

東京大学
東京大学
東京大学

工学部
大学院
工学部

正員
学生員
正員

安藤義久
○伊藤 孝
高橋 裕

1. はじめに

低水流は、流れ込み式発電の計画や、近年問題となっている漏水に対して重要である。低水流が流域の地質と特に強い関係があることは、虫明⁵⁾や安藤^{5,2)}の研究により明らかにされている。

本論文では、低水流と地質との関係をより細かく解明するために、被圧・不圧地下水低減曲線の適合性および低減係数と地質の関係について解析を行った。

2. 低減曲線および解析方法

低水流における低減曲線は、高木不折⁹⁾により被圧地下水流出、不圧地下水流出に対して、次の式(1)(2)のように表現されている。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{被圧} \\ \text{不圧} \end{array} \right. \quad Q = Q_0 \exp(-\alpha_c t) \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{被圧} \\ \text{不圧} \end{array} \right. \quad Q = \frac{Q_0}{(1 + \alpha_u \sqrt{Q_0} t)^2} \quad (2)$$

ここで、 Q_0 は初期流出高(mm/day)、 Q は時刻 t (day)における流出高、 α_c ・ α_u は被圧・不圧地下水流出に対応する低減係数である。

解析に際しては、式(1)(2)を次のように変形し、最小自乗法により被圧・不圧に対する低減係数 α_c ・ α_u およびそれぞれの相関係数 r_c ・ r_u 、定数 C_c ・ C_u を求めた。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{被圧} \\ \text{不圧} \end{array} \right. \quad \ln(Q_0/Q) = \alpha_c t + C_c \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{被圧} \\ \text{不圧} \end{array} \right. \quad \frac{\sqrt{Q_0/Q} - 1}{\sqrt{Q_0}} = \alpha_u t + C_u \quad (4)$$

なお、データは多目的ダム管理年報・昭和46年の日流量を用い、約60例について計算した。

3. 解析結果および考察

得られた結果より、次の2点について考察する。

- (i) 被圧・不圧地下水低減曲線の適合性について
- (ii) 低減係数と地質との対応について

3.1 被圧・不圧地下水低減曲線の適合性について

適合性については、最小自乗法により求めた、相関係数 r_c ・ r_u 、定数 C_c ・ C_u を比較する。

- (i) 相関係数 r_c ・ r_u

相関係数 r_c ・ r_u を比較すると、全データの88%について不圧地下水流出の相関係数 r_u の方が、被圧地下水流出の相関係数 r_c よりも、0.018程度大きい。また、それぞれの相関係数の平均値は、被圧 $\bar{r}_c = 0.936$ 、不圧 $\bar{r}_u = 0.951$ と、 $\bar{r}_u$ の方が0.015大きい。

低減曲線の適合性は、本来、各流域毎に流出機構が解明され求められるべきものであるが、本解析によれば全体的に不圧地下水流出が支配的である。

(ii) 定数 C_c ・ C_u

式(3)(4)において、定数が小さい程理論式に一致する。全データの85%について C_u の方が C_c よりオーダーが1つ低く、不圧地下水流出の方がより理論式に一致するという結果がでている。

また、式(3)(4)の右辺を次のように変形し、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{被圧} \\ \text{不圧} \end{array} \right. \quad \alpha_c t + C_c = \alpha_c (t + C_c/\alpha_c) \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{被圧} \\ \text{不圧} \end{array} \right. \quad \alpha_u t + C_u = \alpha_u (t + C_u/\alpha_u) \quad (6)$$

それぞれの C/α の平均値を求めると、 $\bar{C}_c/\bar{\alpha}_c = 2.4$ 、 $\bar{C}_u/\bar{\alpha}_u = 1.6$ となり、被圧地下水低減曲線は、不圧地下水低減曲線に比べて、初期低減に対しかなり大きな補正值を必要とする。

以上(i)(ii)より、不圧地下水低減曲線がより支配的で適合性がよいことがわかる。

3.2 低減係数と地質との対応について

3.1の結果を踏まえ、不圧地下水低減係数と地質との対応について考察する。

地質はオ4紀火山岩類・オ3紀火山岩類・花崗岩類中生層・古生層の5つに分類した。各地質毎に低減係数と集水面積をプロットしたのが、図1～5である。○は流域が主としてその地質で構成される場合、●はその地質を50%程度含む場合である。また、各地質の低減係数のデータ数・平均値・標準偏差を示したのが表1である。これらより、次の2点がわかる。

