

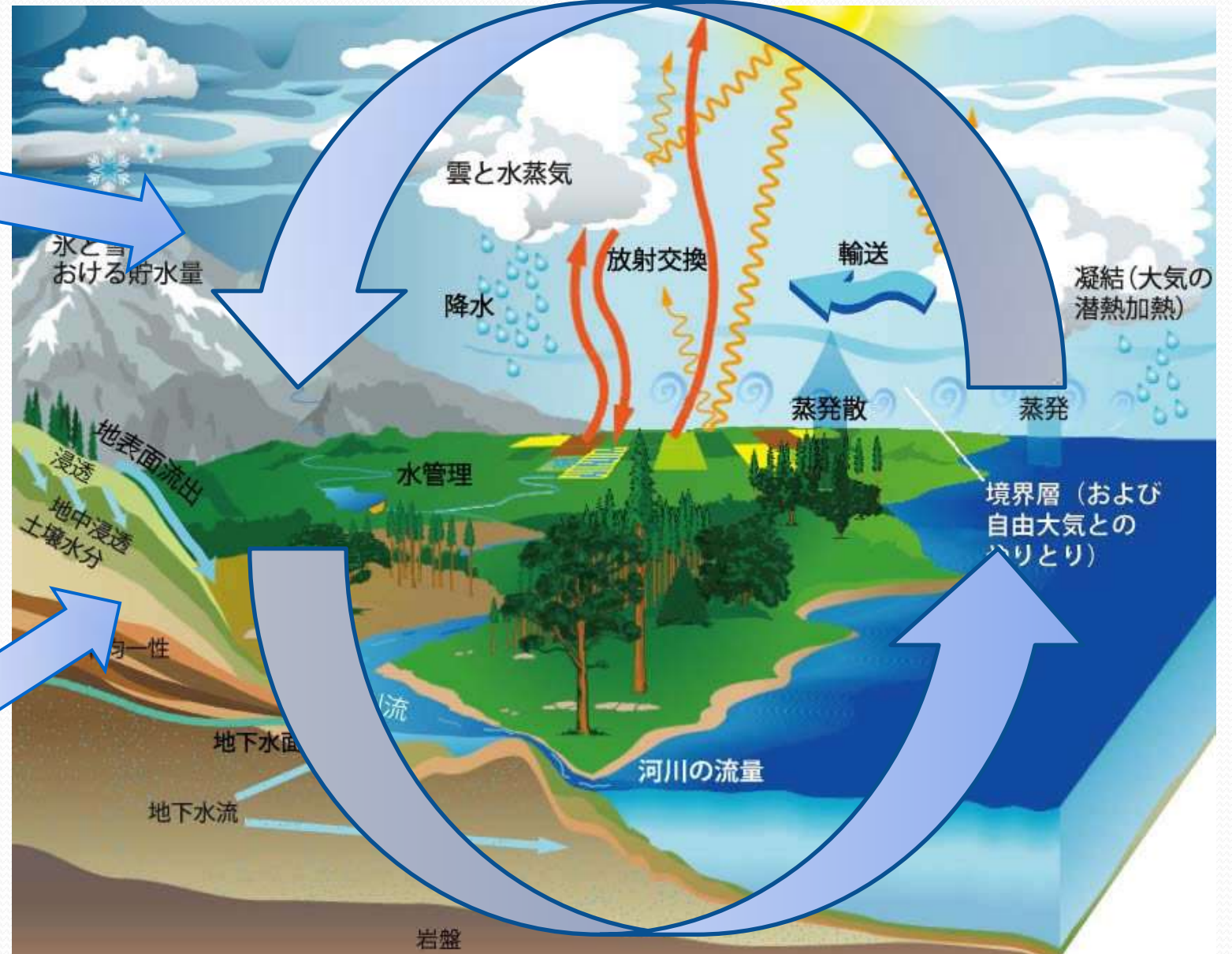
# 新宿区おとめ山公園の湧水と その周辺の地下水に関する研究 ～涵養域の推定～

海城高等学校1年 清水彬光

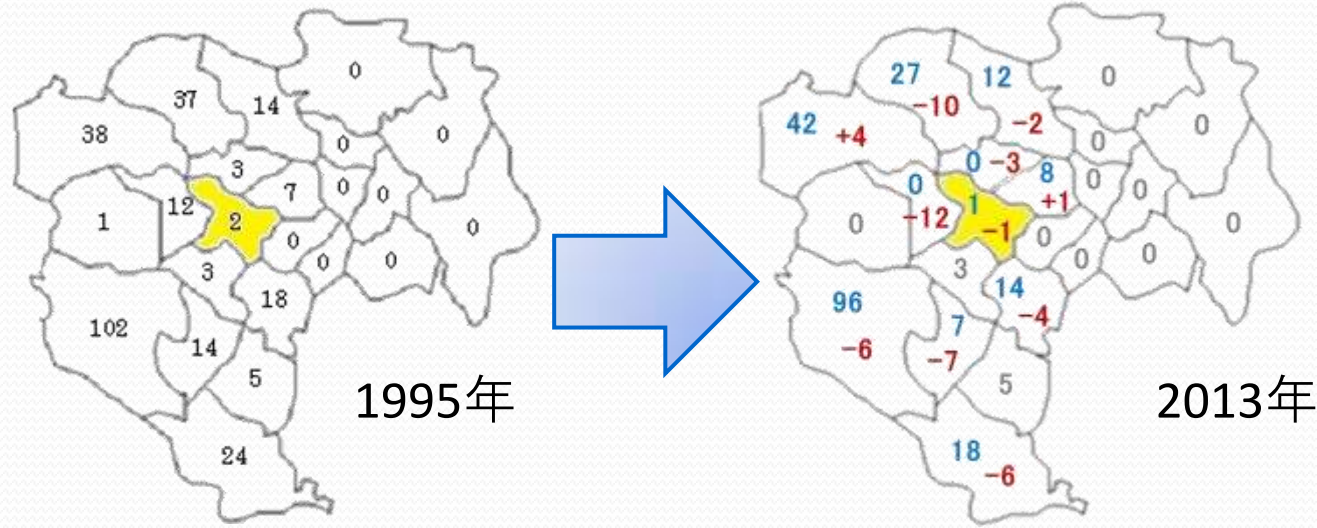
# 地球の水循環～地下水とは～

雨・雪  
＝降水量

地下に浸み込んで  
地下水となる  
＝涵養  
(範囲＝涵養域)



