－9　各種ｿｲﾙｶﾊﾞｰの防湿性能[11]



図－10　床下の図[9)]



図－11　1年間の床下の湿気測定例（ろ紙の含湿率）[9),10)]
（斎藤・大関：昭28.5，昭31.10，昭44.8，の建築学会論文報告集）

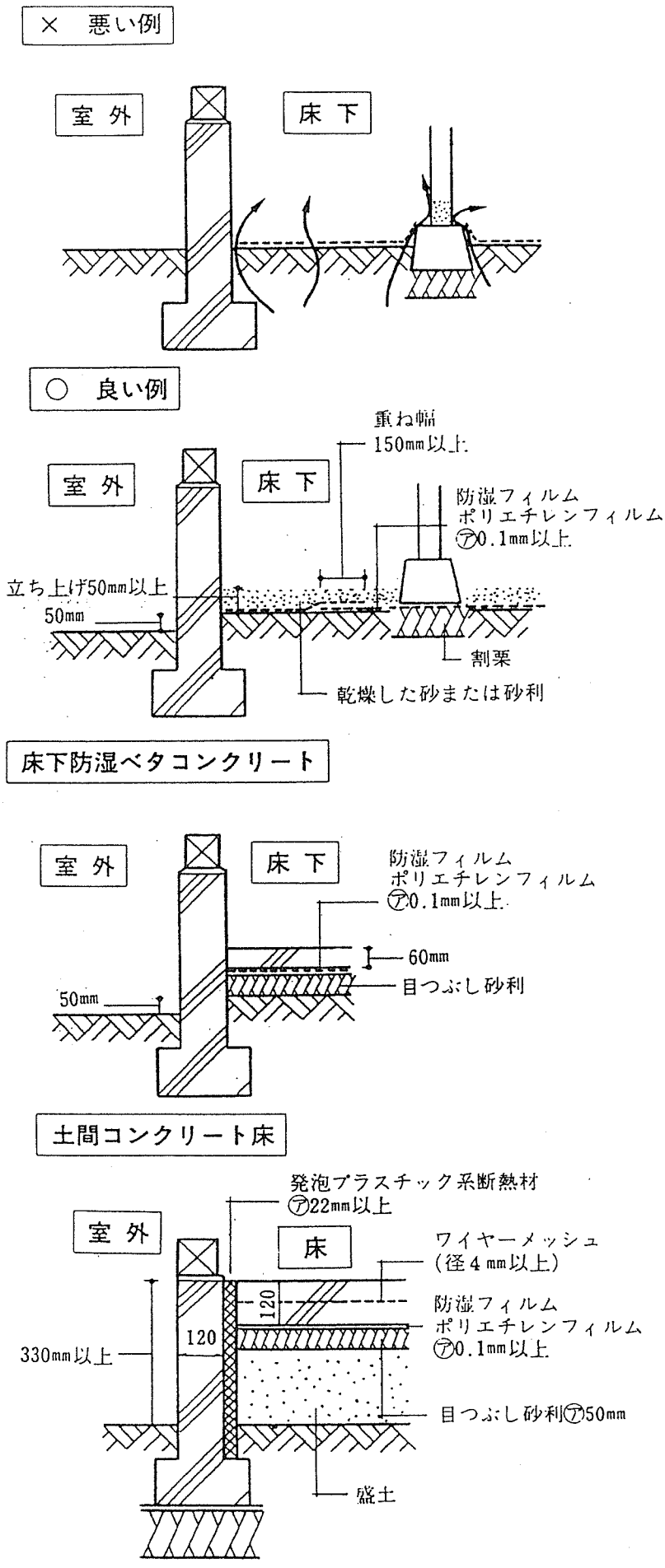
表－1　結露防止性能基準（補正前県別基準値）[1)]

地域区分	都道府県名	断熱仕様			防露仕様						
		基準断熱厚(mm)			室内側		外気側			床下防湿	
		天井	壁	床	別付防湿層	付属防湿層	ランク1	ランク2	ランク3	A	B
I	北海道	150	100	100	○		○			○	
II	岩手	135	90	90	○		○			○	
	青森	120	80	80	○		○			○	
	秋田	105	70	70	○		◎	○		○	
III	長野　栃木	120	80	80	○		○			○	
	山形　宮城　山梨　茨城 福島	105	70	70	○		◎	○		○	
	群馬	90	60	60	又は				○	○	
	石川　新潟　福井　富山 滋賀　岐阜	75	50	50	◎ ○	○ 又は	◎ ◎	◎ ○	○	○	
IV	埼玉＊岡山	90	60	60	◎	○		◎	○	○	
	愛知　京都　奈良　島根 広島　高知　東京　神奈川 三重　鳥取　香川　熊本	75	50	50	◎	○		◎	○	○	
	兵庫　和歌山　大阪　佐賀 大分　静岡　千葉＊福島 愛媛　福岡	60	40	40		○		◎	○		◎
	山口　長崎	45	30	30		○			◎		◎
V	宮崎　鹿児島	60	40	40		○			◎		◎

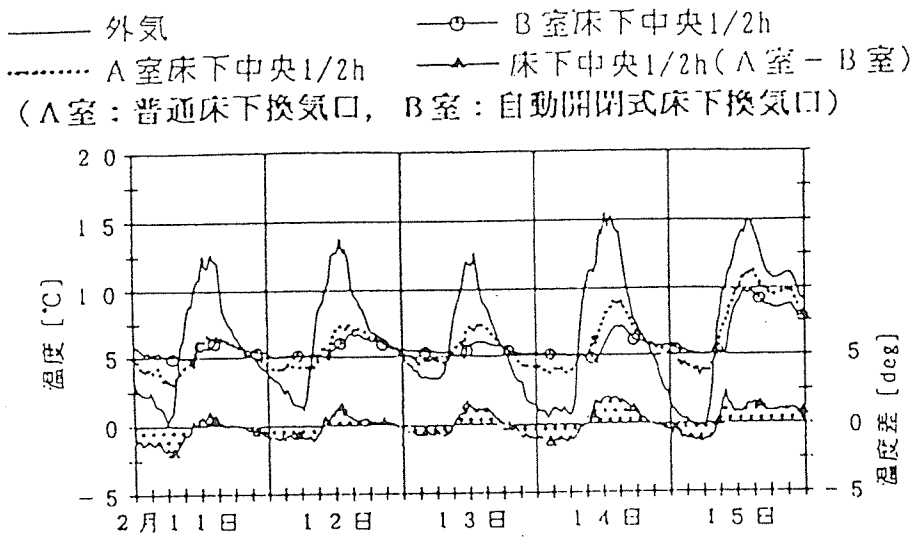
○基準仕様、◎推奨仕様、＊埼玉は熊谷、千葉は銚子を基準地とする、断熱材はグラスウール10K相当品
ただし、積雪補正：年間積雪量が1m以上の地域においては別付防湿層施工または外気側防露仕様のグレードアップを行う。
高度補正：建設地の標高300mにつき断熱厚10mmを加算する。

表－2　床下防湿ｸﾞﾚｰﾄﾞ[1)]

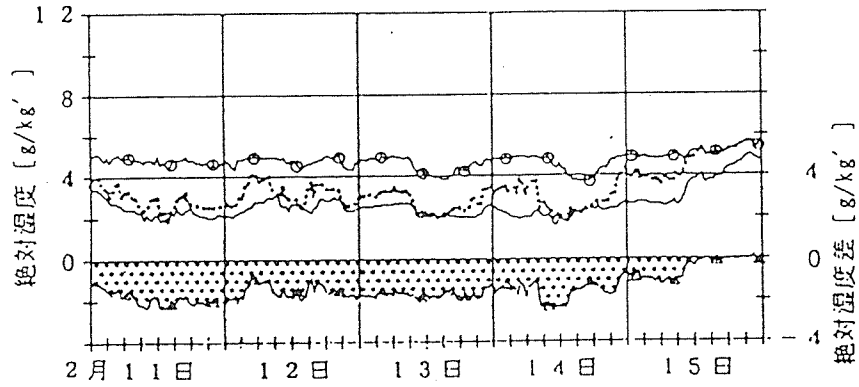
グレード区分	地盤防湿仕様		換気口仕様
B　A	土間コンクリート＋防湿シート （コンクリート厚150mm以上の場合防湿シート省略可）		現行規定
	防湿シート＋押え砂		現行規定
	規定なし	現行規定強化（高規格住宅並） 基礎高　400 mm以上 換気口面積 120 cm²／周長（m）	
C	規定なし		現行規定



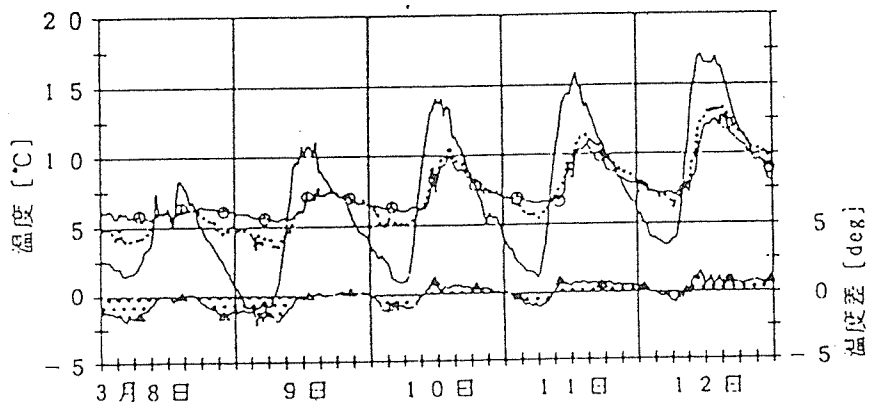
図－12　床下地盤の防湿工法[1]



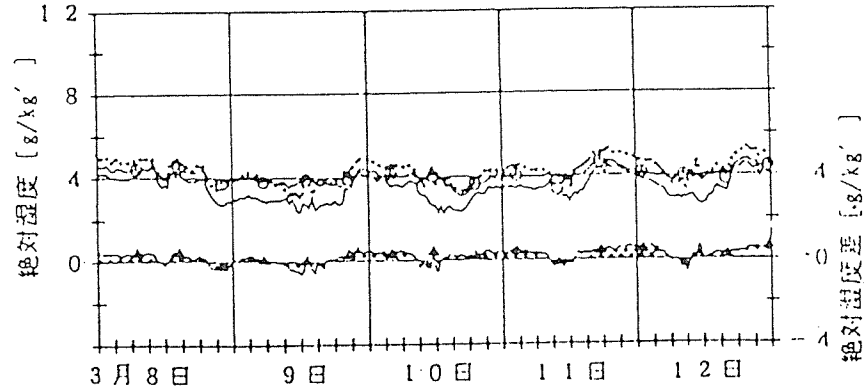
図－13　床下の空気温度の変動（防湿シート：無）[17]



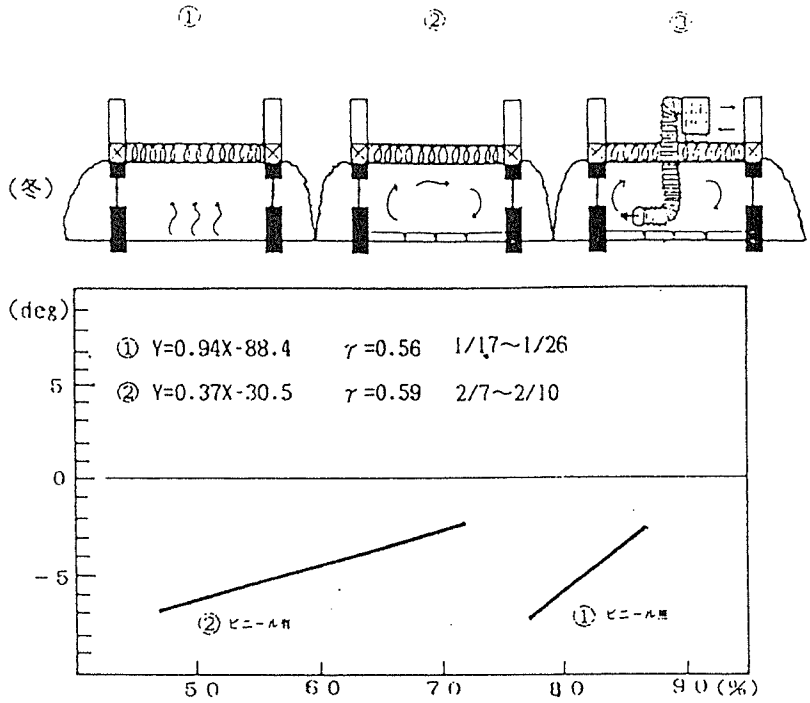
図－14　床下の絶対湿度の変動（防湿シート：無）[17]



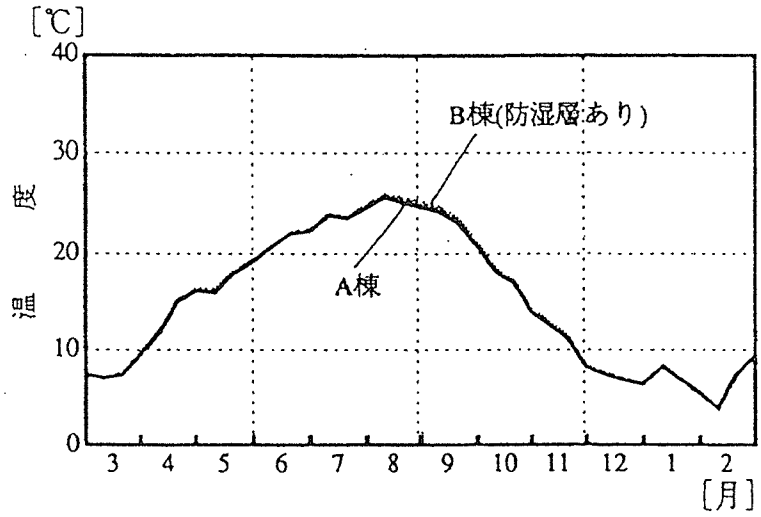
図－15　床下の空気温度の変動（防湿シート：有）[17]



