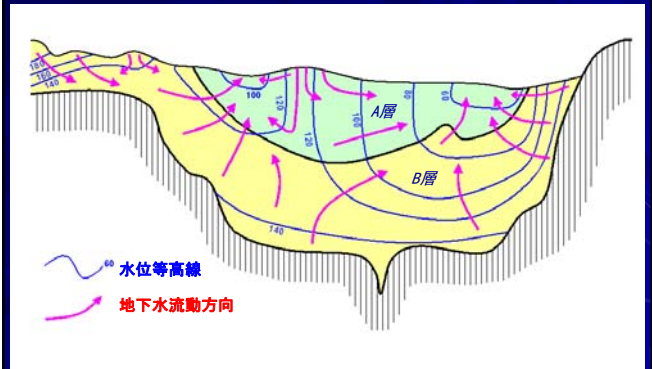


2018年度(H30年度)

## 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

## 4. 地下水盆の水収支



## 水収支(Water balance)とは...

水文系循環系の中の自然的・人為的要因による量的な変化を、質量保存則に基礎を置く水収支式で定量化すること。

狭義には、ある系への総流入量と総流出量の差を評価する意味に限定されることもある。

(「新版 地学事典」より)

## 水収支における自然的要因

降雨

蒸発散

地表流出

地下水流出など

## 水収支における人為的要因

灌漑地への導水

各種用水としての地下水揚水など

## 地下水の水収支基本式

$$R(t) - D(t) = \frac{dS}{dt}$$

$R(t)$ : ある期間における地下水盆へのかん養量

$D(t)$ : ある期間における地下水盆からの流出量

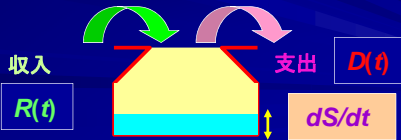
$dS/dt$ : ある期間における地下水盆内の貯留量変化

難しい? いや、基本は簡単!!

### 地下水収支式の例

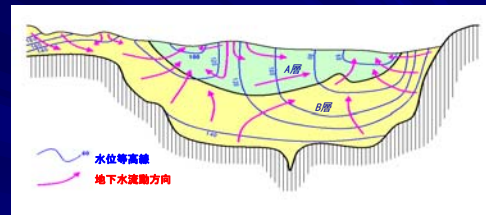
$$R(t) - D(t) = \frac{dS}{dt}$$

[収入] - [支出] = [財布の中の残金]



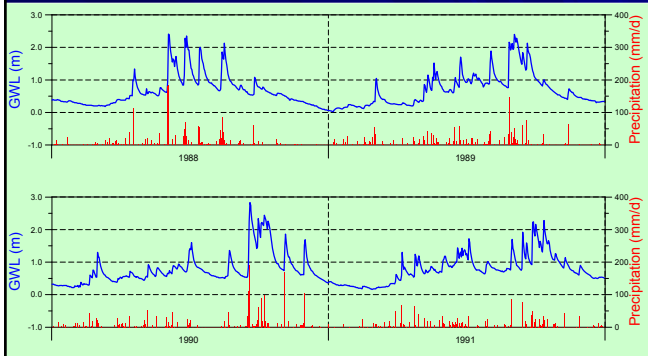
7

では、地下水盆の貯留量変化を、  
どうやって把握するのか？



地下水位の変動を測定する

### 日降水量と地下水位変化の例 (徳島平野)



### 地下水位の変動と貯留量変化

地下水位が一定:

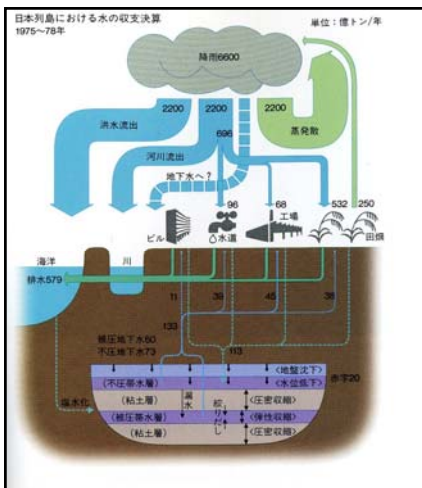
$$\begin{aligned} dS/dt &= 0 \\ R(t) &= D(t) \end{aligned}$$