# 研究の背景・目的



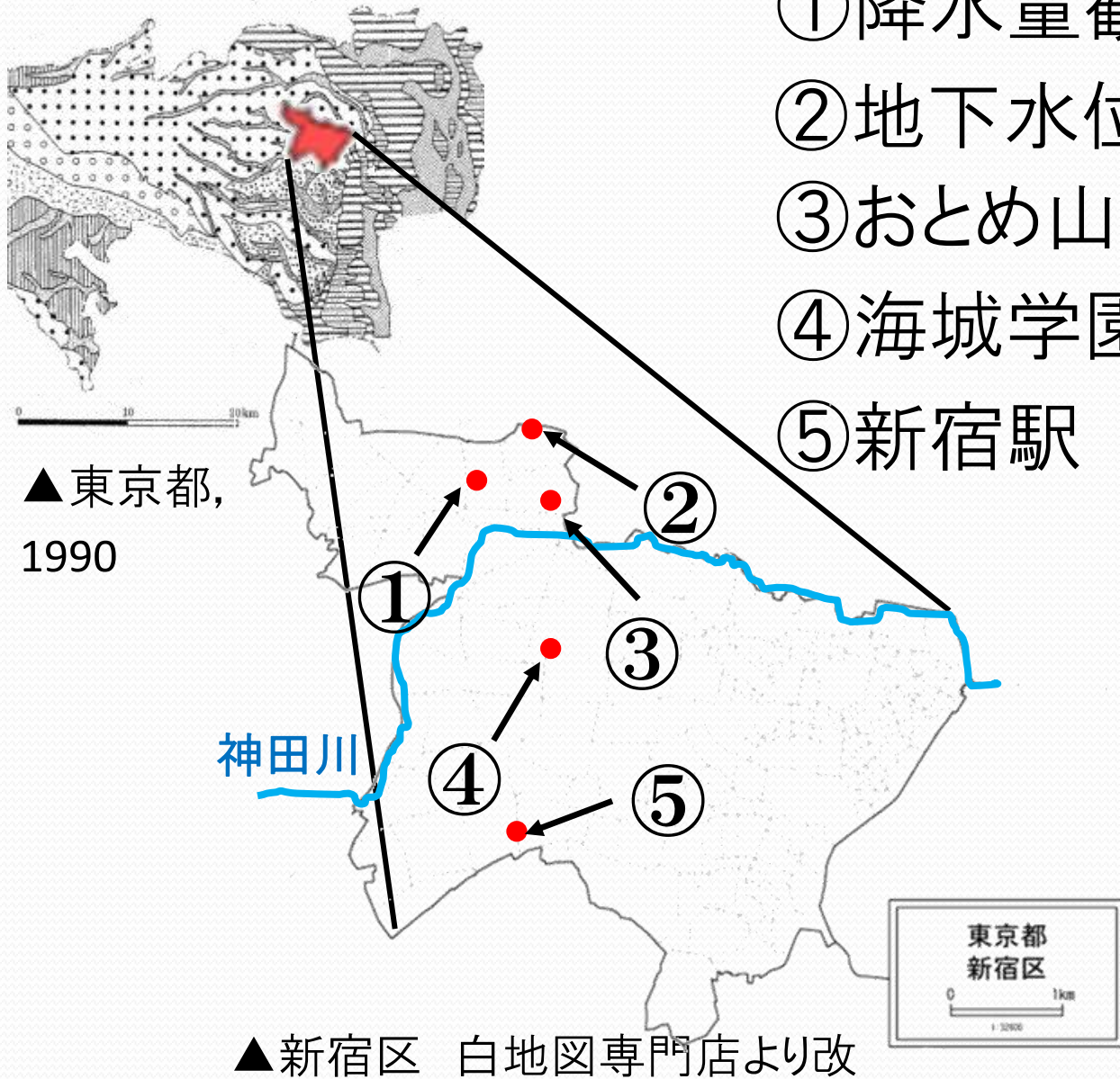
東京23区では…  
1995年～2013年で  
**約6分の1の湧水が消滅**

◀白地図専門店、東京都環境局より 作成

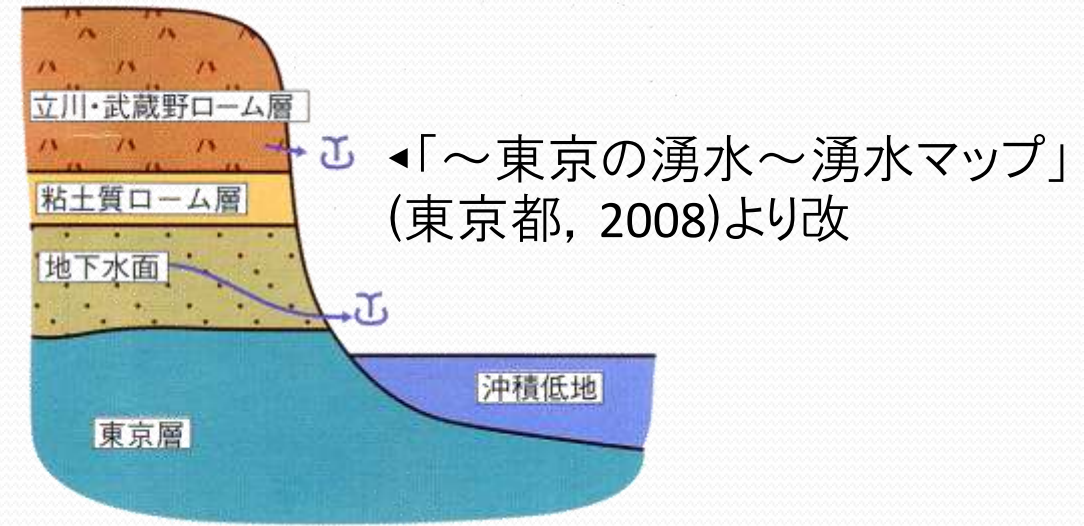
都市部の水環境に疑問を持ち、  
**新宿区立おとめ山公園**において**湧出量**の観測、  
公園周辺の井戸において**地下水位**の観測

