

屋根の防火性能について

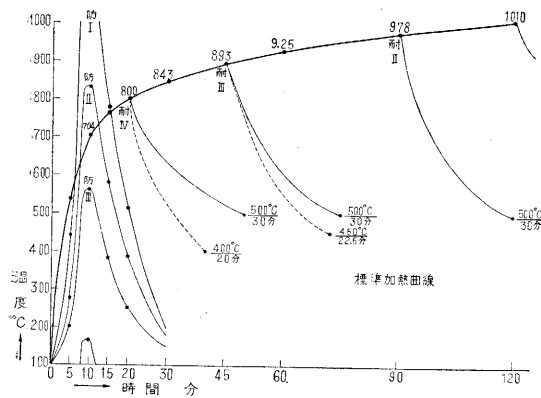
星 野 昌 一

1. 研究のねらい

木造建築の多い日本の都市では最近また大火災がぼつぼつ起りはじめ、毎年4~500億円の損害を出している。現在は市街地では建築基準法で屋根板は不燃材料でふくことになっており、準防火地域では標準火災のⅡ級試験に合格する壁で、隣地に近い部分を防火的に補強して延焼に損害を防いでいる。ところが、もっとも受熱の大きい屋根の軒先部分については、ただ不燃材で包むだけでよいことになり、壁とバランスがとれない点があるので、いままでわが国になかった屋根の防火試験炉を新たに作り、壁と軒裏、軒先、屋根面などを同時に加熱して実際の火災に近い状況を再現させる研究を行い、それを防ぐに必要な構造、材料の組合せを研究したものである(32年度特別研究)。

2. 研究装置

いままでの防火試験装置は壁面および柱面に対する加熱装置があり、ガスバーナを数多く併列して均等に壁面および柱面を加熱するもので、この加熱荷重は日本独特の木造火災に対する標準時間温度曲線による屋外用(JIS A 1301) (左側Ⅰ~Ⅲ)と米国のものに近い加熱曲線を



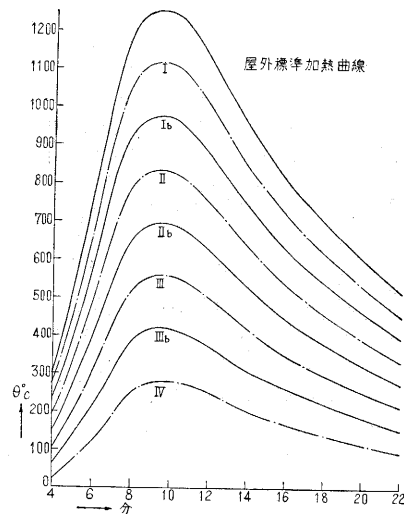
第 1 図 木造火災の標準温度曲線
耐火火災の標準温度曲線 (太線のもの)

もった屋内用(JIS A 1302)のものが主であり、鉄筋や鉄骨、木骨などに対するかぶり厚もこれらの装置で試験されて級別が格付けされていた(第1図参照)。

ところが最近アメリカの屋根葺材料試験装置(ASTM法)に準じた試験炉が早大に出来たが、この試験法ではガスのスリットに着火した焰が風洞から吹き出す風(5m/s

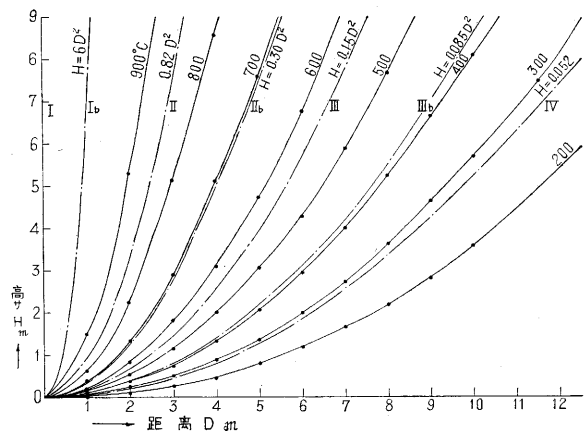
の風速)によって吸い出されて屋根面上に1m以上這うようになっているもので、加熱時間が5分とか10分とかで裏側の木材が発火しないことを条件としてB級とかA級に分ける方法で、また別に飛火試験というのがあって格子状に組んだ木片の燃え切るまでに裏面に着火しないことを規定したものである。

この試験法の第一の欠陥は、加熱が時間的に温度変化が与えられないことで、これでは火焰温度(約800°C)



