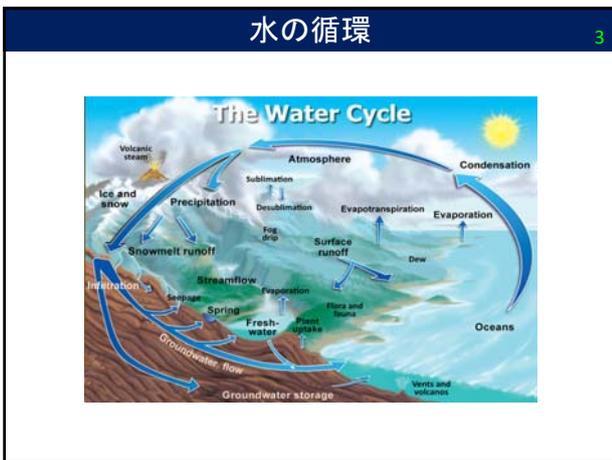
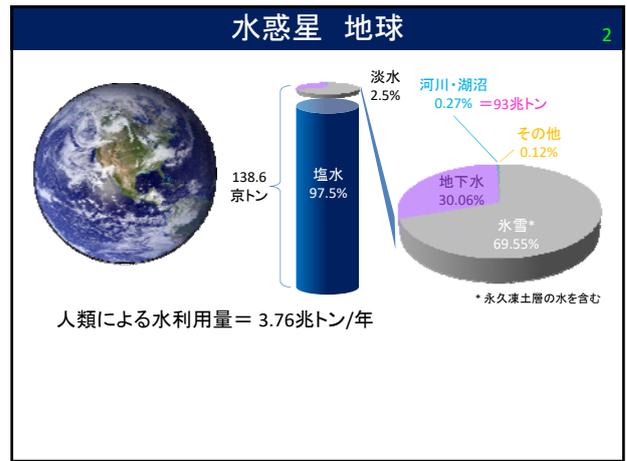


自然地理学オンラインセミナー



水の循環と水文学

山中 勤 (筑波大学)

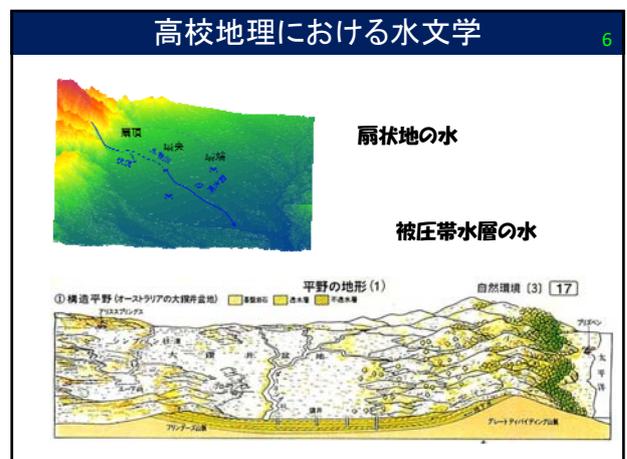
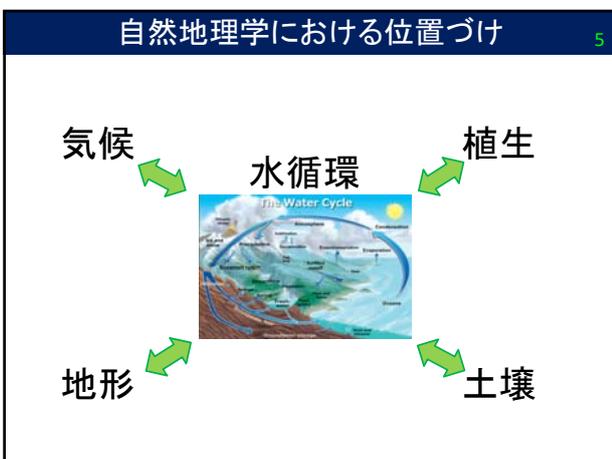


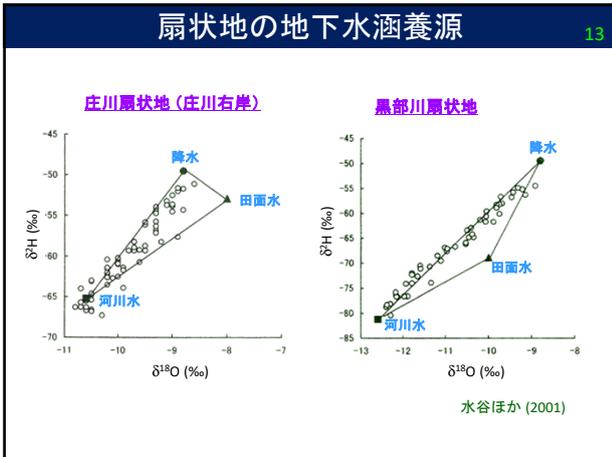
水のストック・フロー・入れかえ時間

	ストック (兆トン)	フロー (兆トン/年)	入れかえ時間 (年)
海洋	1338000	535.2	2500
氷雪	24364	15.2	1600
地下水	23400	16.7	1400
湖沼	176.4	10.4	17
土壌水	16.5	16.5	1
大気中水蒸気	12.9	588.6	0.02 (8日)
河川	2.12	45.5	0.05 (17日)

