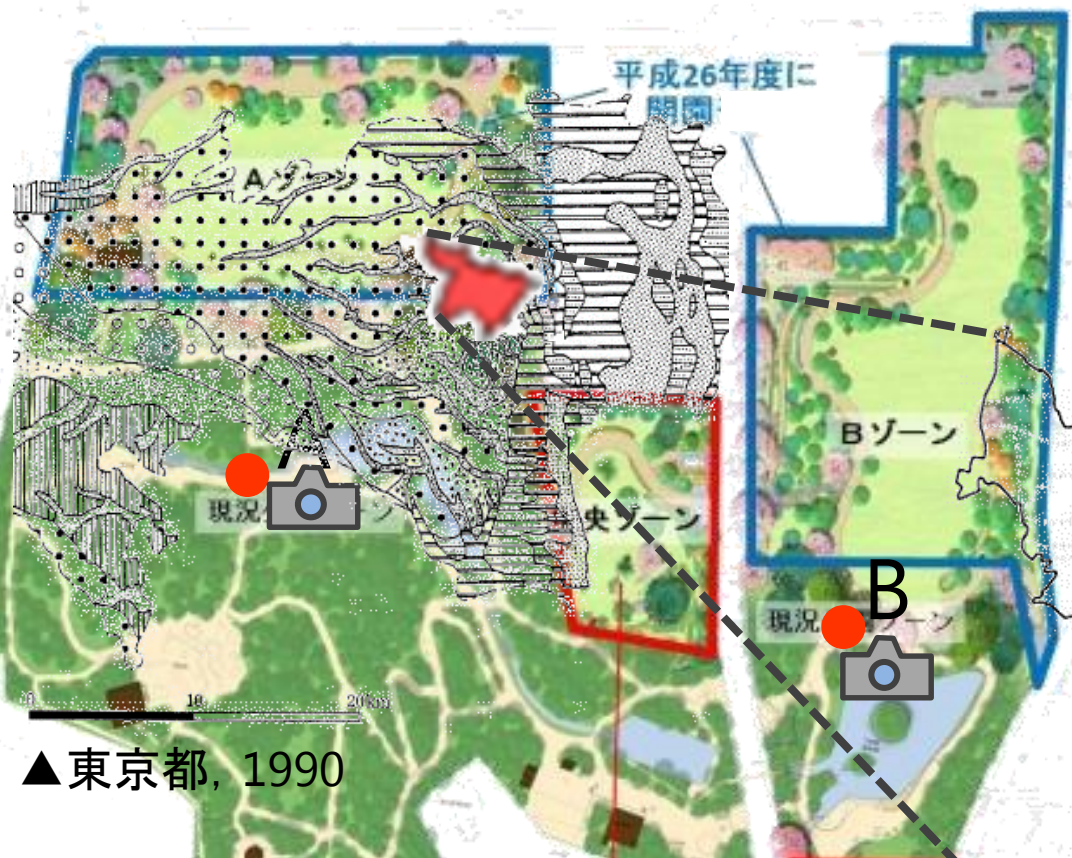


新宿区おとめ山公園の湧水と その周辺の地下水に関する研究

- 拡張工事に伴う変化を探る -

海城高等学校 2年
清水彬光

1. - 概要



▲東京都, 1990

新宿区立おとめ山公園
拡張工事 (2.7haに)
都市部に貴重な緑と湧水
湧水でおとめ山公園

●海城学園

本当に湧水なのか?
拡張工事の影響は?

▲調査地域地図
(白地図専門店 改)



2. - 聞き込み調査

公園管
都・区



公園利用者

地点B

管が開口しているので雨を流しているだけなのでは？

3. - 仮説

調査・観察

現在水がある地点よりも2 m程
上流に水が流れていた跡

雨が降らない時でも、完全には
枯れなかった

- ①雨水ではなく湧水である
- ②工事で水の流れが変わったことで量が減少

水量が少なすぎて測れない
→水質のみでのアプローチ

4. - 水質調査 (1)

	2015/6/30		2015/9/10		2015/11/5		2016/1/21	
天候	晴		大雨		晴		晴	
地点	A	B	A	B	A	B	A	B
気温(°C)	22.4	23.7	20.5	19.4	17.0	16.9	7.1	7.3
水温(°C)	18.1	19.6	19.4	21.6	18.3	17.7	15.2	12.1
pH	7.0	7.0	6.6	7.2	7.3	6.8	7.3	7.1
RpH	7.9	7.9	8.0	8.1	7.6	---	7.6	7.6

