

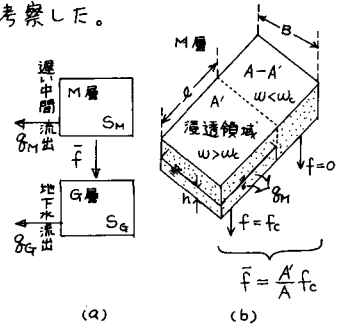
雨水浸透の場と流出現象に関する一考察

名古屋大学 工学部 正員 高木 不 折

" " 学生員 〇松林 宇一郎

1. まえがき 流出に関与する流域の地下構造は、その生み出す成分によって、表層、早い中間流出の母体となる貯留層、遅い中間流出の貯留層、地下水層に分けられる。上部の貯留層に重力水としての水が存在しなければ、地下水帯への水供給としての浸透は起りえないゆえに、流域における平均浸透強度などを考えるにあたっては、浸透の起る領域の面積的消長を考慮する必要がある。本研究では、この面積的变化を中間流出の生起場と関連づけて浸透現象を考察した。

2. モデル 流域の鉛直構造のうち、遅い中間流出層 M と地下水層 G は右図(a)に示すように位置しており、この両層の間での浸透現象を考える。M層を平面的に見ると、M層は雨の降り方や時間の経過にシフトがって、中間流出が生起する場と生起しない場から成るが、中間流出が生起するためには、その含水比 w は毛管飽和含水比 w_c より大きくなければならない。そこで M 層は $w > w_c$ の面積 A' と $w < w_c$ の面積 $A - A'$ から成るものと考えよう。このような



場の時間的な変化は、右図(b)に示す中一定 B の長方形領域にあって、 l の長さが変化するものとする。ところで、降雨直後の特殊な場合を除けば、 $w > w_c$ の領域での浸透強度は最終浸透能 f_c に等しいと考えてよい。したがって $f = f_c$: $w > w_c$... (1) $f = 0$: $w < w_c$... (2) となり、流域平均の浸透強度は $\bar{f} = \frac{A'}{A} f_c$... (3) と書くことができる。

中間流出と地下水流出が指数型減衰性を持っているという経験に基づけば、それぞれの流出量 g_M と g_G は、その母体となる層の貯留量 S_M , S_G に比例することになり、連続式とあわせて記せば、中間流出層への水供給がない時間については、 $\frac{dS_M}{dt} = -(\bar{f}A + g_M)$, $g_M = \alpha S_M$... (4, 5) $\frac{dS_G}{dt} = \bar{f}A - g_G$, $g_G = \beta S_G$... (6, 7) また、M層内での水深 h の変化はあまりないので、 A' の領域についてはこれを一定と考えることにする。このように考えれば、中間流出層内部の水面勾配を I , 透水係数を k_M とすると、中間流出の強度は $g_M = k_M I l h$ である。なお、 $A' = lB$ であることを考慮すると、結局、(1)~(7)式を用いて、

$$g_M > \frac{\alpha}{\beta} f_c \quad \text{のときは} \quad \bar{f} = f_c \quad \text{であり、かつ} \quad \frac{dS_M}{dt} = -(f_c A + \alpha S_M) \quad \dots (8)$$

$$g_M < \frac{\alpha}{\beta} f_c \quad \text{のときは} \quad \bar{f} = \frac{\alpha}{\beta} f_c \quad \text{であり、かつ} \quad \frac{dS_M}{dt} = -(\alpha + \beta) S_M \quad \dots (9)$$

が得られる。したがって、これらの条件が成立するような f_c , α , β を求めれば、流域内部での浸透とその特性を評価することができる。これらを求めるフローチャートは図-1に示す通りである。図-2はそのうち、最適 f_c を求める方法を示した図で、 f_c は計算による g_G がチェックポイントで実測値と一致するように求める。 α と β は、各繰り返し段階で、計算した中間流出のハイドログラフが(8)(9)より $g_M + f_c A = (g_{M0} + f_c A) e^{-\alpha t}$: $g_M > \frac{\alpha}{\beta} f_c$ $g_M = g_{M1} e^{-(\alpha + \beta)t}$: $g_M < \frac{\alpha}{\beta} f_c$ となることを基礎として求めた。

