

労働省産業安全研究所 正 前 郁夫
佐藤吉信

1. まえがき

近年トンネル建設の需要の拡大により、メタンガスなどの湧出地層においても工事が行なわれるようになった。トンネル内へ湧出したメタンガスによる爆発災害を防止するためには、トンネル内の環境も安全限界内に保持する事と、異常時におけるメタンガスの拡散過程も十分に把握して適切な対応が必要とされる。従来までに行なわれている現場の実態は、換気方法や風量の決定を経験的に行っている場合が多く、坑道内のメタンガスの拡散概況についての研究も十分に活用されているとは言えず、また未知の部分の研究も残存している。そこで以上のような工事における安全性を確保する目的で計画された一連の研究のうち、換気停止時における切羽付近のメタンガス拡散状態についての模型実験の結果を報告する。

2. 実験方法

2.1. 模型実験の相似条件

記号の定義、C:ガス濃度[%] C_0 :代表濃度[%] T:ガス吐出時間[sec] U_0 :代表速度(ガスの吐出速度または換気の吹出し速度)[cm/s] H:代表長さ(トンネルの高さ)[cm] h:トンネルの床面からの高さ[cm] q :ガスの吐出量[g/min] K_{mi} :渦動粘性係数[cm^2/s] K_{si} :物質の渦拡散係数[cm^2/s] $\Delta\rho$:空気とガスの密度差[g/cm^3] ρ :空気の密度[g/cm^3] g :重力加速度[cm/s^2] Fr :フルード数

実験中は温度一定とし、一致させなければならぬ無次元数はナビヤストークスの式より

$$\frac{K_{mi}}{U_0 H} \quad i=1, 2, 3 \quad (1)$$

$$\text{拡散方程式より} \quad \frac{K_{si}}{U_0 H} \quad (2)$$

$$\text{ガス発生量に因りて} \quad \frac{qT}{C_0 H^3} \quad (3)$$

$$\text{吐出ガス密度に因りて} \quad \frac{gH(\Delta\rho)}{U_0^2} = \left(\frac{1}{Fr}\right)^2 \quad (4)$$

であるが

トンネル切羽付近の気流は十分に乱れており $K_{mi} \propto U_0 L^3$ (また $K_{mi} = K_{si}$) と考えられるので、以下に示す実験においては、相似条件として強い影響をもつものとして、幾何学的相似条件、フルード数およびガスの発生量を考慮すればよいものと思われる。

2.2. 測定条件

図2に示す切羽断面を持ち、高さ $H=2$ [m] 長さ 1.8 [m] のトンネル模擬装置を製作した。これを用いて、図1に示す測定システムで、切羽面から各種の流量でガスを吐出させ、トンネル内の中心線に沿って設置したガス検知器で、ガス濃度も連続測定した。実験に用いたガスは、 CH_4 2[%] He 48[%] N_2 50[%] の混合ガスでメタンを主なトレーサガスとした。この混合ガスは比重が0.56であり、98.5[%]の CH_4 -Air ガスに相当し