田中(2009)をもとに計算

水文学 = 水の循環を体系的に取り扱う学問





トレーサーによる成分分離 14

水の質量保存 $Q_g = Q_r + Q_p + Q_d$

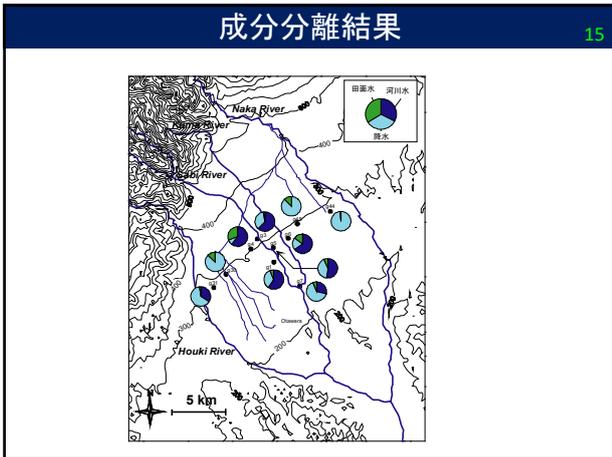
^2H の質量保存 $Q_g \delta^2 H_g = Q_r \delta^2 H_r + Q_p \delta^2 H_p + Q_d \delta^2 H_d$

^{18}O の質量保存 $Q_g \delta^{18} O_g = Q_r \delta^{18} O_r + Q_p \delta^{18} O_p + Q_d \delta^{18} O_d$

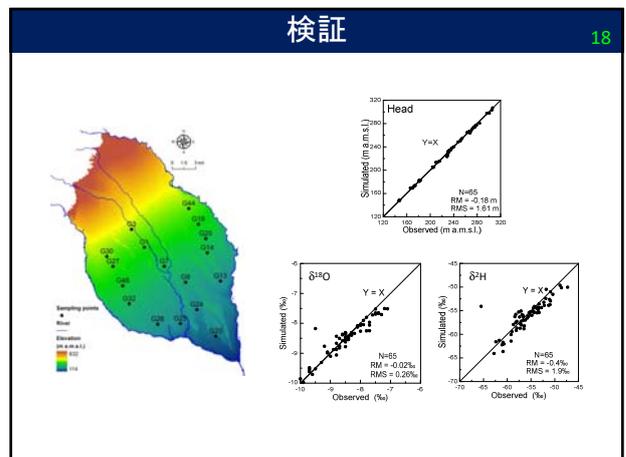
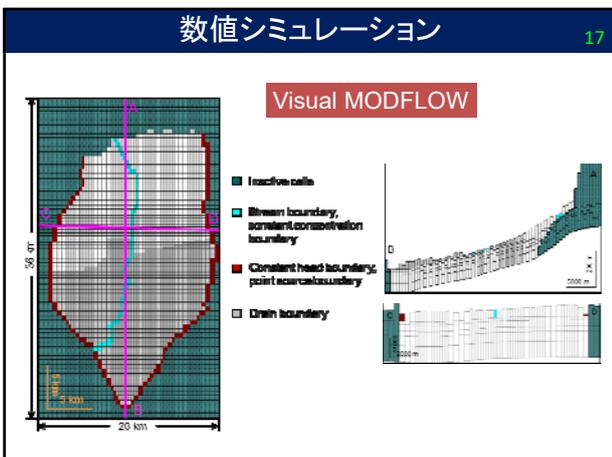
河川水成分 $F_r = \frac{Q_r}{Q_g} = \frac{(\delta^2 H_g - \delta^2 H_d)(\delta^{18} O_r - \delta^{18} O_d) - (\delta^{18} O_g - \delta^{18} O_d)(\delta^2 H_p - \delta^2 H_d)}{(\delta^2 H_r - \delta^2 H_d)(\delta^{18} O_p - \delta^{18} O_d) - (\delta^{18} O_r - \delta^{18} O_d)(\delta^2 H_p - \delta^2 H_d)}$