第 2 図 屋外標準加熱曲線
(Ⅰ~Ⅳは各級別を示す)

に耐える材料で、裏側の断熱性がよければよいということになり、さらに600°Cで融ける材料はぜんぜん問題外となり、また900°Cで融ける材料は有利となるが、実火災では軒先付近は短時間ではあ



第 3 図 各距離、各高さの壁面のうける加熱の級別(Ⅰ~Ⅳ)

るが、 $1,000^{\circ}\text{C}$ 以上になることがある。またこれで定められたA級がどんな条件の時に安全か、B級ならどうかという関係が明らかでない。

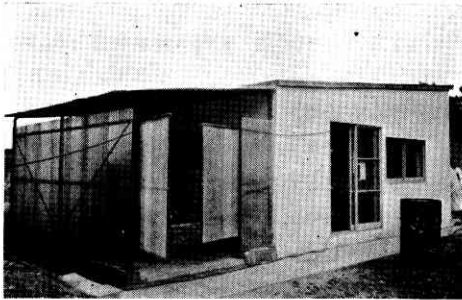
わが国では独特の木造火災に対する性状がかなりよく調べられており、壁面に対しては幅 10 m 程度の壁面からの火災時の対隣壁の距離、高さ別の受熱条件が定められているので、これに対応した屋根面の受熱が明らかになれば、壁と関連したバランスのとれた屋根構造の標準

が得られることになる(第2, 3図)。

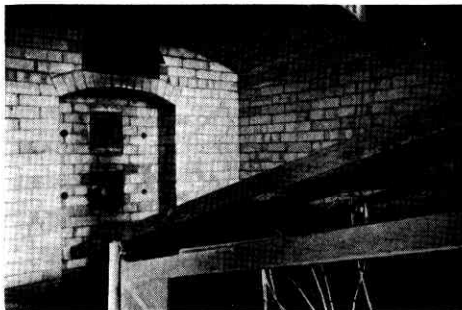
そこでいままでわかっている壁の受熱条件を満足するような火焰流と熱放射をもった発焰装置をつくることを考え、重油バーナ4基を4段にならべて、その火流を調整するため別に一個の空気噴出口を設けて、その火焰の流れの強さや火焰量を送風量のしほり(絞り)で調節して、油量との関係で、ほぼ直線的な受熱量が得られることをたしかめた(第7図参照)。

周囲は火焰流を一定にするため耐火煉瓦の側壁および天井をもち、噴出口から離れた部分は新しい試みとして軽量鉄骨がパネル構造に特殊補強ラスモルタル 3 cm 塗の上、上半は軽量石綿吹付(壁トムレックス) 3 cm 厚として防火被覆したが、その後の実験によく耐えていることがわかった(第4図(A), (B))。

