

人工降雨が地表流量と地下水位の変動に及ぼす影響について

大同工業大学 正会員 大東憲二

大同工業大学 学生員 ○山口恵介

大同工業大学 学生員 馬場公志

1. はじめに

近年、我が国では少雨による異常渇水が問題となっており、水資源の重要性が増大している。本研究では、人工降雨が発生した場合の地表流量および地下水位の変化を予測するのを目的とし、昨年から地上2000m～3000mの上空にヨウ化銀を散布する誘雨ロケット実験を行ってきた。この実験の効果はまだ明確ではないが、誘雨ロケットによる人工降雨として誘雨実験の行われた流域を建設省国土地理院の発行している数値地図（標高データ）から地盤モデルを作成する。そして、人工降雨量を変化させた地下水流動シミュレーションを行う。このとき、地表面の境界条件は、人工降雨による雨水浸透量の増加を考慮し、それ以外にも河川位置の水頭固定条件から河川の基底流量を求めるようにしておく。以上のことから、人工降雨が地表流量と地下水位の変化に及ぼす影響について解析する。

2. 誘雨ロケットによる人工降雨実験

大気中には、エアロゾルと呼ばれる埃や塵などの微粒子が存在している。これらが水滴を形成するときに重要な核となる。この水滴が非常に小さいとすぐに蒸発してしまうが、ある程度の大きさであるなら、分子が結合し雨となって地上に降りてくる¹⁾。本実験では、環境的に害が少なく、水溶性の小さいヨウ化銀をエアロゾルとして使用した。実験場は岐阜県郡上大和町の内ヶ谷の山中で、図のようなロケットを打ち上げ、上空3000m～4000m付近にヨウ化銀を拡散した。期間は1997年8月18日から9月11日まで行った。

3. 実験のまとめ

誘雨ロケットによる人工降雨実験は、晴天時においては雨を誘発させることは全く不可能である。そのため、ある程度水気の帯びた雲が飽和水蒸気圧の状態の時に誘雨ロケットを雲の中に打ち上げることによって初めて降雨を誘発することができる。しかし、ロケットの影響による降雨か自然降雨かの判断が非常に難しく、この判断方法の確立が今後の課題である。

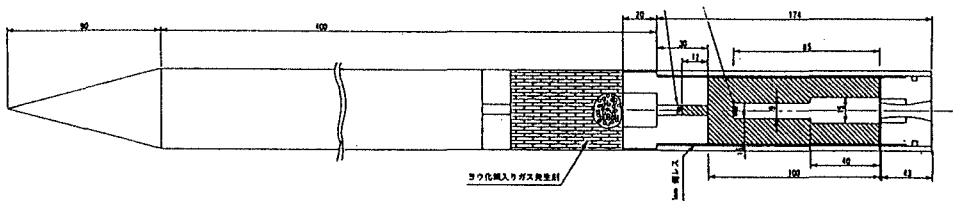


図1 誘雨ロケットの構造

4. 降雨時における河川流量の変化

人工降雨実験における降雨の影響を確認するために、河川の流量を測定した。測定方法は、あらかじめ河川の断面形状を測定しておき、自記水位計を用いて河川水位の増減を測定した（基準は実験初日の8月18日14時とする）。測定記録の中で、9月6日12時から9月7日12時までの24時間の降水量と河川流量の関係を、図2に示した。雨は14時から降り始め、16時～17時には34mm/hrを記録し、20時までは減少の傾向を見せるが、21～23時には降雨は急激に強まり、22～23時

には最大降雨量48mm/hを記録した。

また、河川流量は9月7日0時にピーク流量を示しており、河川流量と降水量の変化は、ほぼ同様の形状となるものの、降水の約2時間後に河川流量となって表れてくることがわかる。