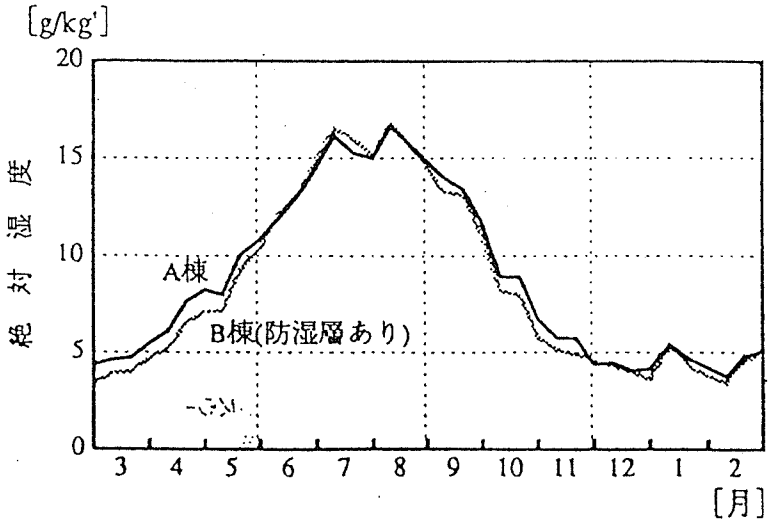
図－16　床下の絶対湿度の変動（防湿シート：有）[17]



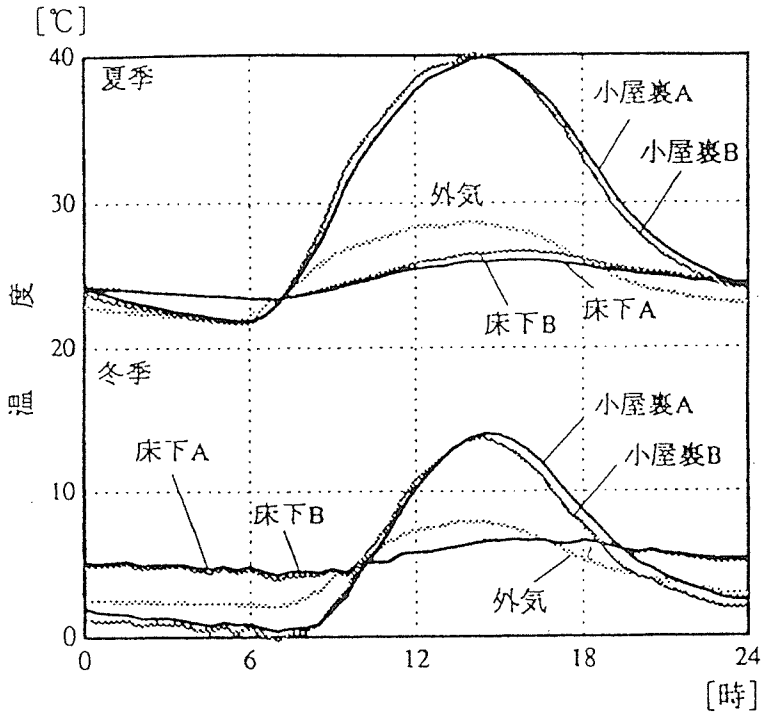
図－17 （外気－床下）温度と床下湿度（1986年，冬）[31]



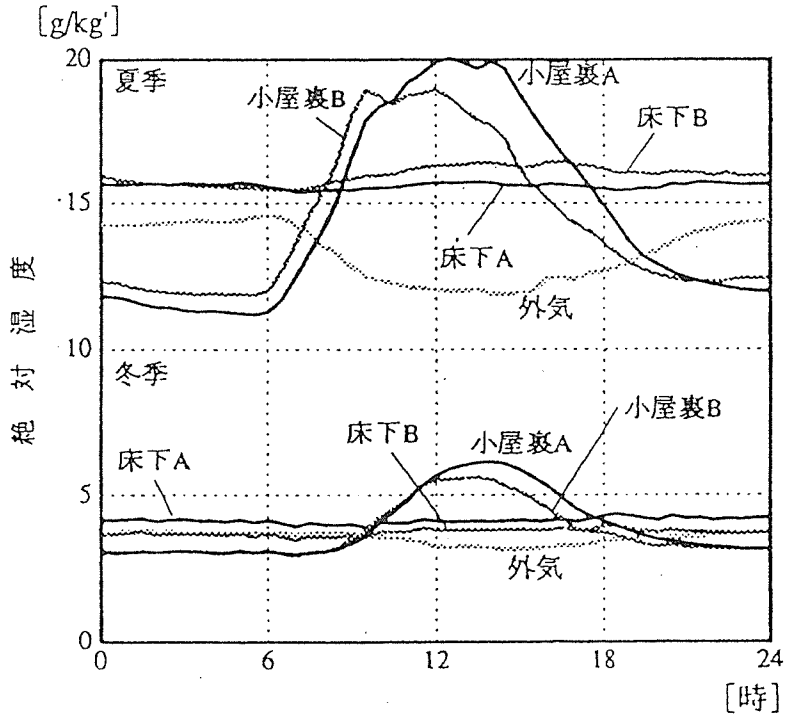
図－18 床下防湿の有無による温度変化[8]



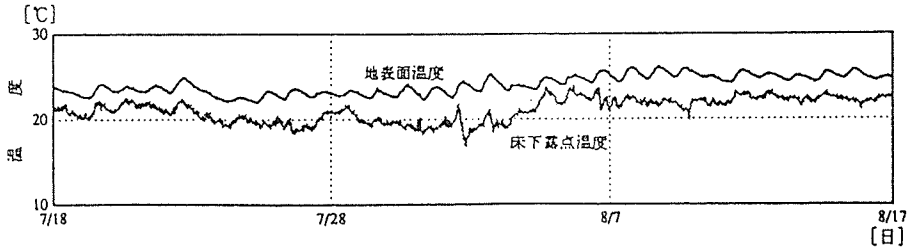
図－19 床下防湿の有無による絶対湿度変化[8]



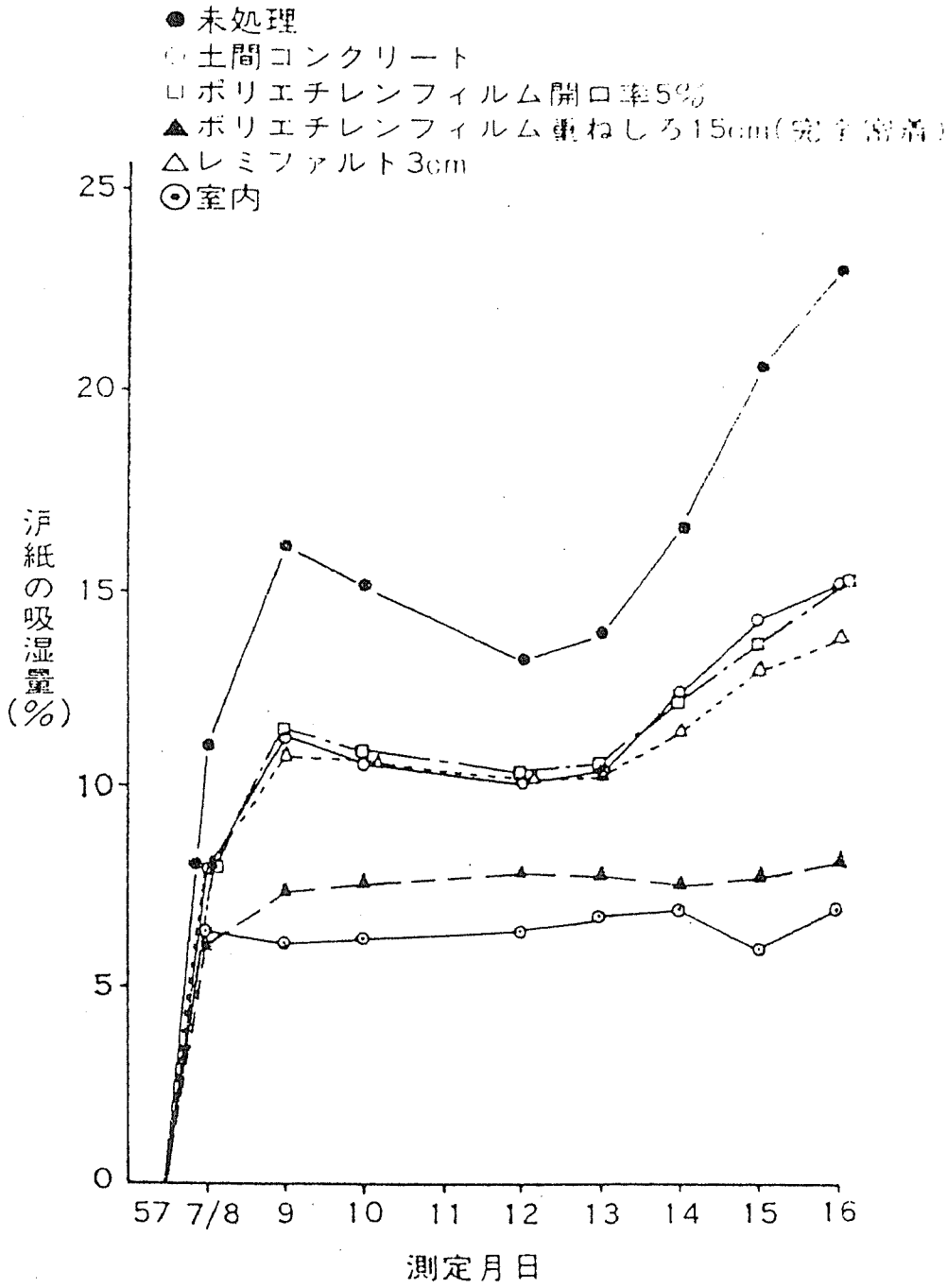
図－20　夏季・冬季の平均温度の日変動[8)]



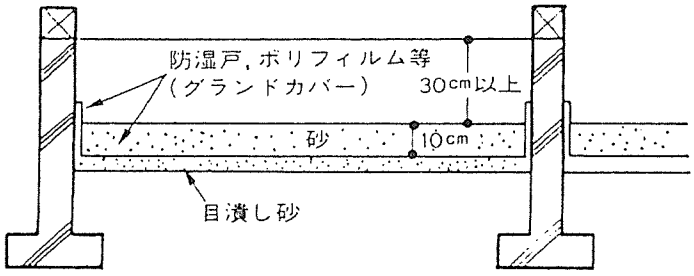
図－21　夏季・冬季の平均絶対湿度の日変動[8)]



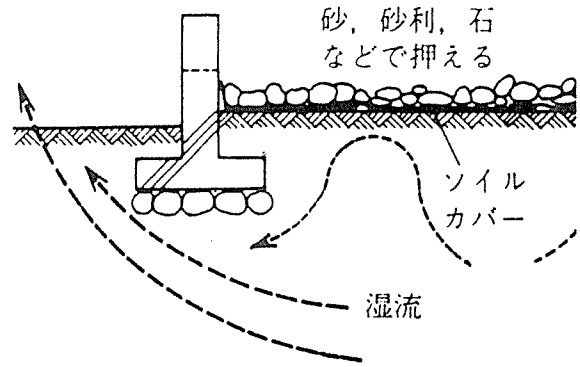
図－22　床下結露の判定[8)]

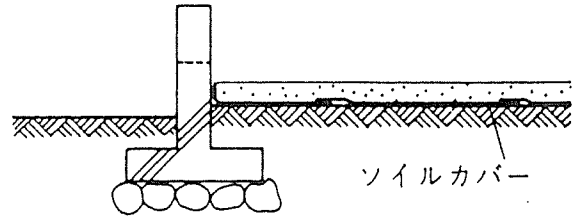


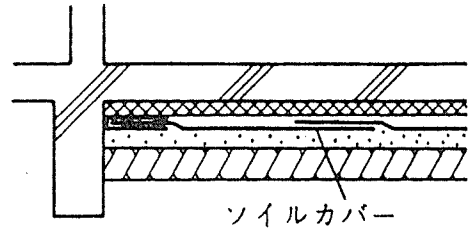
図－23　各防湿層試料装置内の吸湿変化[10)]



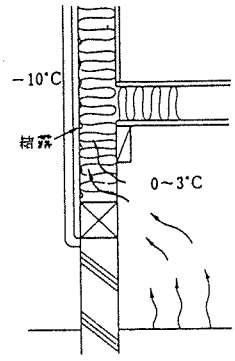
図－25　ｸﾞﾗﾝﾄﾞｶﾊﾞｰ[19]







図－26　ｿｲﾙｶﾊﾞｰ敷設例[27]



図－27　地盤蒸発による外壁内部結露[35]

表1　床　下　換　気　口

床下地盤面	床面積に対する総有効換気口面積の比率[1]	換気口の最低必要数[2]
防湿材被覆なし	1/150	4
〃　　あり	1/1500	2

1）換気口の実際の面積はルーバーの種類およびスクリーンの寸法によって決まる（表2参照）。

2）床下換気口は空気の流れが最もよくなるように配置しなければならない。2箇所に設ける場合には，1つはもっとも多い風向の風上側に，もう1つはその反対側に配置する。

表2　床下および屋根裏の換気口にルーバーやスクリーンを使用した場合の換気口面積割増係数

換気口遮蔽物（ルーバーおよびスクリーン[1]）	必要有効面積から実際の総換気口面積を求めるための割増係数（乗数）
1/4 インチメッシュ ハードウェアクロス (hardware cloth)	1
1/8インチメッシュスクリーン (Screen)	1 1/4
No. 16 メッシュ網戸用スクリーン（平板金属ルーバーがあるなしにかかわらず）	2
木製ルーバーと1/4インチメッシュハードウェアクロス[2] (hardware cloth)	2
木製ルーバーと1/8インチメッシュスクリーン[3]	2 1/4
木製ルーバーとNo. 16 メッシュ網戸用スクリーン[3]	3

1）スクリーンのメッシュの大きさは，床下換気口では1/4インチ以下，屋根裏では1/8インチ以下でなくてはならない。

2）屋根裏換気口の有効面積は図-22，23，24に示す比率により定める。

3）金属ルーバーは端部に水切りがあるために開口面積が減少する。金属ルーバーの場合も木製ルーバーと同じ比率を用いればよい。

3.2　床防湿に関する検討

1）床下地盤面にソイルカバーを施すことによって，床部位周囲の湿度環境は壁部位と同様となるから室内側に防湿層を設けるのが基本になる。その観点から考えて図－31のような例がしばしば見られるが，防湿層が断熱材をはさむことになり，内部結露を誘引する結果になる[10]。

