

産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1973

防熱面の輻射熱遮断効果について

木下鈞一

労働省産業安全研究所

防熱面の輻射熱遮断効果について

木 下 鈞 一*

1. まえがき

鍛造工場、メッキ工場、ガラス器具製造工場、鋳造工場などの環境調査を行なった折、炉体あるいは高温度熔解物などの直前で作業員が十分な防護具を使用しないまま作業している状況が見られた。強烈な輻射熱を受ける場所で手拭一本で顔面の一部を被うにすぎないか、あるいは全く無防備のままで立ち働いている場面に遭遇し保護具の必要性を痛感した。

本報告はこうした作業環境で使用されるべき防熱面（消防士が消火活動の際着用するようなものでなくして、溶接工が用いる遮光面のような軽快な保護マスクのこと）の輻射熱遮断性能について考察したものである。

2. 理論上の考察

防熱面が使用される作業場においては、輻射熱源の温度・表面積、あるいは防熱面に対する形態係数など複雑な値となっている。防熱面の輻射熱遮断性能を考察するときには、これらの値については単純な場合を想定したときの値について検討してもさしつかえないと思われる。よってここでは均一に $q \cdot \text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$ の強さの輻射熱が防熱面上の中心点に対する法線と平行に放射されているものとする。

このような輻射熱を防熱面が受けたとき、 $q \cdot \text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$ の熱により防熱面の温度が室温より $t^\circ\text{C}$ だけ上昇する。この防熱面が二次的熱源面となってさらに図-1に示す点P(顔面の中央に相当する位置)の微小面(面積 dA)に熱を放射するものとし、その輻射の強さを $q_a \cdot \text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$ とする。また防熱面が網状のものや、有孔板の場合には網目や孔を透過し、P点の微小面に一次熱源からの輻射熱の一部が直接放射される。この輻射熱は網または、有孔板の単位面積に対す

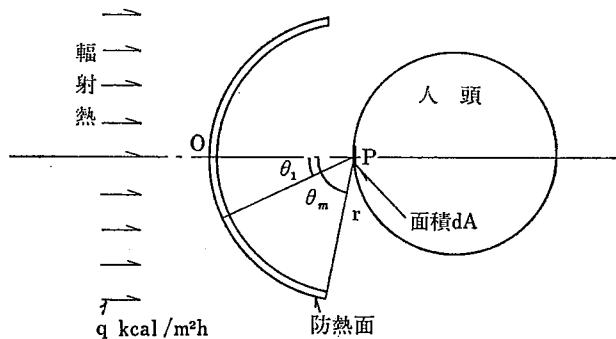


図-1

る空隙面積の比を m で表わすものとすると、 $m \cdot q$ で表わせる。よって面積 dA に入射する輻射熱の強さを $q' \cdot dA$ とすると、

$$q' \cdot dA = q_a \cdot dA + m \cdot q \cdot dA \quad (1)$$

である。輻射熱遮断率 S を

$$S = 1 - q'/q \quad (2)$$

で表わすと、

$$S = 1 - \left(m + \frac{q_a}{q} \right) \quad (3)$$

ここで、 $q_a/q \neq 0$ とみなせるときはただちに、

$$S = 1 - m \quad (4)$$

となり、空隙面積比がわかれば防熱面の輻射熱遮断性能はわかる。

実際の場合、この q_a/q の値は 1 に対して比較的小さい値であるが、防熱面の表面の輻射率、輻射吸収率の値により変わり、輻射率の値が 1 のとき遮断率の値は最も小さくなる。よって防熱面の材料を各種想定し、輻射率 ϵ_1 または吸収率 a_1 の値を 0.15, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 にとって計算してみることにする。

ここで使用するパラメータは

$$\lambda = \text{防熱面の熱伝導率, } \text{kcal}/\text{mh}^\circ\text{C} \quad (175 \text{ kcal}/\text{mh}^\circ\text{C})$$

* 土木建築研究部

α = 防熱面の表裏面の熱伝達率, kcal/m²h°C
 t = 防熱面の表裏面の上昇温度, °C (板厚がうすいの
　　で板の表裏面温度は等しいものとする。)
 t_0 = 周囲空気温度, °C (計算上 $t_0=35^\circ\text{C}$ とする。)
 φ = 防熱面の周囲の壁体, 天井, 他の器物に対する形
　　態係数 (計算上 $\varphi=1.0$ とする。)
 C_b = 黒体の輻射常数 (4.88 kcal/m²hK⁴)
 K = 温度係数 ($K=1.16$ にとる)
 ϵ_1 = 防熱面の表裏面の輻射率
 a_1 = 防熱面の表裏面の輻射吸収率
 ϵ_0 = 周囲の物体の面の輻射率
 a_0 = 周囲の物体の輻射吸収率
 r = 防熱面の曲率半径, m (供試体の寸法より 0.125
　　m とする。)
 θ_1 = 曲率の中心点を通り, 防熱面の任意の点を通る線
　　と防熱面の中心を通る線となす角度 rad (図-1)
 $\theta_m=\theta_1$ の最大値, rad (供試体の形状より $\theta_m=80^\circ$)
 h_1 = 防熱面の高さ m (供試体の寸法より 0.2m)
 d = 板厚, m (供試体の寸法より 0.00055m)
 d_0 = 有孔板の場合の穴の径, m (0.0005m)
 m = 空隙面積比 (0.0~1.0 の値, 計算では供試体の寸
　　法より $m=0.212$ の場合を扱う。)

とする。また計算の煩雑さを避けるため, 次のような仮定をするものとする。

- 1) 防熱面は開口部 (レンズの部分) がないものとし, 全面同一材料でできているものとして防熱面の上昇温度を計算する。
- 2) 防熱面の外形は, 半径 r , 長さ h_1 の円筒面と仮定する。
- 3) 防熱面の輻射率 ϵ_1 と輻射吸収率 a_1 を同一の値とする。同様に ϵ_0 と a_0 も同一の値とする。
- 4) P 点の微小面の温度は室温と同じ値とする。また輻射率および輻射吸収率は周囲の物体, 壁体, 天井, 他の器物) と同一とする。輻射吸収率 $a_0=0.9, 1.0$ の2通り計算する。)
- 5) 有孔板防熱面の場合, 孔の円周壁面 ($2\pi d_0 \cdot d$) からの対流熱伝達は無視するが輻射による放熱は考慮する。ただし周囲の器物, 固体の温度は室温と同一とする。(室温 $t_0=35^\circ\text{C}$ にとることにしたがこれは防熱面が主として高温工場で使用されることを考えこの値とした。)
- 6) 図-1 の線分 \overline{OP} は O 点と顔面との距離に対応するが, ここでは半径 r と同じにする。)

