

モナリザ展示に際しての温湿度調整

登石健三・三浦定俊

モナリザの日本における展示は、昭和49年春、5月を中心に前後50日間、東京国立博物館において行なわれた。これより先48年12月、東京における日仏当事者の打合わせで、色々なとりきめが行なわれたが、そのうち保存環境に関する主なものを掲げると

展示場所は博物館中央の特5室とする（図一1）。

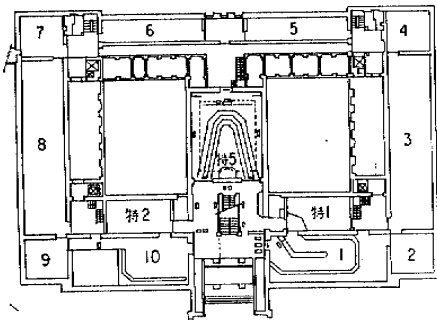
温度は18°C~21°Cの間に保たれねばならない。

湿度は50%程度に保たれねばならず、変化幅は10%以内で変化は緩慢でなければならない。

照明光は紫外線を含まず温度上昇もおこさぬこと、又200 luxをこえてはならない。

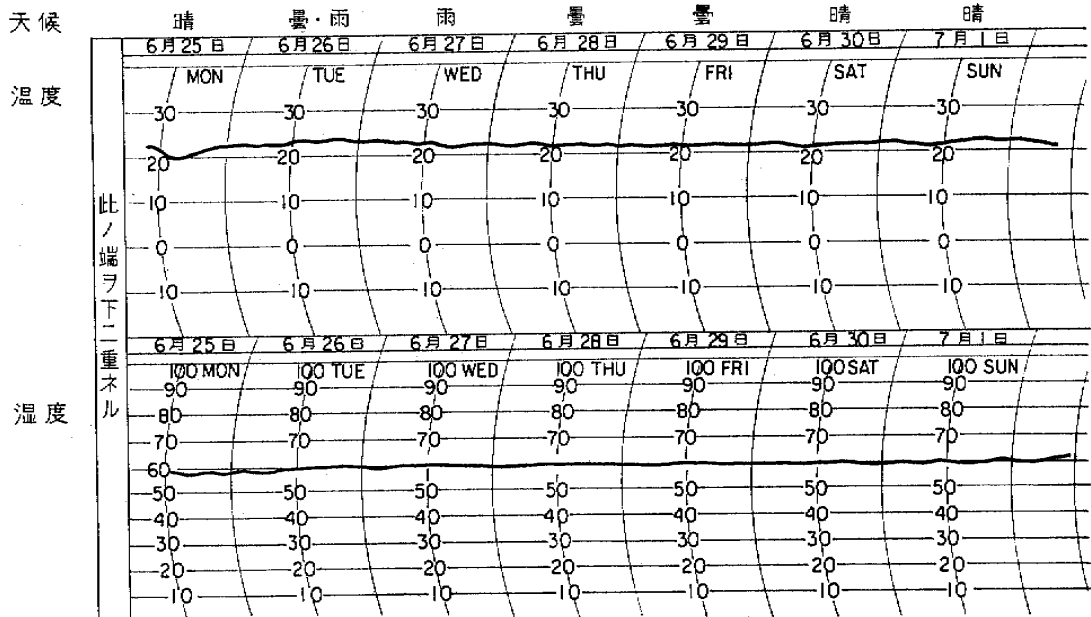
などであった。

48年6~7月博物館では中華人民共和国出土文物展が行なわれたが、このときの第3陳列室展示ケース内の温湿度記録を見ると、非常によい環境が保たれている（図一2）。博物館側はこの経験を基に、第3室を使用、更にケースの断熱を完全とすれば、前方の要求を満たすのは簡単であると考えていた。ところが12月の打合わせで、フランス側の強く希望する展示室は中央の特5室であった。この部屋は吹抜けで天井が高く、とても第3



図一1

中華人民共和国出土文物展（昭和48年6月9日~7月29日）期間中における第3室展示ケース内の温・湿度



図一2

室と同様なきめ細かい空調は難しい部屋なのである。事実モナリザ展が始まって後のこの部屋の温湿度記録は図-7, 8, 9の各b, cなどに見られるようなものであった。但しこれは図-2のように展示ケース内の記録ではないから、そのまま比較することは出来ないが、室内の状態はかなり変化していることが分かるであろう。