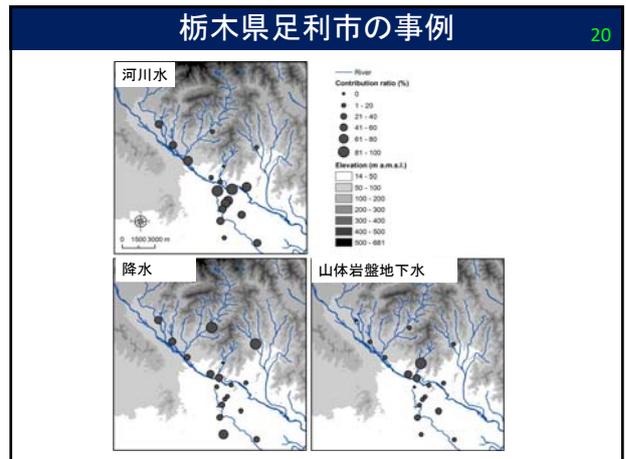
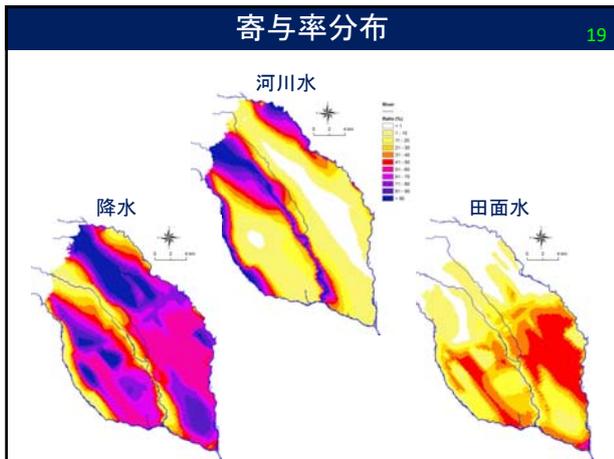
降水成分 $F_p = \frac{Q_p}{Q_g} = \frac{(\delta^2 H_g - \delta^2 H_d)(\delta^{18} O_p - \delta^{18} O_d) - (\delta^{18} O_g - \delta^{18} O_d)(\delta^2 H_r - \delta^2 H_d)}{(\delta^2 H_r - \delta^2 H_d)(\delta^{18} O_p - \delta^{18} O_d) - (\delta^{18} O_r - \delta^{18} O_d)(\delta^2 H_r - \delta^2 H_d)}$

田面水成分 $F_d = \frac{Q_d}{Q_g} = 1 - F_r - F_p$



- ### 成果の活用 16
- 降水の割合が多い地域
 - 肥料・家畜糞尿や埋め立て地の有害物による汚染の影響を受けやすい
 - 河川水の割合が多い地域
 - 地表の汚染源からの影響を受けにくい
 - 河川汚濁やダム建設の影響を受けやすい
 - 田面水の割合が多い地域
 - 水田散布肥料・農薬等による汚染の可能性
 - 減反政策によって地下水位が下がる可能性





被圧帯水層の水 21

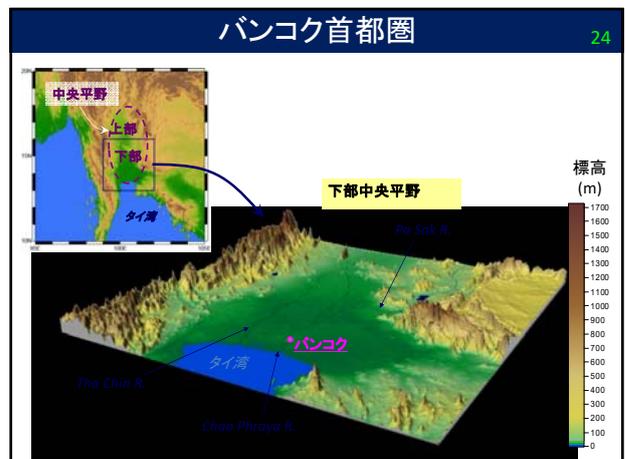
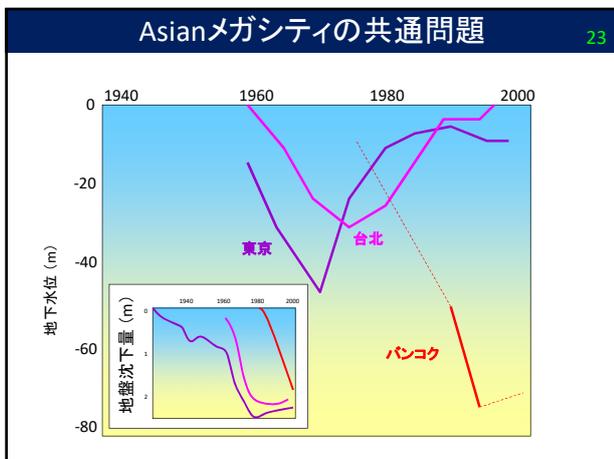
地下水が涵養されているのはどこか？
揚水活動は地下水涵養を加速させる？