- 水循環プロセスの一側面の解明を目的として
- ① **タンクモデル**による**地下水位の予測**
  - ② 公園周辺の地下水の**涵養域の推定**

# 調査地域概要



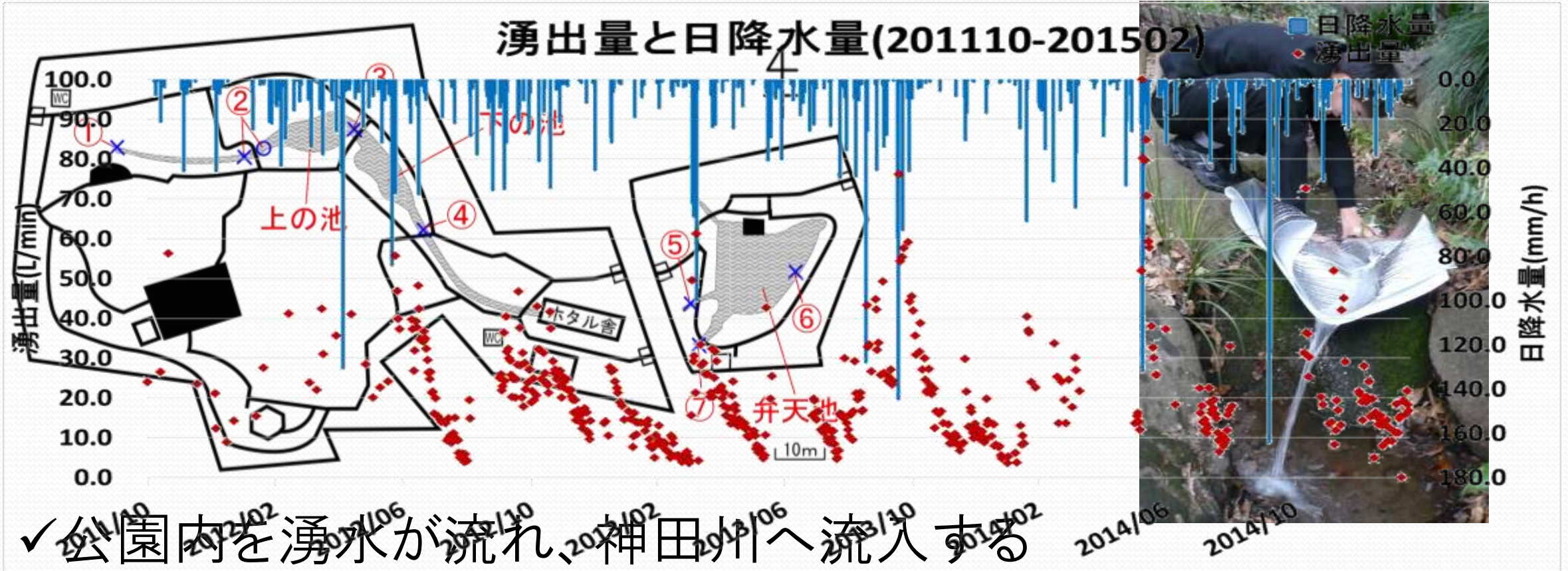
- ①降水量観測地点(落合第一出張所)
- ②地下水位計設置の井戸
- ③おとめ山公園
- ④海城学園
- ⑤新宿駅



- ✓武蔵野段丘に位置
- ✓台地の崖の前面から湧出する、崖線系の湧水
- ✓ 涵養域は $0.1 \sim 1 \text{ km}^2$ とされる

# 観測概要～湧出量～

湧出量と日降水量(2011/10-2015/02)



✓ 公園内を湧水が流れ、神田川へ流入する

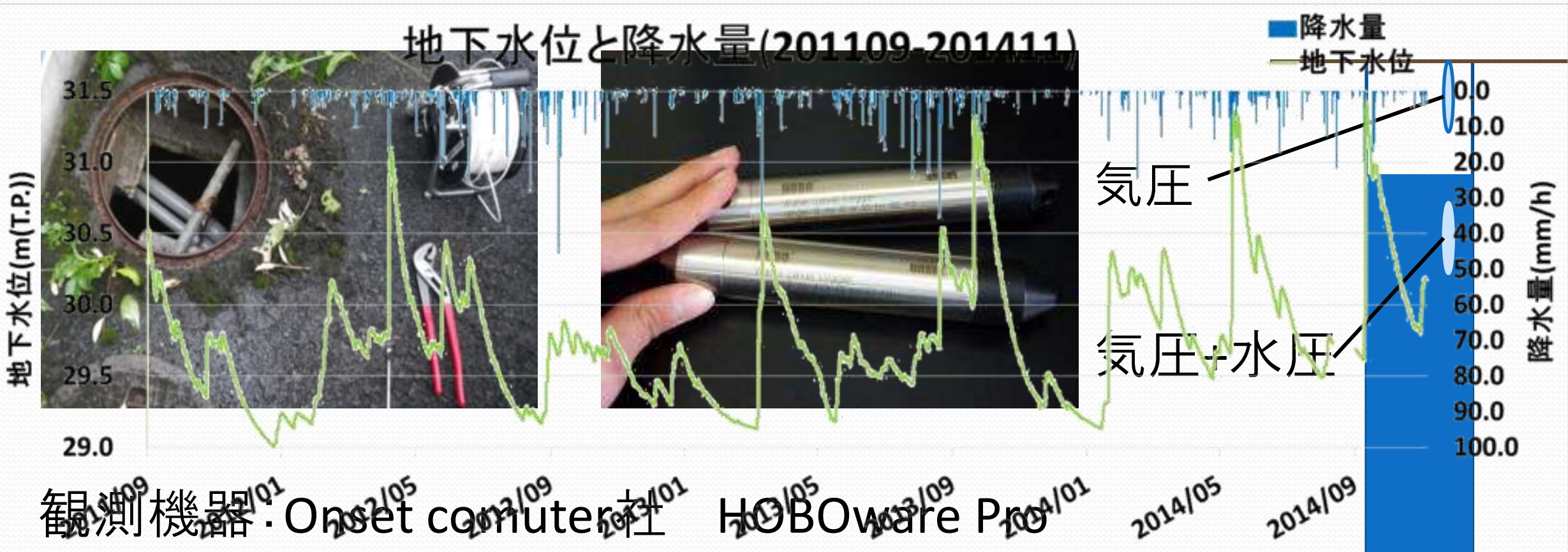
✓ 降水中地盤②の増加段差を用いて測定

✓ 段差を99.9[L/min]の間に変動集水(右図)

✓ 一定時間で3回以上測定し、平均値(L/min)で算出

# 観測結果～地下水位～

地下水位と降水量(2011/09-2014/11)



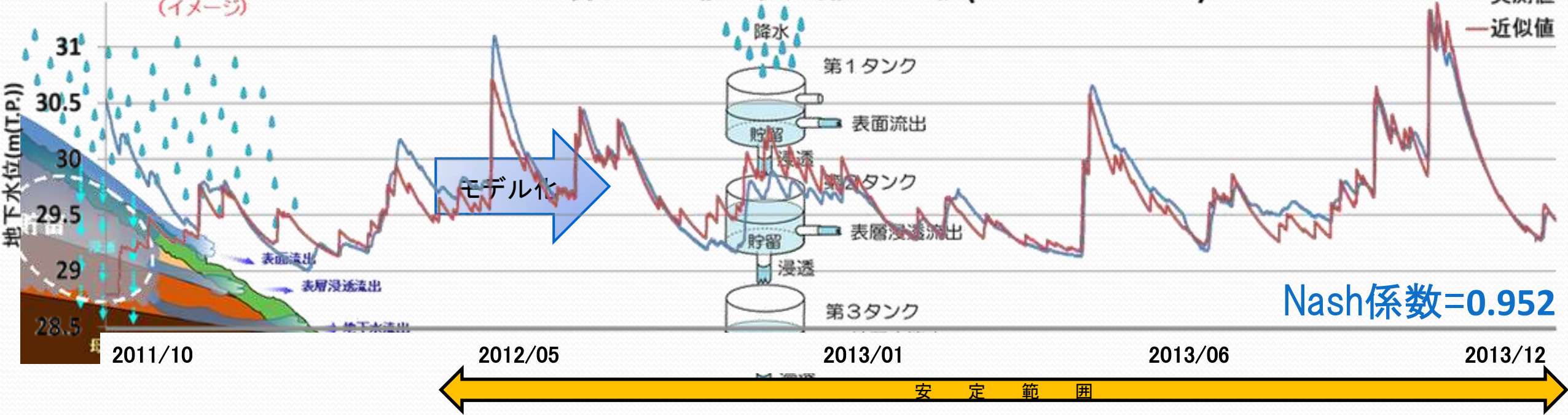
✓ 上29.20本の1.4[m]の間で変動して30分間隔で測定

✓ 水圧基準高数補間で大きく変化

✓ 下降時は上昇時より緩やかに変化

# 考察～地下水位の予測～

降った雨が土壤中を流れて流れる様子 (イメージ) タンクモデルで算出した値と実測値の比較(201110-201312)