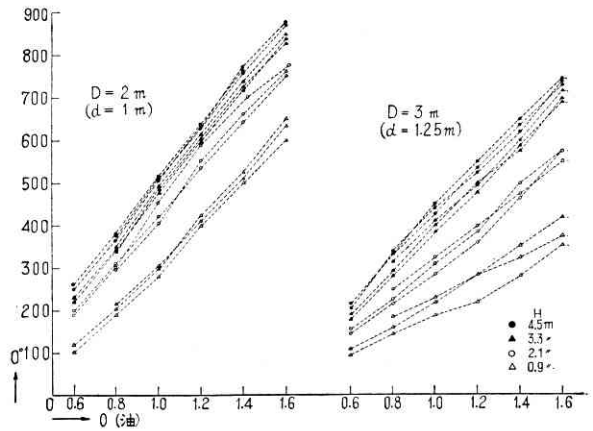
片側には観測窓を設けて写真、映画の撮影、観察などの用に供した。



左側は鉄骨 FRP の送風機室、右側は鉄骨モルタルの試験室
第4図(A) 防火試験室の外観



火焰放射口と耐火れんが巻の風洞内部、右下は試験台車
第4図(B) 防火試験室の内部



第6図 しほりと温度との関係

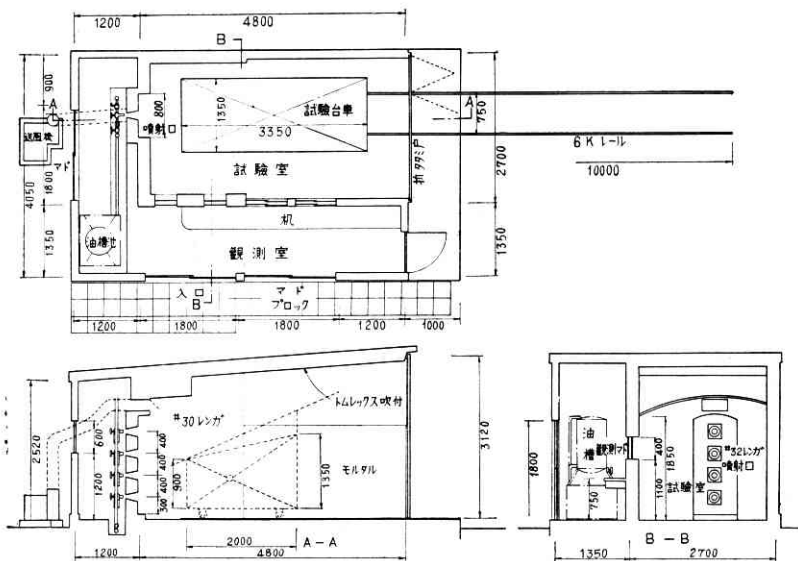
重油は 240 l 入の油槽からコンプレッサで送られた空気と噴出口で混合して火焰流を形成するようになっている(第5図)。

温度の測定は 12 点自記測温装置(YEW 製、 $1,200^{\circ}\text{C}$ 6点、 600°C 6点)と 6 点切替測温装置により、アルメル、クロメル線で保護管により測温点に配線され、補償導線によって配線計と連結される。

(これらの装置の主要部分は強化プラスチック協会が通産省の補助をうけて当所に好意的に設置したものである)。

3. 実験の結果

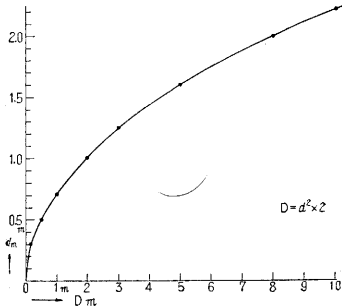
A 予備試験 加熱条件を求



第5図 防火試験室の平面と断面

めるために、一定距離に鉛直試験体を置いて、重油バーナに着火して油と空気量のしほりを調節して油と空気量の間の適当な関係を求めた (第 6 図参照)。

次に距離 (d) を異にする試験体について高さ別の受熱量を測定し、これと実火災の際の受熱の量とを比較して実火災壁面距離 (d) の換算図表を求めた (第 7 図)。



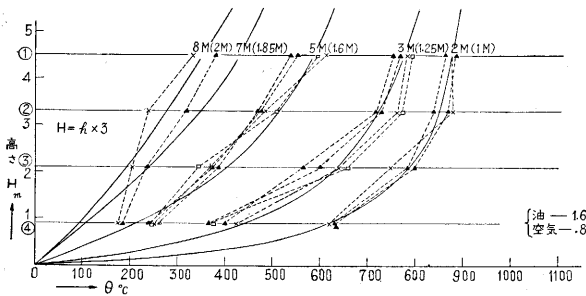
この関係は後に放射熱の立体角計算からもたしかめられた。

$$D = 2d^2$$

この関係は後に放射熱の立体角計算からもた

第 7 図 試験距離と換算距離との関係

たしかめられた。この関係から換算された各距離の高さ別の受熱温度 (時間温度曲線の最高温度で示す) を示すと、ほぼこれは標準火災受熱量と一致することがたしかめられた。ただし距離の遠い場合の下方の受熱が標準値よりやや高く出るが、これは放射の影響から考えてむしろ当然のことと考えられる (第 8 図)。

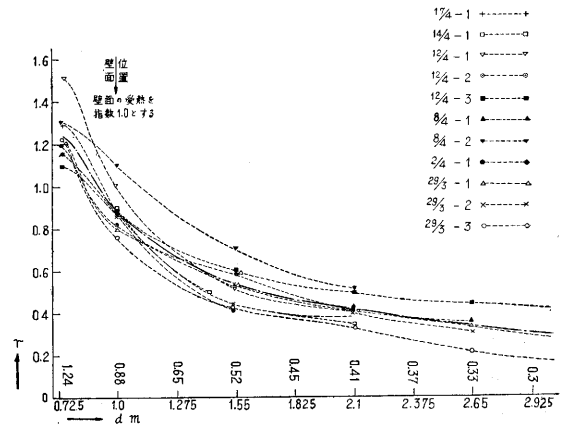


第 8 図 各距離、各高さの受熱分布 (最高温度)