以上の仮定のもとに次の関係式を導いた。図-2に示すように防熱面上に微小面積を考え, この微小面積から各方向への単位時間当りの熱流量を dQ_s, dQ_c, dQ_r, Q_t とする。ただし

dQ_s = 热源からの輻射受热量 kcal/m²h

dQ_c = 対流による放熱量 kcal/m²h

dQ_r = 輻射による放熱量 kcal/m²h

Q_t = 伝導による伝熱量 kcal/m²h

θ_{1m} = 有孔板防熱面の場合 q が透過できる最大角度
($\tan^{-1}(d_0/d)=0.737$ rad, 図-3参照)

である。またこの微小面積は次のように与える。

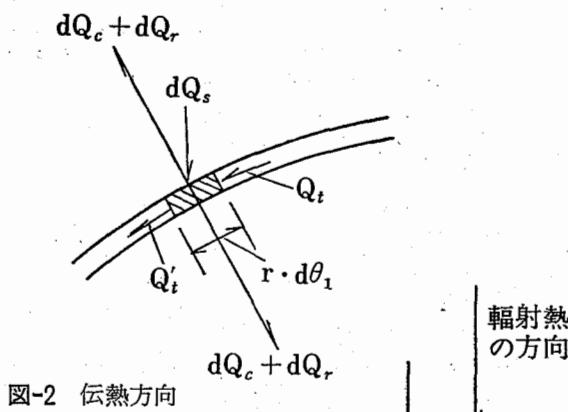


図-2 伝熱方向

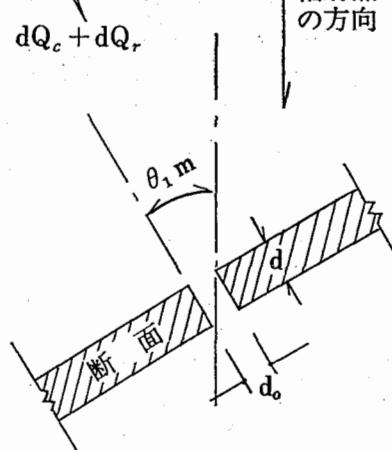


図-3 穴断面

- 1) 微小面の輻射熱源方向への受熱面積 dA_s

図-3から有孔板の場合, $0 \leq \theta_1 < \theta_{1m}$ の範囲の θ_1 に對して孔の内側の円周面の一部も受熱面となる。孔1個所当りの輻射熱有効透過面積を A_h とすると

$$A_h = \frac{\pi}{4} d_0^2 \left\{ 1 - \frac{2d}{\pi d_0} \tan \theta_1 \sqrt{1 - \left(\frac{d}{d_0} \right)^2 \tan^2 \theta_1} - \frac{2}{\pi} \sin^{-1} \left(\frac{d}{d_0} \tan \theta_1 \right) \right\} \quad (5)$$

で表わされる。また単位面積に含まれる孔の数を n とすれば, 有効透過比 m_1 は

$$m_1 = n \cdot A_h \quad (6)$$

である。よって dA_s は

$$dA_s = r \cdot d\theta_1 \cdot h_1 (1-m_1) \cos \theta_1 \quad (7)$$

ただし、a) 無孔板の防熱面のとき ; $m_1=0$

b) 有孔板の防熱面のとき

$$\begin{aligned} 0 < \theta_1 < \theta_{1m} ; m_1 &= nA_h \\ \theta_{1m} < \theta_1 < \theta_m ; m_1 &= 0 \end{aligned}$$

(5)式のまま形では電子計算機にとって不都合な式であるので(6)式に代入したものを次のような近似式をもって書き換える。ただし、供試体の実測結果より $n=10.4^2(\text{個}/\text{cm}^2)$ としている。

$$m_1 = -0.2875 \theta_1 + 0.212 \quad (8)$$

2) 輻射放熱面積 dA_r

仮定5)から微小面の片側面について

$$\begin{aligned} dA_r &= r \cdot d\theta_1 \cdot h_1 \left(1 - m + n\pi d_0 \cdot \frac{d}{2} \right) \\ &= r \cdot d\theta_1 \cdot h_1 (1-m_2) \end{aligned} \quad (9)$$

ただし、a) 無孔板の防熱面のとき ; $m_2=0$

b) 有孔板の防熱面のとき ; $m_2=-0.25$

である。

3) 対流放熱面積 dA_c

上記と同様に仮定5)により対流による放熱面積

$$dA_c = r \cdot d\theta_1 \cdot h_1 (1-m_3) \quad (10)$$

ただし、a) 無孔板の防熱面のとき ; $m_3=0$

b) 有孔板の防熱面のとき ; $m_3=0.212$

である。

4) 断面内の熱伝導に対する断面積 A_t

$$A_t = d \cdot h_1 (1-m_4) \quad (11)$$

$$m_4 = 10.4 d_0$$

ただし、a) 無孔板の防熱面のとき ; $m_4=0$

b) 有孔板の防熱面のとき ; $m_4=0.5$

である。

計算を行なう際、有孔板の空隙面積比 m の値は供試体についての値 ($m=0.212$) に限って計算した。

以上のような計算上の仮定および放熱・受熱面積を利用し、防熱面の上昇温度、輻射熱遮断率を求める式は次のようになる。

図-2から防熱面上の微小面に流入する熱量を正、流出する熱量を負の符号にとれば、これらの熱量の収支を考えると、定常状態のとき

$$Q_t - Q_t' - 2dQ_c - 2dQ_r + dQ_s = 0 \quad (12)$$

となる。ここで

$$Q_t = -\frac{\lambda}{r} \left(\frac{dt}{d\theta_1} \right) \cdot A_t \quad |$$

$$\left. \begin{aligned} Q_t' &= -\frac{\lambda}{r} \left\{ \frac{dt}{d\theta_1} + \frac{d}{rd\theta_1} \left(\frac{dt}{d\theta_1} \right) \cdot rd\theta_1 \right\} \cdot A_t \\ dQ_c &= \alpha t \cdot dA_c \\ dQ_r &= \varphi a_0 \varepsilon_1 C_b Kt \cdot dA_r \\ dQ_s &= a_1 q \cdot dA_s \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