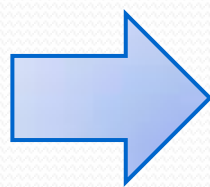
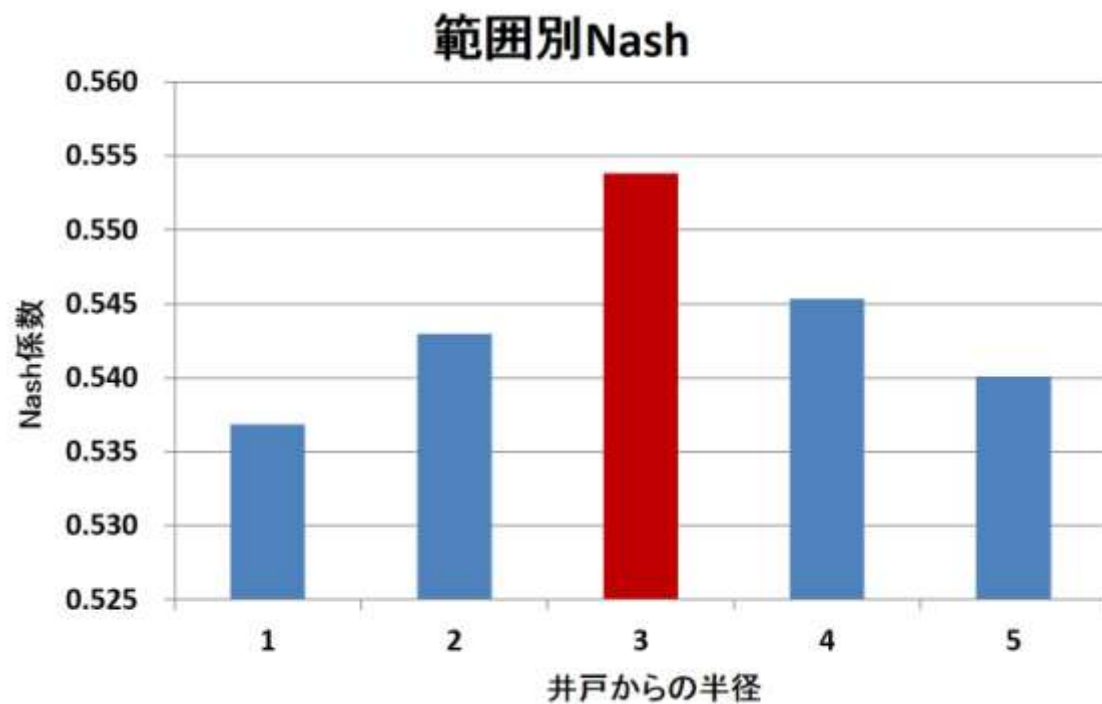
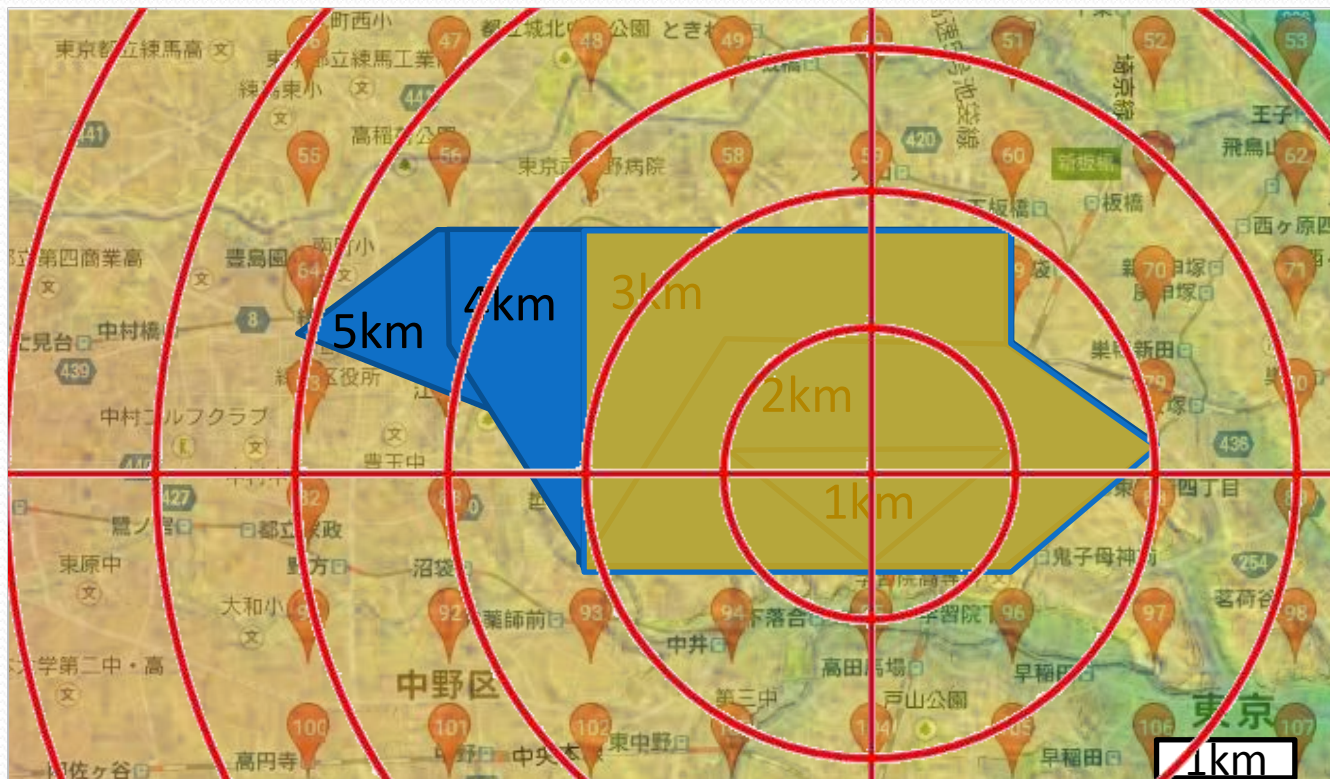
タンクモデル...降水による湧出量などをタンクの形で考える数値モデル