2）床梁と根太材に乾燥材を使用し，床全面に通気性のない材料を施工した上でジョイント部分を気密テープなどで処理した場合は，床の防湿材は省略可能である。ただし，断熱材受けには透湿性の高い透湿防水シートやプラスチックネットを使用することとし，間仕切り壁下部やレベル差のある部分等での防湿処理，気流止めに十分注意する（図－32参照）[56]。

3）防湿フィルムの重ねを十分にとり，隙間のできやすい壁と床，壁と天井の取り合い部分でまき込むようにすることが大切である（図－33参照）[3),54]。

4）床下防湿シートの有無による床下地材含水率への影響は，床下絶対湿度が上昇する昼間に特に顕著に現れる（床下地材の下側には断熱材としてグラスウールを設置しており，このグラスウールから昼間に放湿される水分を床下地材が吸湿するためである）。床下防湿シートを施した場合は，床下地材含水率は昼間に低下する。これに対して，床下防湿シートを施さない場合は，床下地材含水率は比較的一定値を示す（図－34参照）[30]。

5）床面の断熱化は床下表面の温度を低下させ，土台回りや断熱層下部での結露は最近良く見かける現象である[15]。

6）連続基礎で囲う近年の住宅構造では，換気口を設けることが義務づけられているが，その現状は必ずしも十分ではない。多雪地・強風地において，冬季寒さよけと称してふさいでしまう例も見かけるが，これは一歩誤ると床下に湿気をため込むこととなり，非常に危険である。床に十分な断熱を行ったうえで，換気をとる必要がある[12]。

7）地域での床の断熱・防湿対策を考える場合には，床下換気に加え，基礎・地盤面の断熱・防湿措置を行ったうえで，一時的または季節的な危険状態を被害に結び付けないように計画しておく必要がある[12]。

8）水分の多い軟弱地盤の所では，床を高断熱にすると，地盤蒸発水分が床裏表面で結露することがある。非暖房室の床下，長期留守にしたとき，床下一

面に大きな水滴が付くほどの結露被害は珍しくない。この種の被害は，床下が凍結しない程度，床下換気口を開けて除湿換気を図ることで防止することができるが，発湿量を抑えるソイルカバーを床下に敷き込むことがよい[35]。

9）ソイルカバーを施工し，床断熱した場合は，床下の湿度が低くなり床下地盤が乾き，また土台木部の含水率も低いことが確認されている（**図－35参照**）[36]。

10）床断熱に関しては以下のような問題点が多く発生している。①断熱材の支持方法を適切に行わないと，断熱材の重みで簡単に垂れ下がってしまい断熱欠損になり易いこと（**図－36参照**），②床の断熱施工が難しいことから，床の断熱厚が不足し，結露や快適性低下の主因となっているケースが多いこと，③床下で十分な換気量が確保されていない場合が多く，ナミダダケや結露水による腐朽やカビなどの有害微生物が発生し易いことなどである[60]。

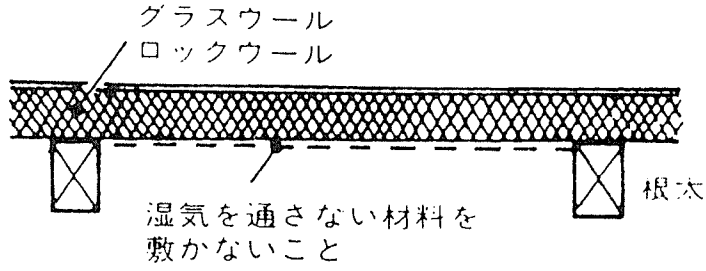
11）床断熱の施工上の注意点（**図－37参照**）は，①断熱材が垂れ下がらないよう十分な剛性を持つ断熱材支持方法を用いること，②断熱性能は，グラスウール16kg／m^3品で最低 200mm程度以上確保すること，③床の防湿シートは特殊な工法（例えばツーバイフォー工法など）を除いて必ず施工すること，④床の防湿シートが間仕切壁などの部分で切れ目が生じないように工夫を行うこと，⑤床下空間が乾燥するよう，十分な換気量を確保すること（換気口は冬期間も開放すること），⑥床下地盤面に防湿シートを敷き込むことなどである[60]。

12）防湿剤メーカーと商品名は次の通り。日本鋪道の「レミファルトーT」，武田薬品の「キルビドライ」，富士デビソンの「調湿師」，広島炭化工業の「さわやかスミクール」などがある[55]。

13）グラスウールの断熱材受けをきちんと施工することに尽きる。**図－38，図－39**のように，大引梁間に断熱材受け桟を渡し，ネットをたるまないように張るのだが，防風層用の透湿防水シートをきちんと貼ると，断熱層に冷気が侵入しにくい。断熱材がたるむと，床下地材が結露で急速に腐朽して床が落ちる事故がよく発生する断熱受けシートで，断熱層が気密に覆われれば別であるが，根太ゾーンは空隙とせず，断熱材を充てんした方が良い。床根太を105mmとするか，大引下端まで 150mm断熱（根太間に50mm，大引間に100mm）

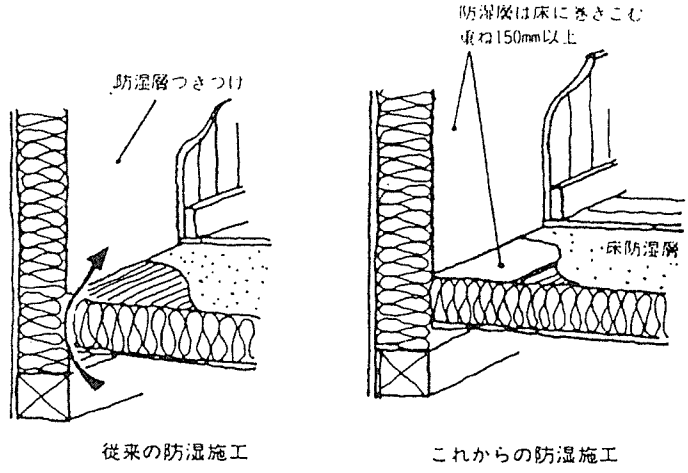
とするのが良いだろう[37]。

14) 床下のある住宅は段違い床に見られる程度でその数は少ない。床下の高温化による床組みの腐朽の防止処置として，換気口を釣合いよく配置すること，床下地盤面と床組材下端面とを30cm以上離すこと，床下地盤面に防水シートを敷きつめることが居住環境（Residential Standards（RS）（ACNBC,1977））に定められている（図－40参照）[100]。

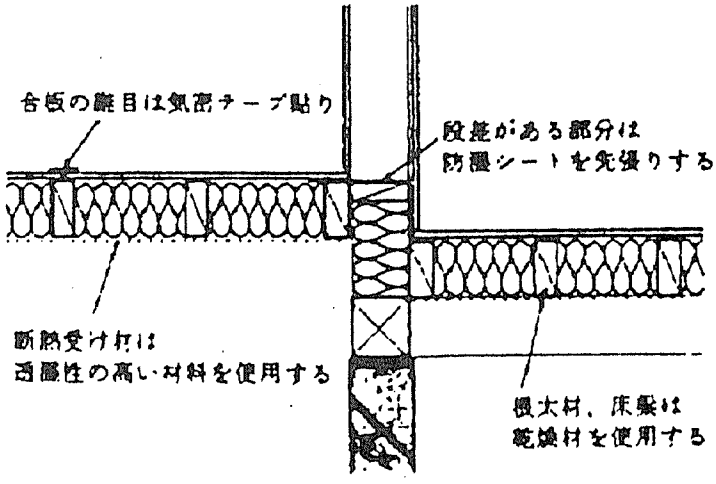


図－31　床の防湿フィルム[10)]

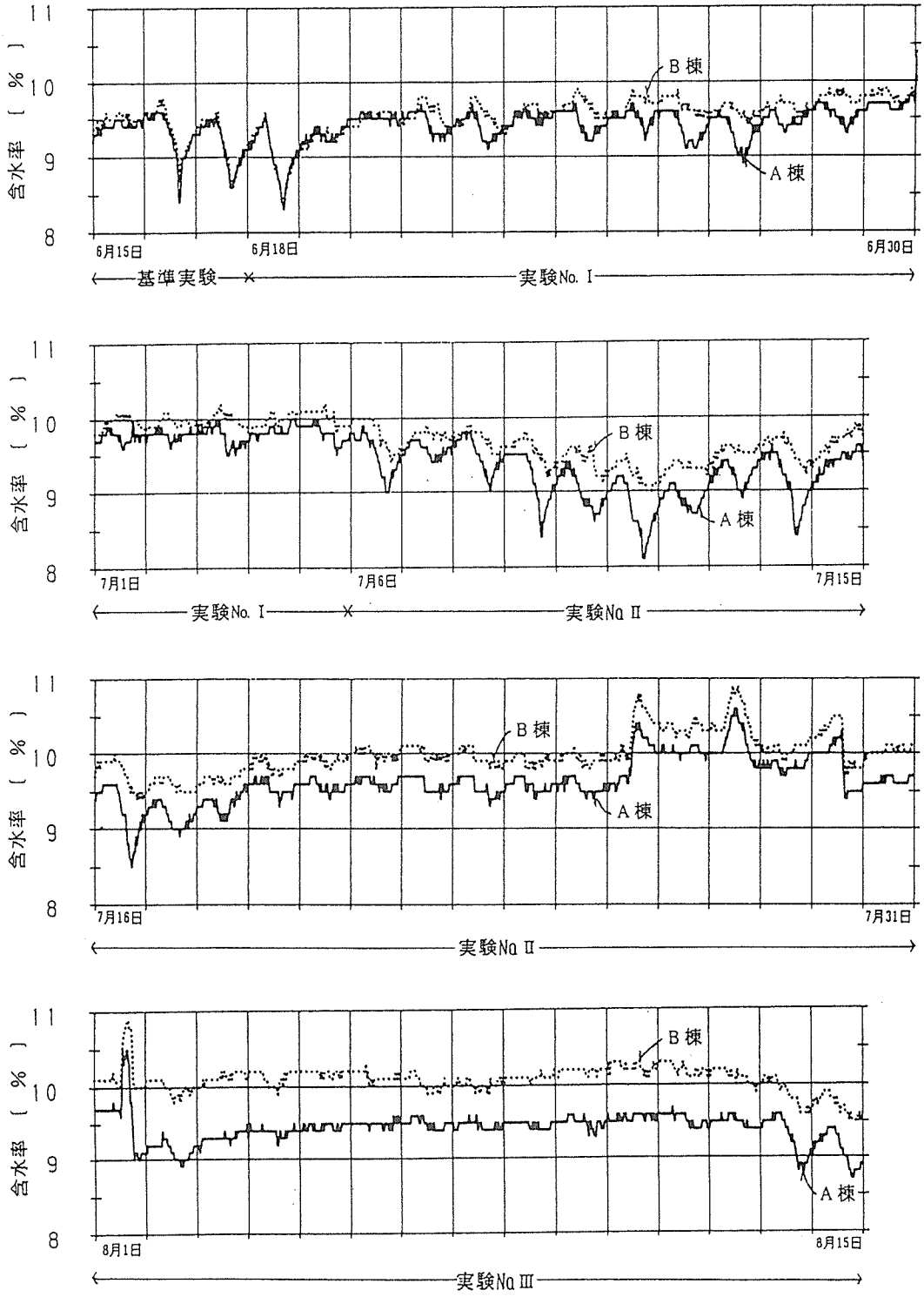
湿気を通さないポリエチレンフィルム，アスファルトルーフィング，プラスチック板などを断熱材の下に敷くと万一断熱材内で結露した場合，その水分が抜けにくくなるからそのようなものを敷かないこと。



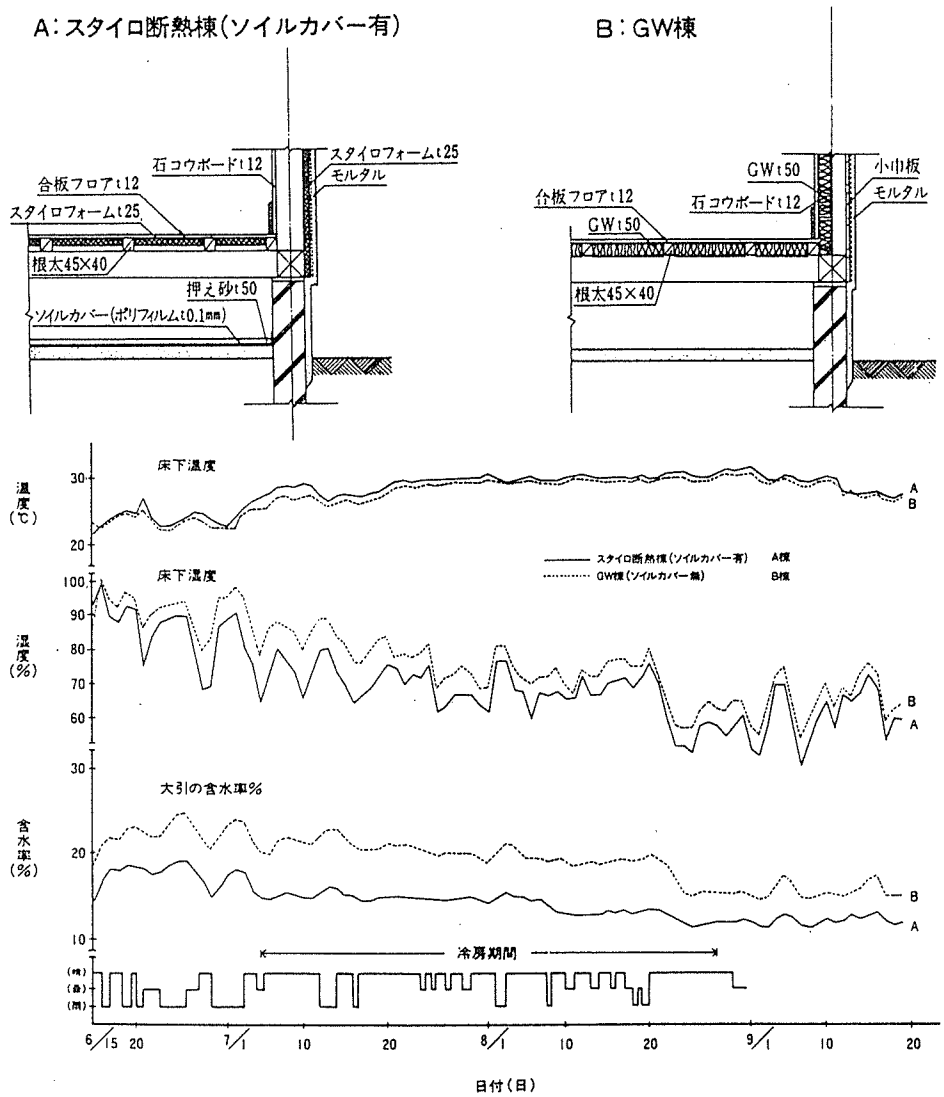
図－32　気密化のための防湿施工方法[37)]