(8), (9), (10), (11), (13)式を(12)式に代入し各項を整理すれば、

$$\begin{aligned} \frac{d^2t}{d\theta_1^2} - \frac{2r^2(1-m_3)}{\lambda d(1-m_4)} \cdot \alpha t - \frac{2\varphi a_0 \varepsilon_1 r^2 (1-m_2) KC_b}{\lambda d(1-m_4)} \\ + \frac{a_1 qr^2 (1-m_1)}{\lambda d(1-m_4)} \cdot \cos \theta_1 = 0 \end{aligned} \quad (14)$$

なる関係式を得る。

ところで熱伝達率 α は実用上物体表面の位置には無関係とみなし、空気層と物体表面の温度差のみの関係を考慮し、次のように置く。

$$\alpha = 2.2 \sqrt[4]{t} \quad (\text{NUSSELT の式})^*$$

これを(14)式に代入すれば、

$$\frac{d^2t}{d\theta_1^2} - k_1 \sqrt[4]{t} \cdot t - k_2 t + k_3 (1-m_1) \cdot \cos \theta_1 = 0 \quad (15)$$

なる微分方程式を得る。ただし

$$\begin{aligned} k_1 &= \frac{4.4 r^2 (1-m_3)}{\lambda d (1-m_4)}, \quad k_2 = \frac{2\varphi a_0 \varepsilon_1 r^2 (1-m_2) KC_b}{\lambda d (1-m_4)} \\ k_3 &= \frac{a_1 qr^2}{\lambda d (1-m_4)} \end{aligned}$$

上式の境界条件は

$$1. \theta_1 = 0 \text{ (面の中心)} ; \frac{dt}{d\theta_1} = 0 \quad (16)$$

$$2. \theta_1 = \theta_m \text{ (面の端部)} ;$$

$$\frac{\lambda}{r} \frac{dt}{d\theta_1} + (\alpha + \varphi a_0 \varepsilon_1 KC_b) t = 0 \quad (17)$$

である。

上式より輻射熱を受けたとき防熱面が周囲の条件とつり合う温度が求められ、 $0 < \theta_1 < \theta_m$ の範囲で多数点求めれば面上の温度分布らわかる。

次に防熱面がこの温度分布になったとき、防熱面から図-1のP点の微小面積 dA に放射される二次輻射熱の強さ q_a を求める。防熱面上の微小面積を dA' ($= r \cdot d\theta \cdot dh$)、この微小面から dA に放射される熱量を dq_a とする。また図-4のように、面積 dA' の中心 Q'' と面積 dA の中心 P を通る直線が水平面となす角を θ_2 、また線分 $Q''P$ を r' とすると

$$\begin{aligned} dq_a &= \varepsilon_1 a_0 C_b \left\{ \left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right\} \\ &\times \frac{\cos \theta_1 \cdot \cos^2 \theta_2}{\pi r'^2} \cdot rd\theta_1 \cdot dh \end{aligned} \quad (18)$$

* 注) 原著によらず建築計画原論II、波辺要編 p. 58 による

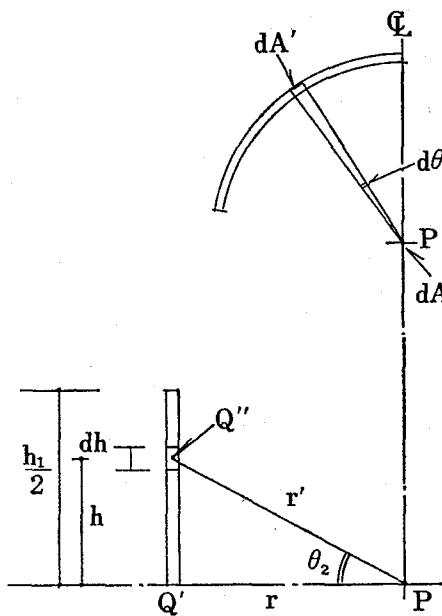


図-4

で表わされる。 h は同図の Q' 点より向上にとるものとする。また q_a は dq_a を防熱面全面にわたって積分したものであるので、

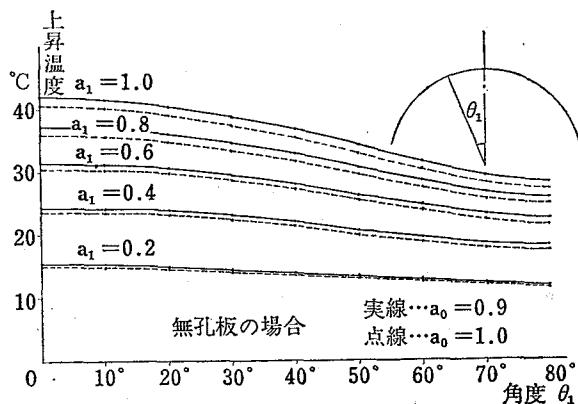


図-5 防熱面の上昇温度

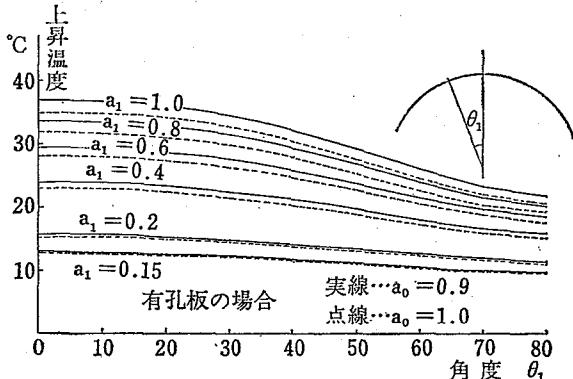


図-6 防熱面の上昇温度

$$q_a = 4 \varepsilon_1 a_0 C_b \int_0^{\theta_m} \int_0^{h_1/2} \left\{ \left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right\} \times \frac{\cos \theta_1 \cdot \cos^2 \theta_2 \cdot r d\theta_1 \cdot dh}{\pi r'^2} \quad (19)$$