- ・地点Bの方が比較的水温が変動しやすい
- ・pHは差があるが、RpHはほとんど差がない

ECとSiO₂濃度は…

5. - 水質調査の結果 (2)



EC(電気伝導度):

電気の通りやすさの指標で、**不純物**が多いと高くなる

SiO₂濃度:

SiO₂は降水には含まれず、**滞留時間**に比例して増加
地下水のトレーサーとして有効

- ・ECはいずれの日も**地点A**を上回っている
- ・SiO₂濃度は**地点A**の変動幅内かつ、**大雨**で影響を受けることもなく安定

6. - 水質調査の結果の評価・考察

①湧水か否か

- ・ECが常にA地点を上回っている・水温の変動が大きい
→雨水である
 - ・SiO₂濃度が降水による影響を受けない
→湧水である
- …矛盾

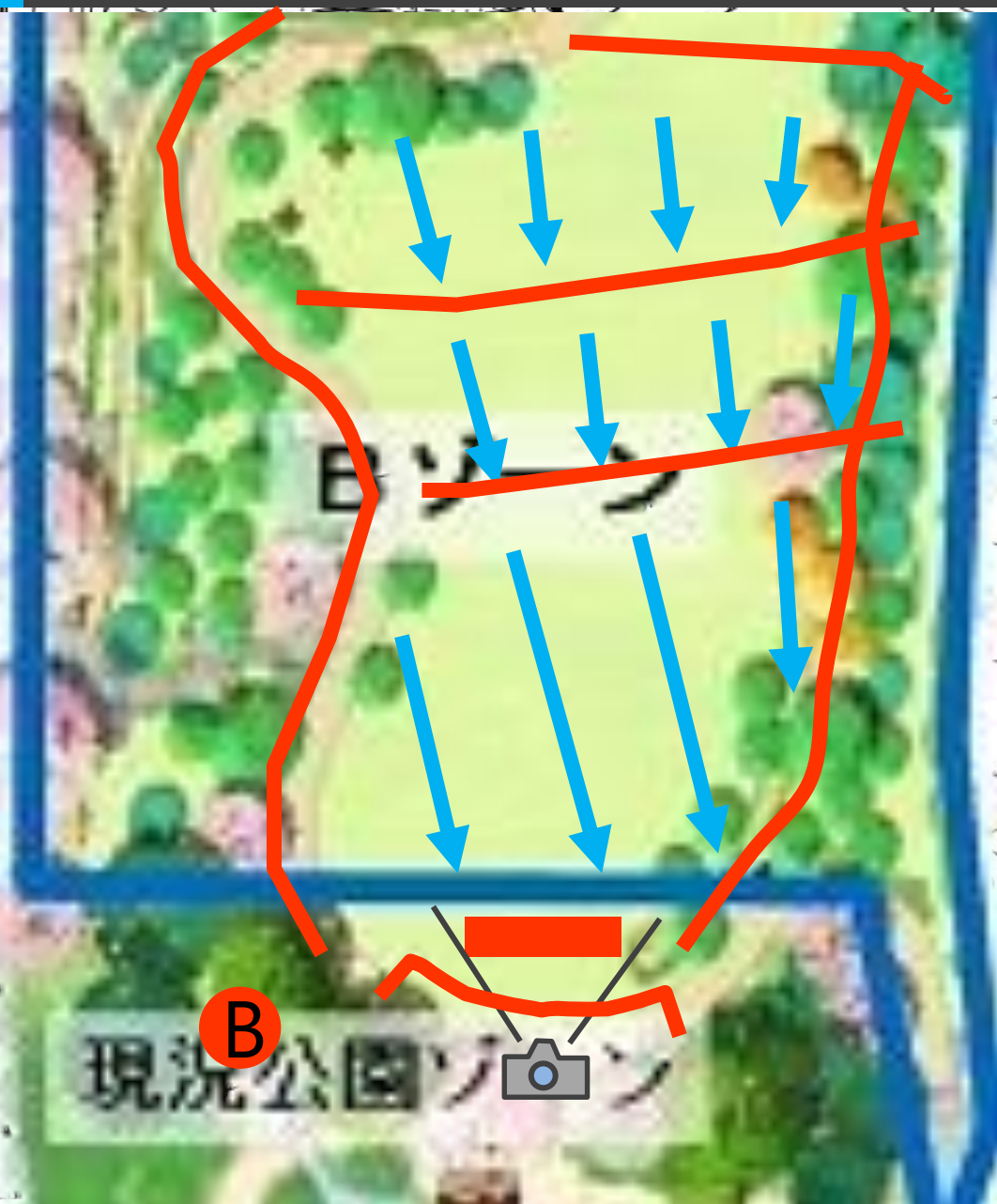
②工事による量の減少

- ・過去のデータもなく、水質からでは判断できず

水質からだけでは限界が…

工事の図面が手に入った!

7. - 図面から読み解く (1)



- ・斜面に側溝と浸透柵
- ・下部に貯留浸透施設

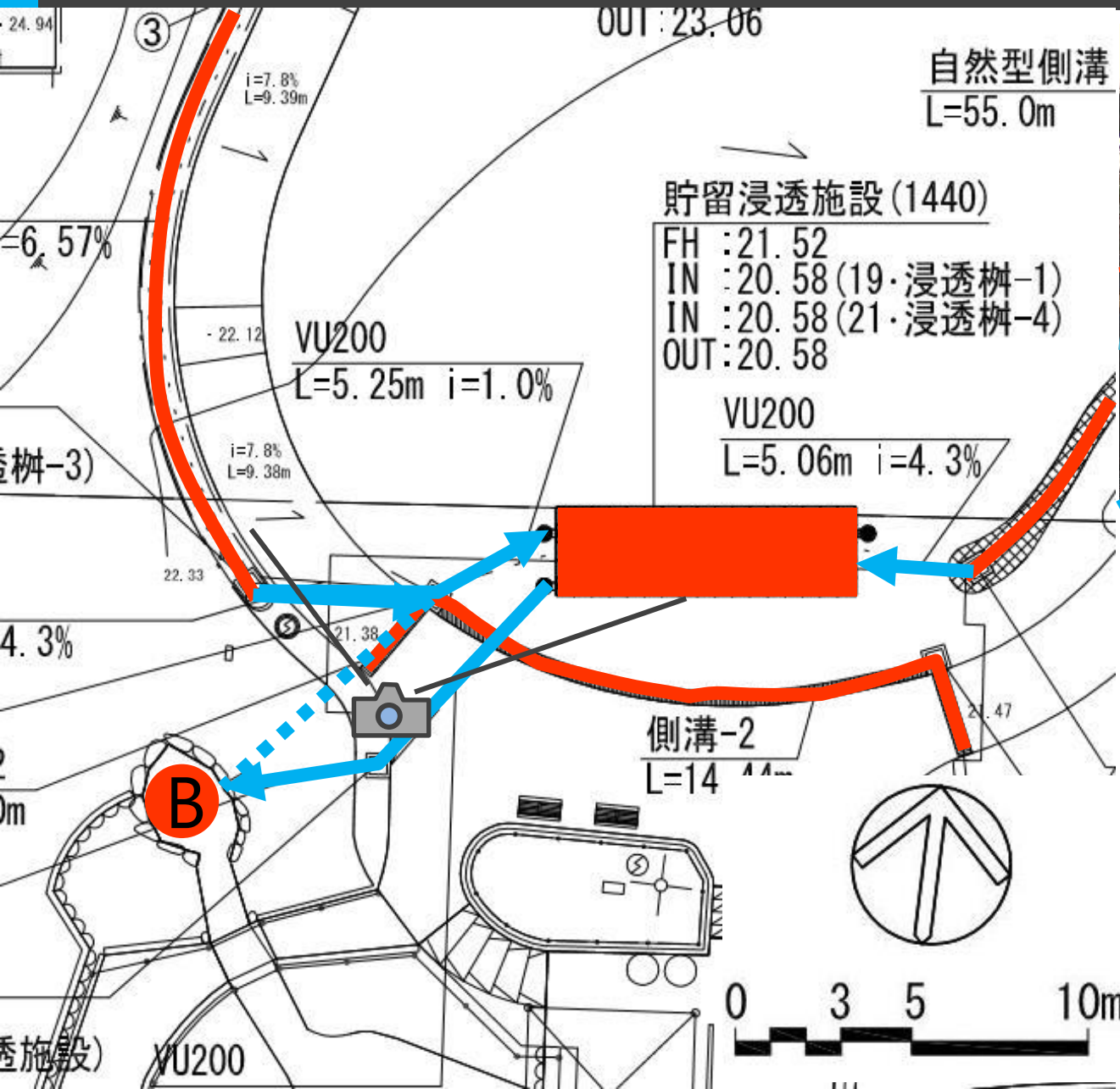
→ 周辺の水の流れは?