Nash係数...水文モデルを評価する指標  $(E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \bar{Q}_o)^2}, 1 \geq E > -\infty)$

1に近いほど精度が良く、0.7以上で再現性が高いとされる

落合第一出張所の降水量と井戸の地下水位でパラメータ調整

# 考察～解析雨量～



統計的に半径3km内の約10km<sup>2</sup>が涵養域であると考えられる

しかし…『東京の名湧水57選』によれば 0.1～1km<sup>2</sup>



水質で検証



# 考察～水質～

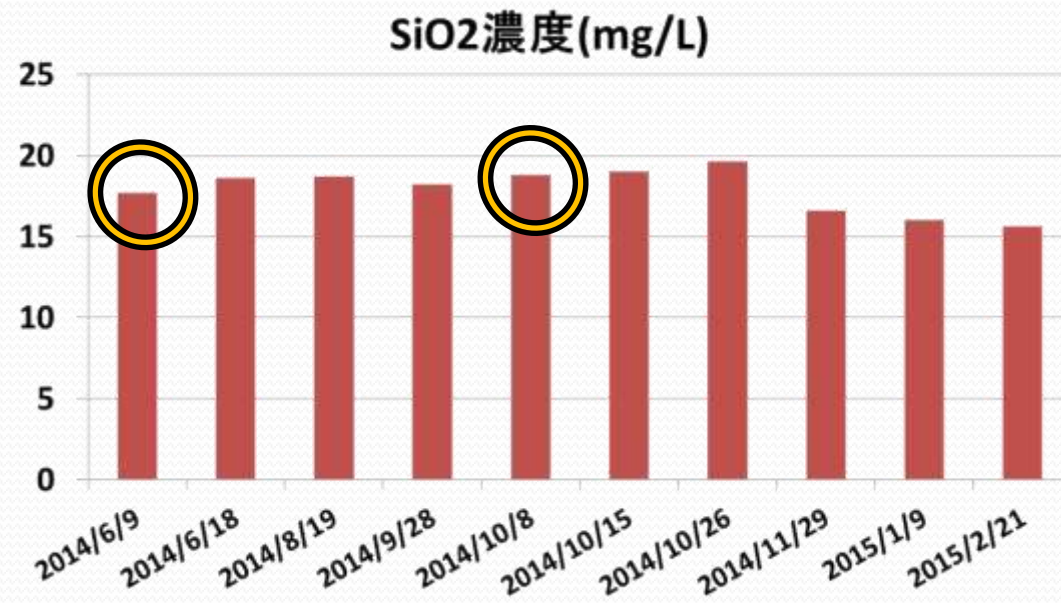
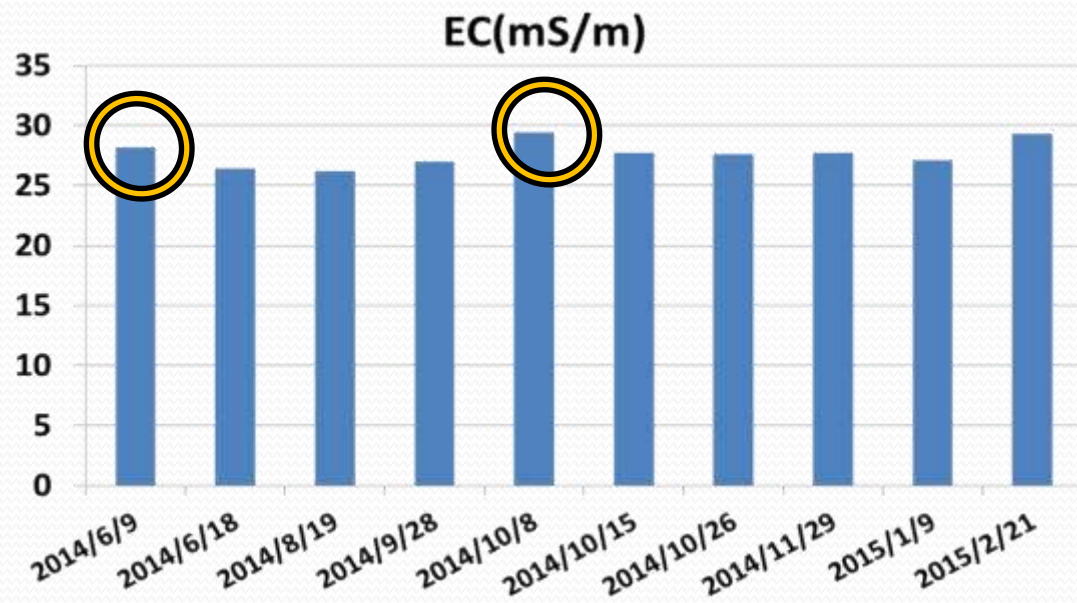
SiO<sub>2</sub>濃度...降水には含まれず、滞留時間などに比例して増加する。