となる。

しかるに

$$r' = \frac{r}{\cos \theta_2}, \quad \tan \theta_2 = \frac{h}{r} \quad (20)$$

であるので

$$dh = \frac{r}{\cos^2 \theta_2} \cdot d\theta_2 \quad (21)$$

よって q_a は (20), (21) 式を用い

$$q_a = \frac{4 \varepsilon_1 a_0 C_b}{\pi} \int_0^{\theta_m} \left\{ \left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right\} \cdot \int_0^{\tan^{-1} \frac{h_1}{2r}} \cos \theta_1 \cdot \cos^2 \theta_2 \cdot d\theta_1 \cdot d\theta_2 \quad (22)$$

となる。

これより (3) 式に代入すれば輻射熱遮断率 S を求めることができる。

(15) 式の解は電子計算機により RUNGE-KUTTA-

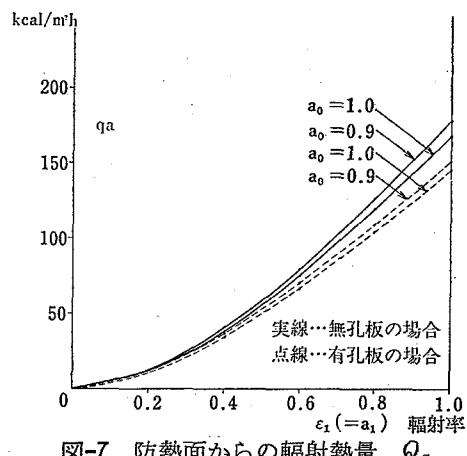
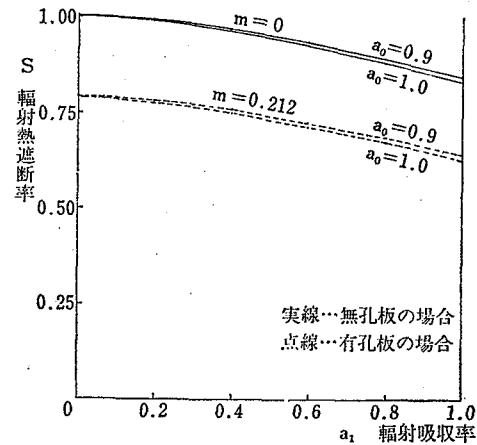
図-7 防熱面からの輻射熱量, q_a 図-8 輻射熱遮断率, S と面の輻射吸収率

表-1

材 料	輻射率 ϵ (10~40°C)
●完全黒体	1.00
●黒良非金属面	0.90~0.98
●煉瓦, タイル, さびた鉄板, 暗色ペイント, 石など	0.85~0.95
●白色系タイル, ペイント, 紙など	0.85~0.95
●光沢アルミニウムペイント, プロンズペイントなど	0.40~0.60
●鈍色黄銅, 銅, アルミニウム, トタン板, 磨き鉄板など	0.20~0.30
●トタン板(わずかに光沢, 灰色)	0.23~0.28
●酸化アルミニウム板	0.1~0.2
●よく磨いたアルミニウム板	0.04

注) 上表は建築計画原論II, 渡辺要編 p9による法で求め, (22)式の q_a はその結果を用い数値積分した。なお計算で θ_1 の刻み幅は $\theta_m/400$ で 0.0034906 rad とした。

計算の結果をまとめて図に表わしたもののが図-5~図-8である。図-5, 図-6は横軸に角度 θ_1 を、縦軸に防熱面の上昇温度 t をとり、種々の材料を想定して輻射吸収率 a_1 の値を 0.15, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0としたときの関係を示したものである。

この図から防熱面の上昇温度を小さくするには a_1 の値が小さい材料を用いれば効果的であることがわかる。表-1より一般にわれわれの身辺にある器物の輻射吸収率の値は 0.85~0.98程度のものが多いが、アルミニウム板は表面の状態にもよるが 0.1~0.2程度であり、暗色塗装などした鉄板と比較してきわめて小さい値であるので防熱材として最も適当な材料の一つであることがわかる。供試体の輻射吸収率は無孔板の場合、輻射率を求める実験では約 $a_1=0.2$ となった。有孔板の場合には測定できないのでわからないが、表面がメッキ処理されているので光沢があり a_1 の値は 0.2以下になるものと思われる、計算では 0.15に見込んだ。

次に図-7には防熱面が熱源となって放射する輻射熱の強さを求めたものである。この図から例えば $a_1=0.2$ $a_0=0.9$ のとき無孔アルミ板のとき $11.3 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 有孔アルミ板のとき $11.7 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}$ で熱源の放射熱の強さ $1,000 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}$ に比べてみるときわめて少ない。

輻射熱遮断率 S を計算した結果は図-8に示すようになった。この図から防熱面の輻射吸収率 a_1 の値が小さいところでは輻射遮断率 S はほぼ空隙面積比 m に同程度となる。

3. 実験

防熱面の防熱効果を調べるために、4種の供試体を用意して以下に記す方法で実験を行なってみた。

実験では、工場などにおける高熱発生体と同一物体、同一温度状態とした輻射熱源とすることが望ましいが実験室では再現困難があるので、手軽に輻射熱源とすることができる赤外線電球を用いた。プランクの式から輻射体の温度が高くなるにつれて輻射エネルギーが最高となる波長域へと移行するが、赤外線電球の場合 $\lambda=1.25 \mu$ で輻射エネルギーが最高となり、黒体の温度が $1,300^\circ\text{K}$ のときの輻射エネルギー分布図と比較すれば(図-9参照)ややすが認められるが実験の都合上赤外線電球を使用して実験を行なった。使用電球は岩崎電機製、IR 100/110, 500WRH であった。

