

2017年度(H29年度)

地下水盆管理学概論

福島大学 共生システム理工学類
環境システムマネジメント専攻
柴崎 直明

11. 地下水の計測と評価 地下水位調査



喜多方市での地下水位測定

地下水位調査の意義

地下水流動を解明する基本的な調査

- 1) 地下水面(地下水頭)の分布状況から、地下水の流動方向を把握することができる
- 2) 地下水位の経時的な変動記録から、地下水かん養や揚水の影響、地下水の収支状況を把握することができる。

地下水位調査のポイント(1)

- ① 地下水は、地形・地質条件によって存在様式が異なる。まず、地形・地質に関する情報を入手することが重要
- ② 地下水は帯水層ごとに水位や流動方向が異なるので、対象とする地下水を明確にする必要がある

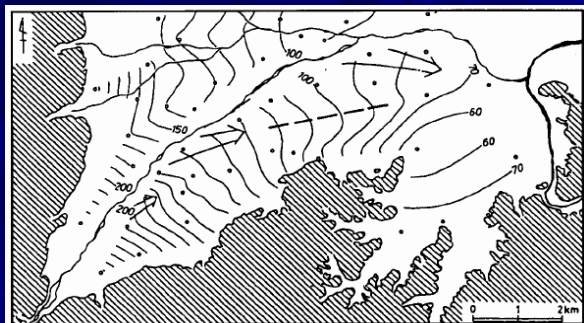
地下水位調査のポイント(2)

- ③ 地下水調査には、広域的な観測と長期的な観測とがあるので、目的に応じて適切な調査を実施することが重要

地下水位調査の分類

	短期一斉観測	長期連続観測
目的	地下水面の広域的な分布を把握	地下水位の経時的な変動を把握
調査対象	観測井、既存井戸(湧水、カナート)	観測井
主な成果	地下水面(水頭)分布図	地下水位変動グラフ
留意点	対象井戸のスクリーン深度と帯水層区分の確認、1回の測定はできるだけ短期間で実施、異なる季節で数回実施することが望ましい	局所的な原因による水位変動の防止、降水量や揚水記録との比較

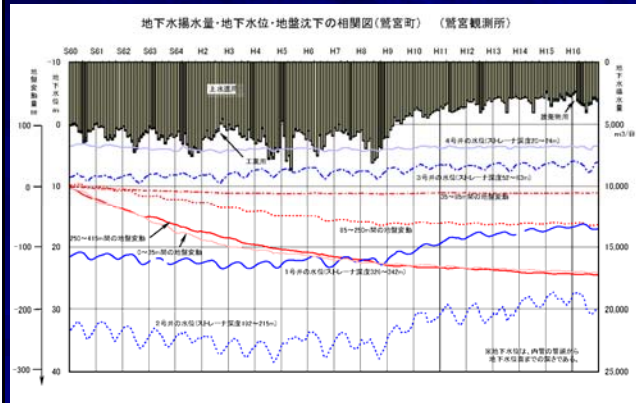
地下水面図の例(福島盆地)



太線は地下水面。等高線の数字は地下水面の海拔高度 (m)。
丸印は地下水位測定点。矢印は河川水の主要な流入経路

(農業技術環境研究所HPより)

埼玉県鷲宮観測所の長期記録(S60年～)



(埼玉県環境部水環境課HPより)

