

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

8. 地下水障害



枯渴した湧水(喜多方キャンプ清水)

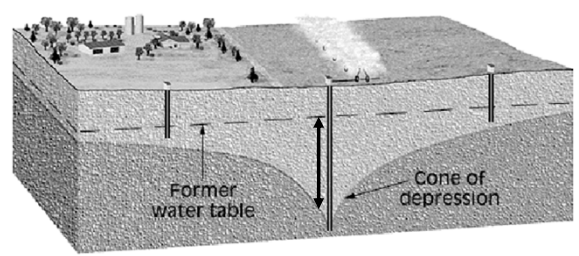
地下水障害とは何か？

地下水位の異常な変動に起因して発生する, 地下水利用や社会生活に不都合を及ぼす障害のこと

地下水障害の例

地下水位の異常低下, 地盤沈下, 地下水の塩水化, 水質悪化など

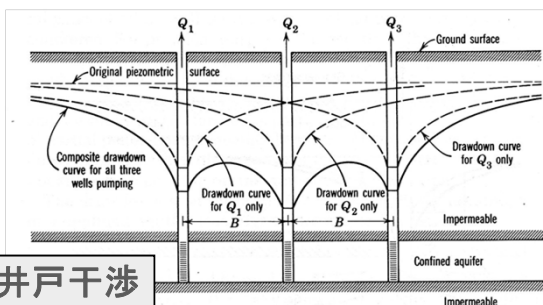
水位降下量(Drawdown)



水位降下量 = (静水位) - (動水位)

Static water level Dynamic water level

複数の井戸からの揚水



井戸干渉

Fig. 4.27 Individual and composite drawdown curves for three wells in a line.

【Todd, D. K. (1980): "Groundwater Hydrology 2nd Ed."より】

地下水位変動の主な要因(1)

人為的要因

大量揚水

かんがい

土地利用の変化

地下構造物

トンネルや地下掘削

河川改修, など

地下水位変動の主な要因(2)

自然的要因

降水

気圧

潮汐

地震

河川の水位, など

地下水位異常変動の要因

- ⇔地下水開発それ自体によるもの
- ⇔土木工事など他の原因によるもの
- ⇔干ばつによる地下水枯渇

地下水障害の分類

- ⇔地下水位の低下で直接起こる障害
- ⇔地下水位の低下が他の現象を誘発して生じる障害
- ⇔地下水位の上昇による障害
- ⇔地下水位の変化を伴わない障害

地下水位の低下で 直接生じる障害

- 自噴停止
- 井戸の枯渇, 揚水不能
- 揚水量の減少
- 井戸の相互干渉
- 湧水の枯渇, 湧出量の減少
- その他

地下水位の低下が他の現象を 誘発して生じる障害

- 地盤沈下
- 地下水塩水化
- 酸欠空気の発生
- 地下水水質の悪化
- 地下水酸性化による鉄管の腐食
- その他

地下水位の著しい 上昇で生じる障害

- 浮力による構造物の不安定化
- 塩類集積や塩害の促進
- 地盤液状化の促進
- 排水不良
- 作物の湿害
- その他

地下水位の変化を 伴わない障害

- ❖地下水汚染
- ❖地層汚染
- ❖その他

地盤沈下



東京都江東区の
抜け上がった井戸
(「日本の平野」平凡社より)

東京下町の地盤沈下の歴史



鉄管のしるしが、
当時の地面
(「日本の平野」平凡社より)

ビルの基礎の抜け上がり(1)



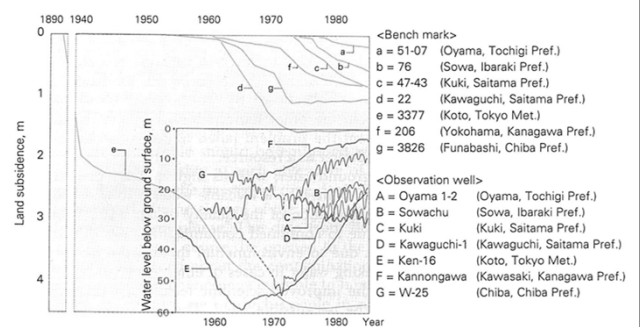
1階の床が、道路面より高くなっている
(「日本の平野」平凡社より)

ビルの基礎の抜け上がり(2)



完成後1年で、団地の入り口に16cmの落差
(「日本の平野」平凡社より)

