

高温工場の自然換気のための最適屋根形状

宮川 保之

Studies on Shape of Roof Suitable for Natural Ventilation in a Factory with High Heat Production

Yasuyuki Miyakawa

Abstract

A monitor is generally equipped for natural ventilation in a factory with heat production. In this case, the factory is sufficiently ventilated around sources of great heat, but ventilation is often insufficient around smaller heat sources or at places not equipped with monitors. Therefore, it is necessary that the roof of the factory is designed to be suitable for natural ventilation. In the present case, in designing the shape of the roof of a factory manufacturing glass bottles, experiments with scale models were performed to ascertain whether satisfactory results were obtained with the new type of roof devised in this laboratory in comparison with the usual monitors.

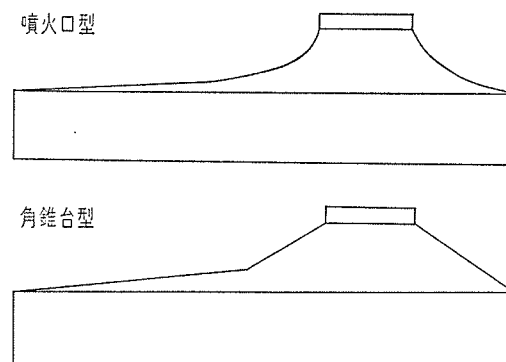
概 要

局所的に大きな発熱源があったり熱源が室内に分散する工場において自然換気方法として屋根にモニターを設置した場合、高温の発熱源付近では換気が行なわれるにもかかわらず、モニターのない部分あるいはモニターがあっても発熱量の小さい作業域ではこの部分のモニターが給気開口として働くことがあるためこの作業域での換気が十分に行なわれなかったり、工場全体としての換気回数が減ったりする危険性がある。このため工場の屋根全体を換気に適した形状とする必要がでてくる。今回、某製びん工場の自然換気のための屋根形状を決定するにあたり、当研究所で考案した角錐台型屋根が従来のモニターに比較してどの程度の性能を有するかを、工場平面形態、発熱分布形態等を変化させて模型実験を行なった。

1. 模型実験計画

屋根全体が換気に適した形状としては図一1に示すような角錐台型、噴火口型が考えられた。またこれらの配置計画も工場内の発熱分布形態によって単一の大型、比較的小型の連続型等がある。今回、模型実験を行なうにあたりそれぞれの新型屋根形状が通常のモニターに比較して次の点をどの程度満足しているかの検討を第一の目的とした。

- ① 工場全体として換気回数が多いこと。
- ② 発熱量の小さい作業域での空気の流動が十分に行なわれること。
- ③ 工場内での空気の停滞域がなく良好な気流分布であること。



図一1 屋根全体が換気に適した形状

模型の相似則は次式によった。

外部流入風速はアルキメデス数を等しくすることから

$$n\Delta t \cdot n l / n u^2 = 1$$

内部発熱量に関しては

$$n Q = n \Delta t \cdot n l^2 \cdot n u$$

ここで

n は模型の実物に対する縮率, Δt ; 外気とモニター出口との温度差, u ; 風速, Q ; 内部発熱量, l ; 長さ,

しかし設計時で実物の Δt を正しく推定することは困難であるので $n\Delta t = 1$ とすると⁴⁾, 上式は次のようになる。

$$n_l = n_u^2, n_Q = n_l^2 \cdot n_u$$

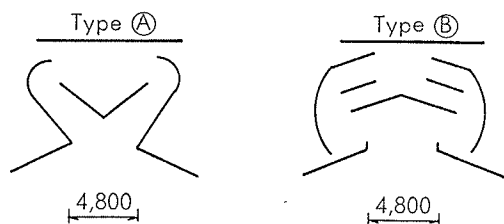
実験は当研究所大型実験棟地下2階のぼう大な熱容量をもつ恒温室にて行なうこととし, 温度測定は熱電対により, 風速測定は $5\mu\phi$ のタングステン線を受感部にもつ定温度式熱線風速計で, 気流分布測定はタンポポと白煙で行なうことにした。なお換気量算出は空気の流出口たるモニター側は形状が複雑でかなりの誤差が予想されたので空気の流入口である壁面のシャッター, 窓等の流入風量を測定しこの合計とする。