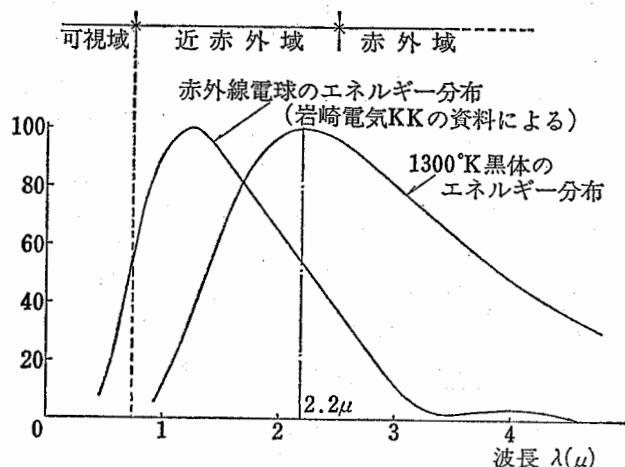


図-9 赤外線電球と $1,300^\circ\text{K}$ の黒体の輻射エネルギー分布の比較

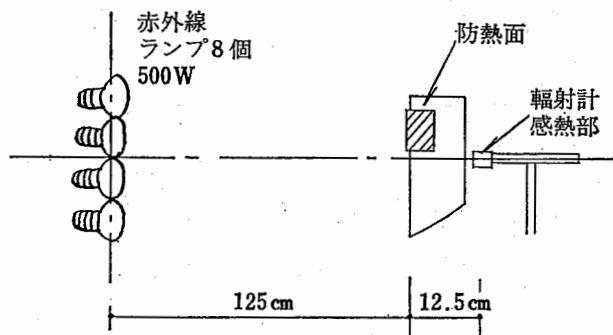


図-10
供試体は図-10のようない、この熱源である電球のランプ8個 500W 位置から $L(\text{cm})$ 離れた位置に立てて設

置する。また防熱面より 12.5 cm 離れた裏側の位置に輻射計（東京精工製、R-III 型、温度補償式）の感熱面を設置する。この場合防熱面の中心点の法線と輻射計の受熱面の法線とを一致させ、電球の輻射熱線の方向と平行する。この輻射計の感熱面を可動台車上に取り付け、一定速度（上下方向 6 mm/min、左右方向 12 mm/min）で上下、左右に移動できるようにした。実測にあたっては、500 ワットの電球を 8 個点灯し防熱面の受熱範囲における輻射熱の強さが 1,000 kcal/m²h となるように電球の位置、電球の向きを調節した。しかし受熱範囲全面にわたって完全に均一な輻射熱の強さとすることは困難で調整を繰返した結果、図-11 に示す場合が最良の状態であった。よってこの

状態のときをもって輻射熱源とした。またこのときの防熱面と電球のタンクステンの距離 L は約 125 cm となった。

実験は電球を点灯し防熱面の裏側に設置した輻射計の感熱面を上下左右に防熱面の受熱範囲内で移動させ、そのときの輻射計の出力電圧を直流増幅器で 40 dB 増幅し、ペンレコーダーで記録した。また同時に防熱面の裏側の各部に鉄-コンスタンタン熱電対をアーチ熔接法により接着させ、各部の温度を打点式記録計で記録した。なお防熱面のレンズの部分はアクリル樹脂板が装着されているのでこの部分の温度を測るには小量のエポキシ樹脂で熱電対を接着させ、受熱面側に径 5 mm 程度のアルミ箔を貼って直接輻射熱が熱電対に入射しないように注意した。