関東平野における地盤沈下の歴史



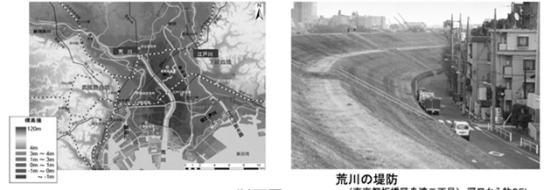
(「Environmental Management of Groundwater Basins」
東海大学出版会より)

東京のゼロメートル(0m)地帯

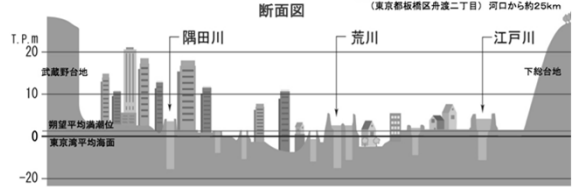


東京のゼロメートル地帯の状況

首都圏に広がるゼロメートル地帯



荒川の堤防
(東京都板橋区舟渡二丁目) 河口から約25km



ゼロメートル地帯の河川水位と地盤



東京低地の地盤沈下の状況



← 堤防の高さ

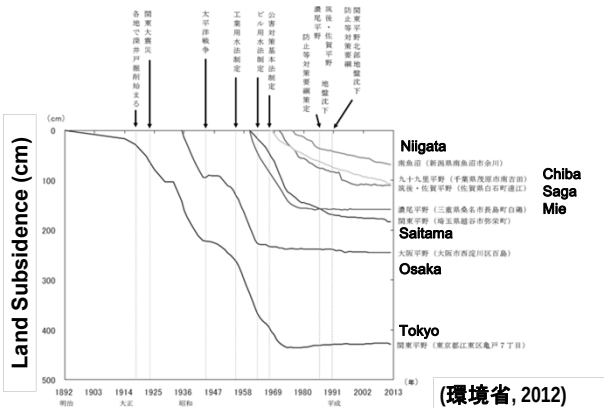
← 過去最高水位
(1917年の台風による高潮)

⇒ 1918年当時の地表面
 ⇒ 満潮時海面

← 平均海面

← 干潮時海面

日本各地の地盤沈下の推移



(環境省, 2012)