2. 実験結果

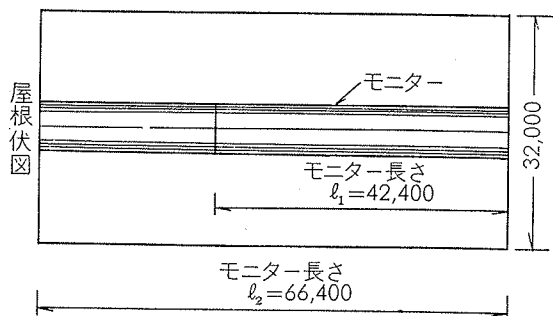
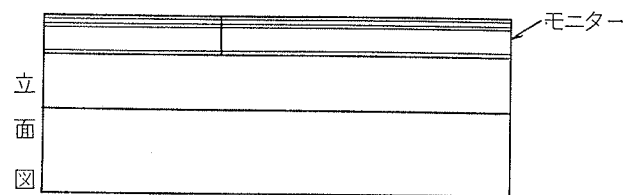
2.1. A工場の場合

A工場は66.4m×32m×9.68m(軒高まで)の平屋建の製びん工場である。窓開口は1.4m×2mを基準

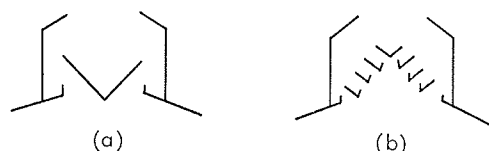
通常型モニター



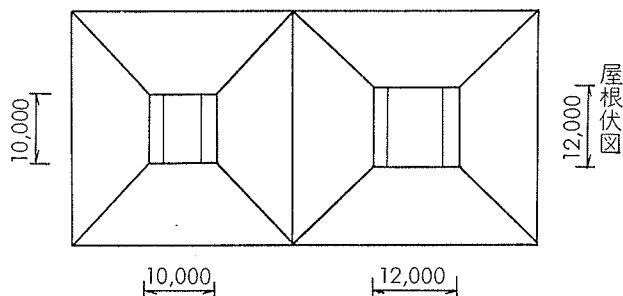
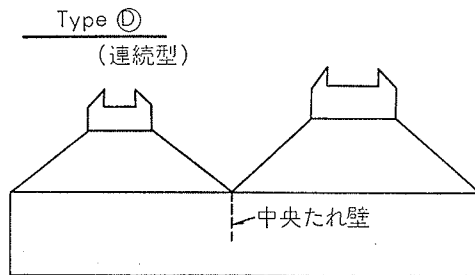
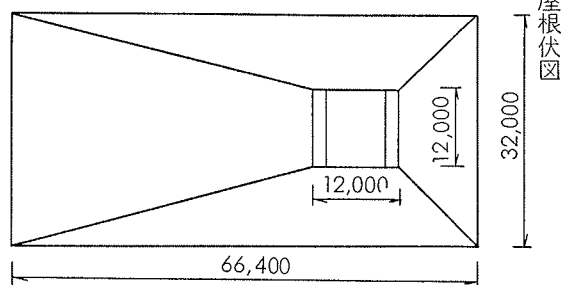
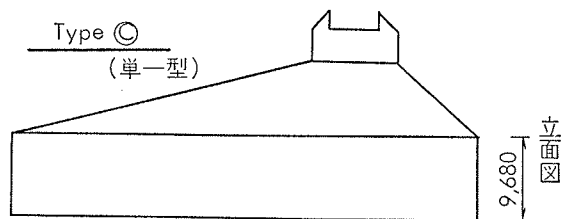
モニター長さ(Type A, B)共通