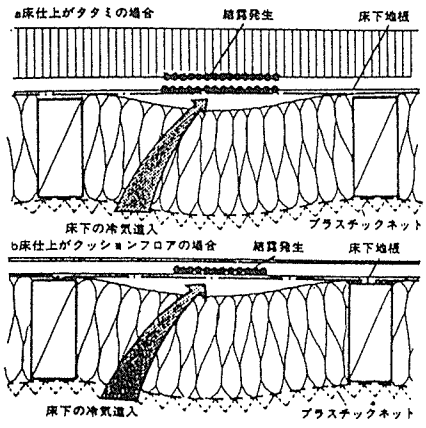
図－33　防湿材省略の場合の注意点[54)]



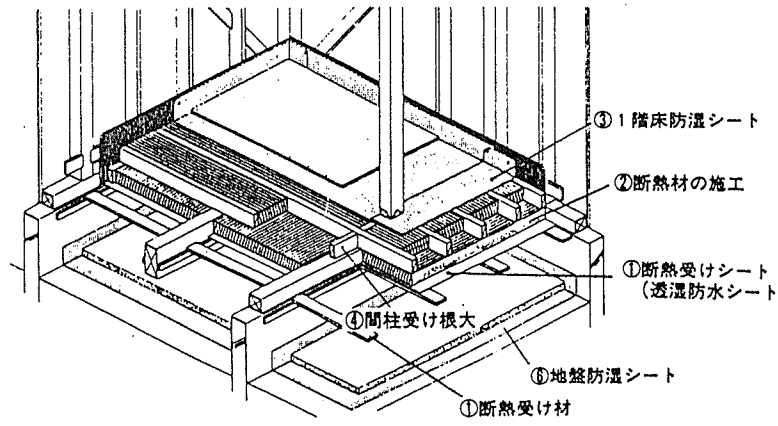
図－34　床下地材の含水率の経時変化[30)]



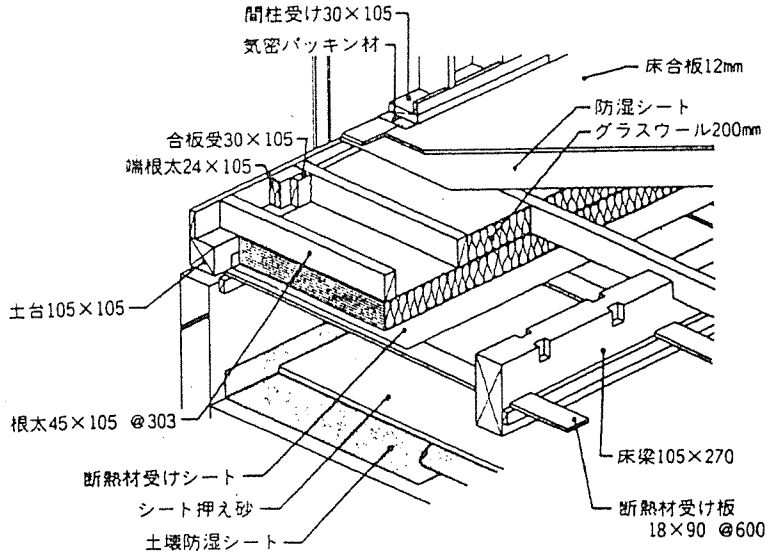
図－35　床の温湿度および大引の含水率の変化[36)]



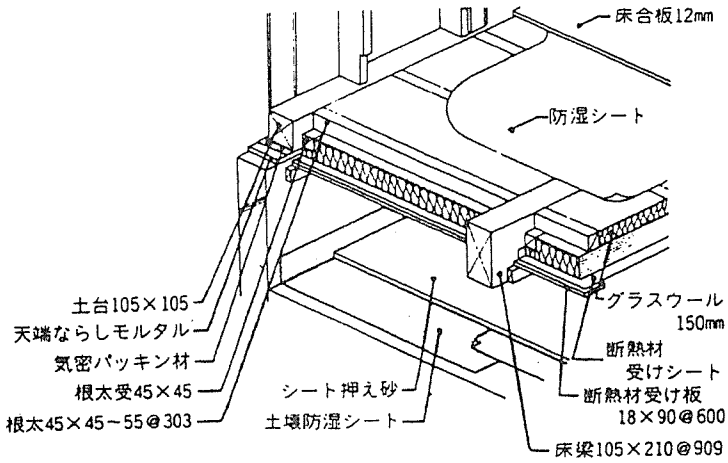
図－36　床断熱支持方法の問題点[60)]



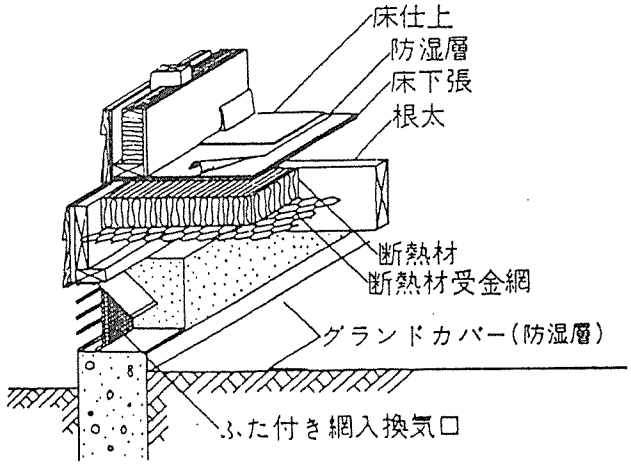
図－37　床断熱のポイント[60)]



図－38　床断熱構法（根太に45×105を使用）[37]



図－39　床断熱構法（根太に45× 45を使用）[37]



図－40　床下の防湿工法[100]

3.3　その他

1）夏は，除湿器の運転により床下温度が上昇する。湿度の変動幅は，床下換気口を開けると外気の影響を受け広い範囲に分散し，閉じると狭くなり全体として低い相対湿度となる。根太や大引きの含水率も21～23%のものが19%に下がっていた（図－41，図－42参照）[31]。

2）吸湿性のある食品に同封されている乾燥剤のシリカゲル（吸放湿材）は，活性に富む内部細孔組織（1g当たりの内部空隙表面積 500m²にもなる）を持つ。水蒸気に対して優れた吸着作用（図－43参照）があることが知られており，自重の80%に相当する水蒸気を内部空隙に取り込むことができるといわれている。シリカゲルの多彩な分野のうち，建物の床下に使用した例を示しておく（図－44参照）[12]。

3）土壌からの水分の蒸発がある場合は，室内からの水蒸気と土壌からの水蒸気が一緒になると，床下の外周部分に激しい結露が発生する[55]。

4）ナミダダケの被害が話題になっているが，この結露が発生原因の一つになっているのかも知れない[55]。

5）木材腐朽菌のナミダダケ，ワクグサレ等は乾燥に弱いため，床下空間を乾燥させることが必要で，床下絶対湿度が床下気温における飽和点以上にならない換気量を確保することである[41]。

6）床下は，地盤面からの湿気の蒸発等により湿気がたまりやすい場所となり，ナミダダケ（寒冷地）やワタグサレ（温暖地）による被害をもたらしている。これらの木材腐朽菌は，乾燥に弱いので床下の換気が充分にできるように注意して換気口を設ける必要がある[2),11)]。

7）床下の場合は，下から湿気があがってくる。その湿気によって木部の含水率が上昇し，腐ったり白蟻の被害を受けやすくなるため，蒸れ防止と白蟻対策を同時にしなければならない部位である。基本的には，出来るだけ床下を通気させ床下を乾燥状態に保つこと。この他に白蟻対策として土壌処理木部処理をして欲しい[55]。

8）床下に湿気をこもらさないために，また，白蟻や木材腐朽菌から木材を守るためにも，床下の木片やカンナ屑はきれいに除去しておく必要がある[11),29)]。

9）床下を常に清潔に保つ。工事中のゴミなどを場外処分し，飲食物を床下に捨てないこと。床下に木片やダンボール箱を直に置かない。ときどき床下に殺虫剤や石灰を散布することも有効である[19]。

10）新築して３～５年目，増改築して２～３年目が危険なので，新築および増改築などの後は年に数回，床下を点検して異常がないか確かめる。とくに秋口の増改築で，人が住んでいて，早急に囲うような場合は，木材は乾燥材を用い，床下の清掃を忘れないよう注意が必要である[19]。

11）水洗工事も要注意で，旧便槽は洗浄して底を破壊し，水がたまらないようにする[19]。

12）立ち上がり配管のまわりは，発泡プラスチック系断熱材，合板とも適正に施工するとともにコーキング処理をする[11]。

13）断熱材の外側に防湿層を設けることによって生じる内部結露，給配水管の結露，および漏水，浴室など水まわりの欠陥など，建物の内部に水分が停滞しないようにする[19]。

14）居室が暖房加湿された場合に，床下空間では居室の影響を受け温湿度とも比較的一定でかなり高くなっている[8]。

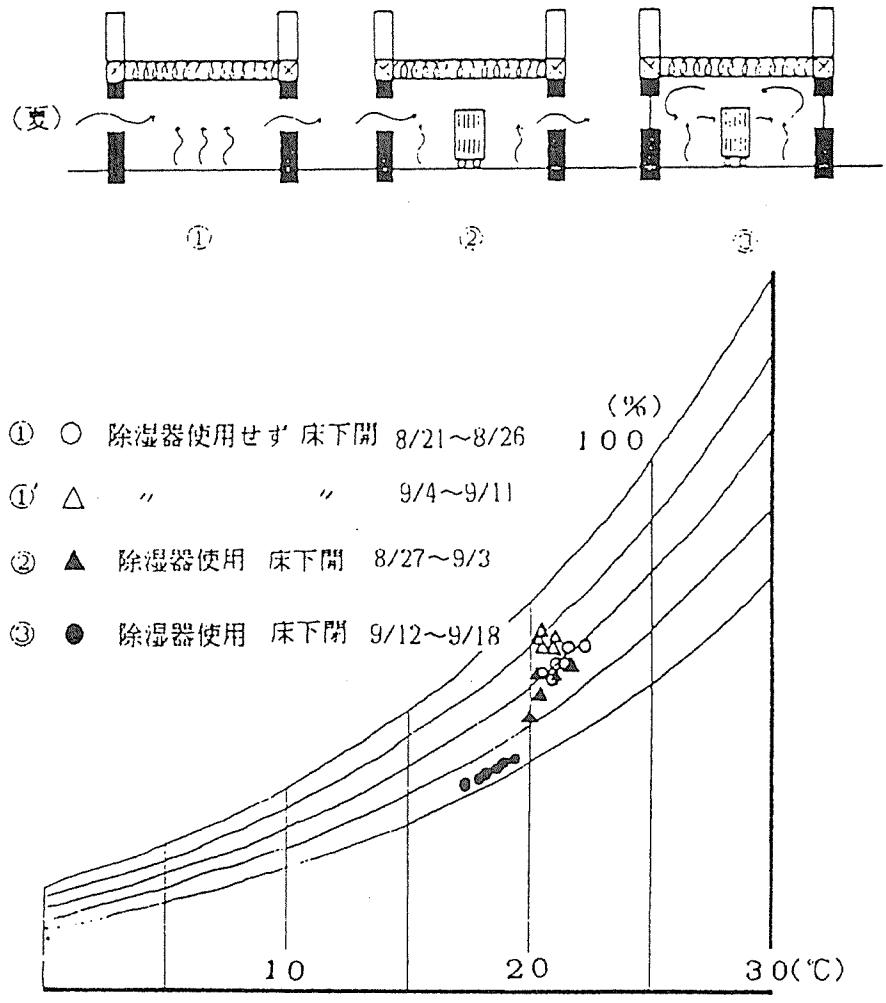
15）住宅の床下，押し入れの下段，コンクリート住宅の台所など湿気の多いところは結露し易く，カビが生え，腐朽，腐食し易い。この部分に木炭を施用すると湿気を吸着し結露しにくく，カビが少なくなり，木造住宅では白蟻の発生も少なくなる。湿度調節に木炭が使われている。**図－45**に木造住宅の床下に木炭を敷詰め，床下の湿度を長期にわたって測定した結果を示す。夏の高湿度の時も木炭による吸放湿作用で５～10％程度低くなっており，100％になることはない。**図－46**に床材に使われている木材の湿度に対する影響を見るため行われた実験結果を示すが，木炭を使用していると夏では約 3.5％低くなる[99]。

16）木炭によって得られる効果を列記してみると，①床下，床上の各部屋の湿気を防ぎ，結露を防止する。②湿度が下がることで白蟻，ダニ，ゴキブリなどの害虫の駆除に大いに役立つ。しかも薬剤と違って全く無害。③有害細菌を駆除し，脱臭効果で悪臭を断ち，空気が清々しくなる。特に埋立地，田んぼや地相エネルギーの低い土地の上に建てた家の場合は効果が抜群である