世界各都市の地盤沈下

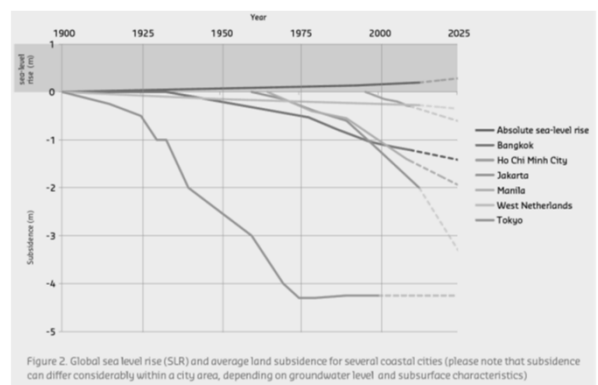
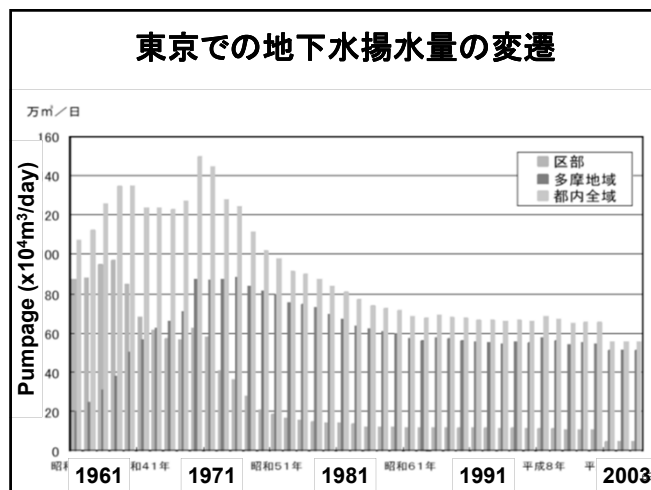
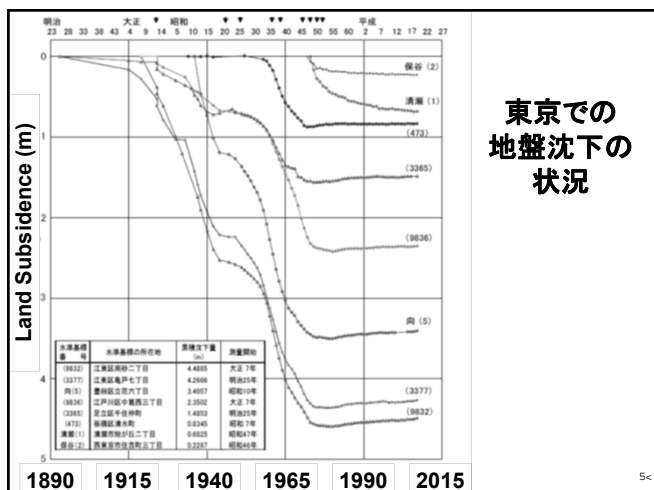
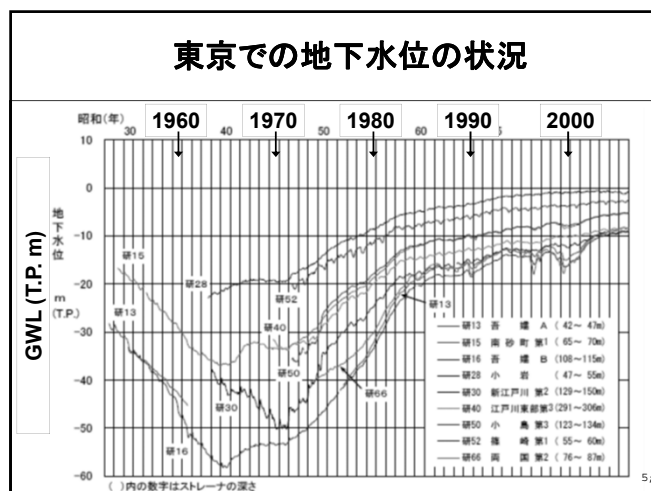
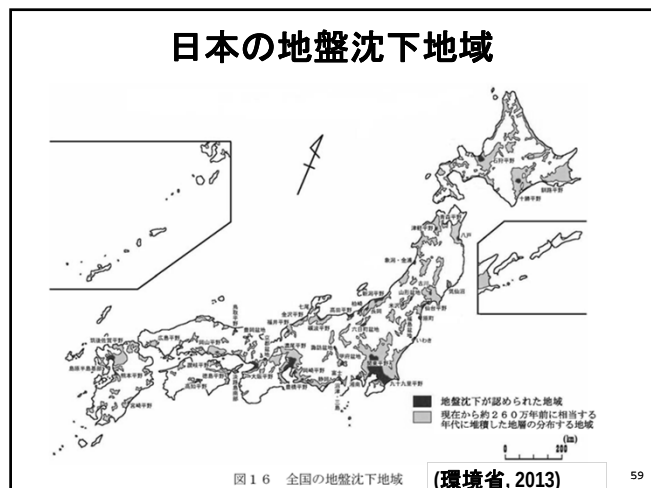
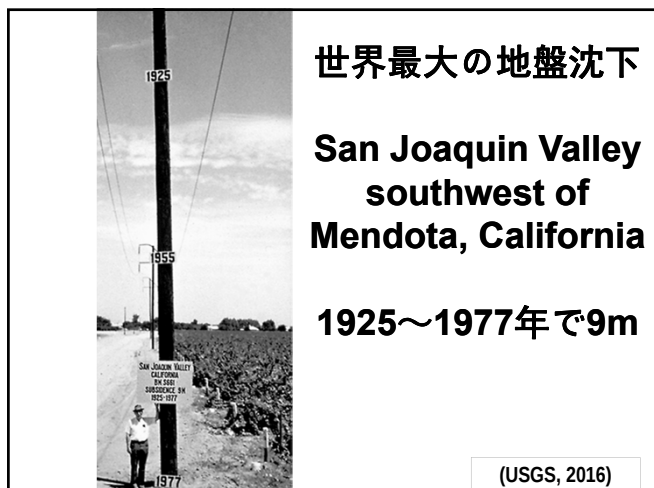
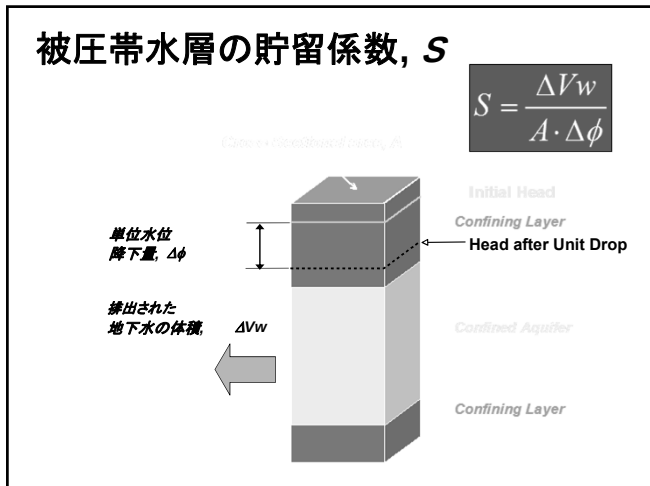
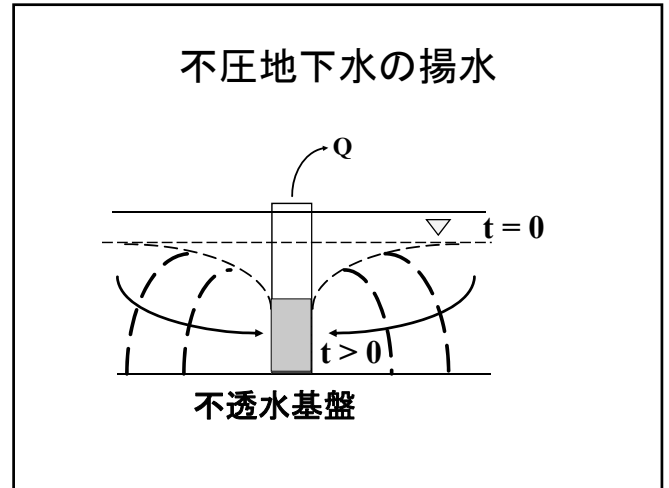
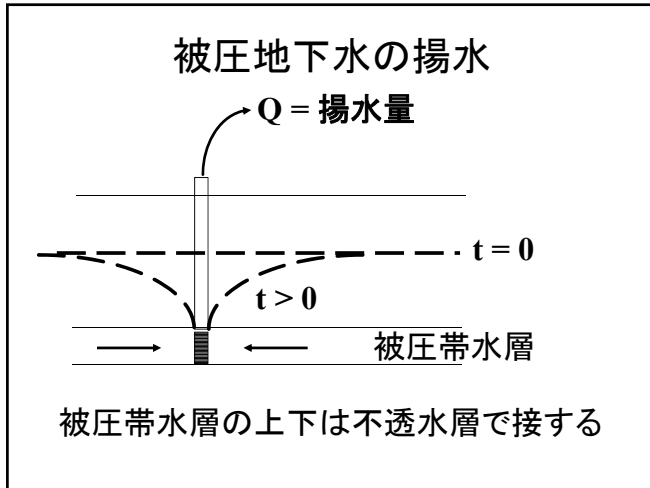