B. 屋根面の受熱指数の測定

壁面受熱が標準受熱になる状態の火焰流の中に壁と屋根を持つ試験台車を挿入すると火焰流の形に変化を生じ、火焰は下側で長さがつまる関係もあって、屋根角に沿って延びる傾向を生じる。屋根形のない場合には下方からの新しい空気供給があり、これが火焰の上昇を助け、各距離とも下ほど低く、上が高い環境温度 (熱放射の影響をとったときのその付近の空気温度) を示すが、屋根形のもので下方を遮られると、焰は屋根面に沿って延び、距離による温度の低下率が少なくなる。いま一つは放射熱の方は壁とちがって角度が斜となるので、距離による低下はいちじるしくなる。

この二つの要素が加味された場合の総合受熱指数を求めることがこの実験の大きいねらいである (第 9 図)。もちろん実験値で求められた低下率がそのまま実際にあてはまるわけではなく、火焰幅の広いことや、焰の高さの



第 9 図 屋根面受熱指数 (壁面比)

大きいこと、屋根幅の広いことなどの影響が入って、風速とからみあって実際にはいろいろな条件が加味されるけれども、試験装置の条件がわかっているのだから、実際のものに換算して置きかえることは可能になってくる。

いままでこのような実際に近い状態の傾斜面に沿った熱の分布の測定値は一つも発表されていなかったのだから、この実験で求められた結果は屋根の防火性能の判定に大きい役割を果すことになるであろう。

いま 1 例として勾配 4.5/10 の場合 (通常の屋根としてやや急な方で、かなり不利な場合) の各部分の受熱指数 (壁面を 1.0 としたときの比) を示せば (壁面位置 1m)

試験距離	0.72	1.0	1.55	2.1	2.65
受熱指数	1.24	0.88	0.52	0.41	0.33

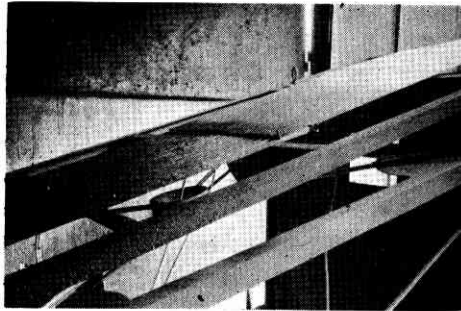
上表のような値となり、その直上部の屋根は、壁面より受熱がやや少ない (約 0.9 倍) が、軒先付近の屋根はやや多い (約 1.2 倍) の加熱を受けることがわかり、これによって、現在のように壁面のみをやかましく防火的に処理しても (木の上にモルタルを 2.5 cm 程度塗る) 屋根は亜鉛鉄板 1 枚というようなことの不都合が明らかになってきたのである。むしろ壁以上の防火が屋根の軒に近い所は必要であり、このためにはどんな処置が必要であるかを次に研究することが必要となった。

C. 亜鉛引鉄板屋根の防火処理の研究

現在近代的な住宅や商店などの屋根はほとんどといってよいくらい亜鉛鉄板葺である。壁と軒うら、軒先までは隣地境界 (または前面道路の中心) から、平家で 3m、2 階で 5m という、いわゆる「延焼のおそれのある部分」は屋外 II 級 (壁面モルタル温度 833°C 最高) の試験に合格 (裏面の木材部分の温度 260°C 以下) しなければならないが、屋根は亜鉛引鉄板のままでもよいことになっているのは矛盾しているのだから、延焼のおそれのある部分についてはその限界 (前記の 3m、5m) 付近直上くらいまでは、すくなくとも II 級に合格する必要があることがわかる。

もっとも屋根のⅡ級は壁のとは多少試験法が違い、壁はその部分のモルタル面の温度で示すが、屋根は屋根面から 1 cm 離して 5 cm 平行に置いたサーモカップル面の温度で試験するのであるし、屋根面の受熱条件が傾斜があるので多少違ってくるので、その条件に合格する防火処理を実際的に求めてゆかなければならない。