水質分析結果の表示と解析

水質組成の地球化学的な考察

モル濃度や当量濃度を使用する

当量濃度: 溶液1L中の含有量を当量数であらわす

地下水ではミリグラム当量が表示されることが多く、その単位は「**meq/L**」あるいは「**me/L**」, 「**epm**」などと表示される

当量濃度の特徴

地下水の分析値では、陽イオン(Cation)と陰イオン(Anion)それぞれの当量濃度の合計は等しくなる

陽イオン(Cations): Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}

陰イオン(Anions): Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-

「mg/L」から「meq/L」への変換

次の係数を「mg/L」濃度値に乘ずると、「meq/L」濃度値に変換できる

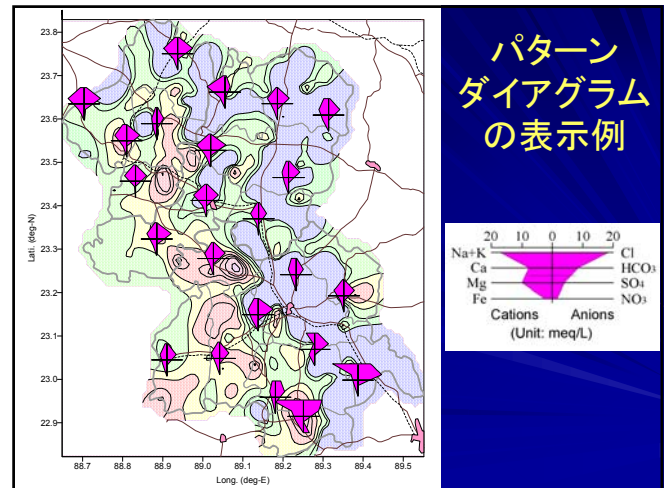
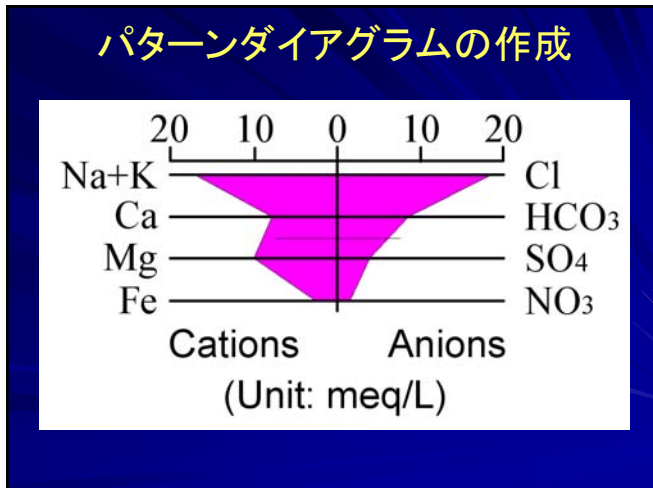
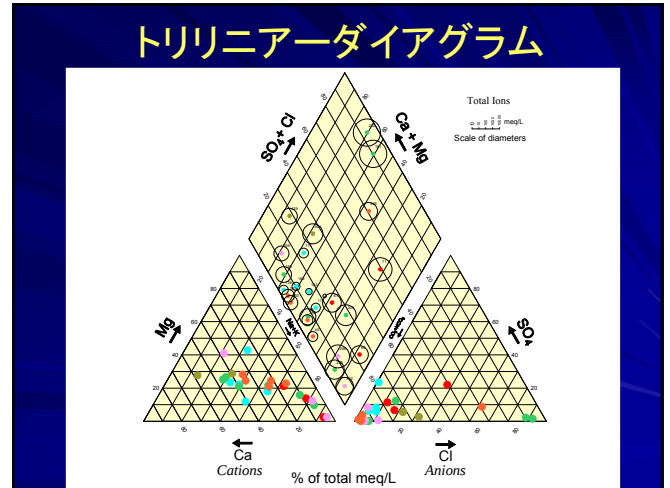
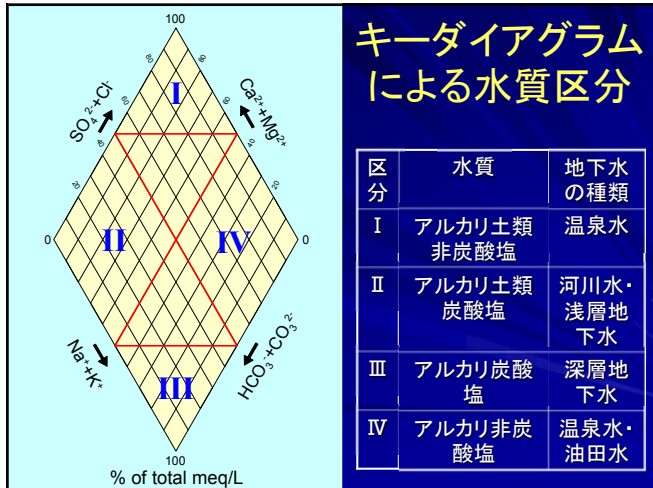
Bicarbonate (HCO_3^-):	0.01639
Calcium (Ca^{2+}):	0.04990
Chloride (Cl^-):	0.02821
Magnesium (Mg^{2+}):	0.08226
Nitrate (NO_3^-):	0.01613
Potassium (K^+):	0.02557
Sodium (Na^+):	0.04350
Sulfate (SO_4^{2-}):	0.02082

