

帯水層の給水条件に関わる μ 値と流域特性

Relation between the catchment area of the groundwater and μ -value expressed the watering condition in the auifers

○ 奥野 日出*
Hizuru Okuno

黒田 和男**
Kazuo Kuroda

1. はじめに

Theis の井戸公式は被圧帯水層が均質・等方性、等厚で無限の広がりを持ち、完全貫入している井戸の揚水量や水位低下量の算定に用いられるが、対象となる流域は欧米の広大な低地や台地に代表される。しかし日本国内ではこの公式が適用できる流域は例えば関東平野や濃尾平野をはじめとする広域地下水流動域と考えられ、小盆地や狭域な低地での井戸ではこの公式の適用性が困難な報告が多い^{例え1)}。

従って、国内の地下水流動域の大半は、「帯水層は、有限の広がりを持ち、地下水は有限の範囲からくる。」という視点²⁾から、帯水層の給水条件を地形地質、流域面積や井戸に隣接する境界条件などから検討することが望ましく、本文では数地域の揚水試験事例から検討結果を述べる。

2. 帯水層の形状に関わる μ 値

公式にある帯水層の均質・等方性、等厚で無限の広がりに対して、ここでは不均質な帯水層の平均透水係数 k とスクリーン長合計 m の積で透水量係数 km として、ここに有限の広がり透水量補正係数を μ 、定常説の影響圏半径 R とする。

これより μ と R の関係は図-1のように示される。

ここに、 Q_n : 段階揚水量 (m^3/d)

R : 影響圏半径 (m) <層流域>

h_0 : 初期水位 (m)

h_n : 段階揚水時の各水位 (m)

k : 帯水層の平均透水係数 (m/d)

m : スクリーン長 (m)

km : 透水量係数 (m^2/d)

μ : 透水量補正係数

井戸損失式は $Sw = BeQ + CeQ^2$ なる式で与えられ、 Sw : 水位低下量 (m), Q : 任意の揚水量 (m), Be, Ce : 井戸仕様の係数である¹⁾。

なお、段階揚水試験時の測定値に基づき非線形井戸損失式を用いて限界揚水量 Q_L を求めるとき、 μ と R が同時に求められる³⁾。

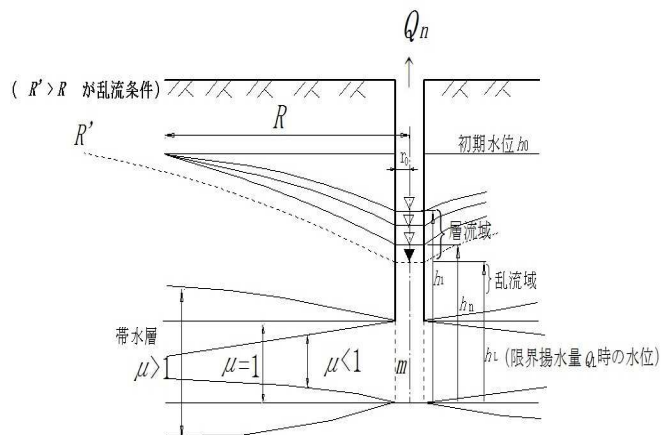


図-1. 定常説の揚水井モデル

3. μ 値に関わる流域特性

1) $\mu = 1$ の流域事例

帯水層が平行となる流域は広域地下水流動域の関東利根川の中下流域や濃尾木曾川の中下流域等と考えられ、ここでは滋賀県湖南盆地の野洲川での揚水事例を示す。野洲川は延長約 65km、流域 387km² で、流域低地には農工業・飲料用の深井戸があり、複数井戸の内、中流域の飲料用井戸の 2 事例を検討した。いずれも帯水層は更新世の砂・礫質土優勢層であり粘土層をレンズ状に挟み、均質・等方性、等厚ではないが Q - Sw 関係は等厚とみなせて限界揚水量 Q_L が求められた。ここに Q_L は $R=500 \sim 1000$ (m) に大差はなく、琵琶湖沿岸から約 10km 離れた井戸であり、また断層などの地質構造が分布しないため、透水量に及ぼす特別な境界条件はないと考える。

2) $\mu > 1$ の流域事例

帯水層が井戸から広がる流域としては、淡路島中部の小盆地流域 1km² や琵琶湖最北部低地の大川下流域 0.8km² の 2, 3 の揚水事例があり、前者は東西の花崗岩上昇地塊に挟まれた洪積盆地で複数の断層が井戸付近に分布し、後者は湖岸に隣接するため、いずれも透水量に及ぼす特別な境界条件を有すると考える。

3) $\mu < 1$ の流域事例

帯水層が井戸から狭まる流域としては、琵琶湖最

* 株式会社アスカソイルコーナー

** 社団法人 地下水技術協会

キーワード: ①帯水層 ②流域 ③透水量係数

Co.,Ltd. Asuka Soil Corner

The Japan Ground Water Tecnology Association

北部低地の大川中流域や武蔵野台地において確認した。いずれも先に述べた流域よりはるかに狭い。透水量に及ぼす特別な境界条件はないが地下水賦存量が揚水試験より乏しい。

4. 各地域の揚水試験結果

1) $\mu=1$ の揚水試験事例

野洲川中流域の井戸 A, B の内, A の揚水試験結果を図-2 に示す。これより層流域と乱流域の曲率より限界揚水量 $Q_L=700(\text{m}^3/\text{d})$ が求まる。ここに影響圏半径の $R=500\sim 1000(\text{m})$ において曲線の大差は見られない。B では $R=500\sim 1000(\text{m})$ の範囲で $Q_L=300(\text{m}^3/\text{d})$ が求まった。