Figure 2. Global sea level rise (SLR) and average land subsidence for several coastal cities (please note that subsidence can differ considerably within a city area, depending on groundwater level and subsurface characteristics)

(Deltares, 2015)

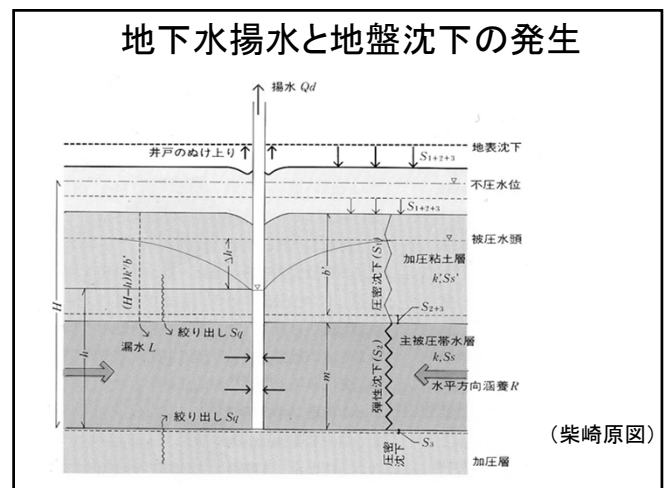
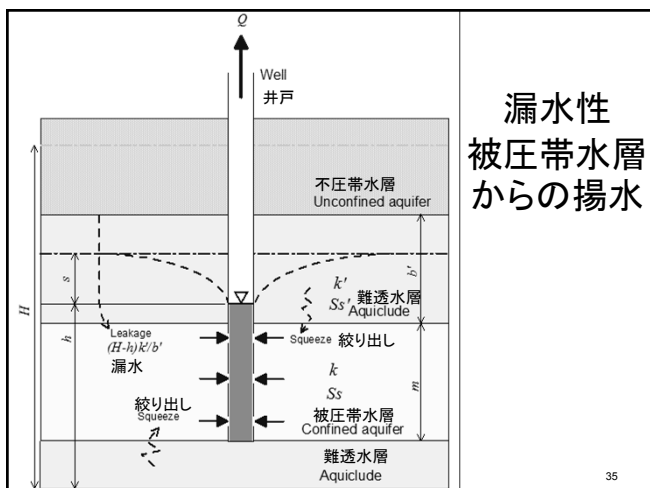