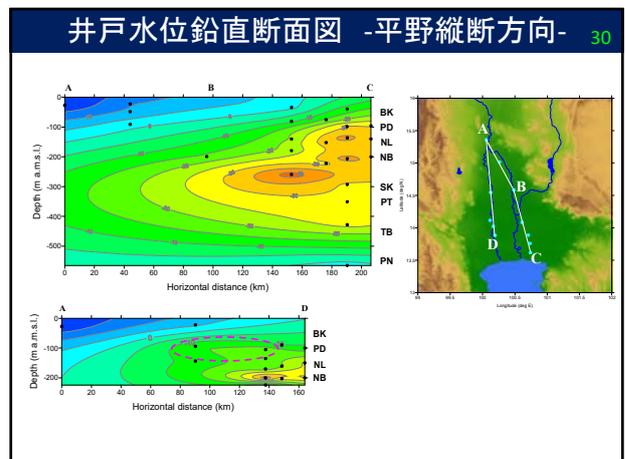
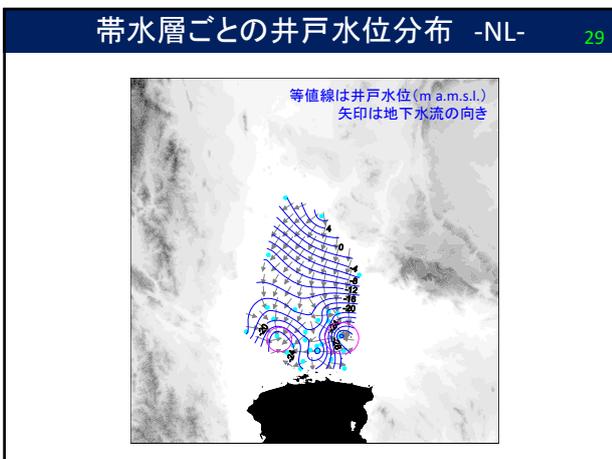
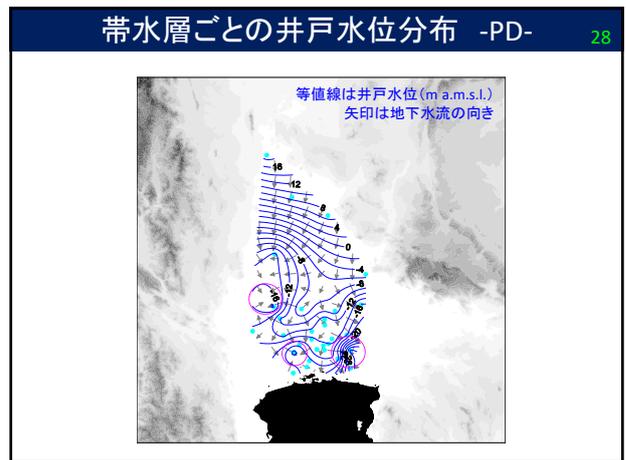
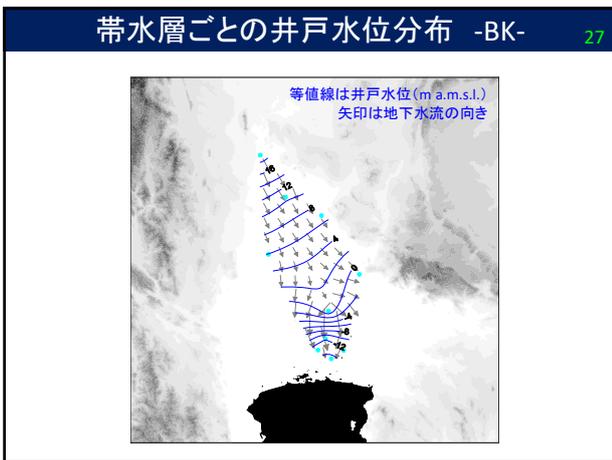
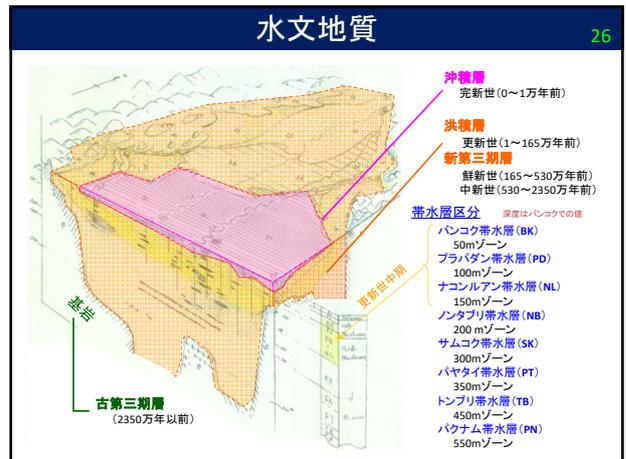
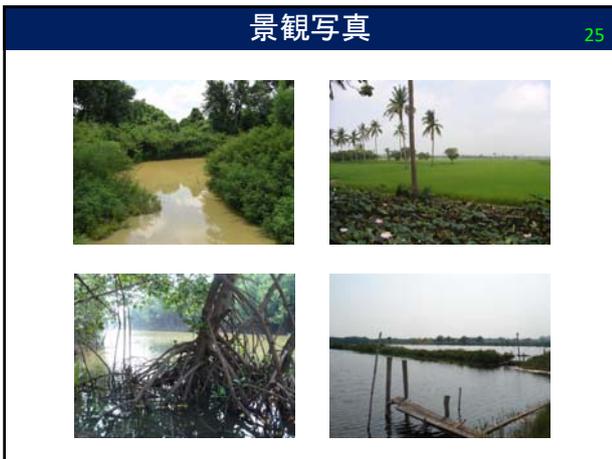
平野の地形 (1)
自然環境 (3) (7)