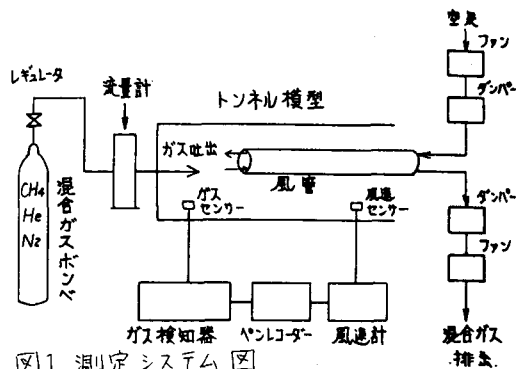


図1. 測定システム図

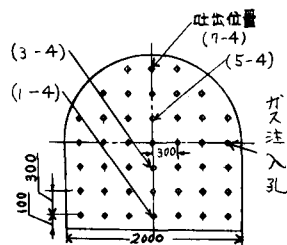


図2. トンネル模型切羽面

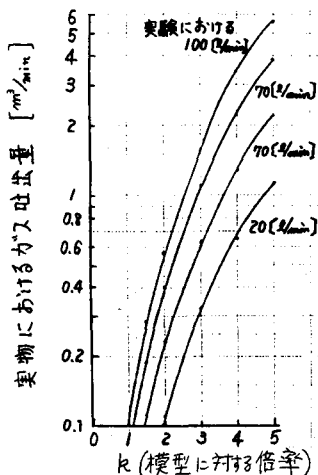


図3. 実物におけるガス吐出量

実物のトンネル内へ湧出するメタンガスの比重に等しいとしてよいと思われる。同条件で、模型に対する倍率 k の実物におけるガス吐出量を図3.に示す。

3. 実験結果

上記実験条件から得られた測定結果の一部を図4.に示す。図中Aはセンサーの切羽面からの距離を示し、(a-b)と示してあるのは、図2.におけるガス吐出位置を示す。

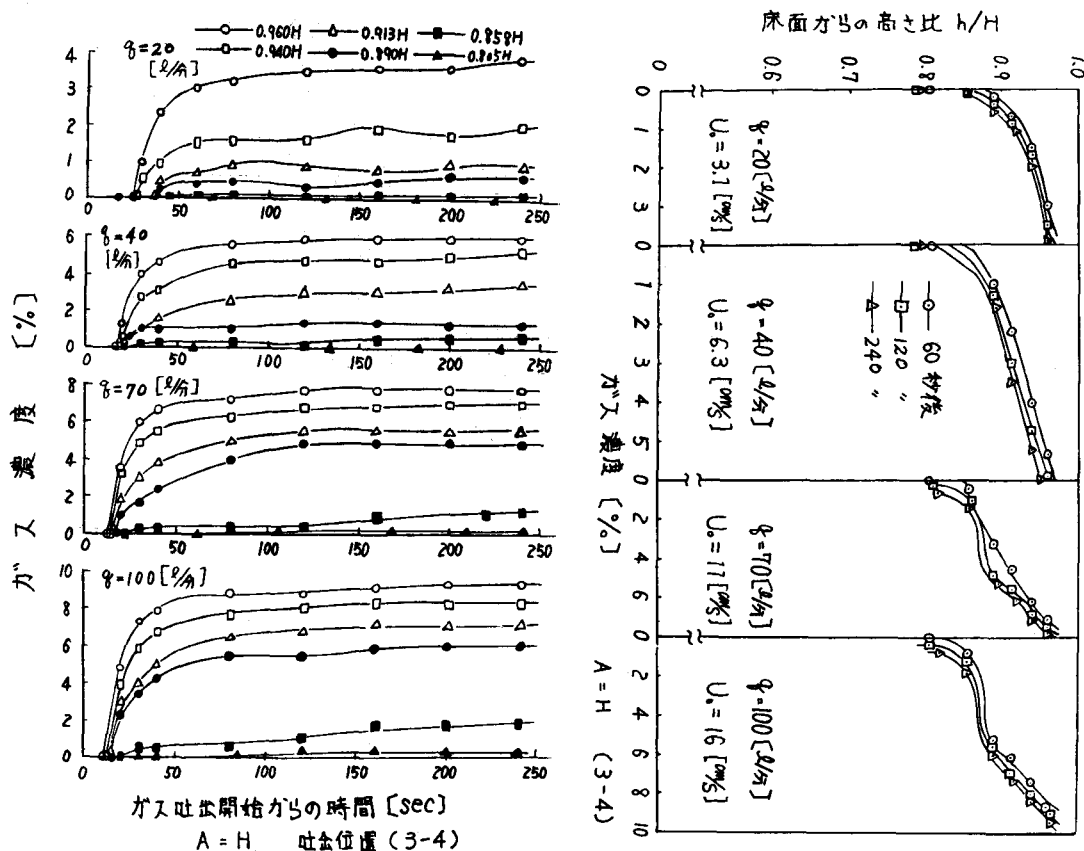


図4. ガス濃度の時間変化と高さに対する濃度分布

4. 考察

ガス吐出開始も、条件を一定にするため送気を停止してから一定時間経過してから行、た。これに於いて、ガス吐出中送気のみを停止した場合と比較すると、後者に、ガスの到達する時間と、 h/H の小さい低濃度域に濃度の増加が見られるものの、ある程度の時間が経過した後は、濃度分布はほぼ近似的な。しかし、送風量もいろいろ変えた場合のデータが不足しているので、今後の送気中のガス濃度分布の測定実験において、い、しよに検討してみる必要があると思われる。最後に、本研究を行うに当り、公費研の高木英夫氏には通風実験法について、御示唆と貴重な研究資料をいただき、東京工芸大の小林信行氏には実験方法について御教示をいただき、両氏に謝意を表わします。

<参考文献および引用文献>

- 1) 高木英夫：トンネルと地下 Vol. 8 No. 3 「トンネル工事のガス対策」、採鉱と保安 Vol. 22 No. 7 「坑道気流中におけるガスの流動拡散について」、
- 2) 小林信行、大場正昭：空気清浄 Vol. 15 No. 6 「室内における拡散に関する実験」
- 3) 勝田、村上、小林：日本建築学会論文報告集 No. 234 「閉鎖的空間の気流性状に関する研究」第1報