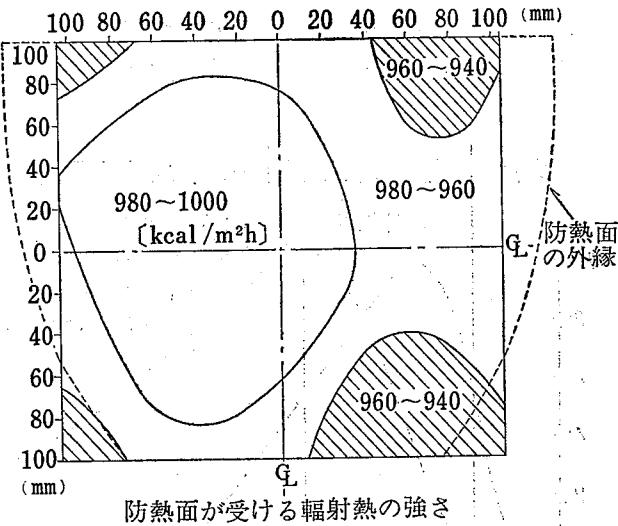


図-11

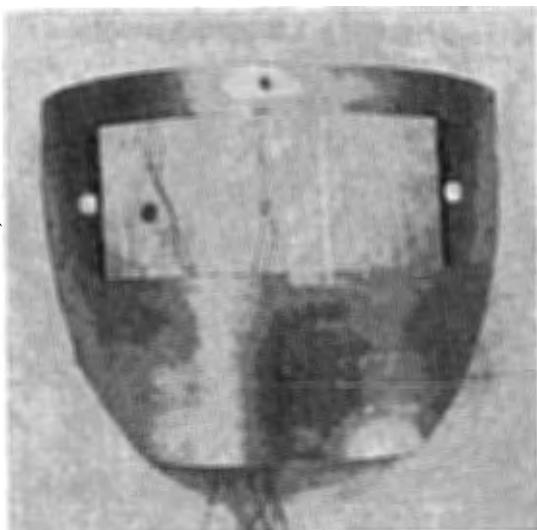


写真-1 無孔アルミニウム板防熱面

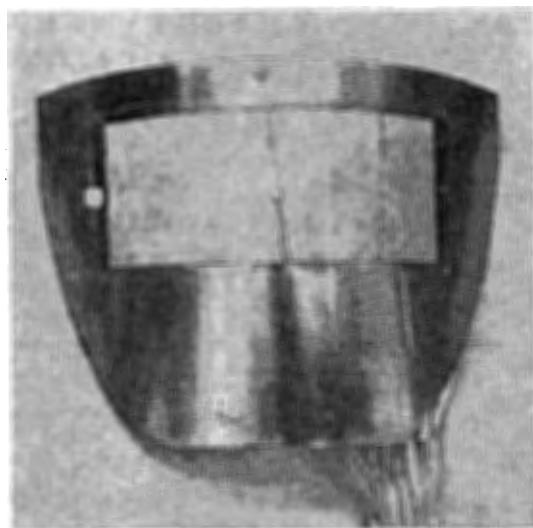


写真-2 有孔アルミニウム板防熱面

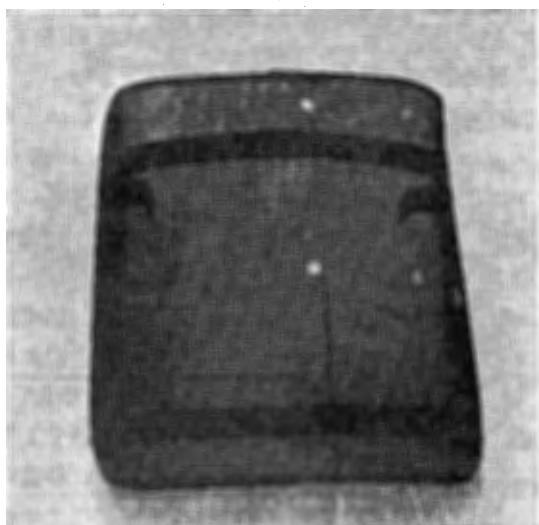


写真-3 金網製防熱面

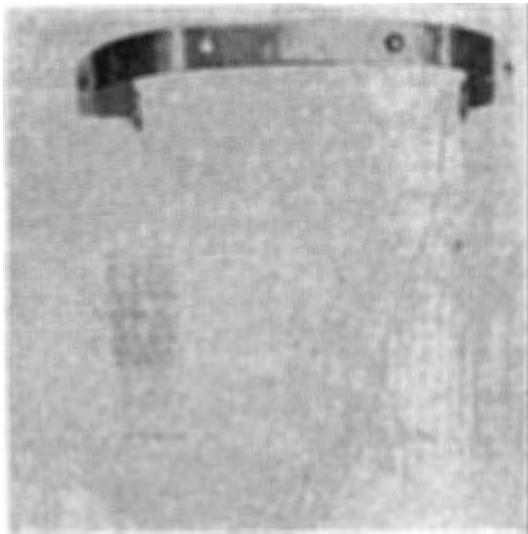


写真-4 アクリル板製防塵マスク

実験を行なっている間、防熱面には強制対流を起こさせず自然の状態に放置し、自然対流の状態とした。

実験に供した防熱面は写真にみられるように板厚0.55mmのアルミニウムの板にアクリル樹脂製のレンズをはめたもの(写真-1)、同上のものに0.96mmのピッチで $0.5\text{ mm}\phi$ の穴をあけたもの(写真-2)、金網に塗装をしたもの(写真-3)、それにアクリル樹脂板を曲面状に曲げたもの(防熱面よりは防壁マスクとして製作されたもの)(写真-4)の4種である。