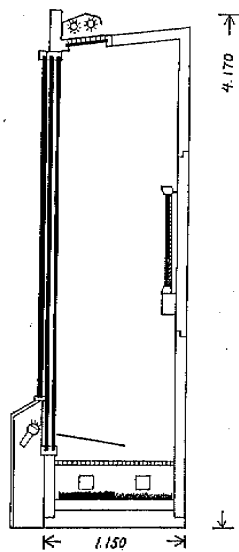


図-3

このような条件で博物館側の設計した展示ケースは図-3に示すものであった。ケース本体は鉄製とし、内面には75mmのグラスウール層を当てて、十分な断熱を計ってある。尤もこの断熱層は単一のものではなく、施工上の便の為か、図-4のように5層から構成されたものであった。正面硝子窓は二重で中間に乾燥空気層を有するが、これも断熱を考慮してのことである。照明はケース天井上前方に蛍光灯

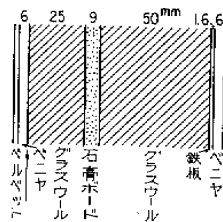


図-4

を設け、乳白アクリル板とルーバー、複層硝子を通してケース内に入射するようになっているから、ケース内を温める効果は最小と考えられる。ケースに向って右側面には諸作業上必要な扉が一つ備えられ、又背面中央のモナリザを掲げる場所も扉となっていて、万一の場合この扉を開けばモナリザはすぐ取り外して別の場所に移すことが出来るようになっている。これらの扉の建付けは大変シククリ出来ているから、ケ

ース内の水分量を適当として閉じてしまえば内部の絶対湿度は不変の筈である。しかし乍ら75mmのグラスウール層は非常な断熱効果はあるが、完全断熱ではないし、閉扉時点でケース内水分を望みの量とすることも、不確定要素が入るため至難のことである。このためケース床下に相対湿度50% 空気と平衡となったゼオライト粒を置き、湿度の自動調節を計った。この方法は既に美術品梱包内などに実施している方法で、要するにゼオライト粒がケース内空気の乾湿変化に応じて自分の既に吸っている水分を吐き出したり、逆にそれ以上に吸ったりして、空気の湿度変化を圧える呼吸作用を利用したものである¹⁾。勿論この呼吸作用は展示空間に速に伝わらねばならぬから、ケースの床はルーバーとして空気の拡散・移動は自由とした。

温湿度は先に規定されたように、モナリザのような敏感な展示物にとっては重要なものであるが、その中でも湿度は大切である。そのため湿度調節には更に大事をとって、万一の場合に備え、除湿機と蒸発式加湿機を備えた小室(図-5の下部)をケース脇に設けて、ダクトでケース床下に連結した。但しこれは万一の湿度変化に備えたもので、普段はこのダクトには蓋がされている。又一応設備はしたが、結果的には一度も使用されたことはなかった。

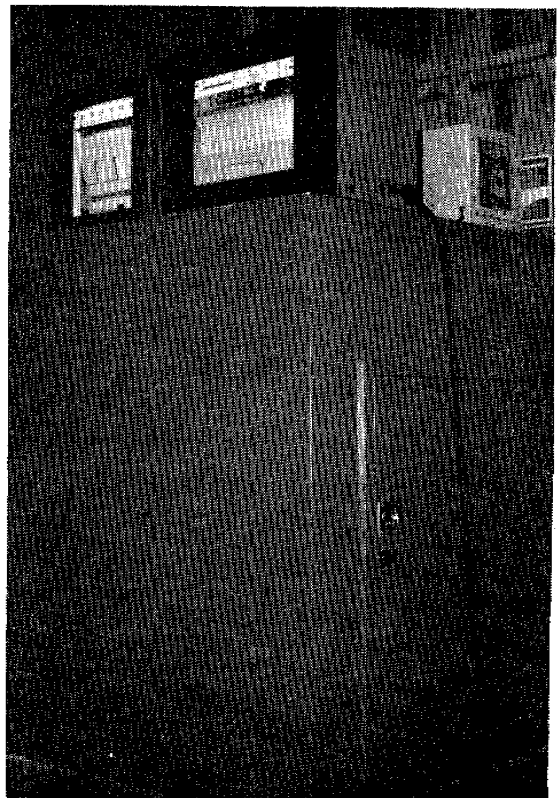


図-5

ケース内の温湿度測定は電氣的に行なわれた。すなわち温度センサー、湿度センサーをケース内モナリザの高さの場所に設置、その指示は 24 時間休みなくケース外の記録装置に記録される(図-5)。その指示値の補正は当所の電気湿度計により、又この電気湿度計はそれぞれ炭酸カリウム ($K_2CO_3 \cdot 2aq$) と硝酸マグネシウム ($Mg(NO_3)_2 \cdot 6aq$) の飽和溶液を利用して作った 43% と 54% の基準相対湿度でチェックした。