凡例

樹種類(管底高)	しゅん功図		
FH: 計画高	公園名	おとめ山公園	
IN: 流入高	工事件名	区民ふれあいの森(A・Bゾーン)整備工事	
OUT: 流出高	工事場所	新宿区下落合二丁目11番、20番及び21番	
	図面名称	Bゾーン 雨水・汚水排水平面図	縮尺 S=1/300 (S=1/300) 但し()は A3に縮小時
	しゅん功年月	平成26年 10月	図面番号
	昭和・大野建設共同企業体		28 / 67

0 3 5 10m

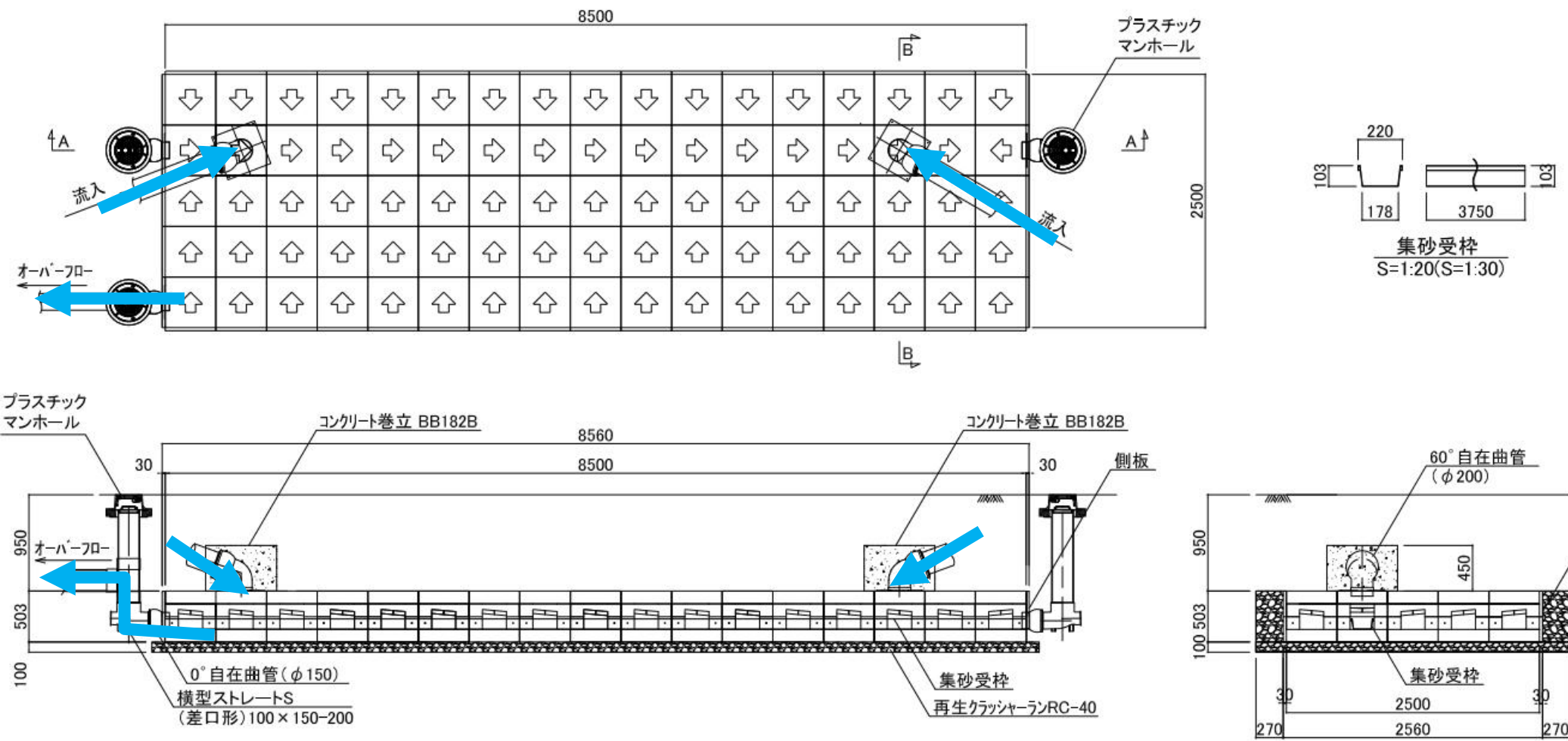
8. - 図面から読み解く (2)