頂部雨仕舞(Type C, D)共通



角錐台型



図一2 実験を行なった屋根形状

とし各壁面にかなり密になっており、出入口シャッターは2カ所である。模型は40分の1の縮率にてベニヤで製作した。実験を行なった屋根形状は図-2に示すように通常モニター2種類 (TYPE A, B) と単一角錐台型 (TYPE C), 連続角錐台型 (TYPE D) である。通常モニターにおいてはモニター長さは l_1, l_2 (工場の屋根全体) の2種類とした。また角錐台型における頂部雨仕舞は図-2に示す(a), (b)の2種類とした。さらに内部の発熱分布形態によって最適屋根形状が異なると思われたので、図-3に示すように内部発熱分布形態を3種類想定した。なお内部発熱は導電抵抗紙によって再現した。

一連の模型実験より推定した各屋根形状の換気量を表-1に示す。また工場内気流分布を図-4から図-6に示す。これらの実験結果より次のようなことが考察される。

① 換気量だけに着目するならば角錐台型は通常モニターに比較して特に多くなっているとは思われない。発熱形態によっては逆に多少、少なくなっている場合もあった。しかしながら換気に有効な屋根開口面積を考慮するならば角錐台型の方が換気効率は良いと言え

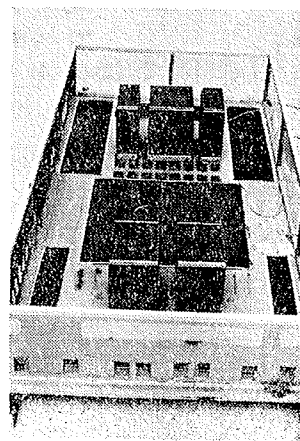
よう。

② 室内の気流分布、特に空気の停滞域から考えると角錐台型 (単一, 連続とも) の方がすぐれている。

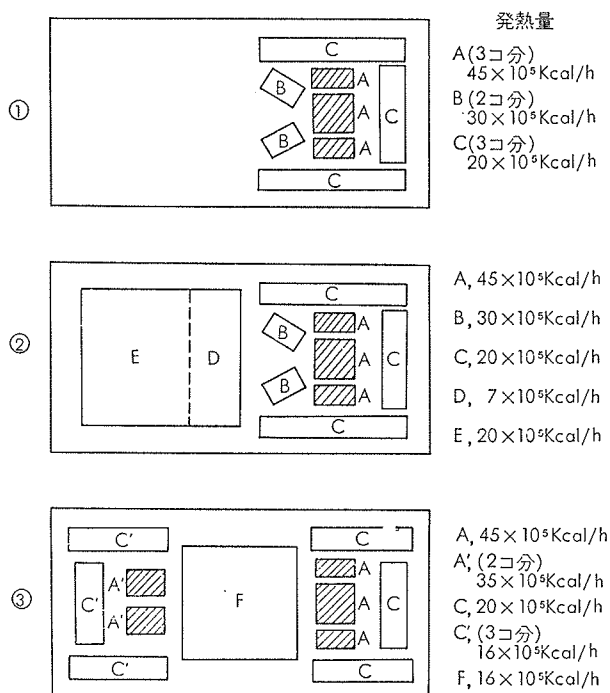
③ 連続角錐台型においては中央のたれ壁のあった方がない場合より多少、換気量は増大する。特にたれ壁付近での空気の停滞がみられなく良好な気流分布となっている。

④ 角錐台型における頂部雨仕舞は(a)より(b)の方が多少、抵抗が小さくすぐれている。

⑤ 通常モニターの換気性能は TYPE Aの方がBよりも良い。なお換気量算定の際の室容積としては建物軒高までの容積としたので換気回数はかなり多い数値で示されている。



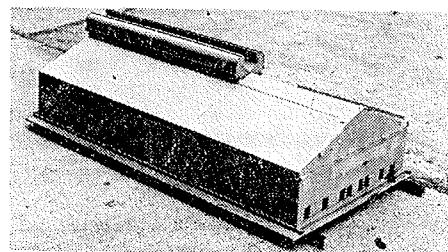
写-1 内部発熱形態 (③)