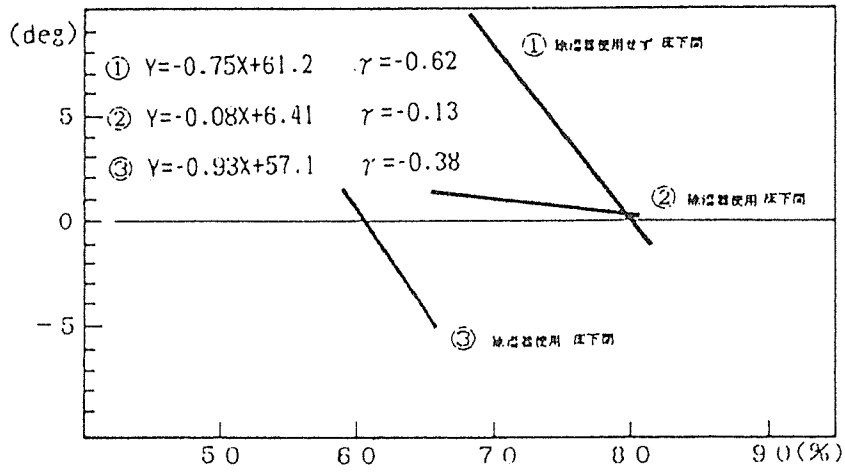
（図－47参照）[101]。

17）木炭は，湿気を取るため夏涼しく，しかも，保温効果が高いので冬暖かい（冬には地温を２～５℃ぐらい高めてくれる）。従って，光熱費が安くすみ，省エネ・省資源につながる。特筆すべきは，木炭は湿度の高いときに吸湿してくれる吸着効果だけでなく，湿度の低いときには逆に湿気を放出して（脱着という）湿度を一定に保ってくれる双方向性の能力を有している点。同じ能力をもつのがエアコンだが，木炭の能力の方が遙かに強力で，自然で，精妙で快適であることはいうまでもない。自然の力にかなう人工品はないのだ。むろん，磁場を高めて健康に役立つことは自明である。しかも，その効果は半永久的につづくから，床下に木炭を敷くことのメリットははかりしれない[101]。

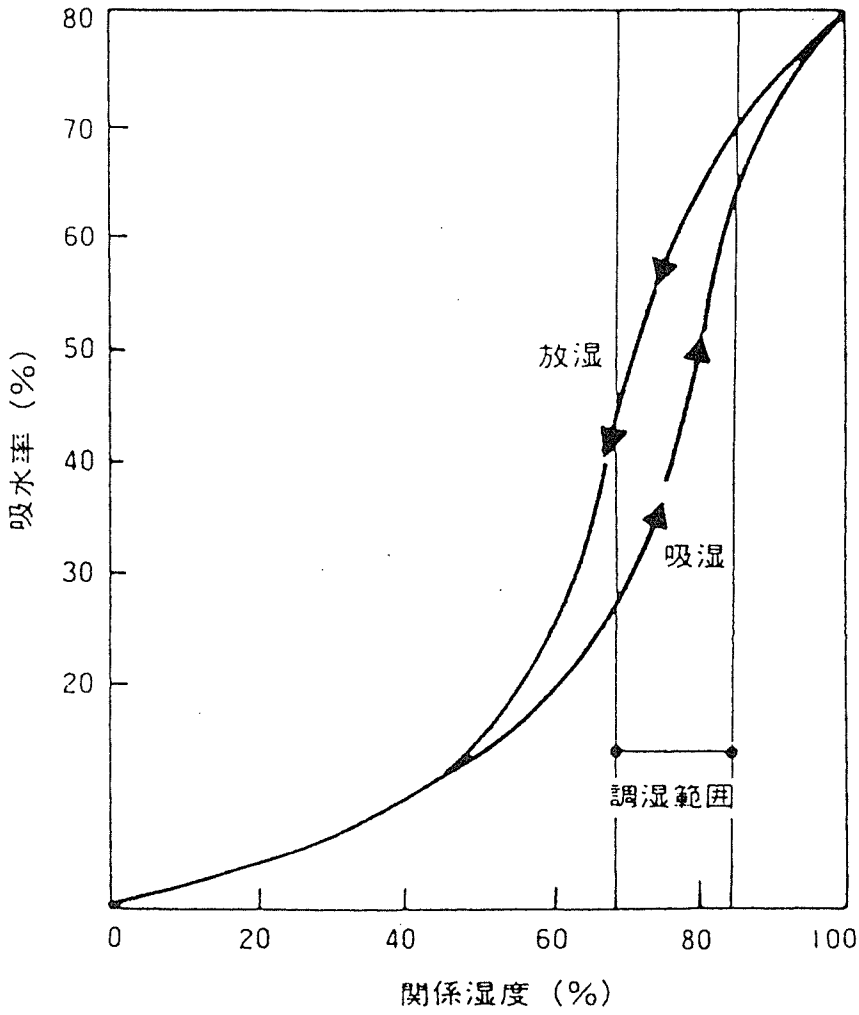
18）木炭を床下や庭などの土中に埋める「炭素埋設法」は現在，建築の分野でも大いに注目されている。家を建てるときの土台づくりの段階で，床下に粒炭を埋めるのである。すでに建物が建っている場合なら，その周囲の庭などに穴を掘って埋めてもよい[101]。



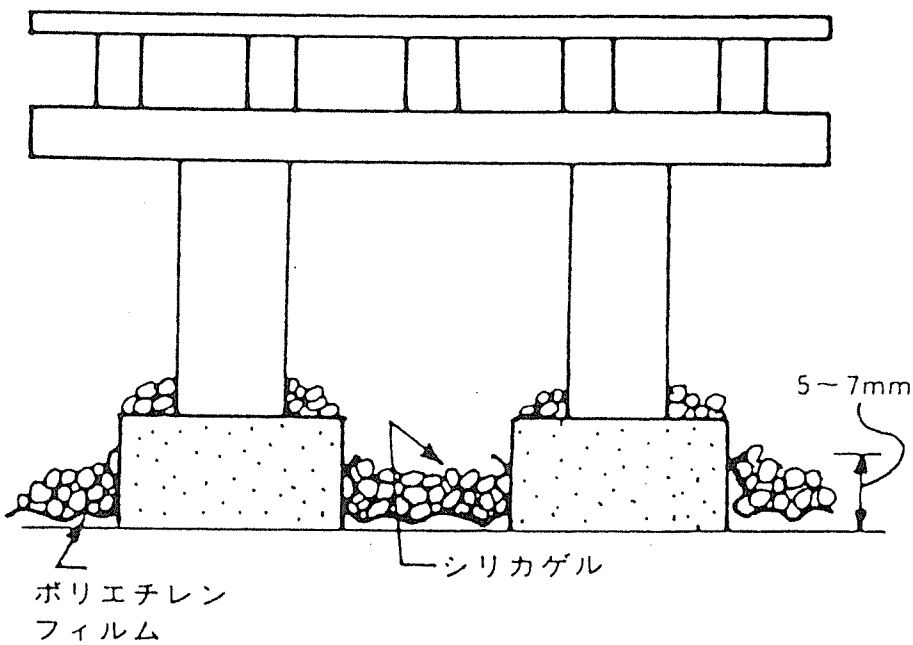
図－41　床下の温湿度（1985年，夏）[31]



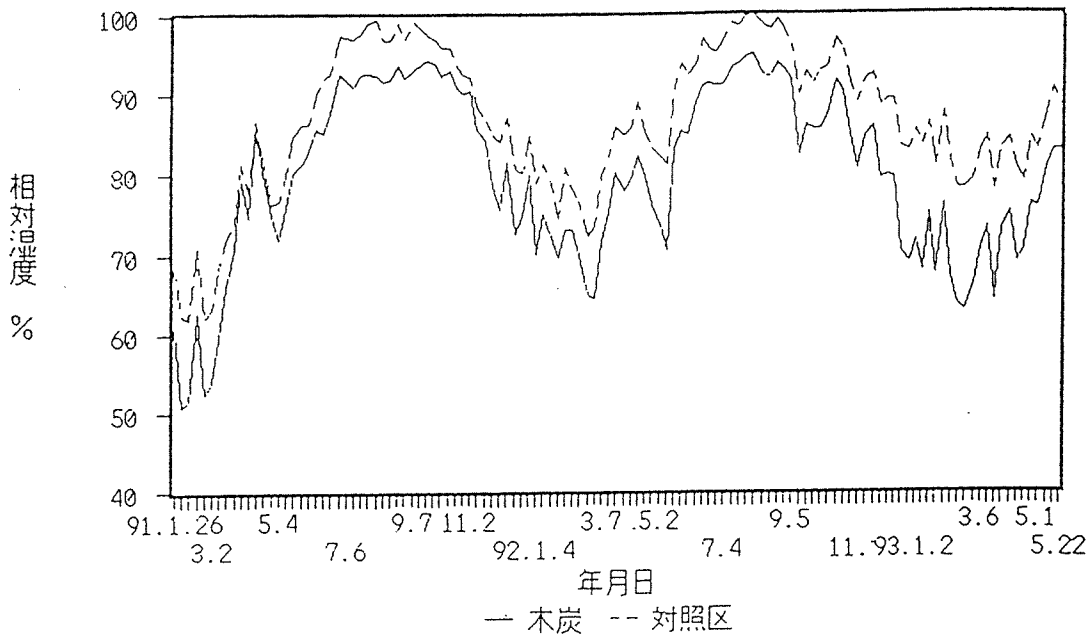
図－42　（外気－床下）空気温度と床下湿度（1985年，夏）[31]



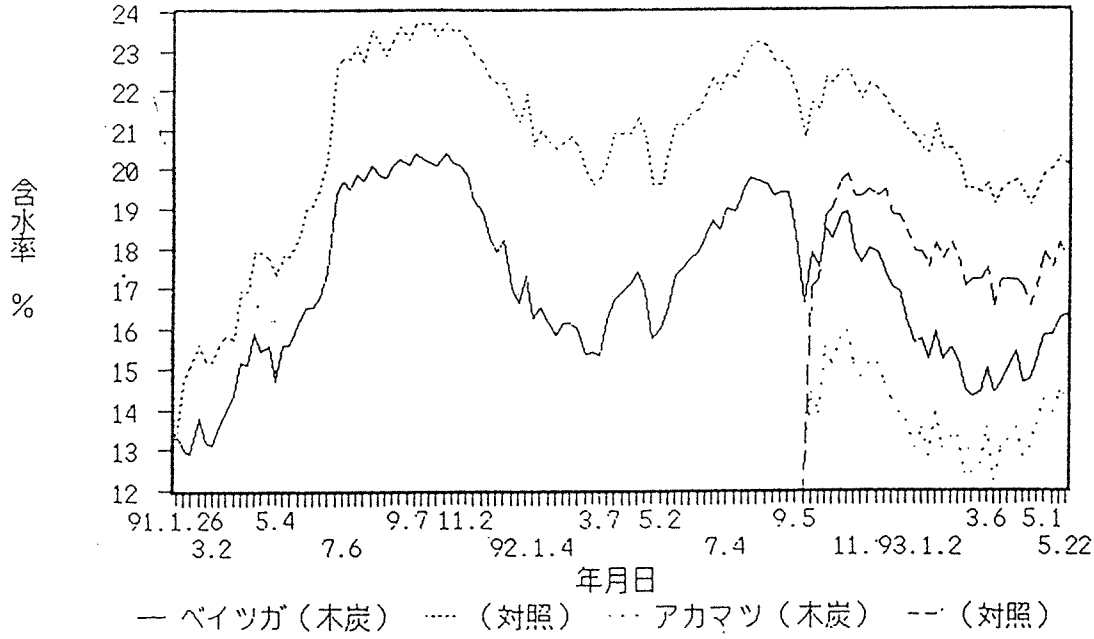
図－43　ｼﾘｶｹﾞﾙの吸放湿曲線[12)]



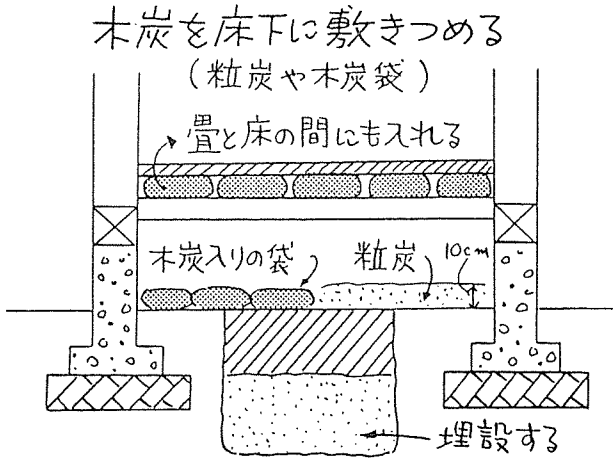
図－44　ｼﾘｶｹﾞﾙによる床下防湿[12)]



図－45　住宅床下の週平均湿度の推移[99]



図－46　住宅床下に置かれた木材の含水率の推移[99]



図－47　木炭を床下に敷きつめる（粒炭や木炭袋）[101]

4．まとめ（蒸暑地における小屋裏・床下換気構法の検討）

蒸暑地では多湿な床下環境には，腐朽菌・白蟻の繁殖の問題がある。そこで，床下の換気口の設け方を種々変え（例えば，基礎コンクリートと土台の間にスペーサー等を設けた換気口，床下から小屋裏に通じる換気口等も検討する），木材の含水率の調査によって最も効果的な構法も見い出し，標準化を行う。調査方法は既往の文献調査や実験による。また，小屋裏換気口についても換気の方法を種々変え（棟・軒下・妻・屋根面自然換気・強制換気等），排湿効果を明らかにした。また，暑さに対しての排熱効果についても同様の方法で検討した。