二つの湿度計を並べて同一場所の湿度を計り、完全に一致した相対湿度数値を得ることは一般にはめずらしい事であるが、フランス側が携行してきたアスマン湿度計はさすがに、当所の厳密なチェックを経た電気湿度計と完全な一致を見た。電氣的測定の方が何かと便であるので、それ以後は当所の電気湿度計を基準とすることにきめた。更に一個温度センサーをケース内の高い位置に設置して、これも連続記録をとった。ケース内空気が照明の影響で温められ上昇して、高所高温(従って低湿)とならぬかとのフランス側の心配からであったが、二ヶ所の温度差は僅かに $0.6^{\circ}C$ 程度であった。

ケースの内装は赤色ベルベットで行なわれたが、その仕上げはやはり開会の 2~3 日前となった。モナリザ到着時までケース内にはその接着剤の臭が抜けきってはいなかった。臭気があることは空中に何かの物質が混っていることで、これは取除くべきである。この臭気とりのため、床下にはゼオライト粒の他に、活性炭粒を拡げた薄い箱を置いた。

開会してやや経ってから、ケース前面の二重硝子窓の外側に、警備上の要求により更に一枚防弾硝子板が設置された。

モナリザの輸送は全くフランス側の企画で行なわれた。額縁には既に一枚の防弾硝子が嵌っており(従って観覧者は合計 4 枚の硝子を通して観たことになる)、この額縁は輸送の際は取り外して、別梱包で送られる。絵画の方はポプラの板の上に描かれているが、これは板だけでなく、割合細い枠が四周を囲み、裏側でこの枠に 4 本の横棧が打たれた状態である。輸送箱(図-6)は深さは違うが箱・蓋共に矩形桁形で、金属の二重壁で作られ、二重壁間は厚いグラスウール層となっている。箱に蓋を乗せるとき真中に出来る空間は、モナリザに面脇から発泡スチロールの「当て」を嵌めたものが、丁度シッカリ収まるように設計されていて、合わせ面にはゴムパッキングが備えられ、止め金具で箱・蓋を連結すれば内部空間は耐水になる。この箱は前回アメリカで公開されたときの輸送用に作られたものをそのまま使用したそうである。充分な断熱が意図されたもので、当方が用意したような湿度の自動調節は併用されてはいない。飛行機はモスクワを経由して東京へ来たわけである。この間常に客席に置かれていたので、長時間の飛行中でも低温にさらされたことはなかった筈であり、密閉されているから、箱内空間中の水分量はそのまま保たれていた筈で、大きい湿度変化はなかったであろう。到着時フランス側の測定したところによると、ポプラ板は一ヶ所だけ 0.3mm の変位を前方へおこしていたことが測られたのみで、殆んど変形はおこっていなか