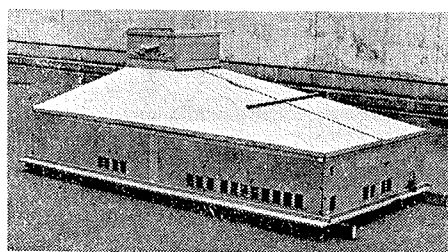
凡例

A, A': 炉 B: 製びん器
 C, C': 炉の周囲の煙道等からの熱負荷
 D: 徐冷工程, E: 検査工程, F: 作業工程

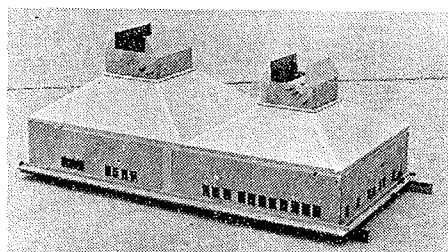
図-3 工場内部発熱分布形態



写-2 TYPE A型モニター (モニター長さ l_1)



写-3 TYPE C型モニター (単一角錐台型)



写-4 TYPE D型モニター (連続角錐台型)

無風時

実験番号	屋根形状				内部発熱形態	換気に有効な屋根開口面積 (m ²)	換気量 (m ³ /h)	換気回数 (回/h)
	屋根形状の種類	モニター長さ	頂部雨仕舞	中央たれ壁				
①	Ⓐ	ℓ ₁			①	205	659,529	37.3
②	Ⓒ		(b)		①	144	553,896	31.3
③	Ⓐ	ℓ			②	205	999,504	54.7
④	Ⓑ	ℓ			②	205	939,205	51.4
⑤	Ⓒ		(a)		②	144	935,551	51.2
⑥	Ⓒ		(b)		②	144	954,560	52.2
⑦	Ⓐ	ℓ ₂			②	332	1,017,216	55.7
⑧	Ⓓ		(a)	有	②	244	1,059,840	58.0
⑨	Ⓓ		(b)	有	②	244	1,081,134	59.2
⑩	Ⓓ		(b)	無	②	244	1,038,456	56.8
⑪	Ⓐ	ℓ			③	332	1,192,428	67.5
⑫	Ⓓ		(b)	有	③	244	1,269,669	71.9
⑬	Ⓓ		(b)	無	③	244	1,250,244	70.8

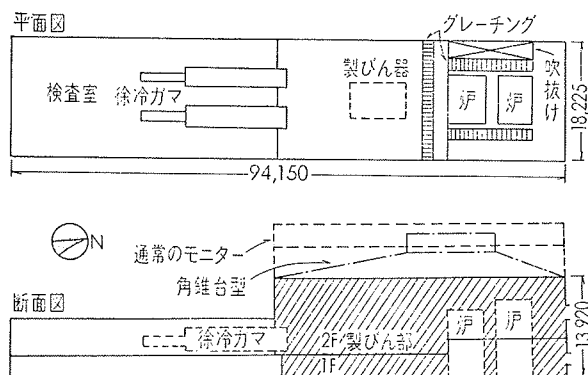
有風時(外部風向NE, 風速2.5m/s)

⑭	Ⓐ	ℓ			③	332	1,354,694	76.7
⑮	Ⓓ		(b)	無	③	244	1,438,776	81.4

表一 実験より推定した換気量, 換気回数 (A工場の場合)

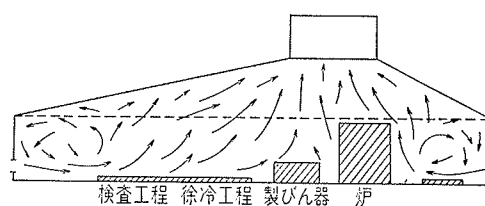
2.2. B工場の場合

B工場は2階建の製びん工場である。製びん工程からの騒音が外部にもれるのを極力押さえるため2階には開口がほとんどなく1階壁に十分な開口が設けられている。1階壁開口より流入する外気は2階床のグレーチング、吹抜けを通して2階に達し屋根面より外部に排出される。B工場の平面および断面を図一7に示す。この工場での自然換気の領域は図一7の断面図中の斜線を引いて示した部分である。実験を行なった屋根形状は図一2のTYPEⒶ, Ⓑの通常モニターとⒸの単一角錐台型である。内部発熱分布形態は図一7の