1．小屋裏の換気口の設け方と排熱・排湿効果の検討
1－1．屋根に関する項目

番号	キーワード	内容	文献番号
1), 2), 3)	通気層	［湿気排除，屋根下地材の結露被害防止］ ○軒先からｽﾘｯﾄや軒天井の有孔ボード等 ○棟等 ○屋根の断熱材の外気側に通気層	1)
1), 4), 5), 11) 42)	断熱材	［屋根裏結露防止，屋根積雪凍結防止］ ○透湿性，吸湿性の低い発泡ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ系 ○20～30mm程度 ○30mm以上 ［通気層の塞ぎ防止］ ○繊維系断熱材の場合は，断熱材と通気層の間に防風材 ○小屋裏換気口を設けてはならない ○透湿抵抗の大きい断熱材と通気層を有するように設置することにより，小屋裏に湿気が拡散するのを防ぐ	1), 3), 54), 27) 77)
13)	夏季の遮熱対策	○日射吸収率の低い白っぽい色 ○天井断熱よりも屋根断熱 ○小屋裏内の熱気を換気扇によって排熱 ○屋根を急勾配とし換気を促し排熱・排湿	64)
6)	勾配屋根部分	○吹き込み工法［断熱施工の信頼性向上］ ○断熱材の外側に防風層と通気層	96)
7)	軒部分	○断熱が屋根裏面にふれて通風を妨げない	12)
1)	天井	［湿気侵入防止］ ○室内側防湿層 ○耳付き付属防湿層＋別付防湿層	1)
14) 15) 28), 29) 30) 31) 32), 33) 34) 35), 41) 37) 38) 39) 44), 45) 46) 47) 48) 49), 50)	その他	○排水が円滑に行われ，漏水を防ぐ構造 ○軒の出は，多く出す ○スレート瓦より粘土瓦，通気粘土瓦，ﾌｫｰﾑﾎﾟﾘｽﾁﾚﾝﾎﾞｰﾄﾞ＋通気層を有するｽﾚｰﾄ瓦は，小屋裏空気温度で約10℃低い ○通気断熱構法屋根の温度は在来断熱構法屋根よりも低い ○在来断熱構法に比べて屋根通気断熱構法は，小屋裏絶対湿度は低い ○屋根遮熱の効果は，通気開口面積が大きい（通気層内の通風量が多い）ものほど顕著に現れる ○通気・二重断熱構法の内側断熱材外表面温度は外気温度とほぼ等しい値を示しており，十分な遮熱効果を有している ○屋根断熱により，昼間は小屋裏空気温度の上昇を抑制 ○結露の発生に対して安全性が高い屋根仕様は，シージングボード，シージングボード，ウレタンフォームの二重構造であり，危険性が最も高い屋根仕様は，アスファルトフェルト仕様である ○在来構法は，低温面となる外気側（屋根はルーフィング）に結露の生じる恐れがある ○通気構法は，低温面（屋根は通湿穴付きフォームポリスチレン）は湿気を透過するため結露の危険性が少ない ○透湿性ルーフィングは，野地板が高含水化する過程でも外気に放湿するため，非透湿性ルーフィングに比べると蒸れ難い ○透湿性ルーフィング仕様とした野地板は非透湿性ルーフィング仕様に比べ低湿になる ○断熱屋根の小屋裏への流入熱量は，在来屋根より20～25％程度削減 ○換気のみによる排熱で小屋裏温度を低下させることは困難である ○断熱通気屋根は，優れた遮熱・排熱性能 ○野地板下側を断熱し通気層内への流入熱を削減した場合は，僅かな換気流量でも十分な遮熱・排熱効果が期待できる ○何らかの通気方法がとれていれば，野地板に害はない	28) 28) 74) 39) 39) 75) 76) 61), 77) 81) 62) 62) 103) 103) 104) 104) 104) 104) 106)

1－1．屋根に関する項目

番号	キーワード	内容	文献番号
1)	小屋裏換気口	［夏の天井面の過熱防止］ ○切妻屋根，入母屋屋根の場合には両妻側に十分大きな換気口	53)
2)		○両側の妻部分のみの換気口は，風のないときは小屋裏空気が滞留してしまい効率が非常に悪い	97)
2)		○軒裏にも換気口を設けると，効率がよいしかし比較的大きい面積の換気口が必要であり，風によって雨や雪が小屋裏に持ち込まれるといった害も生じる	97)
3)		○換気口，切妻屋根の場合妻側のひさしの出が大きいほど，台風時の吹き込みは少ない	29)
3)，5)，6)，7)，10)		○台風時，海岸の強風地（潮風），多雪地（雪の吹込み），虫の対策が必要	29)，12)，5)，23)，2) 28)
8)，9)，13)，14) 15)，16)，17)		○小屋裏換気口の面積（図－5参考）	37)，44)，2)
11)		○十分な開口面積を持つ換気口を2方向に設置	12)
12)		○小屋裏ごとに2カ所以上	2)
12)		○換気に有効な位置	2)
22)		○冬期強制換気状態で小屋裏相対湿度は70％以下	80)
		○夏期では自然換気状態に比べ，日中の絶対湿度がかなり低い	80)
23)，25)		○強制換気状態では自然換気状態に比べ，日中に小屋裏空気温度は4℃程度低下したが，天井面の室内側表面温度には，ほとんど差が生じなかった	80)，85)
32)		○小屋裏空気の温湿度は，妻換気のみの場合より妻換気と棟換気を併用した場合の方が低くなる	73)
34)		○屋根断熱と小屋裏換気を併用して，より効果的に小屋裏温度を低下することが望ましい	73)
36)		○換気促進による小屋裏の排熱対策や断熱と並行した屋根の遮熱対策を考慮すべきで，小屋裏を居室とする場合には屋根の遮熱が必須である	72)
39)		○屋根遮熱で小屋裏への流入熱量を削減し強制換気した場合は，換気による排熱効果が認められ小屋裏空気温度を比較的低くできる	49)
41)		○小屋裏空気温度の低下は換気量に依存するが，比較的緩やかな強制換気でも十分な排熱効果が得られる	49)
43)		○換気口の有無による差は小屋裏温度ではほとんど少ないのに対して，小屋裏絶対湿度は年間を通して換気口のある方が低い	8)
45)		○平均的な日変動パターンをみると，換気口が有ることによって小屋裏の絶対湿度は日中低く，夜間と午前中には逆に高くなる	8)
48)		○夏季，小屋裏においては外気温度が高いほど排熱による温度降下は増大する	79)

1－3．天井に関する項目

番号	キーワード	内容	文献番号
1)，2)，6)，7) 8)，12) 13)，14)，16)，17)	断熱材	○天井面はすき間なく入れること	5)，12)，64)
		○ブローイング工法等の採用	
3)		○天井仕上材側で防湿	53)
4)		○断熱材の下面に防湿層	97)
7)		○室内の換気によって排湿	64)
7)		○適度な吸放湿材	64)
9)		○除湿のための小屋裏換気口を設ける	53)
9)		○換気口を十分とれないときは屋根断熱をする	53)
9)		○屋根断熱せず，小屋裏換気口なしで天井を高断熱をすると，小屋裏結露発生する	53)
17)		○天井を無断熱とした試験家屋の小屋裏空	30)

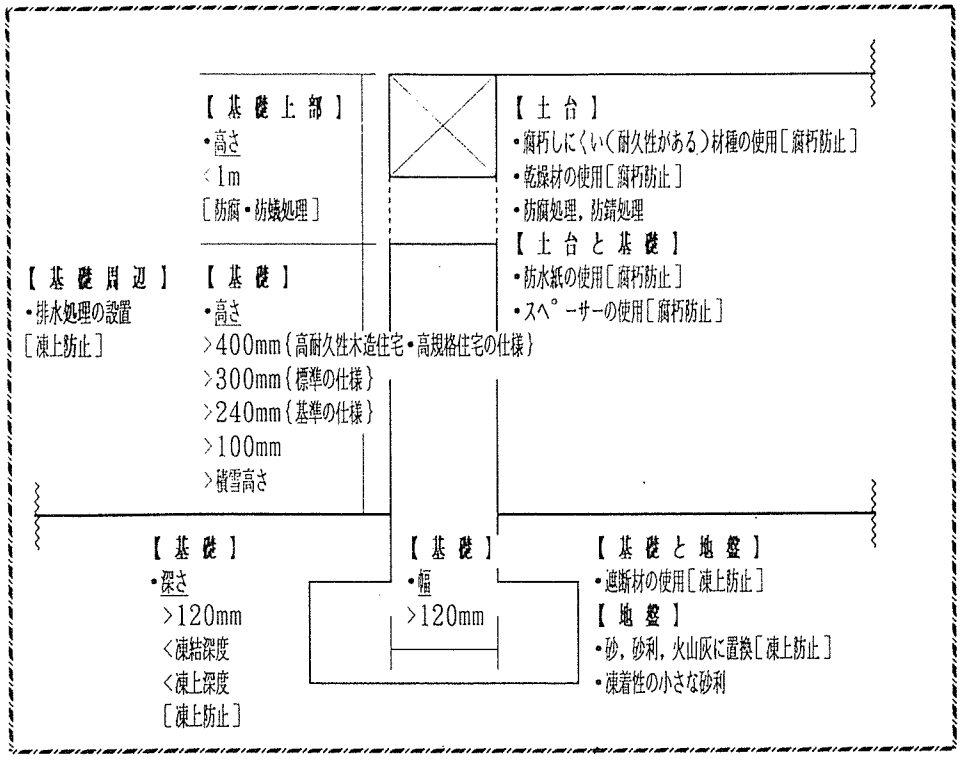
18) 18)		気温度は，天井を断熱した試験家屋の小屋裏空気温度よりも終日高い ○夏季昼間に室温上昇を抑制では，屋根断熱は天井断熱よりも優れている ○屋根断熱と天井断熱を併用すれば，さらに遮熱効果が向上する	

1－4．その他（すがもり（すがもれ）現象）

番号	キーワード	内容	文献番号
2)，8) 3)，5)，8) 4)，7)	すがもれ防止	○軒先を急勾配 ○積雪を自然落下 ○小屋裏換気を十分取る ○軒先温度が下がらないようにする	23)，5)，6)，48)

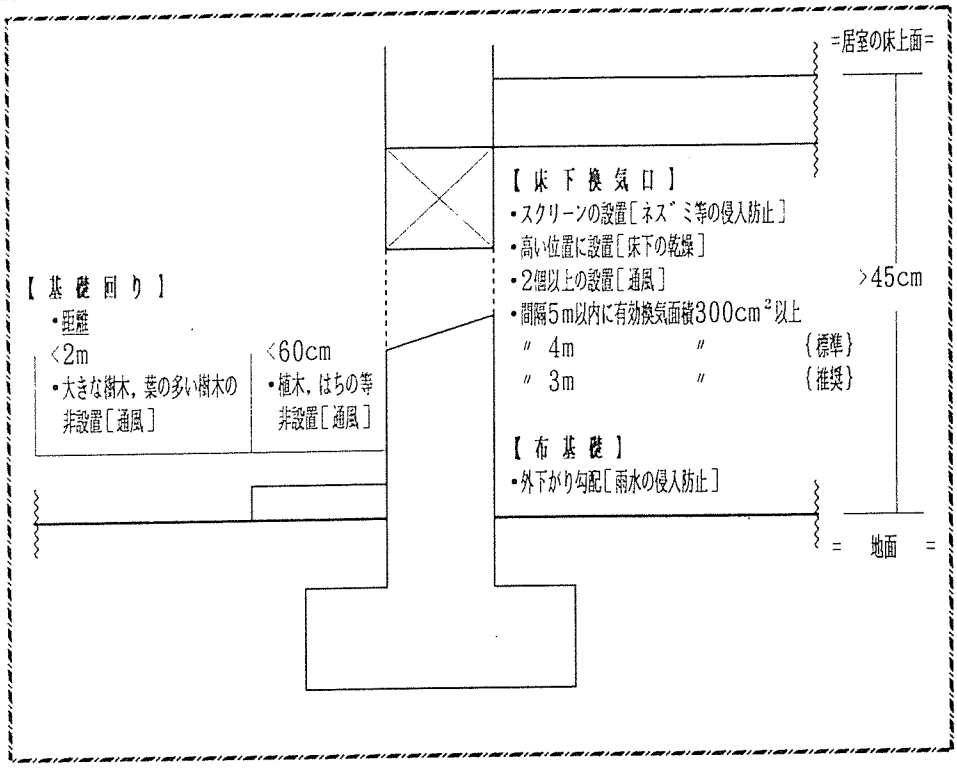
2．床下の換気口の設け方とその排湿効果の検討

2－1．基礎に関する項目



文章番号	キーワード	内容	文献番号
1)	基礎の幅	○ 120mm以上	2)
2) 3), 4) 5) 6) 7)	基礎の高さ	○ 100mm以上 ○ 240mm以上，　○300mm以上， ○ 400mm以上 ○積雪高さ以上 ×基礎の高さを上げるのでは不十分	1) 2), 32) 55) 66) 19), 32), 42), 52)
7) 7) 8), 13) 8)	土台に用いる樹種	○腐朽しにくい材種，乾燥材 ○防腐・防錆処理 ○防腐・防蟻処理 ○耐久性のあるもの	19), 32), 42), 52) 19), 32), 52) 2), 11) 2)
9) 12)	土台と基礎と接する面	○防水紙 ○スペーサー	2) 50), 51)
14) 15), 16)	基礎の深さ	○ 120mm以上 ○凍結深度以上	2),　3), 54) 11), 66), 57)
18) 20) 21), 22) 23) 23) 24) 25) 26) 28) 28) 28) 29) 30) 31) 32) 32)	基礎断熱	○外断熱気密住宅では床下換気口の非設置 ○寒冷地では外断熱90mm ○断熱材は基礎立ち上がり全面 ○熱損失少 ○床下温度－外気温度＝12℃ ○地盤面の防湿 ○土間床工法や地下室・高床の床下利用法 ○木造床，コンクリート床の２種類 ○防湿シート敷 ○外断熱75mm ○基礎パッキン ○床下換気口の非設置 ○寒冷地では外断熱，それ以外では内断熱 ×木材乾燥収縮により床が下がる ○床下防湿 ○給湯排気管の無断熱の工夫	2) 1) 11), 54), 86) 36) 36) 12) 19) 60) 60) 60) 60) 60) 11) 96) 96) 96)