4. 実験の結果

輻射計の出力電圧を輻射熱の強さに換算した結果、図-12～図-15に示すとおりとなった。図中に記入した数字は輻射熱の強さを示す値である。数字とともに記

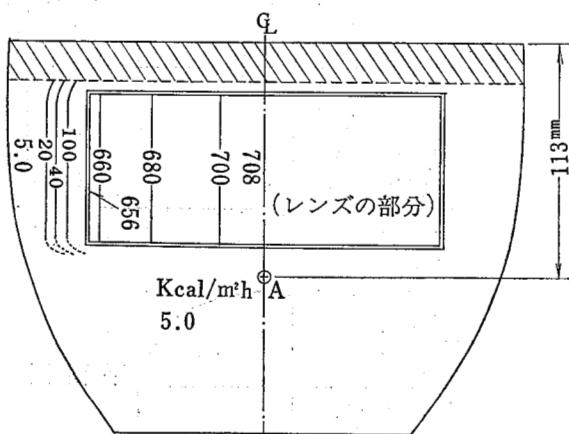


図-12 無孔アルミ板の場合

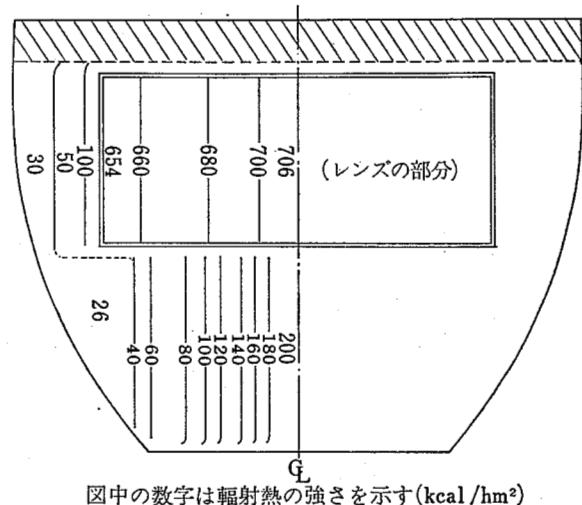


図-13 有孔アルミ板の場合

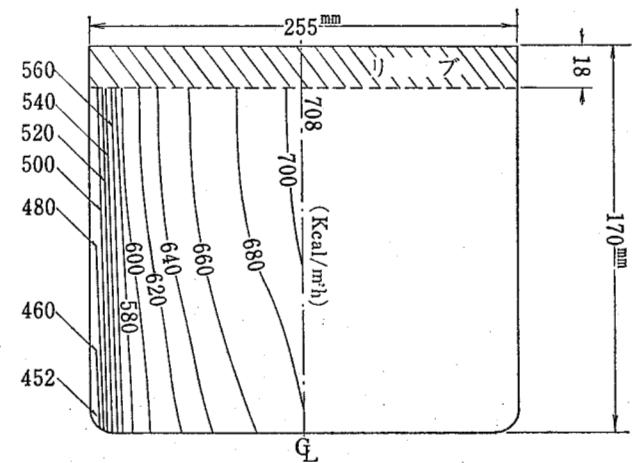


図-14 アクリル樹脂板の場合

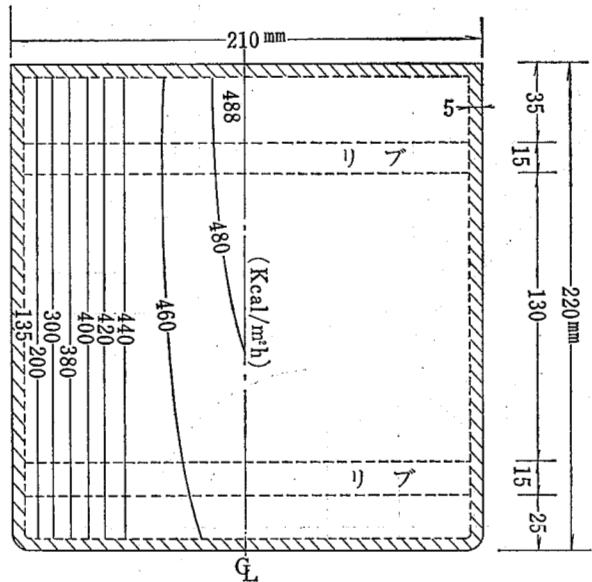


図-15 金網の場合

熱電対 No.	測定値 (°C)	室温 (°C)	測定値一室温 (°C)
①	42.7	21.0	21.7
②	42.4		21.4
③	34.7		13.7
④	33.5		12.5
⑤	39.4		18.4
⑥	なし		

熱電対 No.	測定値 (°C)	室温 (°C)	測定値一室温 (°C)
⑦	32.8	21.0	11.8
⑧	32.2		11.2
⑨	33.6		12.6
⑩	32.7		11.7
⑪	32.2		11.2
⑫	32.2		11.2

熱電対 No.	測定値 (°C)	室温 (°C)	測定値一室温 (°C)
①	56.3	38.2	
②	52.4	34.3	
③	50.3	32.2	
④	48.9	30.8	
⑤	38.0	19.9	
⑥	37.2	19.1	

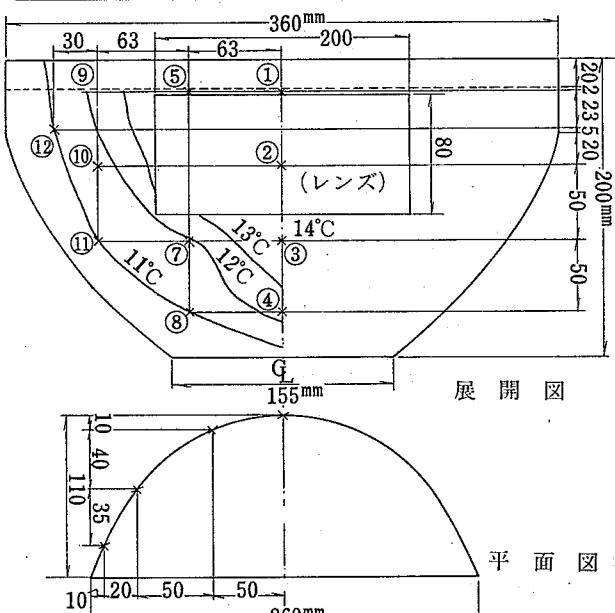
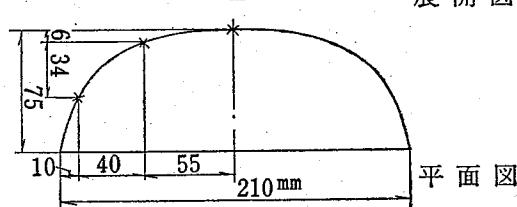
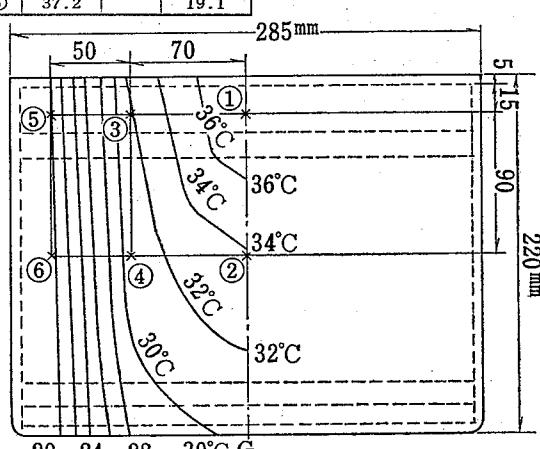


図-16 無孔アルミ板の場合
図-18 金網の場合→



熱電対 No.	測定値 (°C)	定温 (°C)	測定値一室温 (°C)
①	41.9	22.0	21.9
②	38.7	18.6	20.1
③	35.6	15.7	21.9
④	34.1	14.2	21.9
⑤	39.8	19.9	20.1
⑥	なし		

熱電対 No.	測定値 (°C)	定温 (°C)	測定値一室温 (°C)
⑦	34.6	14.7	21.9
⑧	33.0	13.1	21.9
⑨	34.3	14.4	21.9
⑩	34.0	14.1	21.9
⑪	33.6	13.7	21.9
⑫	33.8	13.9	21.9

熱電対 No.	測定値 (°C)	室温 (°C)	測定値一室温 (°C)
①	43.5	23.5	
②	42.0	22.0	
③	41.7	21.7	
④	38.2	18.2	
⑤	29.5	9.5	

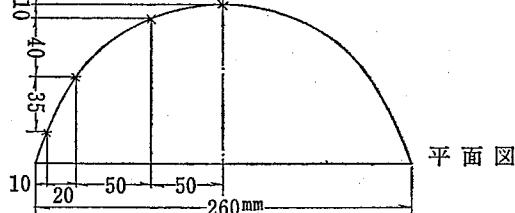
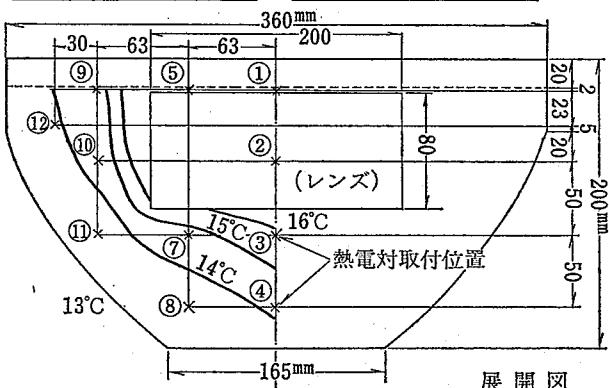