なぜ、地盤沈下は発生するのか？

簡単にいうと、
地下水位低下による軟弱粘土層の収縮

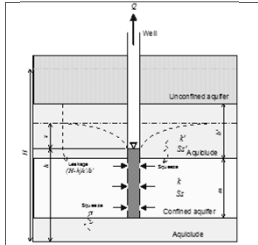
やや詳しくいうと、
主被圧帯水層からの揚水により水頭低下が起こり、隣接する加圧層（粘土層）から間隙水の絞り出し現象が発生して、加圧層が圧密収縮する。



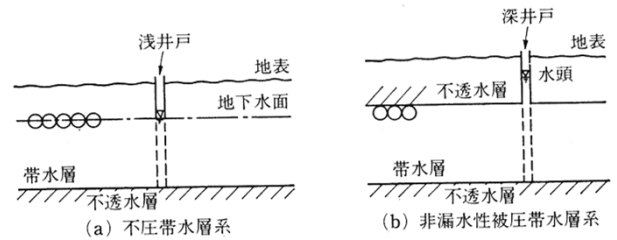
漏水 (Leakage) とは？

地下水が、帯水層間にある難透水層を通して垂直方向に浸透する現象のこと

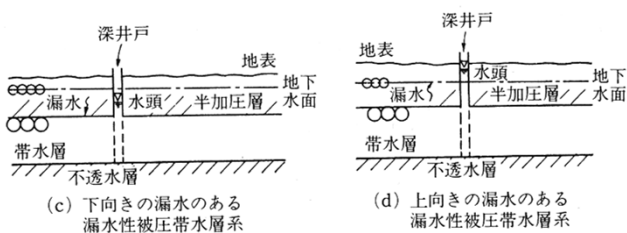
上下の帯水層内の水位 (水頭) に差がある場合に生じる



帯水層系の基本的構図(1)



帯水層系の基本的構図(2)



漏水速度と漏水係数

帯水層の上位に半加圧層がある場合、
ダルシーの法則より、漏水速度は、

$$\frac{Q_c}{A_c} = \frac{k'}{b'} (H - h)$$

Q_c : 漏水量、 A_c : 関係面積、 k' : 半加圧層の透水係数、 b' : 半加圧層の層厚、 H : 不圧地下水位の高さ、 h : 被圧地下水頭の高さ

k'/b' : 漏水係数 (半加圧層固有の値)