- (i) オ4・3紀火山岩類のデータ数が少ないが、地質の固結度の高いもの程、平均的に低減係数が大きく、

低減が速い

(ii) オ4紀火山岩類が流域に含まれる場合には、図1にみられるように、低減係数がかなり小さく、オ4紀火山岩類の保水性が特によい

4. むすび

本解析により、次の2点が明らかになった。

(i) 被圧地下水低減曲線に比べ、不圧地下水低減曲線の方が、より適合性がよい

(ii) オ4紀火山岩類・オ3紀火山岩類・花崗岩類・中生層・古生層の順に低減係数が大きくなり、地質の保水性に対応しており、特にオ4紀火山岩類は低減特性が小さく保水性に勝れる

今後、全国的に経年的な低減特性を扱い、低減係数と集水面積との関係などについても解析を行いたいと考えている。

参考文献

- 1) MUSHIAKE et al : Publ. 117 IAHS
- 2) 安藤 他：オ33回年鑑
- 3) 安藤 他：オ5回関東支部議
- 4) 高木 不析：低水流出の低減特性に関する研究，土木学会論文集，第128号，昭. 41.

表1 各地質の低減係数

地質分類		オ4紀火山岩類	オ3紀火山岩類	花崗岩類	中生層	古生層
オ4紀火山岩類	N	3	2	—	1	1
	$\bar{X}$ S	0.0182 (0.0101)	0.0070	—	0.0139	0.0063
オ3紀火山岩類	N	—	4	1	—	—
	$\bar{X}$ S	—	0.0230 (0.0084)	0.0468	—	—
花崗岩類	N	—	—	12	3	3
	$\bar{X}$ S	—	—	0.0311 (0.0155)	0.0910	0.0196
中生層	N	—	—	—	8	4
	$\bar{X}$ S	—	—	—	0.0329 (0.0185)	0.0346
古生層	N	—	—	—	—	9
	$\bar{X}$ S	—	—	—	—	0.0336 (0.0181)

(N: サンプル数 $\bar{X}$: 平均値 S: 標準偏差)

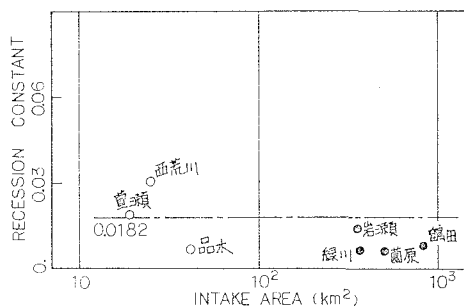


図1 オ4紀火山岩類

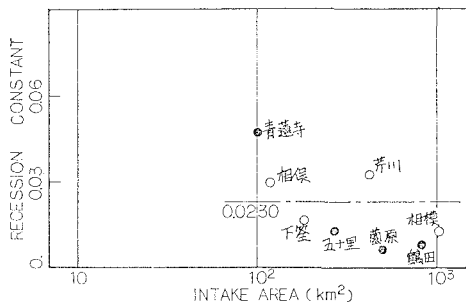


図2 オ3紀火山岩類

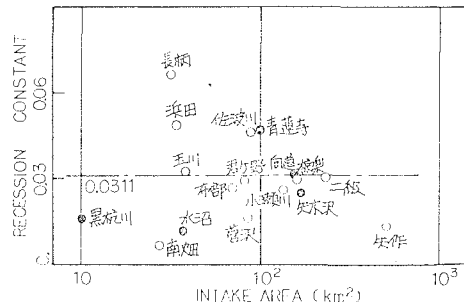


図3 花崗岩類

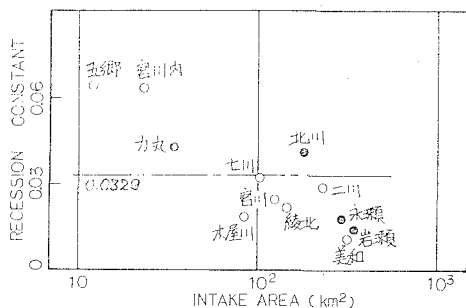


図4 中生層

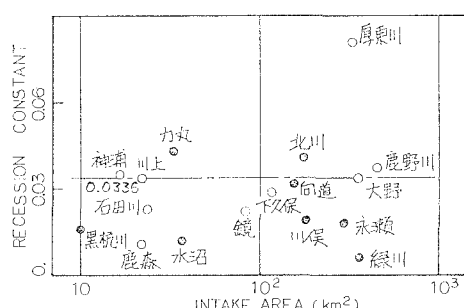


図5 古生層