ミリグラム当量濃度でのデータのチェック

Table 11.4
Evaluating the electroneutrality of the example routine analysis

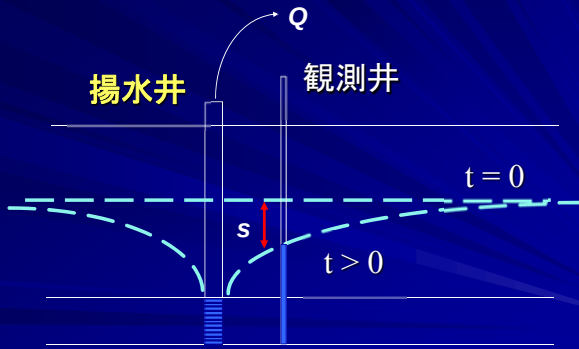
Cation concentration			Anion concentration		
	mg/L	meq/L		mg/L	meq/L
Ca^{2+}	1.0	0.05	HCO_3^-	1315	21.6
Mg^{2+}	1.0	0.08	SO_4^{2-}	59	1.22
Na^+	550	23.9	Cl^-	45	1.27
K^+	3.5	0.09	F^-	0.25	0.01
Fe	8.7	0.31	Total		24.1
Total		24.4	cation/anion ratio	= 1.01	

(Domenico & Schwartz, 1990より)



- ### 揚水試験の目的
- 1) 帯水層能力の把握
 - 2) 地下水シミュレーションに必要な帯水層係数の取得
【透水量係数(透水係数), 貯留係数】
 - 3) 井戸効率の把握

揚水試験の概念図



19

揚水試験の例 (バングラデシュ)



20

揚水試験の例 (カンボジア)



21

揚水試験の例 (中国トルファン)



揚水試験の分類

- 1) 予備揚水試験
- 2) 段階揚水試験
- 3) 連続揚水試験
- 4) 回復試験

23

連続揚水試験

1) 目的

- 帯水層係数の算出
【透水量係数(透水係数), 貯留係数】
- 帯水層種類の把握
【漏水性帯水層】

2) 実施方法

揚水量を一定に保つ

24

回復試験

1) 目的

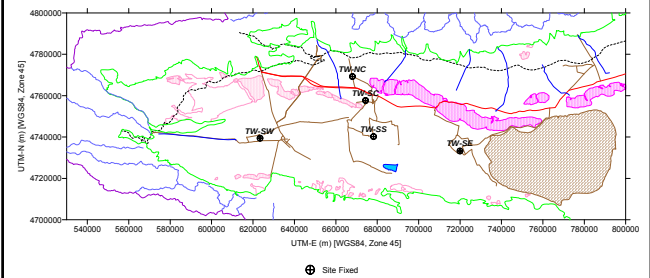
- 帯水層係数の算出
【透水量係数（透水係数）】

2) 実施方法

連続揚水試験直後に実施
残留水位降下量を測定する

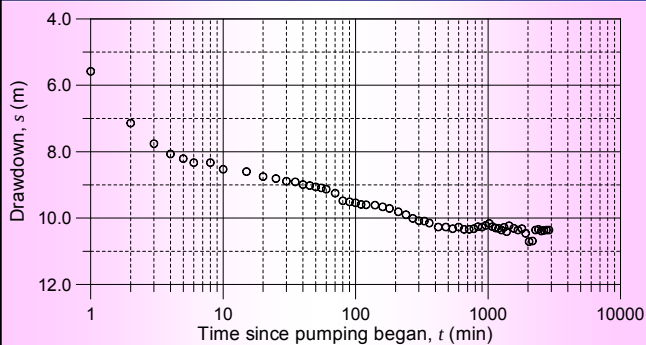
25

JICA観測井位置図(トルファン盆地)



26

連続揚水試験の解析 (TW-SS-2観測井、片対数曲線図)



27

透水量係数(T)と貯留係数(S)

被圧地下水の非平衡式

$$s = (Q/4\pi T) W(u)$$

ここで,

$$W(u) = \int_u^{\infty} e^{-u}/u \, du$$

$$u = r^2 S/4Tt$$

$W(u)$: 井戸関数, r : 井戸半径, t : 時間

Cooper-Jacobの直線解析法(1)

井戸関数 $W(u)$:

$$W(u) = -0.577216 - \ln u + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} - \frac{u^4}{4 \cdot 4!} + \dots$$

Cooper-Jacobの簡略式:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} (-0.5772 - \ln u)$$

Cooper-Jacobの直線解析法(2)

水位降下量:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left[\ln \left(\frac{4Tt}{r^2 S} \right) - 0.5772 \right]$$



$$s = \left(\frac{2.30Q}{4\pi T} \right) \log \left(\frac{2.25Tt}{r^2 S} \right)$$

Cooper-Jacobの直線解析法(3)