絞り出し現象とは？

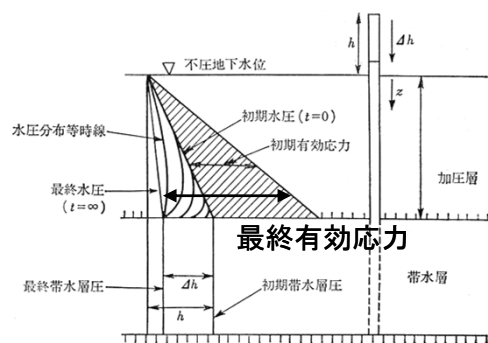
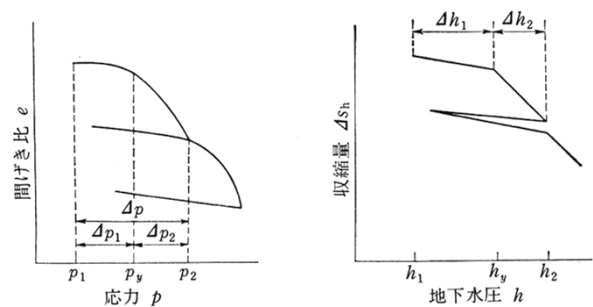
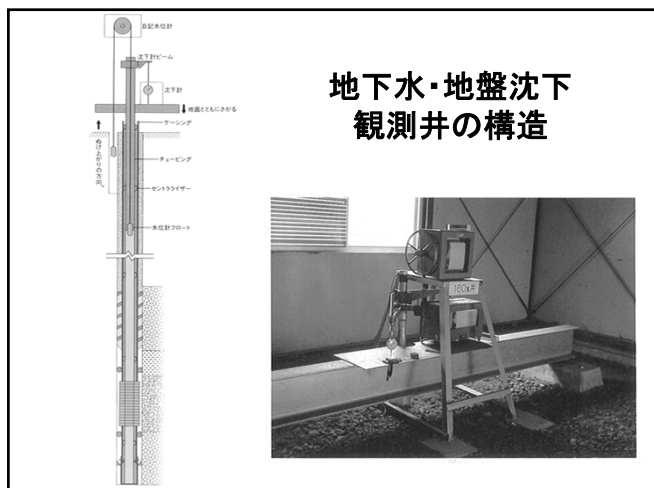


図 4.12 絞り出し現象の説明 (Domenico⁽¹⁾ による)

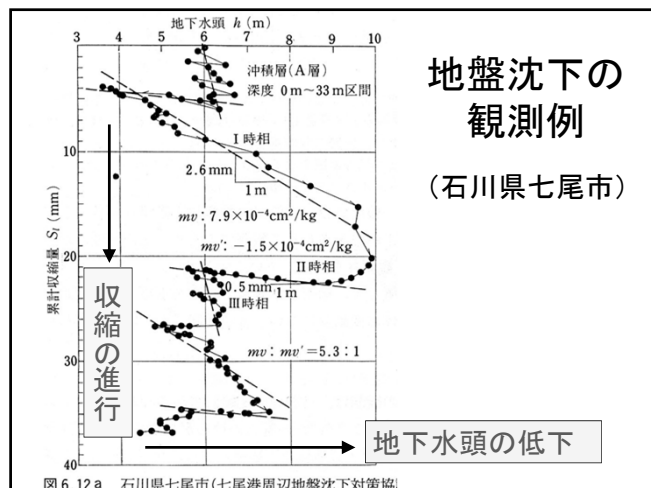
圧密と地層の収縮



間隙比 = 間隙の容積 / 土粒子の体積



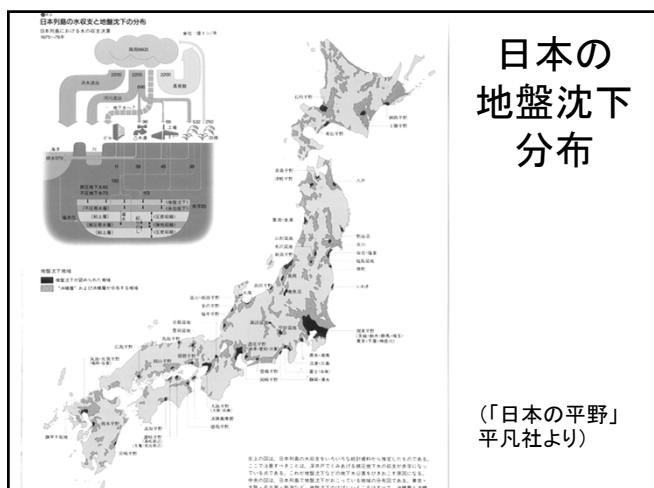
地下水・地盤沈下観測井の構造



地盤沈下の観測例

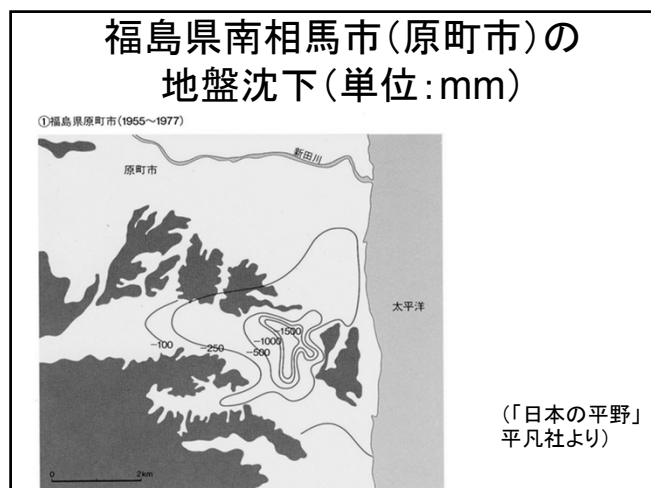
(石川県七尾市)