それで最初にもっとも代表的な金属屋根の亜鉛引鉄板葺について、各種の下地のもの、各種の厚さのものについて実験を進めた (第 10 図)。

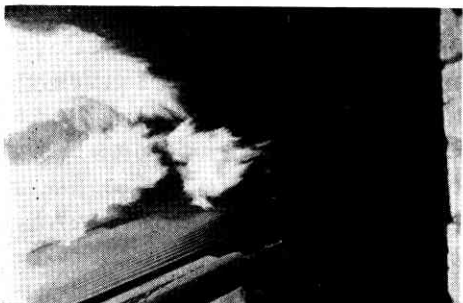


手前亜鉛引鉄板、右 F.R.P. (強化ポリエステル)
第 10 図 屋根試験体を取り付けたところ

通常の工法では木の野地板 (12 mm 程度) に瓦棒をうちつけ、ルーフィング (17 kg~22 kg) を敷くわけであるが、この手法では、ルーフィングのアスファルトがまず溶けて流れおち、樋にたまってこれに着火し、最高 350°C (Ⅲb 級よりやや弱い受熱) で軒先に引火してしまうことがわかってきた (第 11 図 (A), (B))。

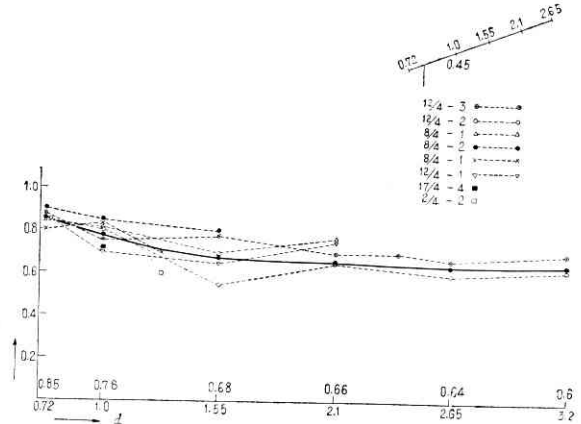


第 11 図 (A) 亜鉛引鉄板屋根のアスファルト・ルーフィングに引火した状態



火焔は屋根面に沿って延び、後方の F.R.P. に着火する寸前の状態

第 11 図 (B) 試験中の状況



第 12 図 亜鉛鉄板透熱係数

そこでアスファルト・ルーフィングの代りにビニールフィルムの防水層を用いて木造の亜鉛引屋根とするとⅢb 級 (最高 420°C) には耐えることが明らかとなった。

亜鉛鉄板面の受熱に対して、その直下の裏面がどのような受熱をうけるであろうかを調べておくと、裏面の防火処理をどの程度にすればよいかはわかってくるので便利であろうと思ひ、各点についてその透熱の係数をとってみると次のようになる (第 12 図)。

第 1 表 亜鉛鉄板の透熱係数

試験距離	0.72	1.0	1.55	2.1	2.65
透熱係数	0.85	0.78	0.72	0.71	0.69

でほぼ 0.7~0.8 とみることができる。

たとえば軒先 (0.72) で 1,000°C の熱をうける場合、その裏面は 850°C ということになり、裏側にこれに耐える処理をしなければならないことがわかる。

そこで各種の野地板材に対して各級の防火試験を行ってこれらの材料に対する安全限界と、危険限界とを求め



左半は火焔に近いが木毛セメント板で引火せず、右半は通常の木造下地に引火した。

第 13 図 裏板に着火燃焼中の状態

る実験を重ねた (第 13 図)。

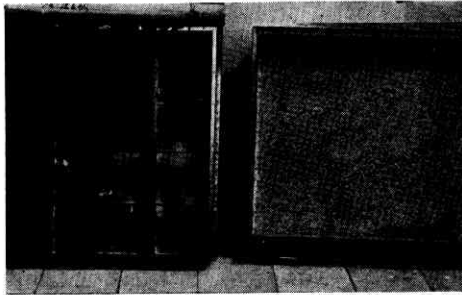
その結果の大意は次に示す通りで、

a) 壁体の場合にくらべて亜鉛鉄板で覆われているので、裏面の被覆厚はかなり軽減され、Ⅱ級の場合で木造下地のプラスタ、モルタルの被り厚は壁体の場合の60%に該当する 1.2 cm でよいことがわかった。

b) 通常の工法による亜鉛引鉄板木造下地のものはⅢb級でもルーフィングに着火するので、これを難燃性のビニールフィルムにおきかえて安全性を増すようにすることが肝要である。

c) 木毛セメント板 (1.2 cm 厚) 下地のものはⅢ級で1部炭化するが、焼失には至らない。もちろん防水層はビニールにすることが必要である。

d) 木毛セメント板鉄骨造のものはⅡb級で一部炭化するが着火するものがないのでは安全といえる (第14図)。



左は通常の工法のものでⅢb級 (420°C) で、アスファルトルーフィングに着火して裏板に引火したのも、右は鉄骨木毛セメント板張り、Ⅱb級 (700°C) で木毛板の1部が炭化するが引火しないことを示す。