地下水位が上昇:

$$\begin{aligned} dS/dt &> 0 \\ R(t) &> D(t) \end{aligned}$$

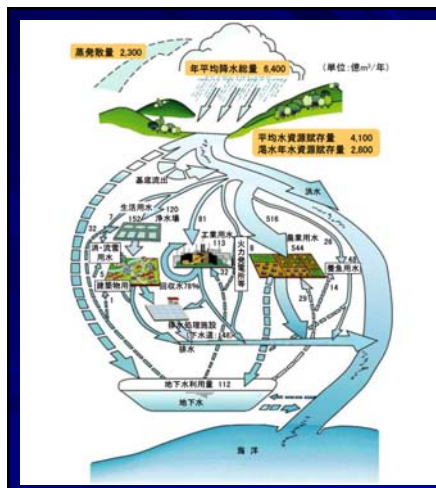
地下水位が低下:

$$\begin{aligned} dS/dt &< 0 \\ R(t) &< D(t) \end{aligned}$$



日本列島の  
水収支  
(1975~1978年、  
単位: 億トン/年)

(「日本の自然」  
平凡社より)



日本の水収支  
(2008~2012年、  
単位: 億トン/年)

(平成26年版  
「日本の水資源」  
より)

## 降水から地下水かん養に至る 水収支式

$$P = Int + Rof + AEP + ATP + SM + RE$$

**P:** 降水量  
**Int:** 植生等による遮断量  
**Rof:** 地表流出量  
**AEP:** 土壌からの実蒸発量  
**ATP:** 実蒸散量  
**SM:** 土壌水分への転化量  
**RE:** 地下水かん養量

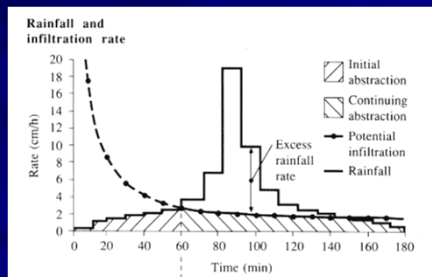
## 遮断量 (Interception loss) とは？

降水が地面に到達する前に、植物の葉や樹木の幹などに付着し、地面に到達することのできない量のこと

インドでの研究例では、降水イベント1回あたり、0.5mmと推定

## 地表流出 (Surface Runoff) とは？

降水強度が浸透能を超えたときに発生し、地中へ浸透しない水が地表面を流下して河川へ流出する過程のこと



(「Applied Hydrology」McGRAW-HILLより)

## 蒸発 (Evaporation) 量とは？

水面や地表面から蒸発により失われる水量

水面からの蒸発量は、蒸発計により測定されている



大型蒸発計の例(口径120cm)

## 蒸発計蒸発量とパン係数

蒸発計蒸発量 (Pan Evaporation) と広域な水面 (湖面蒸発量) では、前者の方が大きい。

蒸発計蒸発量に対する湖面蒸発量の比を、パン係数と呼ぶ。

湖水の熱容量が大きいと、パン係数の季節変化が大きい。

## 蒸発散 (Evapotranspiration) とは？

水面や土壌面などからの蒸発 (Evaporation)

+

植物による蒸散 (Transpiration)

地表面から大気中へ運ばれる水の総量

水循環の重要な過程のひとつ  
全陸地の年降水量の約60%が  
蒸発散により大気中に戻る

## 蒸発散量の求め方

実測することが難しい

蒸発計蒸発量による推定や、ソーンスウェイト法、ペンマン法などにより推定する

いずれも、可能蒸発散量を推定することに注意

## 可能蒸発散量とは？

理想的な条件での蒸発散量のこと

具体的には、

密に地表面を覆った緑草地に十分な水を供給した場合に失われる蒸発散量のこと

英語では、Potential Evapotranspirationという

## 実蒸発量と実蒸散量

実際には、地表面はいつでも水に覆われているわけではない

土壌水分量により、実蒸発量と実蒸散量は変化する

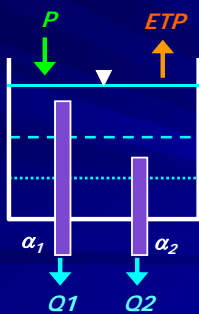
圃場容水量としおれ点の間の土壌水分が、実際の蒸散量として消費される

## 土壌水分と作物の生育

土中の水と作物の生育				
水分量	土中の水の分類	水分恒数	p F	作物の生育
多い ↑	重力水	←最大容水量	0	土中の空気が不足して 湿害を受ける
		←圃場容水量	1.5 ~ 2.0	
↓	毛管水	有効 吸収しやすい水分	3.0	容易に水を吸収することができ 生育良好
		効 吸収しにくい水分		
少ない ↓	吸湿水	←しおれ点	3.8 ~ 4.2	水を吸収しにくくなり、 枯死はしないが生育がおとろえる
		←肉眼で滲りを認める	4.5	
		←105℃で乾燥した場合	7.0	