図 6.12 a 石川県七尾市(七尾港周辺地盤沈下対策協)



日本の地盤沈下分布

(「日本の平野」平凡社より)



福島県南相馬市(原町市)の地盤沈下(単位:mm)

①福島県原町市(1955~1977)

(「日本の平野」平凡社より)

地盤沈下の被害

農業分野:

田畑の不等沈下、水路の破損・機能低下、揚排水機場の破損・機能低下など

インフラ:

道路・鉄道・水道施設等の破損、建物の抜け上がりなど

防災分野:

高潮・洪水災害の拡大、構造物の不安定化など

建物への被害(濃尾平野)



(「濃尾平野の地盤沈下と地下水」名古屋大学出版会より)

水路への被害(濃尾平野)



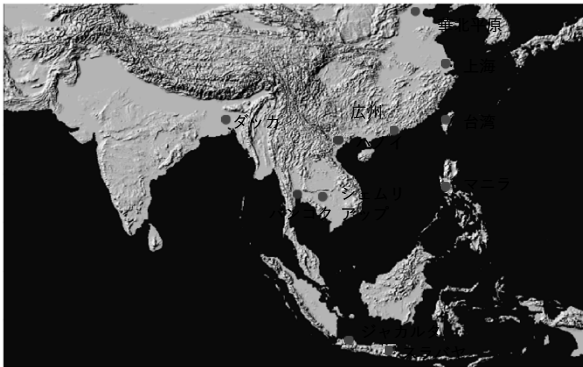
(「濃尾平野の地盤沈下と地下水」名古屋大学出版会より)

地盤沈下による川の水面の上昇



石川県七尾市の例 (「日本の平野」平凡社より)

アジア各地での地盤沈下

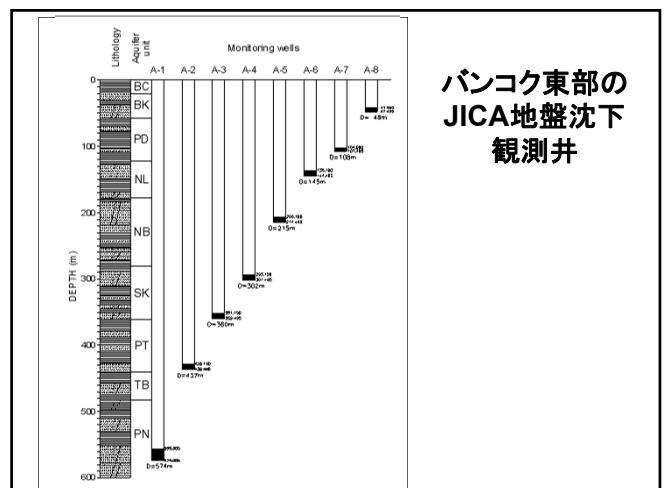
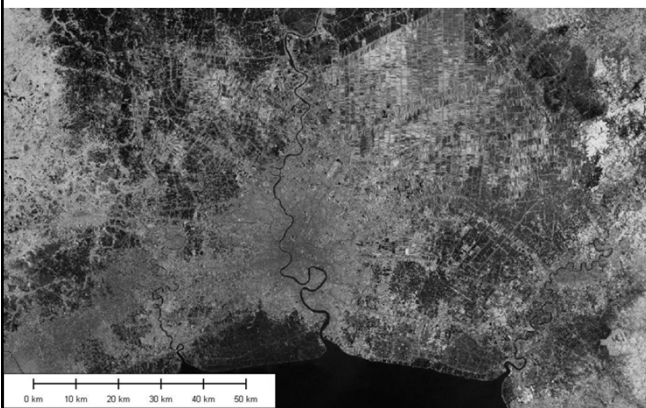