HACH社製分光光度計で測定

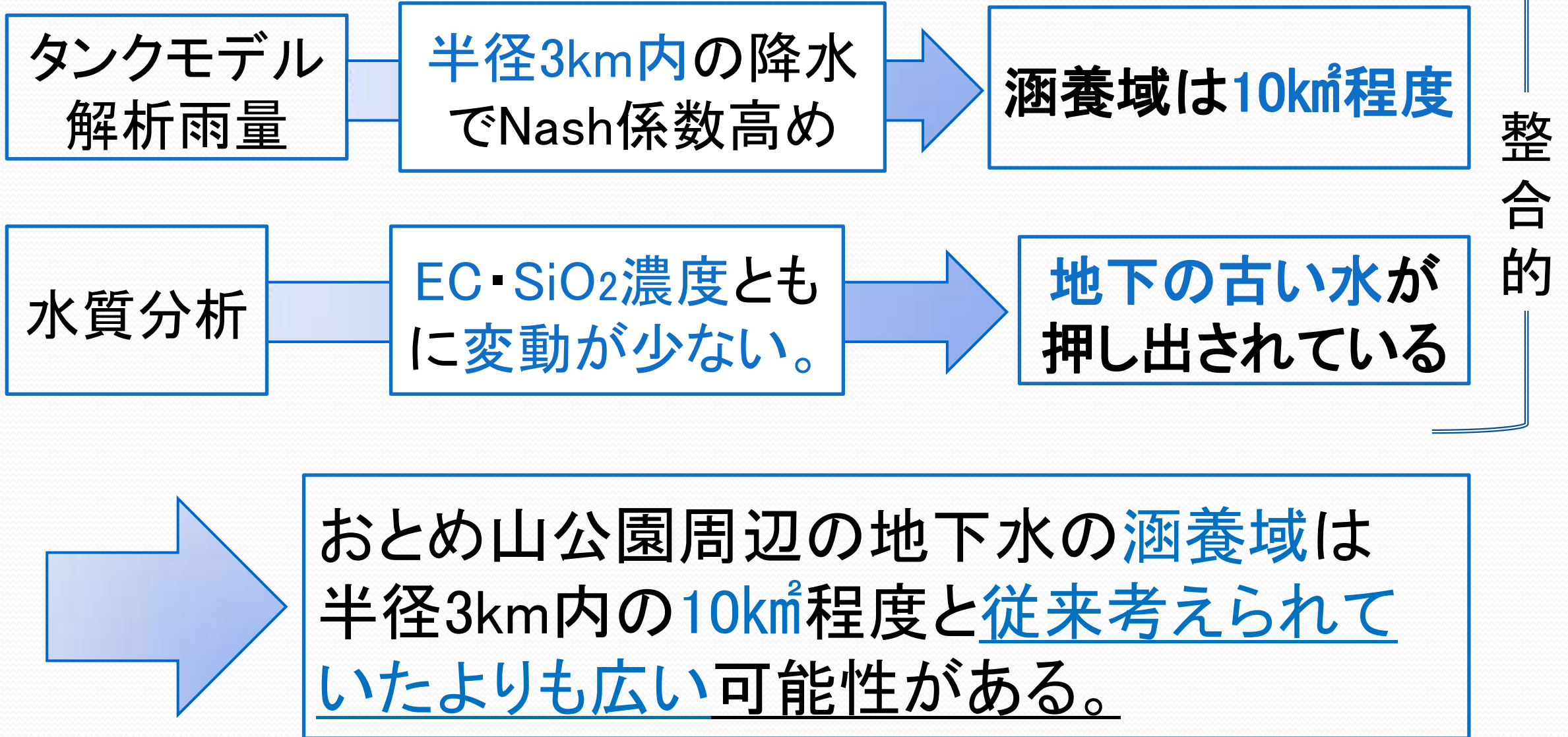
○のところは大雨後

EC & SiO<sub>2</sub>...晴天の時と大雨の時の差が少ない

➡ 古い水が押し出されている可能性



# まとめ



# 謝辞・参考文献

以下の方々にお世話になりました。この場を借りて感謝申し上げます。

- 首都大学東京 都市環境科学研究科 地理環境科学域 松山洋先生
- 地理情報学研究室の皆様
- 日本科学協会の皆様
- 地学部顧問 上村剛史先生
- 研究に協力してくれた地学部の皆さん

## 参考文献

- 成宮博之・中山大地・松山 洋 2009. 湧水温と SiO<sub>2</sub> 濃度に着目した地下水循環の推定と環境の変遷に伴う湧水の変化について—東京都日野市を事例として—. 水文・水資源学会誌 22: 223--234.
- Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V. 1970. River flow forecasting through conceptual models, Part I—A discussion of principles. Journal of Hydrology 10: 282-290.
- Moriasi, D. N.; Arnold, J. G.; Van Liew, M. W.; Bingner, R. L.; Harmel, R. D.; Veith, T. L. (2007), -Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations
- 菅原 正巳 1972. 『流出解析法』共立出版.
- 東京都環境局 2004. 『東京の名湧水 57 選』東京都環境局.
- 気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 日本国土地理院 <http://www.gsi.go.jp/>
- JAXA <http://www.jaxa.jp/>
- グーグルマップ <https://maps.google.co.jp/>
- 白地図専門店 <http://www.freemap.jp>

ご清聴ありがとうございました

# 補足編～Nash-Sutcliffe係数～

1970年にNashらにより提唱された、水文モデルを評価する指標

$$(E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \bar{Q}_o)^2}, 1 \geq E \geq -\infty)$$

$Q_o^t$ ...t時の実測値  $Q_m^t$ ...t時のモデル値

- ✓ 1に近いほど精度が良く、0.7以上で再現性が高いとされる
- ✓ グラフの全体的なフィット感を反映し、非常に感度が高いとされる  
→わずかな値の差でもモデルの良し悪しを示す

Moriasi, D. N.; Arnold, J. G.; Van Liew, M. W.; Bingner, R. L.; Harmel, R. D.; Veith, T. L. (2007)より