## タンクモデルによる地下水涵養量の推定

- タンク(1段または複数段)は、不飽和帯をあらわす



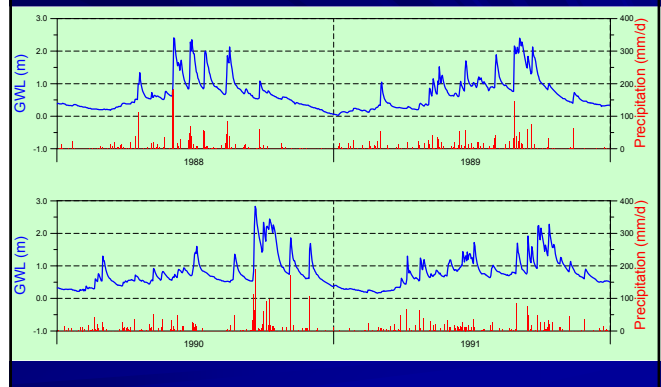
$\alpha_1$ : 流出係数 (Q1)

$\alpha_2$ : 流出係数 (Q2)

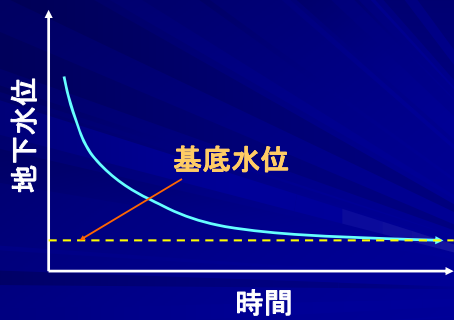
Q1: 側方への流出

Q2: 地下水涵養量 (RE)

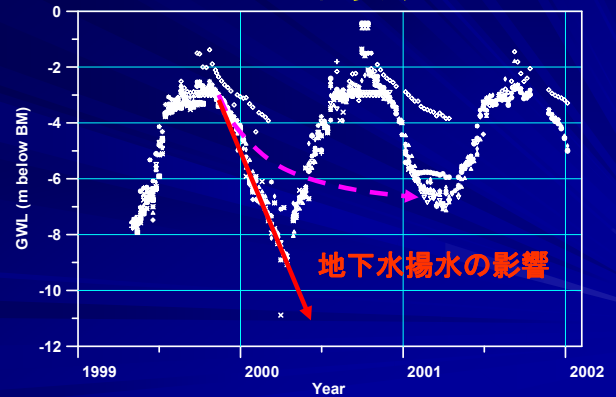
## 日降水量と地下水位変化の例 (徳島平野)



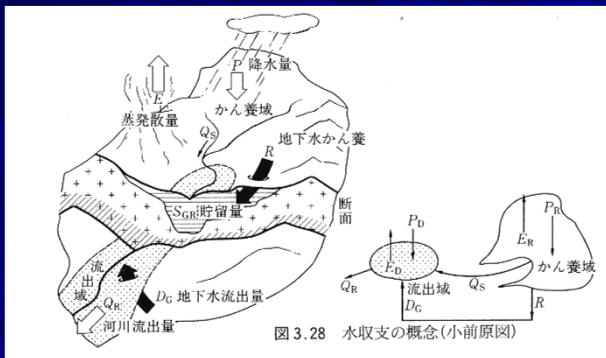
### 地下水位低減曲線 Recession Curve of GWL



### バングラデシュ・シャムタ村での 地下水位変動

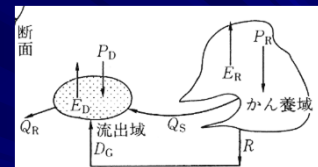


### ある流域における水収支の概念



(「地下水資源・環境論」共立出版より)

### かん養域での水収支式

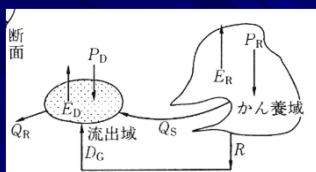


$$P_R - Q_S - R - E_R = \Delta S_{GR} + \Delta S_{SR}$$

$P_R$ : 降水量、 $Q_S$ : 地表流出量、 $R$ : 地下水かん養量、 $E_R$ : 蒸発散量、 $\Delta S_{GR}$ : 地下水の貯留量変化、 $\Delta S_{SR}$ : 地表水の貯留量変化

(「地下水資源・環境論」共立出版より)

### 流出域での水収支式



$$Q_R - Q_S - D_G + E_D - P_D = \Delta S_{GD} + \Delta S_{SD}$$

$Q_R$ : 河川流出量、 $Q_S$ : 地表流出量、 $D_G$ : 地下水流出量、 $E_D$ : 蒸発散量、 $P_D$ : 降水量、 $\Delta S_{GD}$ : 地下水の貯留量変化、 $\Delta S_{SD}$ : 地表水の貯留量変化

(「地下水資源・環境論」共立出版より)

### 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

Chow, V. T., et al. : "Applied Hydrology",  
McGraw-Hill, 1988年

それでは、また次回!!