3. 実流域の解析とモデルの検討 対象とした流域は長良川最上流の剣流域である。(流域面積 223 km²) 河谷は一般にV字谷で典型的な山岳流域である。地質は安山岩が50%以上を占め比較的一様である。

解析計算の結果は表-1に示すとおりである。

①最終浸透能 f_c は図-3に見るように、ほとんどが、3.0~4.0 mm/dayの範囲に分布して、ほぼ一定とみなしてよい。この値は、これまで同流域で研究された値17~20 mm/dayと比較すると非常に小さい。これは、本研究で考えている浸透が表面からではなく遅い中間流出層から地下水層への水供給であるためと考えられる。また $\bar{f} = f_c$ すなわち流域全面から f_c なる強度で浸透が継続する期間は1週間という長期間になっている。

② $\alpha + \beta$ は中間流出のみかけのてい減係数で、平均値は0.29/dayとかなり小さい。①②の浸透とてい減性状より、この中間流出が遅い中間流出であることがわかる。

③中間流出層内での側方通水能とこの層よりの鉛直浸透強度すなわち地下水層の鉛直浸透能を比較するため k_{MI} と f_c とを考えよう。このモデルから得られる $\alpha = \frac{k_{MI}}{B}$, $\beta = \frac{f_c}{h}$ の関係と表-1の α , β の平均値、ならびに $h \ll B$ の関係を用いると $k_{MI} \gg f_c$ となり、鉛直より側方に流れ易いことと共にM層とG層の透水性が明らかに異なることがわかる。

④しかし、 α, β の平均値はそれぞれ0.11, 0.17/dayであって後者の方が大きい。すなわち、M層の水は全体としては浸透という形式で「逃げるもの」が大きいことを示している。これは河道への流出が線的に起るのに対して、浸透は面的に起るためであろう。

⑤ β は浸透領域のみで起っている浸透現象を流域全体としての性質に結びつける、いわば平均化の係数である。この

値は図-3に示すように、0.16~0.18/dayに多く集まっているが、そのばらつきも少なくない。このことは浸透領域の消長の仕方、および中間流出層内での水深分布の変化などによるのであろう。

4. まとめ ⑤で述べた点に、なお検討の

余地は残されているが、①で述べた f_c が一定であることは、浸透領域(中間流出の生起場)と関連づけて、浸透現象を解析する上で、ここで考えたモデルが、若干の修正を加えれば有用であることを示している。

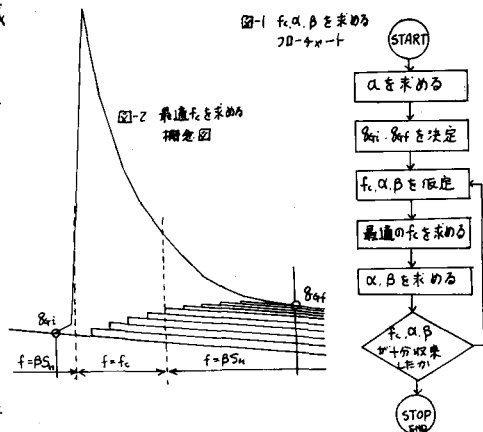


表-1 計算結果

No	日数	f_c mm/day	$\alpha + \beta$ /day	α /day	β /day
1	26	3.60	.331	.130	.201
2	44	1.90	.182	.069	.113
3	52	2.95	.227	.084	.143
4	17	3.13	.266	.112	.154
5	20	3.96	.247	.100	.144
6	41	3.55	.291	.121	.171
7	26	4.59	.259	.101	.158
8	27	3.00	.277	.116	.161
9	48	3.38	.291	.116	.175
10	35	5.61	.270	.108	.162
11	24	3.28	.363	.151	.212
12	17	4.58	.335	.135	.200
13	12	5.27	.300	.137	.163
14	59	2.95	.217	.082	.135
15	25	3.28	.280	.106	.174
16	59	2.21	.250	.093	.157
17	55	3.86	.274	.110	.164
18	56	2.73			
19	49	2.73	.169	.071	.099
20	38	3.67			