第 14 図 亜鉛引鉄板等の裏面

e) 木毛セメント板下地鉄板葺のものは、モルタルを 0.9 cm 塗ればⅡ級に安全となり、1.5 cm でⅠ級に耐えることがわかった。

これらの処理は隣地境界線から近い部分にだけ必要で、一般の屋根については、現行の亜鉛引鉄板で下地を難燃性のものにすれば全般的には安全とみてよいと思われる。

D. 石綿スレート波板屋根の防火処理の研究 鉄板について現在不燃材として一般に用いられている石綿スレートは軽量で比較的低廉な価で得られ工場などに非常に多く用いられているが、この材料を試験してみるとⅠ級では亀裂が入って時には2層に分れて爆裂し、防火性に欠けることがわかった。したがって鉄板よりも断熱性はよい筈であるが、実際には裏面に防火処理をしなければ裏側の木材に引火することは当然である。

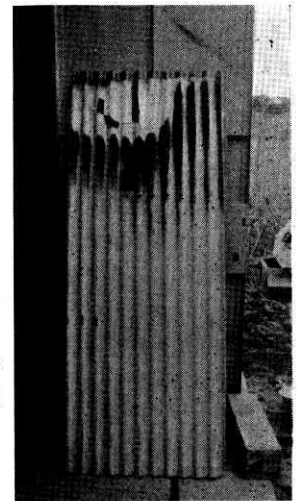
スレートについての実験の結果の概要を示すと次の通りである。

a) Ⅱ級の場合の木造下地のものは亜鉛鉄板の場合と同様に 1.2 cm の被り厚をもっていなければならない。

b) 通常の木骨に取り付けたものはⅢb級でも安全ではない。

c) 木毛セメント板の下地を用いれば、難燃性の防水層を用いた場合大体Ⅲ級に耐える。

d) 鉄骨スレート張りのものはⅡb級には安全であるが、Ⅱ級ではそり



第 15 図 石綿スレート板の亀裂被害状況

第 2 表 亜鉛引鉄板屋根の防火性能

加熱級別 (最高温度)		(280°C) VI	(420°C) III _b	(560°C) III _b	(900°C) II _b	(830°C) II	(980°C) I _b	(1,120°C) I	危険温度 (°C)
木 板 野 地	ルーフィング	○	×炭化焼失 350°C 8/4-3	×	×	×	×	×	350
	6	○	○	○安全 17/5-1			×	×	600
	モブ ル タ 9	○	○	○	○安全 14/4-1	×一部着火 14/4-2			750
	タ ス タ 12	○	○	○	○	○安全 7/5-1	△一部炭化 7/5-2		850
	15	○	○	○	○	○安全	△炭化		1,000
骨 毛 板 野 地	ルーフィング	○	△アスファルト、とける発煙	×	×	×	×	×	400
	ビニールフィルム	○	○7/4-2 安全 12/4-2	△17/4-4 炭化 12/4-3	×炭化 12/4-2	×	×	×	450
	6	○	○	○	○安全 8/4-1	△一部炭化 8/4-2	×木毛板一部炭化 8/4-2	×	750
	9	○	○	○	○	○安全 12/4-1	△ビニールや炭化 12/4-2	×炭化脱落 14/4-1	900
	12	○	○	○	○	○	○安全 9/5-1	△一部炭化 9/5-2	1,050
15	○	○	○	○	○	○安全 17/5-1	○ほぼ安全 17/5-2	1,150	
鉄 骨	木毛板 15 mm	○	○	○安全	△炭化	×	×	×	600
	鉄板	○	○	500°C 白変	750°C 褐色	900°C 褐色白粉ふく	1,000°C トタン黒褐色粉ふく	1,100°C 黒褐色一部ハゲ	1,200

が出て、Ⅰb級では亀裂が入り安全ではない。

e) 木毛セメント板下地にモルタルを 0.9 cm 塗ればⅡ級に合格する。Ⅱ級ではスレートに大きい亀裂が入るので鉄板の場合よりも有利にならない (第15図)。

以上のように在来不燃材だけでよかつた屋根は近接火災に対して必ずしも安全ではないことが明らかとなり、何等かの処置を必要とするので、これらの実用的で軽便な防火工法の研究が必要となったわけである。

(1958. 5. 20)