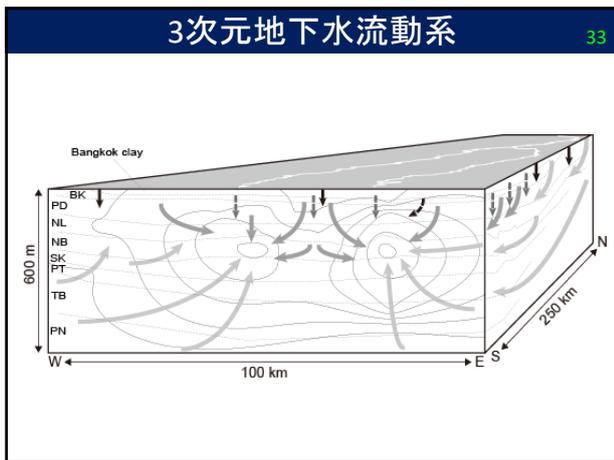
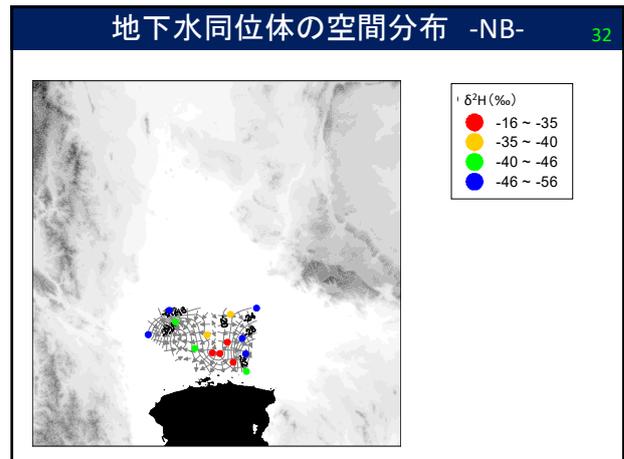
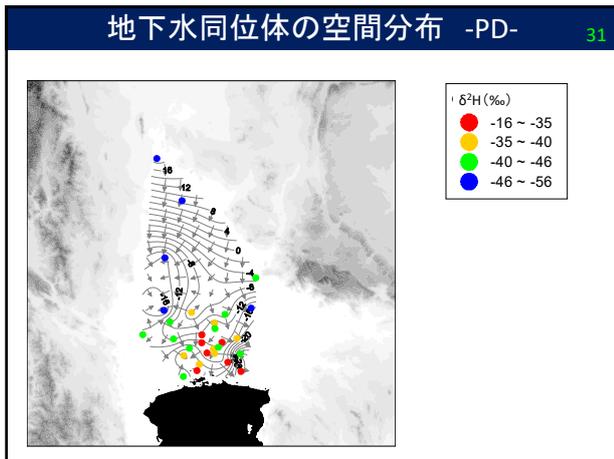
バンコク首都圏の地下水問題 22