図-17 有孔アルミ板の場合

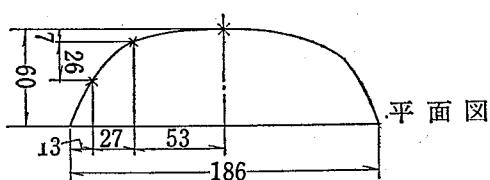


図-19 アクリル板の場合

入した線は等輻射熱の強さを示す線であるがレンズの周囲では不連続となっている。これは輻射計の感熱面の直径が $11\text{ mm}\phi$ であるため、レンズの部分とアルミ板の境界では正確な値が得られないのでこのように表わした。

これらの図から無孔アルミニウム板の場合、レンズの部分の中央で輻射熱遮断率 0.3 程度の効果があり、アルミニウム板の部分では遮断率 0.995 の遮断効果があることがわかった。有孔アルミニウム板の場合、板の中央部分で遮断率は 0.20 となった。この値は空隙面積比 m の値とほぼ同じとなった。また金網の場合の遮断率は中央で 0.512 となり熱源から放射された輻射熱の約半分透過することがわかった。アクリル樹脂板で作られたものの遮断率は前記のレンズの部分の値と同一で約 0.30 となった。

次に防熱面の温度について測定した結果を図に表わしたもののが図-16～図-19である。図中数字を○印でかこったものは熱電対を貼りつけた位置を示し、数字はその番号を示す、各図の上に上記の位置における上昇温度を記した。これらの図を比較して温度が最も上昇するものは金網製の場合で最高 38.2°C となった。無孔アルミニウム板と有孔アルミニウム板の場合を比較してみると図-20 から有孔アルミニウム板の方がやや上昇温度が小さい。面の中央で比較すると約 2°C 程度の差がある。これは放熱効果が有孔板の方が大きいことや、有孔板の表面がメッキ処理されているため無孔板より光沢があり a_1 の値が小さくなっているためと考えられる。

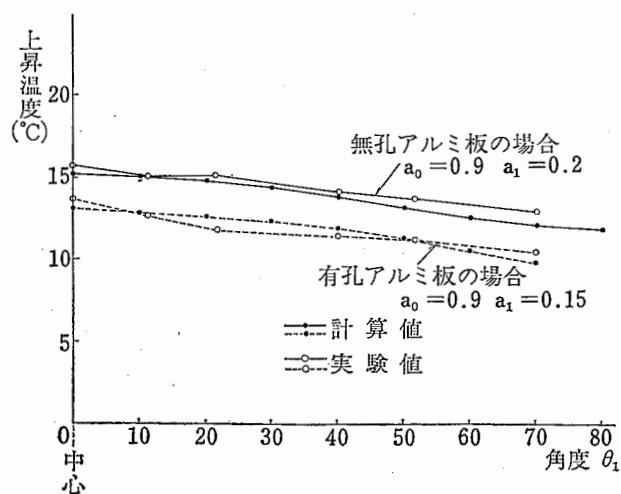


図-20 防熱板の上昇温度の計算値と実験値の比較

計算値と実験値を比較してみると、輻射熱遮断率 S については図-12 の中の A 点（正面からレンズを通して輻射計の感熱部が見えない位置、面の頂部より 113 mm 下の位置で測定した値を実験値として採ると、

	計算値	実験値
無孔板	0.988	0.995
有孔板	0.786	0.800

となる。ただし金網、アクリル板の場合は省略。計算ではレンズの部分も全て同一材料であると仮定して計算したものであるが実験値と計算値とは同程度の値となった。また防熱面の上昇温度について比較すると図-20 から無孔アルミニウム板の場合、計算値と実験値とはよく一致した結果となった。有孔アルミニウム板の場合、 a_1 の値を 0.15 に仮定して計算したものの、この値が適当かどうか問題は残るがこの場合実験と計算の結果とは比較的似た値となる。

5. 結語

1) 防熱面の中心点の上昇温度および輻射遮断率の値を供試体について比較すると、図-12 の A 点上で（金網とアクリル板は面の中心）

供試体の種類	上昇温度	輻射遮断率
無孔アルミ板	15.7°C	0.995
有孔アルミ板	13.7°C	0.800
金網	34.3°C	0.520
アクリル板	22.0°C	0.300

となった。アクリル板の防熱面は防熱面というよりも防塵マスクとして使用されるものであるので当然輻射遮断率は小さい。金網製面も防熱の面として使用するには効果的でないことがわかる。図-5, 6, 8 からもわかるように防熱面の材料として輻射率または輻射吸収率の値の小さいもので製作されたものがよい。その点アルミニウム板は軽量であって上記の値も小さいので最適な材料といえる。

2) 無孔アルミニウム板の方が有孔アルミニウム板よりも防熱という点ではすぐれたものであることは明白であるが、実際現場で使用して作業をしたとき無数の細孔から前方を見るため作業がしやすい、通気がよい、放熱効果が無孔板のものよりもいくぶんすぐれているなどの点で好ましい点もある。よって作業場の状況によって使い分けるようにするのが望ましいのではないかと思われる。例えば単純作業では

あるが強烈な輻射熱源の前での作業では無孔板防熱面を、ある程度の機械操作を含む作業のときは有孔板防熱面をというようである。

(49.2.20 受理)

6. 参考文献

- 1) 建築計画原論Ⅱ, 渡辺要編, 丸善
- 2) 溫度測定並自動制御, 宮内鉄也他, コロナ社

理論計算は労働省産業安全研究所電子計算機システム FACOM 230-35 システムを使用した。

本書の頒布について

本書は労働省産業安全研究所において刊行し、関係方面に配布されていましたが、当協会が産業安全研究所の諒承を得て広く安全関係者に頒布することになりました。災害防止のため活用されるよう期待します。

昭和 49 年 6 月

社団法人 産業安全研究協会

産業安全研究所技術資料

RIIS-TN-73-1

昭和 49 年 6 月 20 日

定価 200円

(送料 55円)

著 者 労働省産業安全研究所

発 行 社団 法人 産業安全研究協会

〒108 東京都港区芝5丁目35番4号

電 話 (03) 455-3957

© 産業安全研究協会 1974