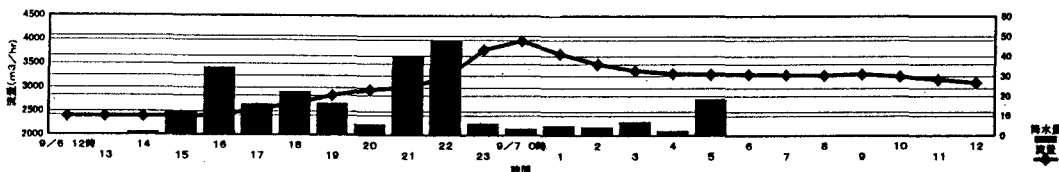


図2 降水量と河川流量の関係

5. 解析領域の地盤モデルの作成

まず、地盤モデルを作成する際に解析領域を決定しておく必要がある。実験場付近の地図(縮尺1/25000)から山の尾根をたどっていき、実験場を含む流域を解析領域として決定した(図3参照)。次に、数値地図(50m平均標高データ)を利用して、三次元地盤モデルを作成した。このモデルの平面分割図を図4に示す。

6. 解析で用いた基礎式

地下水頭 h を用いた飽和・不飽和非定常浸透流の基礎方程式は次式で表せる。²⁾

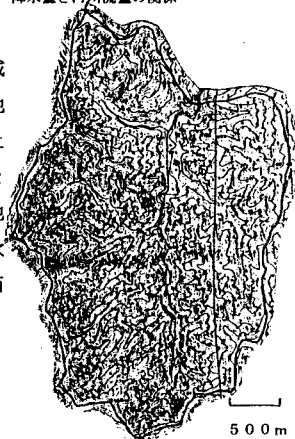


図3 実験場を含んだ流域図

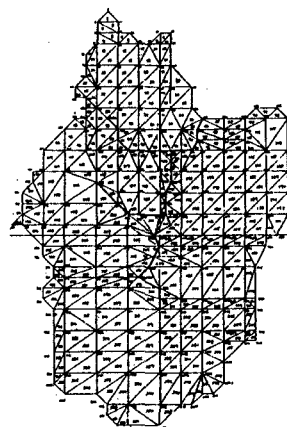


図4 三次元地盤モデルの平面分割図

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x(\theta) \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y(\theta) \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z(\theta) \frac{\partial h}{\partial z} \right) = (C(h) + \alpha S_s) \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

k_x , k_y , k_z はそれぞれ x , y , z 方向の透水係数、 S_s は比貯留係数、 θ は体積含水率、 $C(h)$ は比水分容量である。

式(1)は、以下に示す1)の初期条件と2)～4)の境界条件の下で解くことができる。

1) 初期条件 : $h((x, y, z), 0) = h_0(x, y, z)$

2) 水頭固定境界 : $h = \text{Const.}$

3) 不透水境界 : $k_x(\theta) \frac{\partial h}{\partial x} l_x + k_y(\theta) \frac{\partial h}{\partial y} l_y + k_z(\theta) \frac{\partial h}{\partial z} l_z = 0$

4) 流入境界 : $k_x(\theta) \frac{\partial h}{\partial x} l_x + k_y(\theta) \frac{\partial h}{\partial y} l_y + k_z(\theta) \frac{\partial h}{\partial z} l_z = q$, $q = \beta(h - h_0)$ または $q(t)$

ここに、 l_x , l_y , l_z は外向き法線の x , y , z 方向余弦、 q は外部境界での単位時間当りの流入量、 h_0 は常に一定と仮定されるモデル外の水頭、 β は漏水係数(モデル外で水頭一定と仮定される涵養源からモデルの境界面までの平均透水係数 k と距離 L により、 $\beta = k/L$ と定義される係数)、 $q(t)$ は経時的に変化する単位時間あたりの流入量である。

この基礎方程式を用いた有限要素法による三次元浸透流解析の結果については発表時に説明する。

参考文献

- 1) 小倉義光(1984): 一般気象学, 東京大学出版会, pp.77.
- 2) 大東憲二(1995): 開発による地下水位状態変化の予測評価に関する研究, 名古屋大学学位論文, pp.19～20.