人口増と経済発展
↓
上水道・工業用水需要の激増
↓
地下水の過剰揚水
↓

- 地下水位低下 : max.15 m (1980-93)
地下水の塩水化を誘発
- 地盤沈下 : max.75 cm/10年(1978-87)
洪水災害を誘発



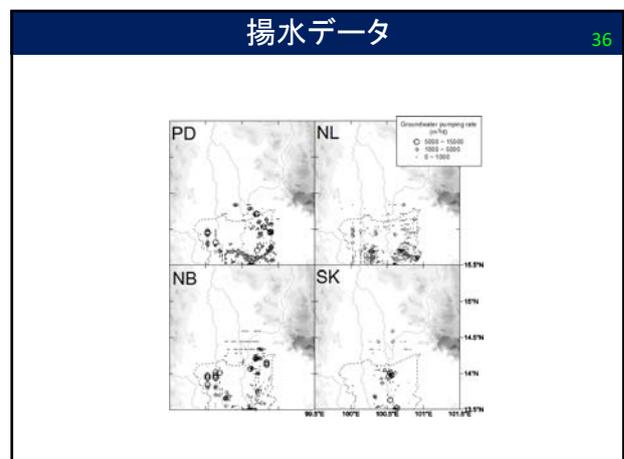
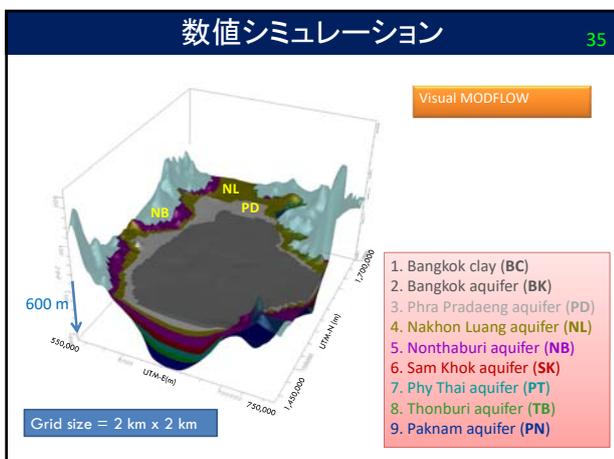