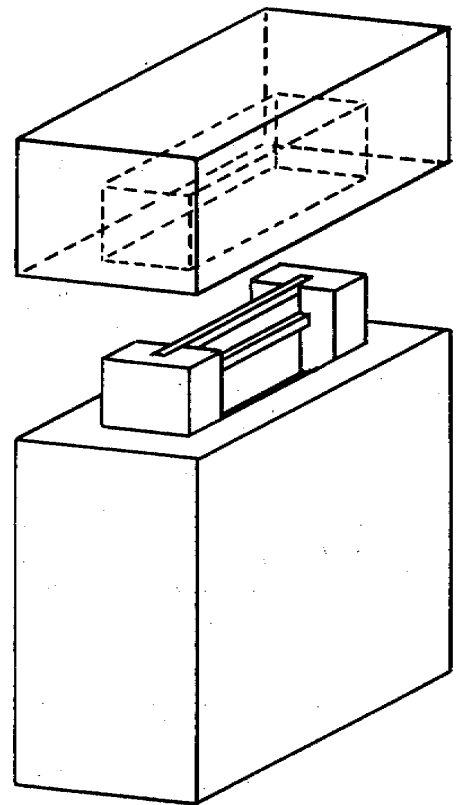


図-6

ったそうである。

さてゼオライトの使用量は、ケース内容積 10 m^3 からみると、 10 kg 使用すれば、空気の場合温度変化によっておこる相対湿度変化幅の $1/10$ 以内位の変化幅に圧えることが出来る筈である²⁾。しかしケース内にはベニヤ板・ベルベット等が使用され、モナリザをセットして閉扉する時点までの経歴はあまりはっきりせず、含水率は不明である。モナリザ自体も先方が要求するように実効湿度が丁度 50% になっているかどうかは分からない。これらに対する安全性をとって、倍量の 20 kg を使用することにした。これらの関係からか、閉扉後のケース内相対湿度は 51% となった。乾いたゼオライトを加えてこれを 50% 丁度に手直しすることは簡単であったが、 51% は申分ないということであったので、これは実行しなかった。

以下に実際の温湿度記録の中から意味の深いもの数ヶ所を拾って解釈を付け加える。但しこの記録では、相対湿度は初期で 2% 高すぎに示され、5月27日記録装置の手直しをしてからは 1% 高すぎに出ている。温度は初め 0.4°C 高すぎに出、5月27日以後は約 0.5°C 低すぎに出ている。

① 4月18日記録

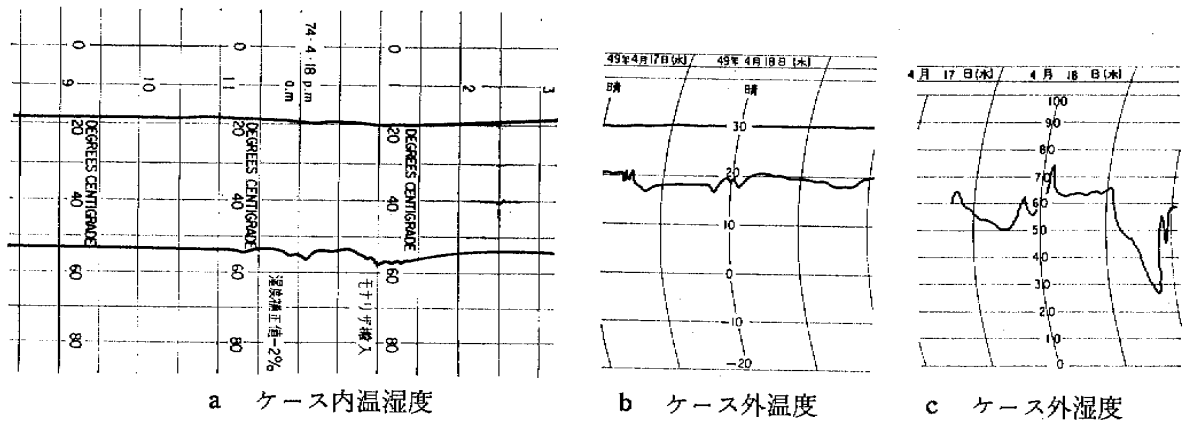


図-7

ケース内用記録用紙の横列数字は時間、縦列数字は温度・湿度共通に測れる尺度を示している。モナリザは午後1時頃セットされた。それまでは約 18.5°C 、 51% で来ており、午前11時頃からモナリザセットまでに相対湿度が時々変化しているのは、準備のための開扉に影響されているものである。午後1時頃セットの為にケース内に人間が立入った。その影響はこの場合温度も 20°C 位に上昇しているし、相対湿度も急に上っている。しかしこの相対湿度上昇は2時間もすれば完全に直っている。温度も徐々に下降しているから、本当ならこの湿度は直らないでむしろ逆に上昇してよい筈なのであるが、実際はこれが直されているのは主としてゼオラ