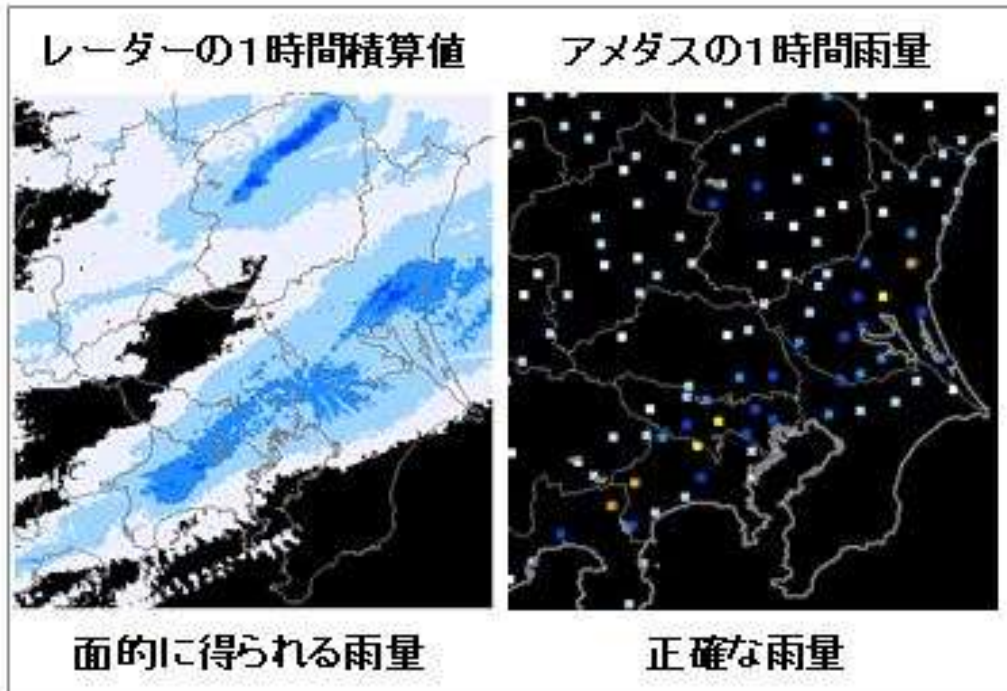
# 補足編～解析雨量～

解析雨量…

レーダーで観測した**面的**な雨量データ

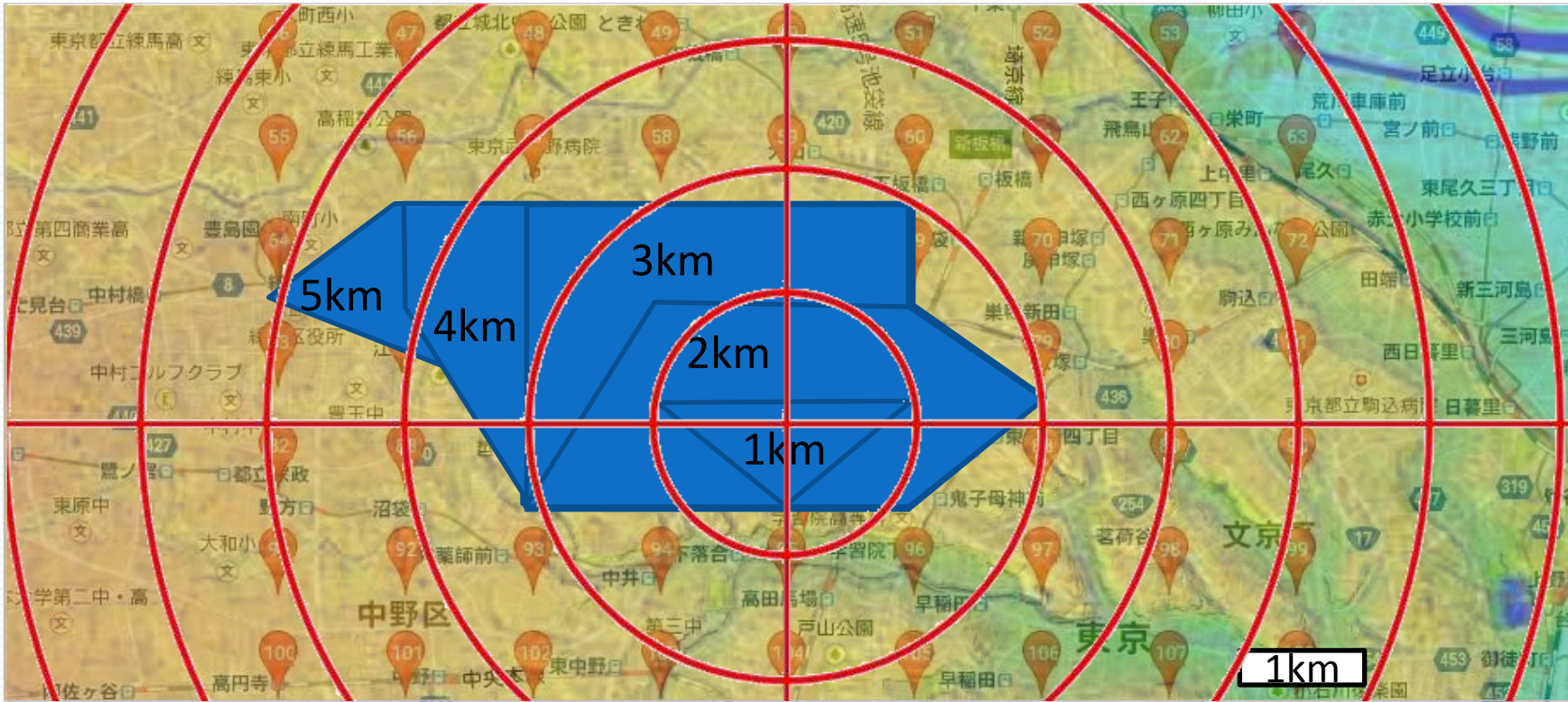
アメダスで観測した正確な**点的**な雨量データ

→1kmメッシュの空間分解能で作成した雨量データ



◀気象庁より

# 補足編～範囲決定～



国土地理院ホームページ掲載の  
1:25000デジタル標高地形図を使用

地形を考慮した上で範囲を決定

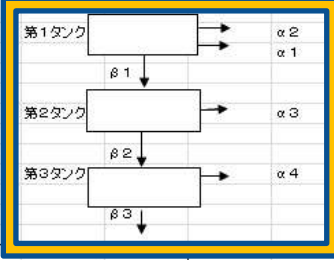


# 補足編～パラメーター調整～

Timer OK  
2015/3/26 21:17

相関係数  
Nash  
0.9041889  
0.9519240

項目	1段目	2段目	3段目
流出孔高(mm)	L1	L3	L4
L2	20	50	1
流出係数(/hr)	$\alpha_1$	$\alpha_3$	$\alpha_4$
$\alpha_2$	0.00006	0.05	0.1
浸透係数(/hr)	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$
$\beta_2$	0.00081	1	0.1



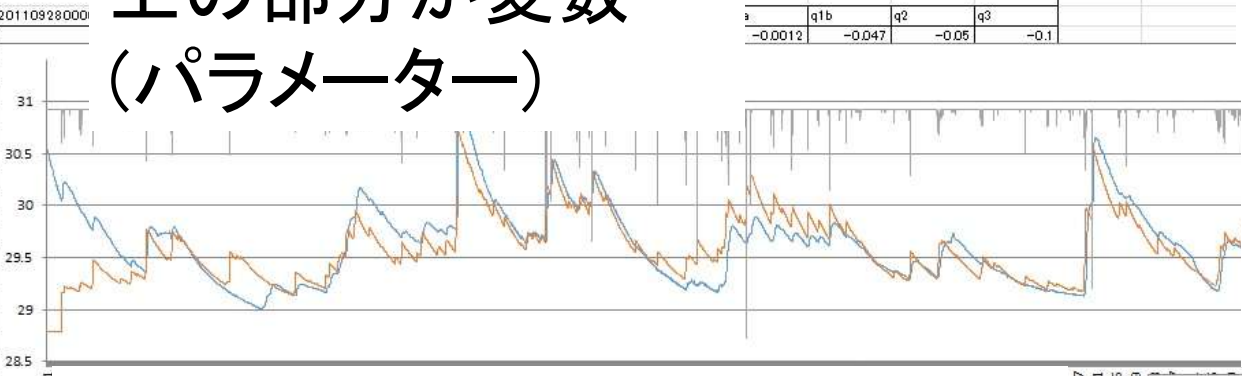
$$S_1(t+\Delta t) = (1 - \beta_1 \Delta t) \cdot S_1(t) - q_1(t) \cdot \Delta t + R$$

$$S_2(t+\Delta t) = (1 - \beta_2 \Delta t) \cdot S_2(t) - q_2(t) \cdot \Delta t + \beta_1 \cdot S_1(t) \cdot \Delta t$$

$$S_3(t+\Delta t) = (1 - \beta_3 \Delta t) \cdot S_3(t) - q_3(t) \cdot \Delta t + \beta_2 \cdot S_2(t) \cdot \Delta t$$

$S_1, S_2, S_3$  : 各タンクの貯留高  
 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  : 各タンクの浸透流出孔の浸透係数  
 $q_1, q_2, q_3$  : 各タンクの側面孔からの流出量