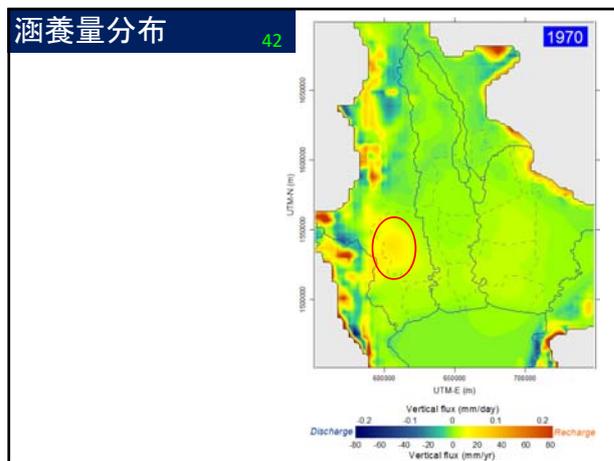
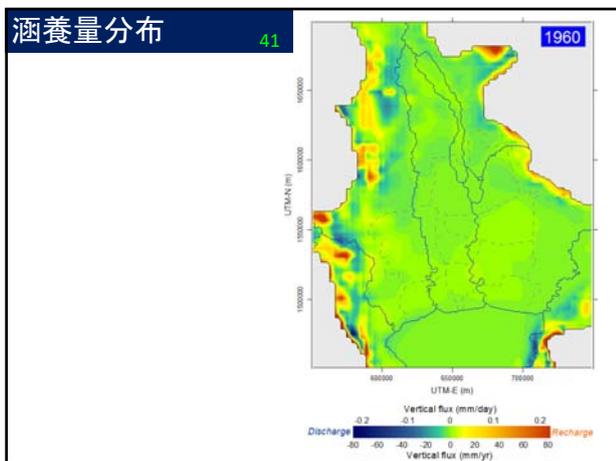
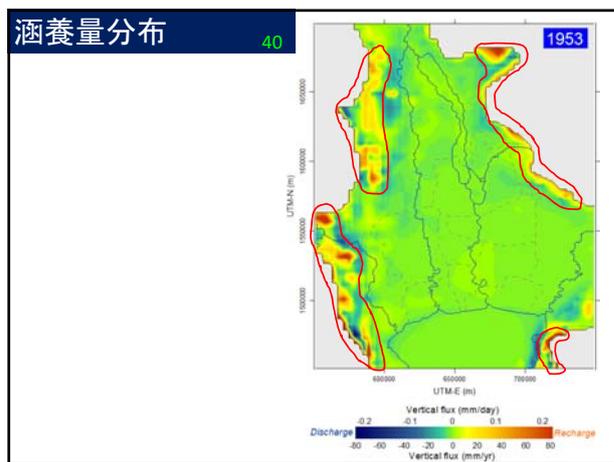
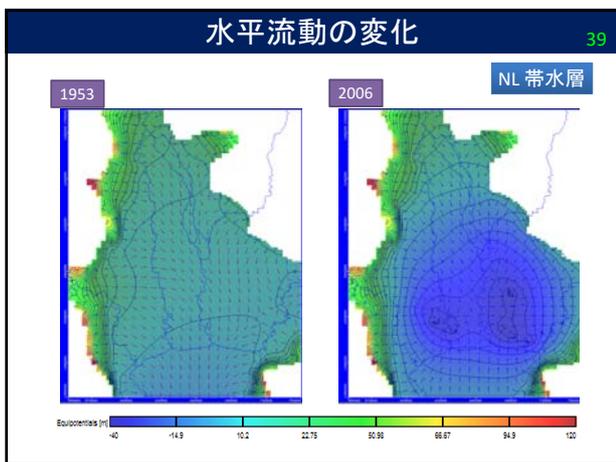
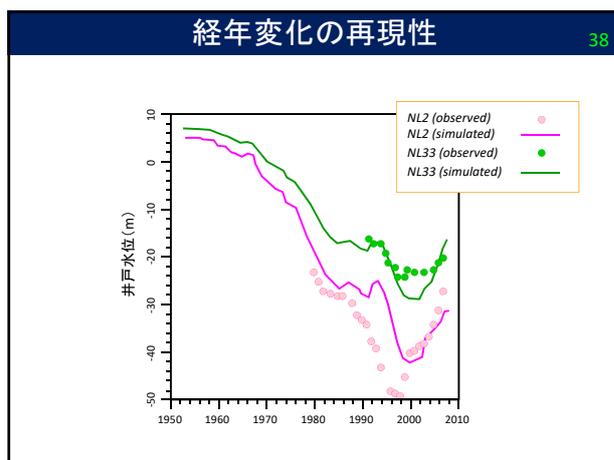
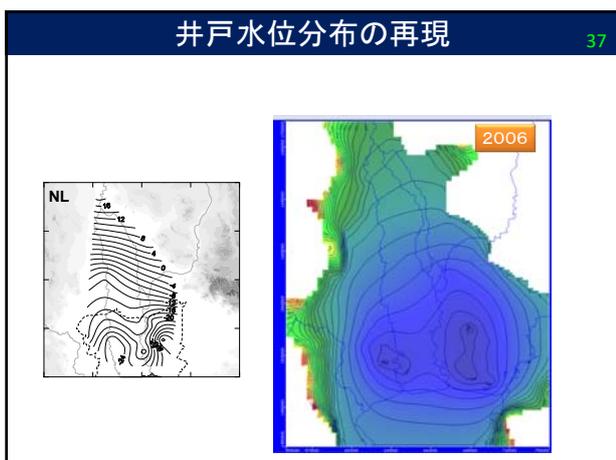