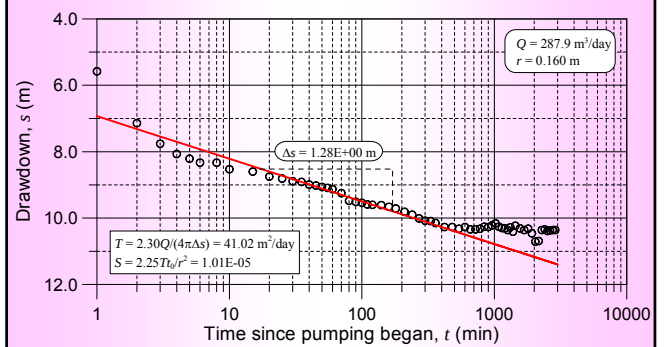
透水量係数:

$$T = \frac{2.30Q}{4\pi\Delta s}$$

貯留係数:

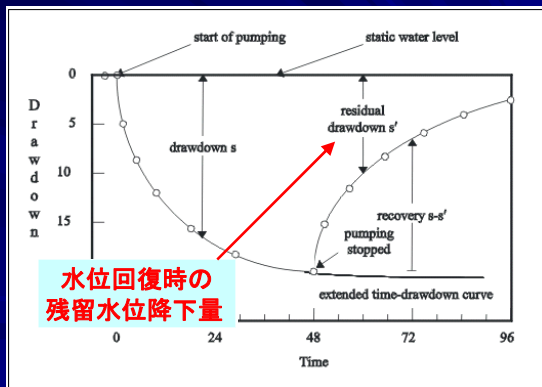
$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2}$$

連続揚水試験の解析事例 (TW-SS-2観測井、直線解析法)



32

回復試験の解析



33

回復試験の解析

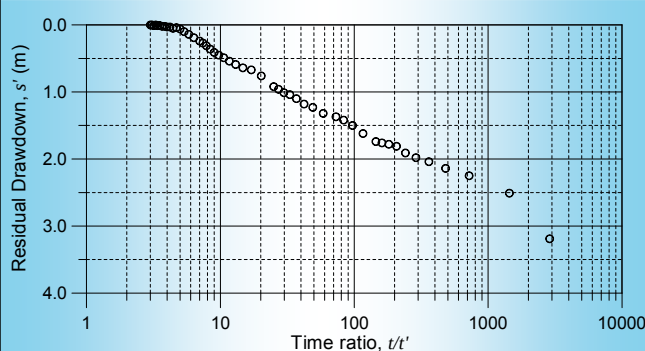
t: 揚水開始後の時間

t' : 揚水停止後の時間

t/t' : 時間比

34

回復試験の解析 (TW-SS-2観測井、片対数曲線図)



35

回復試験の直線解析法(1)

残留水位降下量:

$$s' = \frac{Q}{4\pi T} \left[\ln\left(\frac{4Tt}{r^2 S}\right) - \ln\left(\frac{4Tt'}{r^2 S'}\right) \right]$$



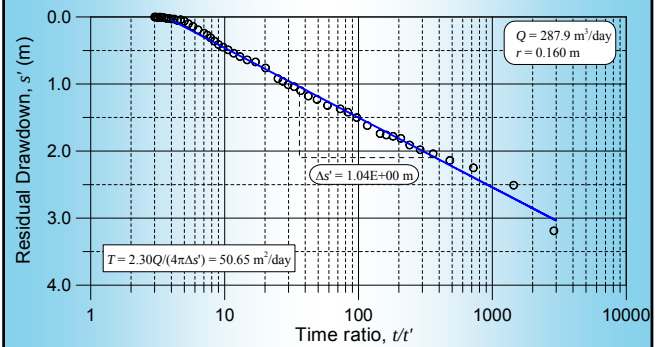
$$s' = \left(\frac{2.30Q}{4\pi T} \right) \log\left(\frac{t}{t'}\right)$$

回復試験の直線解析法(2)

透水量係数:

$$T = \frac{2.30Q}{4\pi\Delta s'}$$

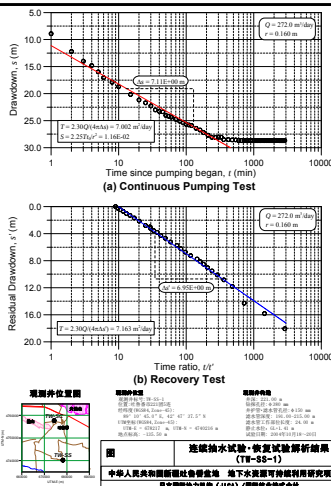
回復試験の解析例 (TW-SS-2観測井、直線解析法)



38

連続揚水・回復試験 解析結果

(TW-SS-1観測井)



39

参考文献

水収支研究グループ編
「地下水資源・環境論—その理論と実践—」
共立出版、1993年

Todd, D. K. : "Groundwater Hydrology
2nd Ed.", John Wiley & Sons, 1980年