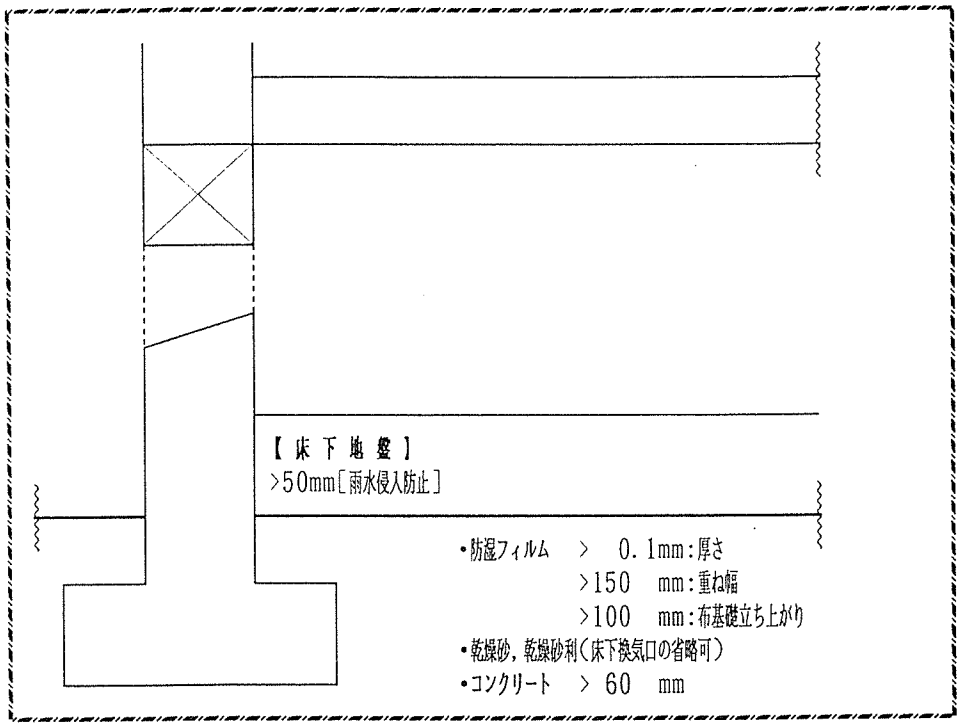
2－2．床下換気に関する項目



文章番号	キーワード	内容	文献番号
1) 2)	基礎回り	○植木や樹木を植えない ○木があると乾燥する	11)，29) 53)
3) 4) 5) 6) 7) 8) 9)，11)，12)，15) 10) 13) 14) 18) 19) 20) 21)，22) 23)，24)，25) 27)	床下換気口	○スクリーン設置 ○外下がり勾配 ○高い位置 ○間隔と有効換気面積 ×隅角部に湿気が籠もる ○通風経路の明確設計 ○地盤からの湿気の蒸散を抑える ○２個以上 ○２箇所設置（最多風向の風上，反対） ×床下換気口 ×通気経路から外れた所は高湿状態 ○床下換気口により1.5ｇ／ｋｇ，低下 ○床下換気口により2.0ｇ／ｋｇ，低下 ○床下換気口の閉鎖により２℃上昇 ○地盤防湿と床の断熱・防湿が必要	2)，16) 2)，11)，16) 2)，11) 4)，11) 31)，43)，58)，2)，11)，19) 2)，11)，65) 12)，2)，11)，19) 10) 7) 44) 15) 13) 65) 41) 16)，17)，59) 37)

3．床下ソイルカバーの完全化による換気効果の検討

3－1．床下防湿に関する項目



文章番号	キーワード	内容	文献番号
2),3) 4) 5),6) 8)	地盤面からの水蒸気量	○ 10　g／m²・h以上 ○ 2～3g／m²・h程度（冬期） ○ 4.25g／m²・h（雨の日） ○ 20.0 g／m²・h（晴の日） ○季節や場所により異なる	1) 11) 41) 53)
7) 13),15) 14) 15),16) 17),56) 21),22),24),32), 42),43),44),46), 47),48),49) 23) 25),26),27),28) 55) 29),30),31) 33) 34),35),36) 37) 40) 41) 45) 50) 51) 52),53) 54)	地盤面の防湿	○ 1.25g／m²・h（防湿施工の効果） ○換気口の確保 ○冬期結露防止効果 ○吸湿能力の高い砂の敷設 ○地盤面の排水（勾配の確保） ○地盤が良いの場合は防湿処理が省略可能であるが，床高を高く，換気口を増設 ○床下防湿施工の効果 ○建物周辺の風通し ○排水溝の設置 ○防湿施工方法 ○適切な換気口 ○換気経路 ○湿度30～20％低下（冬期） ○高湿で結露発生なし（夏季） ○低湿（冬季） ○壁体下部の通気止めで，含水率低下 ○湿度20％低下 ○床下が乾燥状態 ×防湿欠損６％で室内側に湿流する可能性 ×防湿層非施工は含水率増加 ○砂 5～10cm敷設による夏季結露防止 ○床防湿と地盤防湿 ○床下換気口面積が1/10で可能	41) 12) 15) 12) 1),12) 10),11),17),20,34),21) 9),10) 32),54), 1), 2), 7) 53),55),20),34),12) 1),53) 31) 8) 24),25) 19) 36) 20),34) 30) 19) 27),35) 44)
18)	乾燥砂，砂利	○床下換気口を省略可能	32),54)
19)	地盤の高さ	○50mm以上高くすると防湿効果	53), 1), 2)

3－2．床防湿に関する項目

文章番号	キーワード	内容	文献番号
1) 2) 4) 13)	床防湿	×防湿層を設けると，内部結露を誘引 ○透湿性の高い材料を使用 ○床下の防湿層施工により含水率低下	10) 56) 30) 54)，37)
5) 6)，7)，8) 9) 10)，11)	床断熱 床断熱，床下防湿 床断熱，床下換気	×土台廻りや断熱下部での結露が発生 ○床下換気 ○基礎・地盤面の断熱防湿処置 ○床下の湿度低下，土台木部の含水率低下 ○	15) 12)，35) ， 36) 60)

3－3．その他

文章番号	キーワード	内容	文献番号
1)	除湿器	○床下温度上昇，含水率２％～３％低下 ○床下換気口を閉じると低い相対湿度	31)
2)	乾燥剤	○水蒸気に対して吸着作用	12)
4)，5)，6)，7)	木材の腐朽菌	○床下の乾燥が必要	
8)，9)，10)，11)，12)，13)	床下の清潔	○木片・カンナ屑・飲食物・ダンボール箱・水分等の除去	11)，29) 19)
16)，17)，18)	木炭	○結露防止，害虫駆除，脱臭・保温効果	

注

1）けらば[67]

切妻屋根の妻側の端部。

2）排熱効果T［%］[14]

$$T\,[\%] = \frac{X^t - Y^t}{X^t - t} \times 100 \quad \cdots\cdots ①$$

ただし，X^t：換気扇がない状態時のtに対する小屋裏，6畳室内温度［℃］

Y^t：換気扇がある状態時のtに対する小屋裏，6畳室内温度［℃］

なお，X^t，Y^tは各測定点温度の平均した値，tは外気温度30℃

3）排湿効果E［%］[14]

$$H\,[\%] = \frac{X^t - Y^r}{t - r} \times 100 \quad \cdots\cdots ②$$

$$E\,[\%] = \frac{H_1 - H_2}{H_1} \times 100 \quad \cdots\cdots ③$$

ただし，

H：小屋裏の単位温度変化に対する絶対湿度変化量［g／kg'・℃］

X^t：小屋裏温度t（＝34）℃時の小屋裏絶対湿度［g／kg'］

Y^r：小屋裏温度r（＝28）℃時の小屋裏絶対湿度［g／kg'］

H_1：換気扇がない状態時における絶対湿度の変化量［g／kg'・℃］

H_2：換気扇がある状態時における絶対湿度の変化量［g／kg'・℃］

4）せき（塞，関）板[67]

民家や仮小屋に使われる屋根の葺き板。

5）すがもれ（すがもり）現象[107]

室内の熱によって屋根の一般部と軒先部で温度差が生まれた場合に軒先に氷堤ができ，堰の上側に溜まった水が下地防水層の目地などから洩れる現象である。

6）凍結深度[2]

地中のある深さで土の温度がほぼ0℃となり，地盤の凍結が停止する位置を凍結線といい，地表から凍結線までの深さを凍結深度という。凍結深度については，建物の安全等を確保するため建築基準法第40条の規定に基づき地方公共団体が条例で定めている場合があるので寒冷地等においては建物の設計前に公共団体に紹介する必要がある。

7）凍上[6]

水を含んだ地盤が凍結し，霜柱層を形成することによって生じる。この霜柱層は下層の水分を吸収して成長し，地盤を隆起させる。凍上の限度は土質により著しく異なるが，積雪の有無による影響も大きい。建築物の基礎はより深部の霜柱層によって押し上げられるほか，地盤と凍着した基礎部分が，周囲の地盤の隆起に伴って持ち上げることも多い。

8）気密住宅[1]

気密住宅とは，次の式により算出される床面積１m^2 当たりの相当隙間面積が５cm^2 以下のものをいう。以下同じ。

$C = 0.7V / S$

この式において，C，V及びSは，それぞれ次の数値を表すものとする。

C：床面積１m^2 当たりの相当隙間面積をcm^2 で表した数値

V：住宅の内外の圧力差が水柱１mmの時の隙間を通過する風量（単位m^3 ／h）

S：床面積の合計（共同住宅においては，共用部分の床面積を除く。）（単位m^2 ）

9）水蒸気[10]

大変微細な粒子であり，具体的に比較すれば，最も小さい霧雨が直径 0.1mmで，水蒸気は千万分の４mmであるから，水蒸気は霧雨の 250万分の１である。

10）梁床（複床）[67]

梁を架け渡し，その上に根太を渡し床板を張った床で最も一般的な構造。

11）転ばし根太（埋め根太）[67]

大引や束を用いず，地面あるいはコンクリート床の上に直接置いた根太，地面あるいは玉砂利を置き，その上に転ばすこともある。

12）結露指数[24),25),26]

表面温度が露点温度以下になった時の積算値－結露量にほぼ比例する。

13）吸湿量[40]

吸湿量［％］＝（測定時の吸湿ろ紙重量－絶乾ろ紙重量）／絶乾ろ紙重量

【参考・引用文献】

1)住宅新基準解説書編集委員会編：「住宅の新省ｴﾈﾙｷﾞｰ基準と指針」，(財)住宅・建築省ｴﾈﾙｷﾞｰ機構，平成４年３月20日，183頁

2)住宅金融公庫建設ｻｰﾋﾞｽ部監修：「住宅金融公庫融資住宅　木造住宅工事共通仕様書（解説付），平成６年度版（全国版）」，(財)住宅金融普及協会，192頁

3)住宅金融公庫建設ｻｰﾋﾞｽ課監修：「住宅金融公庫融資住宅　木造住宅工事共通仕様書（解説付），平成６年度版（北海道版）」，(財)住宅金融普及協会，47頁

4)足利温司：「わかりやすい建築基準法」，大成出版社，1980年９月25日，394頁

5)(財)日本住宅・木材技術ｾﾝﾀｰ編：「木造住宅２　断熱化の手引き」，丸善㈱，昭和56年10月30日，125頁

6)(社)日本建築学会：「建築設計資料集成１環境」，丸善㈱，平成３年８月５日，275頁

7)小池武雄：「結露の発生」，㈱建築技術，1991.06，272頁

8)宮田靖久，松本衛：「住宅の小屋裏と床下空間の熱・湿気性状」，日本建築学会計画計論文集，第457号，1994年３月，pp.19-28

9)斎藤平蔵：「建築気候」，共立出版㈱，昭和49年５月15日，287頁

10)須貝高：「内部結露を防ぐには－木造住宅を中心に－」，㈱建築技術，No.401，1985.01，pp.115-127

11)断熱建材協議会編：「断熱建材ﾊﾝﾄﾞﾌﾞｯｸ」，㈱養賢堂，1994年４月１日，285頁

12)「結露のｸﾘﾆｯｸ」，㈱建築技術，1993.03，262頁

13)水谷章夫，宮野秋彦，大澤敏夫：「住居の床下空間の防湿に関する研究（第１報）」，日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和62年10月，pp.959-960

14)須貝高，二宮秀興：「小屋裏換気扇の小屋裏及び居室に対する排熱・排湿効果－実大家屋における夏季のﾃﾞｰﾀ分析－」，福岡大学工学集報，第42号，平成元年３月，pp.117-130

15)福島明：「寒冷地における結露被害」，IBEC84.10，pp.11-12

16)健康住宅推進協議会編：「健康住宅ﾒｲﾝﾃﾅﾝｽ技術者　第２次研修ﾃｷｽﾄ・実務講座編」，1993年11月１日

17)須貝高，二宮秀興，他２名：「自動開閉式床下換気口，及び一般金物床下換気口を用いた場合の床下温・湿度環境の比較－実験棟による実測－」，日本建築学会中国・九州支部研究報告，第８号，平成２年３月，pp.301-304

18)須貝高，二宮秀興，他２名：「自動開閉式床下換気口の開閉設定温度の最適化」，日本建築学会九州支部研究報告，第30号，昭和63年３月，pp.181-184

19)川治正則：「床下のﾅﾐﾀﾞﾀﾞｹ被害と防止法」，㈱建築技術，1987.12，pp.160-164

20)葛西英夫，尾崎英一，林勝朗，中尾隆平，南慎一，西川忠：「（その７　床下環境についての実態調査）」，北海道立寒地建築研究所，昭和59年度調査研究報告集，pp.41-48

21)葛西英夫，尾崎英一，林勝朗，中尾隆平，南慎一，西川忠：「（その９　床下環境の実態と防湿層の性能について）」，北海道立寒地建築研究所，昭和60年度調査研究報告集，pp.15-22

22)永峰章，土屋喬雄：「建物の断熱構造化と結露防止に関する研究（その１　床下の結露性状について）」，日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和58年９月，pp.719-720

23)(財)日本建築ｾﾝﾀｰ編：「大規模木造建築物設計資料集＜構造編＞」，㈱新洋社，平成４年６月30日，223頁

24)永峰章，土屋喬雄：「建物の断熱構造化と結露防止に関する研究（その３　床下および壁の結露性状について）」，日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和60年10月，pp.899-900

25)永峰章，土屋喬雄：「建物の断熱構造化と結露防止に関する研究（その４　床下及び壁の結露年間変動について）」，日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和61年８月，pp.1005-1006

26)永峰章，土屋喬雄：「建物の断熱構造化と結露防止に関する研究（その５　床下の結露性状について）」，日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和58年９月，pp.719-720