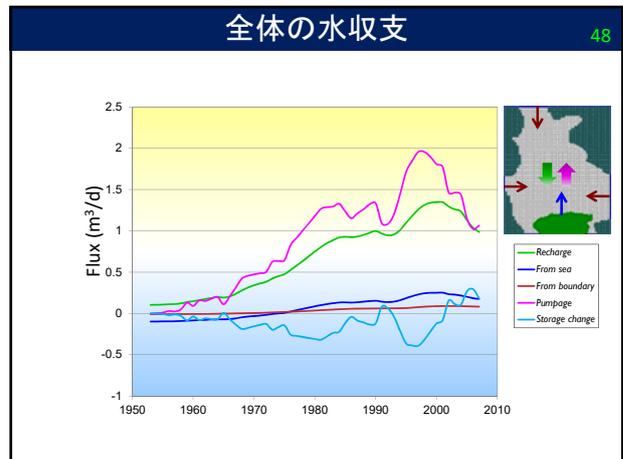
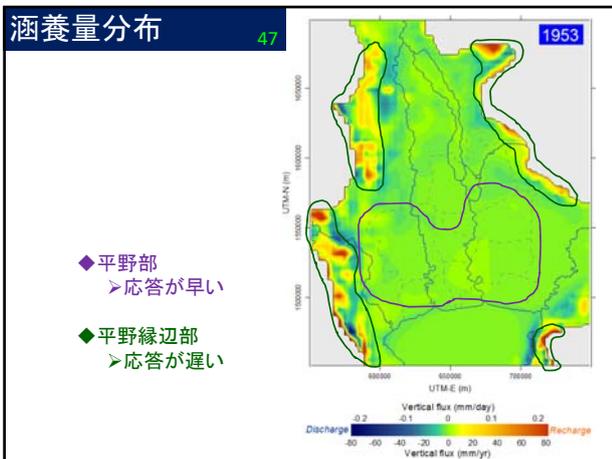
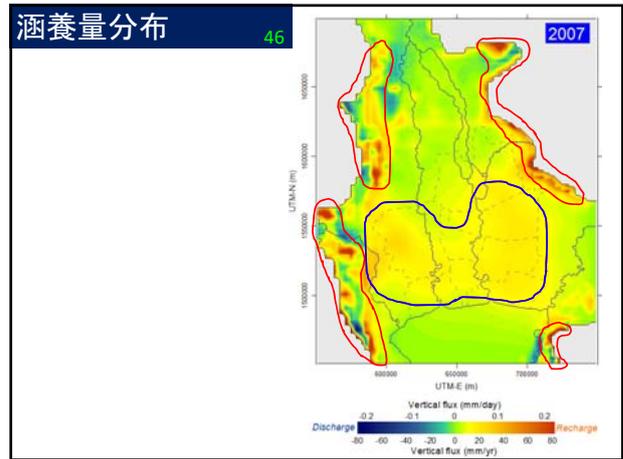
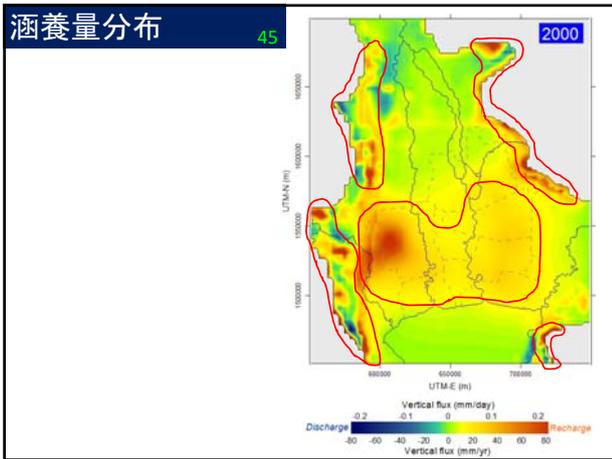
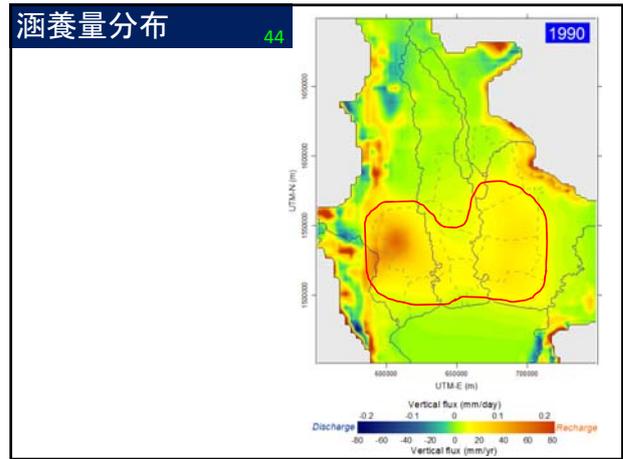
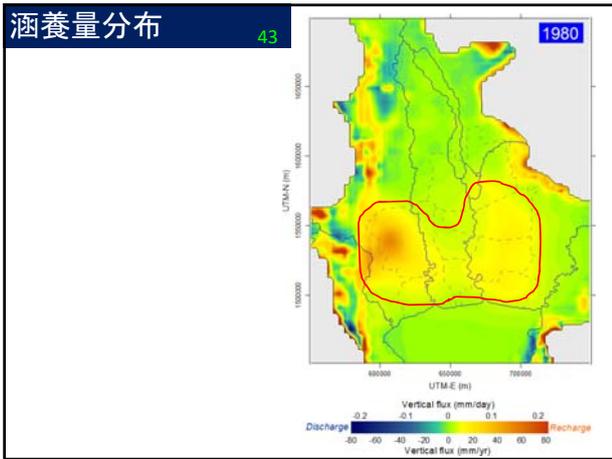
要約

34

- 海進期に平野部のバンコク粘土層中に封じ込められた古海水が、揚水活動によって中深度帯水層に引き込まれている。
 ✓現在の海水が引き込まれているのではない！
- 大深度帯水層には、平野の周辺から深い経路を通過して地下水が流入してきている。







成果の活用 49

- 平野部でも涵養は生じているが粘土層下位にはほとんど届かない。ただし、水圧変化の緩衝作用はある。
- 深部帯水層の涵養には平野縁辺部が重要。
- 揚水活動は広域的な地下水流動を加速し、流動域も拡大する。
 - 地下水資源の奪い合い→国際紛争
- 揚水量そのものよりも、揚水量の増加速度が大きいと水位低下が(地盤沈下も)激しい。
 - 適正なレベルを維持した揚水活動であれば、弊害は少ない(はず)。