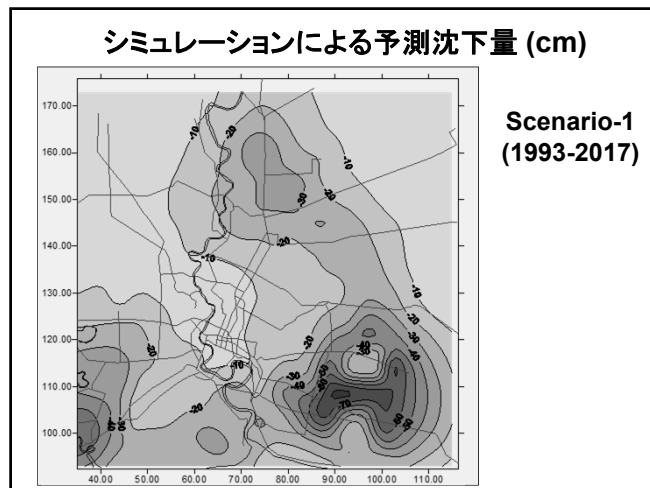
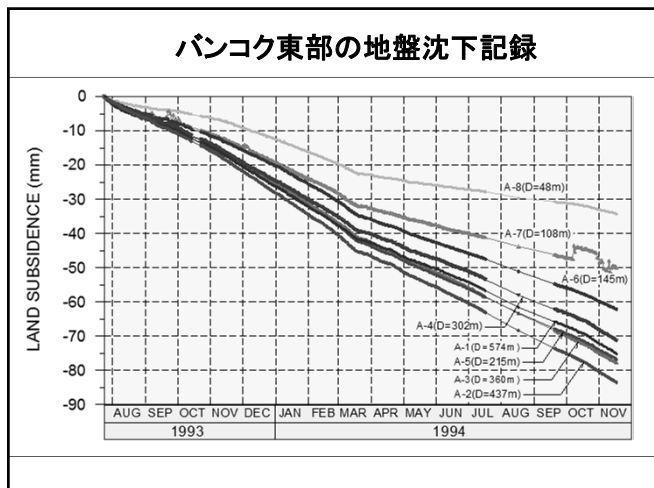
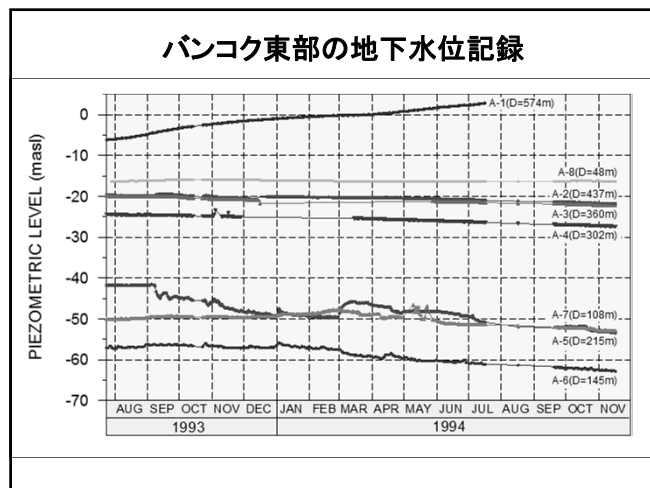
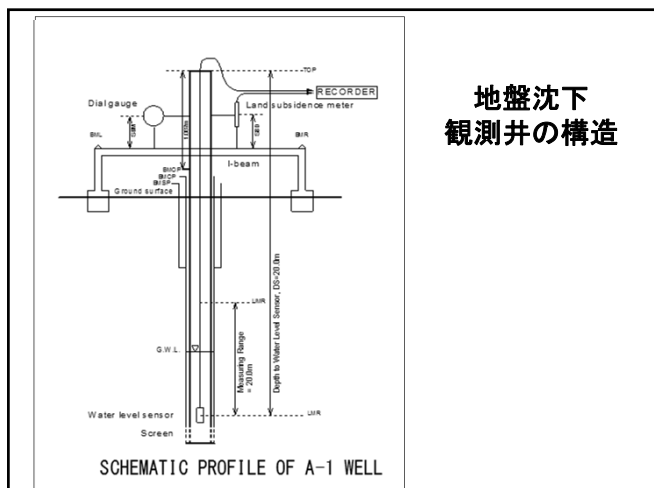
51

バンコク市街地の風景



バンコクの衛星画像





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