27)山田雅士：「結露を止める」，㈱井上書院，1987年７月10日，　182頁
28)（財）日本住宅・木材技術ｾﾝﾀｰ編：「木造住宅３　耐久性向上の手引き」，丸善㈱，昭和59年８月20日，　110頁
29)（財）日本住宅・木材技術ｾﾝﾀｰ編：「木造住宅４　構造計画の手引き」，丸善㈱，昭和60年１月20日，　126頁
30)須貝高，尾崎明仁：「屋根断熱および天井断熱の遮熱効果と床下地材の含水率変動に関する研究」，福岡大学工学集報，第48号，平成４年３月，pp. 119- 129
31)佐々木博明：「接地空間の環境調整に関する研究－寒冷地における床下空間の除湿－」，日本建築学会講演梗概集，昭和61年８月，pp.1001-1002
32)住宅金融公庫監修，豊かな住生活を考える会編：「図解・日本の住宅がわかる本」，1994年８月５日，　172頁
33)奥西幸夫：「平成六年度版　木造住宅工事共通仕様書改正のﾎﾟｲﾝﾄ－　第２回目　屋根雪処理を追加」，北海道住宅新聞，第 364号(2)，平成６年９月15日
34)西川忠，南慎一：「（その10　木造住宅の耐用年数推定に関する考察）－総プロによる耐用年数推定方法の北海道への適用について－」，北海道立寒地建築研究所，昭和60年度調査研究報告集，pp.23-59
35)上野　栄：「寒地住宅の暖房と省ｴﾈﾙｷﾞ」，空気調和・衛生工学，第56巻，第11号，pp.1019-1026
36)ﾀﾞｳ化工㈱：ｶﾀﾛｸﾞ「ｽﾀｲﾛ断熱資料集」
37)建築知識：「建築知識1987年１月号　特集・北国に学ぶ［暖かい住宅］知っておきたい寒冷地住宅　設計のﾎﾟｲﾝﾄ」，1987年１月１日，　272頁
38)須貝高，他３名：「小屋裏空間の換気促進による排熱・排湿効果実験－換気瓦による夏季の小屋裏状態の改善－」，日本建築学会九州支部研究報告，第29号，昭和61年３月，pp. 217- 220
39)須貝高，尾崎明仁，他３名：「通気断熱構法の排湿・遮熱効果に関する研究」，福岡大学工学集報，第48号，平成４年３月，pp.43-52
40)須貝高：「床下防湿材料（ｿｲﾙｶﾊﾞｰ）の比較実測に関する報告」，日本建築学会九州支部研究報告，第28号，昭和60年３月，pp.169-172
41)永峰章：「床下換気，土壌ｶﾊﾞｰ等の効果」，IBEC，№24，Vol.5-4，昭和59年10月15日，pp.17-20
42)須貝高：「小屋裏空間の換気促進による排熱・排湿効果実験－換気瓦による夏季の小屋裏状態の改善－」，福岡大学工学集報，第36号，昭和61年３月，pp. 111- 129
43)佐々木博明：「接地空間の環境調整に関する研究（２）－寒冷地における床下空間の気密化について－」，日本建築学会講演梗概集，昭和62年10月，pp. 869- 870
44)唐津智行：「諸外国における結露対策」，IBEC'84･10，№25，pp.44-4
45)赤坂裕，黒木荘一郎，小原聡司：「小屋裏強制換気による排熱効果に関する実験的研究（その２）小屋裏強制換気量が大きい場合」，日本建築学会大会講演梗概集，1990年10月，pp. 581- 582
46)須貝高，二宮秀輿，他４名：「小屋裏強制換気扇による排熱効果に関する実験的研究」，日本建築学会大会講演梗概集，第31号，1989年10月，pp. 621- 622
47)鎌田紀彦：「寒地における屋根工法」，㈱情報開発，昭和62年２月20日，pp. 139- 165
48)前田博司：「新しい屋根材料・工法技術資料」，㈱情報開発，昭和62年２月20日，pp.51-65
49)須貝高，尾崎明仁，石田卓，他１名：「自然・強制換気による小屋裏環境の改善に関する研究」，福岡大学工学集報，第52号，平成６年３月，pp. 177- 183
50)城東化学工業㈱：ｶﾀﾛｸﾞ「通気工法部材」
51)江本工業㈱：ｶﾀﾛｸﾞ「EV工法ﾌﾟﾗｽ気密化促進部材」
52)木質構造研究会編：「木質構造建築読本　ﾃｨﾝﾊﾞｰｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞのすべて」，㈱井上書院，1989年７月15日，　270頁
53)田中俊六，足立哲夫，武田仁，土屋喬雄：「最新　建築環境工学〔改訂版〕」，㈱井上書院，1990年８月24日，　301頁
54)北海道住宅新聞，平成６年７月15日，第 358号
55)石川廣三：「住宅建築（木造，低層，Ｓ・RC造）における完璧防水法」，㈱日本住宅新聞，第 750号，平成６（1994）年７月５日

56)北海道住宅新聞，平成６年９月25日，第 365号
57)「北国の家づくり'92 Vol.12 ｾﾞﾛｴﾈﾙｷﾞｰﾊｳｽ」，㈱北海道住宅新聞社，平成４年６月15日，284頁
58)渡辺要編：「建築計画原論 Ⅲ」，丸善㈱，昭和40年４月25日，371頁
59)横江三夫，岩前篤，宮田靖久：「自動開閉式換気口を用いた床下空間の熱的性能」，積水ハウス技報－62年版－，pp.65-68
60)北海道立寒地住宅都市研究所：「断熱工法のﾎﾟｲﾝﾄ－２ 床断熱と基礎断熱」
61)須貝高，尾崎明仁：「断熱ﾊﾟﾈﾙを使用した高断熱住宅に関する実験的研究」，福岡大学工学集報，第47号，平成３年９月，pp.87-98
62)須貝高，尾崎明仁，他３名：「通気構法の排湿効果に関する研究」，福岡大学工学集報，第49号，平成４年９月，pp. 141- 149
63)須貝高，二宮秀輿：「小屋裏換気設備による排熱・排湿の実測による効果分析－住宅における夏季の小屋裏の測定－」，福岡大学工学集報，第42号，平成元年３月，pp. 153- 164
64)須貝高：「断熱・遮熱・防露」，㈱情報開発，昭和62年２月20日，pp. 67-73
65)福岡県建築都市部住宅課，(財)福岡県建築住宅ｾﾝﾀｰ：ｶﾀﾛｸﾞ「ふくおか型木造住宅のすすめ」
66)井上貞弘：「水と寒さによる障害」，㈱建築技術，1991.06，272頁
67)㈱彰国社：「建築大辞典 第２版＜普及版＞」，㈱彰国社，1993年６月10日，2090頁
68)須貝高，他３名：「換気設備による居室及び小屋裏空間の排湿効果 その１ 実験概要及び室内の換気実験について」，日本建築学会中国・九州支部，第７号，昭和62年３月，pp. 241- 244
69)須貝高，他３名：「換気設備による居室及び小屋裏空間の排湿効果 その２ 換気瓦を設置した家屋における冬季のﾃﾞｰﾀ分析」，日本建築学会中国・九州支部，第７号，昭和62年３月，pp. 245- 248
70)須貝高，他３名：「換気設備による居室及び小屋裏空間の排湿効果 その３ 室内暖房実験における室内環境と熱損失について」，日本建築学会中国・九州支部，第７号，昭和62年３月，pp. 249- 252
71)須貝高，尾崎明仁，他５名：「通気断熱構法の排湿・遮熱効果に関する研究」，日本建築学会九州支部研究報告，第33号，1992年３月，pp. 117- 120
72)須貝高，尾崎明仁：「蒸暑地域に適する断熱気密住宅について」，日本建築学会環境工学委員会，熱環境運営委員会，第22回熱ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ，pp. 117- 118
73)須貝高，尾崎明仁，他３名：「夏季の小屋裏温湿度の改善に関する研究」，福岡大学工学集報，第50号，平成５年３月，pp. 105- 115
74)須貝高，尾崎明仁，他３名：「通気構法の排湿効果および屋根断熱の遮熱効果に関する実験的研究」，福岡大学工学集報，第48号，平成４年３月，pp.43-52
75)尾崎明仁，須貝高，他３名：「木造住宅の屋根遮熱に関する実験的研究」，福岡大学工学集報，第46号，平成３年３月，pp. 139- 146
76)尾崎明仁，須貝高，他３名：「木造住宅の屋根遮熱に関する実験的研究 その２」，福岡大学工学集報，第48号，平成４年３月，pp.53-59
77)須貝高，尾崎明仁，他３名：「通気構法の排湿効果および屋根断熱の保温効果に関する実験的研究－試験家屋の温・湿度に関する冬季実測ﾃﾞｰﾀの解析－」，福岡大学工学集報，第47号，平成３年９月，pp.75-85
78)須貝高：「換気設備による居室及び小屋裏空間の排湿効果－換気瓦を接地した家屋における冬季のﾃﾞｰﾀ分析－」，福岡大学工学集報，第37号，昭和61年９月，pp. 109- 123
79)須貝高：「強制換気による小屋裏・床下空間の排熱・排湿効果実験－太陽光ｴﾈﾙｷﾞｰ換気扇による夏・冬季における分析－」，福岡大学工学集報，第37号，昭和61年９月，pp. 125- 136
80)赤坂裕，須貝高，出口清孝，黒木荘一郎，二宮秀与，他２名：「小屋裏換気による排熱・排湿効果に関する実験的研究」，日本建築学会九州支部研究報告，第31号，平成元年３月，pp. 165- 168 → 45)
81)須貝高：「屋根部位の仕様の違いによる結露発生の比較実験－冬季ｶﾗｰﾄﾀﾝ使用の場合－」，福岡大学工学集報，第36号，昭和61年３月，pp. 131- 138
82)須貝高，二宮秀與：「小屋裏換気扇の小屋裏及び居室に対する排熱・排

湿効果－実大家屋における夏季のﾃﾞｰﾀ分析－」，福岡大学工学集報，第42号，平成元年３月，pp. 117- 130
83)須貝高，二宮秀與：「小屋裏換気扇設備による排熱・排湿の実測による効果分析－住宅における夏季の小屋裏の測定－」，福岡大学工学集報，第42号，平成元年３月，pp. 153- 164
84)北海道住宅新聞，第 369号，平成６年11月５日
85)小原聡司，赤坂裕，須貝高，出口清孝，黒木荘一郎，二宮秀與：「小屋裏強制換気による排熱効果に関する実験的研究」，日本建築学会大会学術講演梗概集，1989年10月，pp. 621- 622
86)山田雅士：「建築の断熱」，㈱井上書院，1981年12月15日
87)須貝高，尾崎明仁，石田卓，他２名：「自然・強制換気による夏季小屋裏温湿度環境の改善　その１　妻換気と棟換気の排熱・排湿効果」，日本建築学会大会学術講演梗概集，1993年９月，pp.31-32
88)須貝高，尾崎明仁，石田卓，他２名：「自然・強制換気による夏季小屋裏温湿度環境の改善　その２　小屋裏換気扇の排熱効果と屋根断熱の遮熱効果」，日本建築学会大会学術講演梗概集，1993年９月，pp.33-34
89)須貝高，尾崎明仁，他４名：「木造住宅の屋根遮熱に関する実験的研究」，日本建築学会九州支部研究報告，第32号，1991年３月，pp. 217- 220
90)須貝高，尾崎明仁，他３名：「木造住宅の屋根遮熱に関する研究」，日本建築学会大会学術講演梗概集，1992年８月，pp. 763- 764
91)尾崎明仁，須貝高，他４名：「木造住宅の屋根遮熱に関する実験的研究　その２」，日本建築学会九州支部研究報告，第33号，1992年３月，pp. 125- 128
92)須貝高，尾崎明仁，他２名：「夏季の小屋裏温湿度環境の改善に関する研究　その１　妻換気と棟換気の効果」，日本建築学会中国・九州支部研究報告，第９号，1993年３月，pp. 161- 164
93)須貝高，尾崎明仁，他２名：「夏季の小屋裏温湿度環境の改善に関する研究　その２　小屋裏換気扇と屋根断熱の効果」，日本建築学会中国・九州支部研究報告，第９号，1993年３月，pp. 165- 168
94)須貝高，他２名：「屋根部位の仕様の違いによる結露発生の比較実験」，日本建築学会九州支部研究報告，第29号，昭和61年３月，pp. 213- 216
95)須貝高：「強制換気による小屋裏・床下空間の排熱・排湿効果実験－太陽光･ｴﾈﾙｷﾞｰ換気扇による夏・冬季における分析－」，日本建築学会中国・九州支部研究報告，第７号，昭和62年３月，pp. 253- 256
96)北海道立寒地住宅都市研究所：「断熱工法のﾎﾟｲﾝﾄ－３　外壁・天井・屋根」
97)山田雅士：「建築の結露－その原因と対策」，(有)井上書院，1979年12月15日，pp. 271
98)ﾀﾞｳ化工工業㈱編：「屋根断熱　ｻｰﾓｶﾒﾗで覗く屋根断熱の効果」，熱と環境，Vol.37，平成４年４月25日，pp. 1 -14
99)安部郁夫：「木炭を利用した環境浄化技術」，pp.97-116
100)日本建築学会北海道支部：「寒地建築教材－概論編」，彰国社，1991年８月10日，118頁
101)牧内泰道：「木炭パワー超健康法」，㈱日本文芸社，平成６年10月25日，205頁
102)阿部正行：「危ない建材と健康住宅の建て方」，㈱日本住宅新聞，第773号，1995年１月
103)須貝高，尾崎明仁，石田卓，山下靖雄：野地板の蒸れ防止に関する研究～透湿性ルーフィングと非透湿性ルーフィングの比較～，日本建築学会九州支部研究報告，第35・２号，1995年３月，pp. 113- 116
104)山下靖雄，須貝高，尾崎明仁，石田卓：夏季の小屋裏排熱に及ぼす換気の効果，日本建築学会大会九州支部研究報告，第34号・２，1994年３月，pp. 213- 216
105)旭化成建材の資料
106)彰国社：自然エネルギー利用のためのパッシブ建築設計手法事典，1983年10月10日，133頁