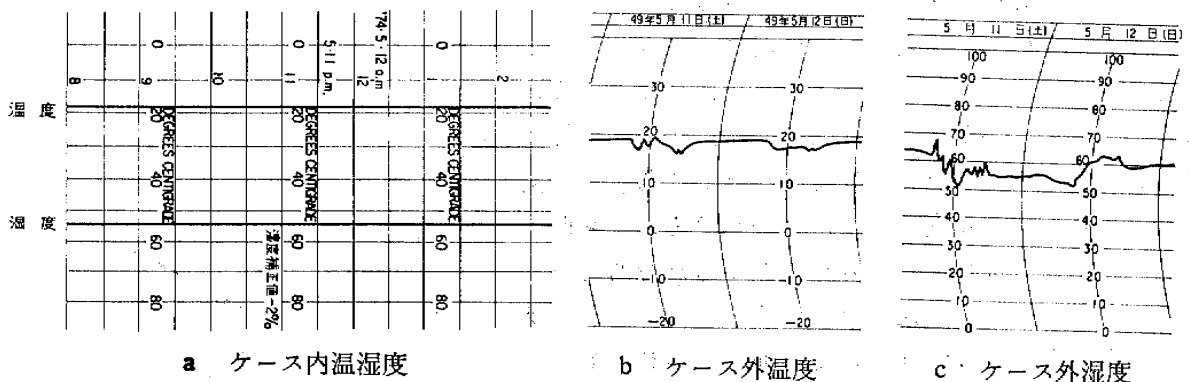


図-8

イトによる自動調節に負うところであろう。この期間中のケース外の温湿度記録は同図右に示されている。モナリザが展示場で再開され、ケースの中に収められ、更にケースの扉が閉じられるまでの 20 分ばかりの短い間幸にも室内は仏側の要求する状態を保っていたが、この状態はすぐに崩れていることが分かるであろう。

② 5月11~12日記録 (図-8)

温度約 18°C、湿度約 52.5% (補正後) の状態が恒常的に保たれ、記録はまるで定規で引いたような直線を示している。このような保存状態はモナリザのような微妙な美術品にとっては理想的といえる。尤もこれは夜間の記録で、室内には観覧者の入場もなく、締め切っているためケース外の変化もあまり大きくはないときである。