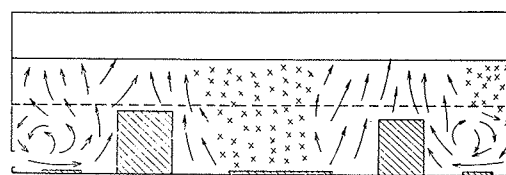


図一7 B工場の平面および断面

平面図に示すように1種類とし発熱量は次の通りである。

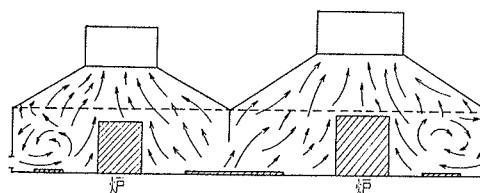


図一4 工場内気流分布 (実験番号⑥)



⑤ ×印は空気の流動の不十分の場所を示す。

図一5 工場内気流分布 (実験番号⑪)



図一6 工場内気流分布 (実験番号⑫)

溶解炉および蓄熱炉； $33 \times 10^5 \text{Kcal/h}$

製びん器； $17.3 \times 10^5 \text{Kcal/h}$

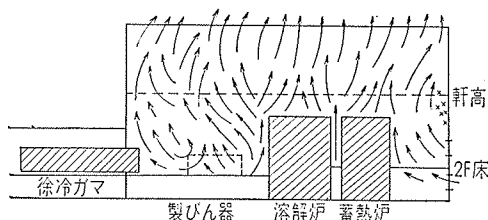
徐冷ガマ； $10.1 \times 10^5 \text{Kcal/h}$

なお模型の縮率は50分の1である。実験より推定した換気量を表一2に、工場内気流分布を図一8から図

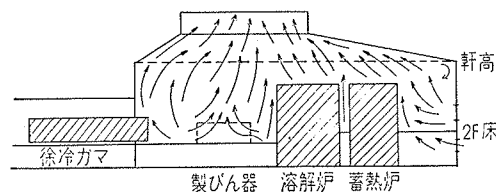
一10に示す。換気性能は無風時、有風時とも角錐台型が最もすぐれていることがわかる。工場内気流分布に関しては TYPE(A), (B) の通常モニターでは多少、気流の停滞が認められる場所があったが、概して自然換気が行なわれる場所での発熱が一様に大きいため、気

実験番号	外部風向, 風速	屋根形状	換気に有効な屋根開口面積(m^2)	換気量 (m^3/h)	換気回数 (回/h)
①	無風時	(A)	171	586,395	35.0
②		(B)	171	534,950	31.9
③		(C)	134	655,196	39.0
④	風向 N 風速3.1m/s	(A)	171	784,865	46.8
⑤		(B)	171	769,183	45.8
⑥		(C)	134	857,626	51.1
⑦	風向 NW 風速3.1m/s	(A)	171	676,188	40.3
⑧		(B)	171	585,233	34.9
⑨		(C)	134	730,741	43.6

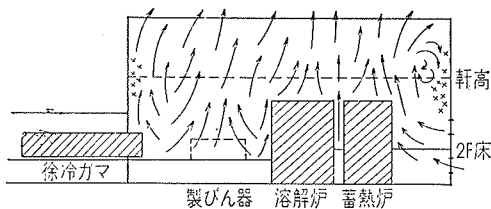
表一2 実験より推定した換気量, 換気回数 (B工場の場合)



図一8 工場内気流分布 (実験番号①)



図一10 工場内気流分布 (実験番号③)



⊗気流の停滞域は×印で示す。

図一9 工場内気流分布 (実験番号②)

流分布はどの場合も良好であった。図中で気流の停滞が認められる場所は×印で示してある。

参考文献

- 1) 石原正雄；建築換気設計
- 2) ピエッテル, スリジェノフ；建物の空気動力学 (モスクワ発行, 邦文, 田辺四郎訳)
- 3) Baturin ; Lüftungsanlagen Für Industriebauten.
- 4) Baturin ; Fundamentals of Industrial Ventilation