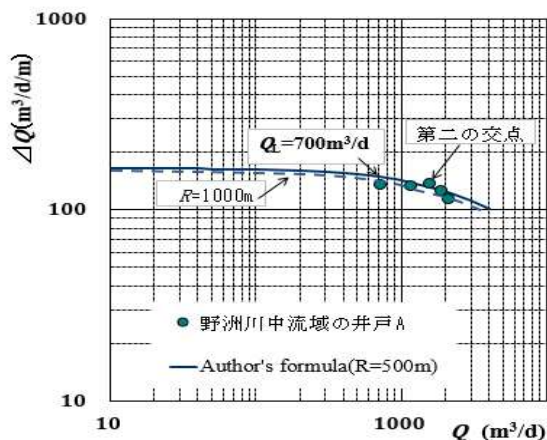


図-2 段階揚水量 Q と比湧出量 ΔQ の関係 (深井戸 A : スクリーン長 38m)

2) $\mu > 1$ の揚水試験事例

淡路島中部の小盆地流域のほぼ中央に位置する井戸 F の揚水試験結果を図-3 に示す。

これより $\mu = 2.15$, $R=300(\text{m})$ のとき限界揚水量 $Q_L=380(\text{m}^3/\text{d})$ が求まる。しかし影響圏半径の $R=100\sim 1000(\text{m})$ においては曲線に大差

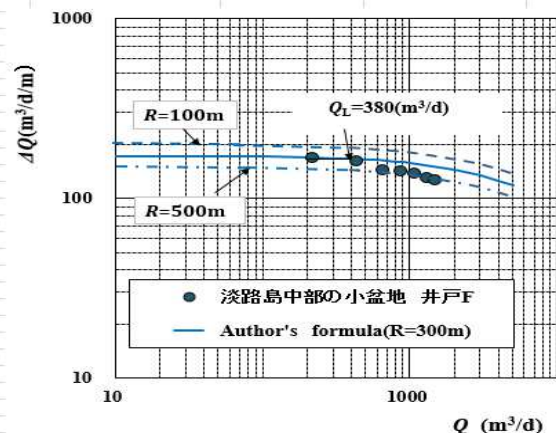


図-3 段階揚水量 Q と比湧出量 ΔQ の関係 (深井戸 F : スクリーン長 55m)

が見られ, $R=300\text{m}$ 近傍にのみ限界揚水量が求められる。また琵琶湖最北部低地の大川最下流域の井戸 WS-1 では $\mu = 1.6$, $R=500(\text{m})$ 近傍にのみ限界揚水量 $Q_L=1,545(\text{m}^3/\text{d})$ が求まった。

3) $\mu < 1$ の揚水試験事例

琵琶湖最北部の大川下流域の井戸 WS-2 の揚水試験結果を図-4 に示す。これより $\mu=0.60$, $R=500(\text{m})$ のとき, 限界揚水量 $Q_L=248(\text{m}^3/\text{d})$ が求まる。しかし影響圏半径の $R=250\sim 1000(\text{m})$ においては曲線に大差が見られ, $R=500\text{m}$ 近傍にのみ限界揚水量が求められる。また東京都ふじみ野市の武蔵野台地下の井戸 M では $\mu = 0.9$, $R=500(\text{m})$ 近傍にのみ限界揚水量 $Q_L=30(\text{m}^3/\text{d})$ が求まった。

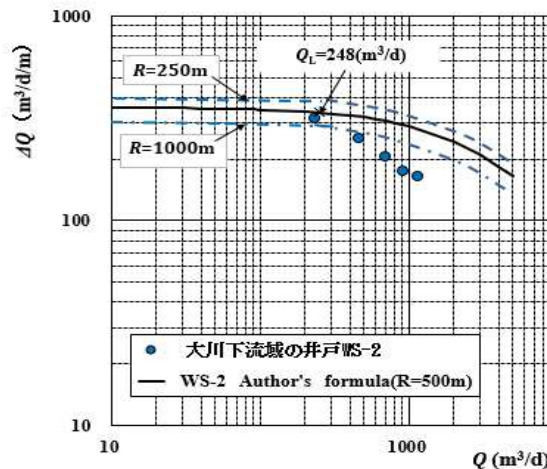


図-4 段階揚水量 Q と比湧出量 ΔQ の関係 (深井戸 WS-2 : スクリーン長 12m)

5. おわりに

Theis の井戸公式は無限の広がりにある等厚 ($\mu=1$) の帯水層に適用できるとされるが, 国内の広域地下水流動域の影響圏が比較的広いと考えられる $R=500\sim 1000\text{m}$ でも適用可能と考える。

一方, 帯水層の広がり境界条件(断層劣水や琵琶湖などの伏流水)があれば, 限界揚水量を求める上で帯水層を等厚と見なすことができず, 帯水層厚の広がり狭まりがあると考えないと限界揚水量が求まらないと考える。

【引用文献】

- 1) 奥野日出・小山修平：地域地下水管理に関する揚水モデルと井戸損失式の提案, 地盤工学ジャーナル(論文), VOL. 6, No. 1, P27~37, 2011.
- 2) 黒田和男:昭和2年 納富重雄著 水のうち潜行水再び地表へー考, 地下水技術, 第55巻第4号, P19~22, 2013.
- 3) 黒田和男・村山弘樹・奥野日出：都市防災非常用井戸の調査・施工事例, 地下水地盤環境・防災計測に関するシンポジウム(論文), P41~46, 2015.