③ 5月13日記録

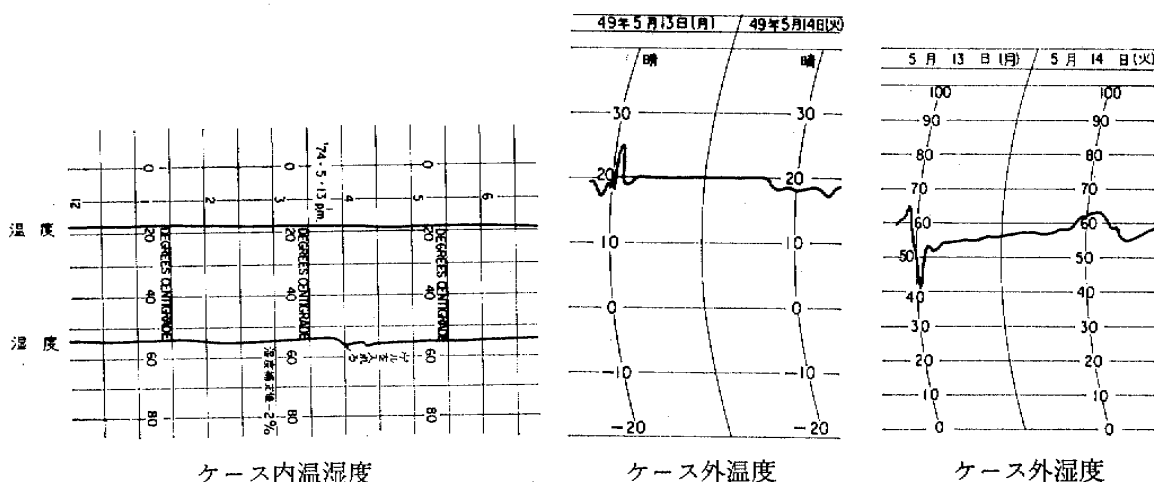


図-9

この記録については述べる事が二つある。その一つは室温上昇によっておこされるケース内の状態の乱れである。記録の上で見ると極めて緩やかな変化ではあるが、先ず湿度が上昇し、次に温度が上り、やがて湿度は元に戻っているのが分かる。この現象は難解である。ケース壁体は図-4の如く、外側にベニヤ板を貼った鉄板製で、鉄板の内側にはグラスウールの50mm層が直接接している。室温の上昇で鉄板まではすぐに温まるであろうが、ケース内の空間が温まるのはかなりの遅れを示すのは当然である。しかしその前に、湿気の放出をしている物が鉄板の近くにあり、その放出蒸気の内部空間への侵入で湿度上昇がおこっているとみねばならない。そこに在るのはグラスウールとやや離れて石膏ボードだけであるが、室温上昇が12時半近くからおこり、内部湿度上昇が1時半位から始まっているところを見ると、どうも鉄板近くのもの、すなわちグラスウールの仕業であるらしく思える。これは一寸意外なことで、普通硝子表面には勿論吸着水分は存在し、これが温度上昇によって放出されることは当然なのだが、空気湿度を変える程の量ではないとして、このような現象は一般には無視している。グラスウールとなると極めて細かい繊維になっているので、この影響が無視出来ない程になってきたのであろうか？ 原因は何であれ室温上昇で温度影響が内部に伝わる以前に外壁近くで水分の放出があったことはほぼ間違のないことである。実際の問題としてこれが内部空間に侵入しないようにする必要があり、それは至って簡単に行なえることである。図-4の大きい矢印の位置に防湿膜を加えることで解決出来ると思われる。

5月13日記録でもう一つ言わねばならぬのはケース内湿度の手直しについてである。陳列ケースは鉄板製で壁は全く不透湿と考えられるが、扉の嵌り部などは別段防湿封じされていた

わけではない。従ってケース外の比較的高い湿度が、極めて除々にではあるが、ケース内に侵入して来た。記録でみると、5月13日すなわち会期の中間点で約1.5%の湿度上昇がおこったことになる。ここで念の為設備した除湿機を働かせることが考えられるけれども、このような機械の作用はあまりに正直すぎて、ケース内空気湿度に小さくとも急な変化をおこすであろう。それよりも少し乾いたゼオライトを挿入して、ジワジワと作用させる方が望ましいと思われる。13日午後実効湿度39%のゼオライト2.5kgを入れた。勿論この為には脇の扉を開きルーバー床をあけて、人間が首をつっこんでゼオライトを置くことになる。その為の攪乱が僅か乍ら記録されているが、結果的にはこれで約0.5%の湿度補正が行なわれている。

このゼオライト量は、モナリザ自身及びベニヤ等の木質の影響を除外しての計算からの見込必要量であったが、実際上の補正は見込値1%に達しなかった(勿論木質を考慮していない為)。しかしこれが一つの実験となって、次の補正には正しい必要ゼオライト量が見込つけられることになった。補正は5月20日にもう一度行なった。

文 献

- 1) Kenzo Toishi: Humidity control in a closed package, *Studies in Conservation*, W-3 (1959), pp. 81~87.
- 2) 登石健三: 古美術品保存の知識, 第一法規出版(株), (1970), pp. 200~207.

Résumé

Kenzo TOISHI and Sadatoshi MIURA: On the Controll of Temperature and Humidity at the Time of the "Mona Lisa" Exhibition

"Mona Lisa" was exhibited for 50 days at the Tokyo National Museum in the spring of 1974. The condition requested by the French side with regard to temperature and humidity was that the domain of 18-21°C and 50±5% be kept, with only very slow changes allowed within these limitations. In order to realize this condition faithfully, the Tokyo National Museum established a plan to exhibit the painting in a stabilized condition within a closed iron case, lined with a 75 mm glass wool layer sufficient to insulate heat conduction, having a large double-paned glass window, and provided with a humidity controlling agent of zeolite having the effective humidity of 50% inserted in. Although the salon itself, in which the painting was exhibited, was too high-ceilinged for a stabilised air conditioning, the condition inside the case was kept perfectly stable. We can notice a few interesting points in the recorded curves of temperature and humidity. If a man goes into the case from some necessity, both temperature and humidity rise slightly. The rise of humidity thus caused is soon nullified by the buffer effect mainly of zeolite, but the rise of temperature needs a longer time to disappear, because of the thick insulating layer of glass wool. A rise of outside room-temperature causes a strange phenomenon: the inside humidity slowly rises

first and then the temperature rises. It is supposed that the water occluded by the glass wool near the iron walls was expelled by the rise of room temperature, heightening the inside humidity before the heat itself from outside is conducted into the case. Although the reason for this moisture yield is obscure, and the amount of the humidity rise is small, it is thought desirable to have added a moisture-proof film inside the glass wool layer to preclude this phenomenon.