上の部分が変数  
(パラメーター)



$$q_1(t) = \alpha_1 \{S_1(t) - L_1\} + \alpha_2 \{S_1(t) - L_2\}$$

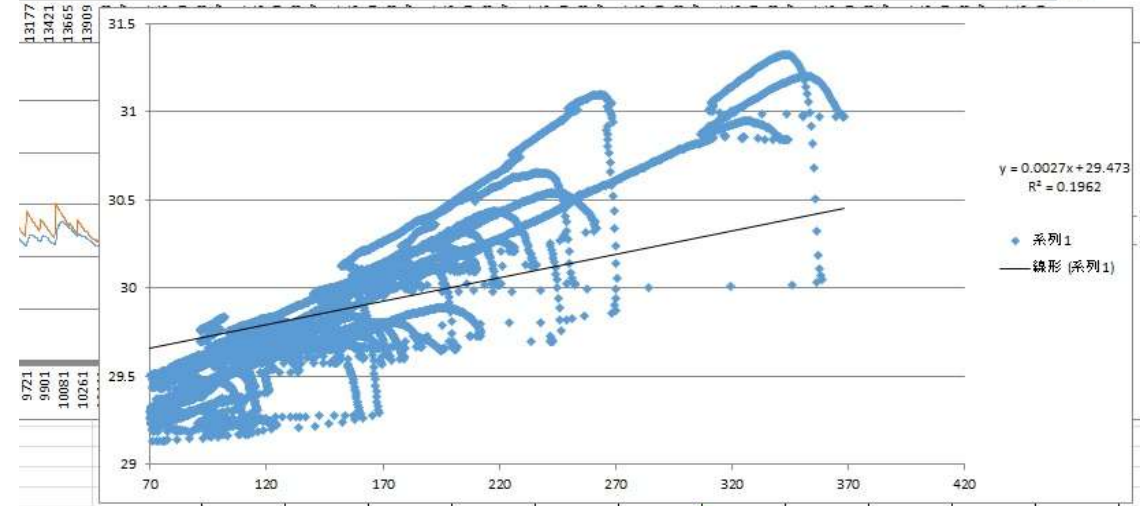
$$q_2(t) = \alpha_3 \{S_2(t) - L_3\}$$

$$q_3(t) = \alpha_4 \{S_3(t) - L_4\}$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  : 各流出孔の流出係数  
 $L_1, L_2, L_3, L_4$  : 各流出孔の高さ

算出値(タンクにたまっている水  
= 土壤雨量指数)

↓  
実測値と回帰分析  
↓  
回帰式で換算



42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

水位実  
30.535  
30.535  
30.533  
30.529  
30.526  
30.52  
30.517  
30.516  
30.514  
30.509  
30.505  
30.499  
30.497  
30.494  
30.489  
30.489  
30.485  
30.484  
30.481  
30.477  
30.473  
30.467  
30.465  
30.46  
30.462  
30.457  
30.453  
30.45  
30.447  
30.444  
30.438  
30.439  
30.436  
30.433  
30.43  
30.427  
30.421  
30.419  
30.417  
30.417  
30.414  
30.409  
30.409  
30.404  
30



# 補足編～水質～

pH(水素イオン指数)...

酸性・アルカリ性の度合いを示す

$$\text{pH} = -\log[H^+]$$

堀場製作所製, B-212,  $\pm 0.1$  pH

EC(電気伝導度)...

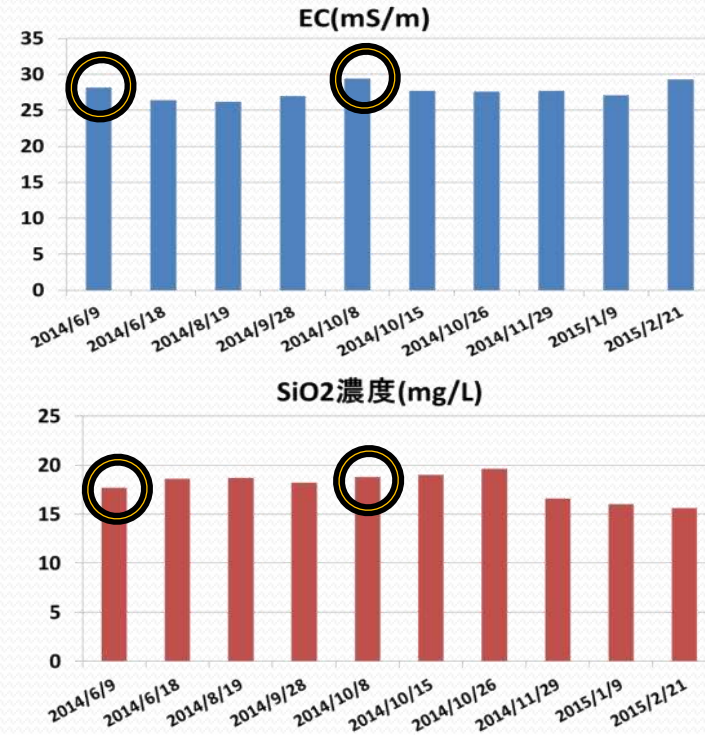
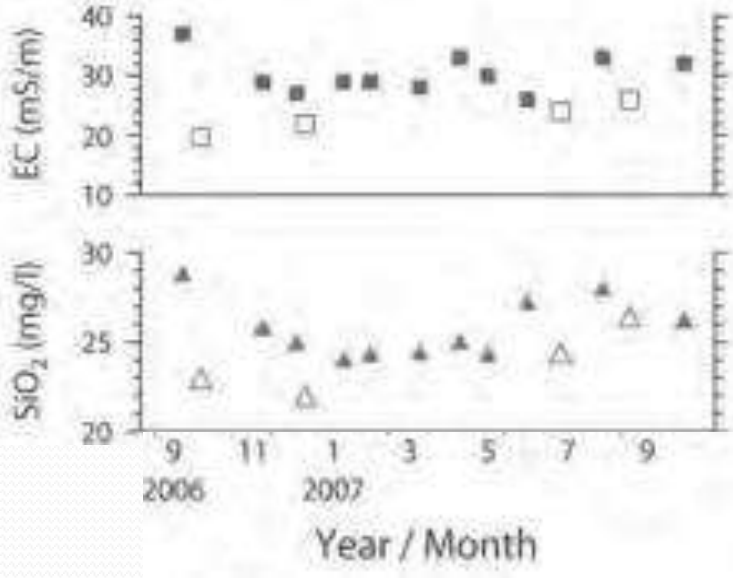
電気の伝わりやすさを表す

単位はmS/m(ミリジーメンズ毎メートル)

堀場製作所製, D-54SE,  $\pm 0.5\%$

# 補足編～水質の違い～

(1) 東光寺 成宮博之・中山大地・松山 洋 2009 より



日野市の事例

(黒塗りは晴天時 白抜きは大雨時)

EC(mS/m)...最大で20程度変化

SiO<sub>2</sub>濃度(mg/L)...最大で7程度変化

おとめ山公園の湧水

(丸付きは大雨時)

EC(mS/m)...最大で3.2変化

SiO<sub>2</sub>濃度(mg/L)...最大で3.4変化