- ✓ 側溝から直接は流入しない
- ✓ 貯留浸透施設を介して流入する

湧水ではないのか?

9. - 図面から読み解く (3)



2500 mm × 8500 mmの浸透柵群から、**503 mm以上のオーバーフロー**があったときのみ**一時的に流入**

10. - 考察・まとめ

①雨水か湧水か

- ・ SiO_2 濃度が降水による影響を受けない
 - ・貯留浸透施設からのオーバーフローは一時的
 - ・晴天が続いても水が枯れない
- 湧水である

②工事による量の減少

24もの浸透柵と容量約10.7 tの大規模貯留浸透施設
→影響はある ← 広い視野で見れば良い影響?

*ECが高い要因

→量が少ないために少しの不純物で影響が出るため

謝辞

この研究は

公益財団法人 日本科学協会 サイエンスメンター制度

独立行政法人 科学技術振興機構 中高生の科学部活動振興プログラム
に採択され、支援をいただきました。感謝申し上げます。

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

同学 地理情報学研究室の皆様

東京都環境局 自然環境部 水環境課 木村裕紀 様, 宮原直子 様,

栗田さや子 様

新宿区 みどり土木部 みどり公園課 佐藤光子 様

地学部顧問 上村剛史 先生

観測・研究に協力してくれた地学部の皆さん

参考文献 (1)

- Haines TS, Lloyd JW. 1985. Controls on silica in groundwater environments in the United Kingdom. *Journal of Hydrology* **81-3**: 277-295.
- 平野晃章・小倉紀雄 1992. 水質変動から見た湧泉の湧出機構推定の試み. *水理科学* **36**(2): 63-79.
- 細野義純 2002. 東京付近における不圧地下水の環境地理学的研究—土地分類図への新たな情報の負荷による利活用の試み—. *奈良大学紀要* **31**: 147-165.
- Ishihara Y, Kobatake S. 1979. Runoff model for flood forecasting. *Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute* **29**: 27-43.
- 榎根 勇 1980. 環境トリチウムで追跡した関東ローム層中の土壤水の移動. *地理学評論* **53-4**: 225-237.
- 気象庁 2014. 「土壌雨量指数」
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/dojoshisu.html> 2015/10/1閲覧
- 国土地理院 2006. 「航空レーザー測量」
http://www1.gsi.go.jp/geowww/Laser_HP/index.html 2015/10/1閲覧.
- Moriasi, D. N.; Arnold, J. G.; Van Liew, M. W.; Bingner, R. L.; Harmel, R. D.; Veith, T. L. , 2007.

参考文献 (2)

守田 優 2012.『地下水は語る—見えない資源の危機』岩波書店.

Nash JE, Sutcliffe JV. 1970. River flow forecasting through conceptual models, Part I—A discussion of principles. *Journal of Hydrology* **122**: 253-274.

岡田憲治・牧原康隆・新保明彦・永田和彦・国次雅司・斉藤 清 2001. 土壌雨量指数. *天気* **48**: 349-356.

新保明彦 2001a. レーダー・アメダス解析雨量 (I). *天気* **48**: 579-583.

新保明彦 2001b. レーダー・アメダス解析雨量 (II). *天気* **48**: 777-784.

新宿区みどり土木部みどり公園課 2014.「～区民ふれあいの森を目指して～おとめ山公園の拡張整備」

<https://www.city.shinjuku.lg.jp/content/000166921.pdf> 2015/10/1閲覧.

新宿区みどり土木部みどり公園課・新日本環境調査株式会社 2010. おとめ山公園湧水調査委託報告書. 新宿区みどり土木部みどり公園課・新日本環境調査株式会社

新宿区みどり土木部みどり公園課・昭和・大和建设共同企業体，造成平面図，造成断面図-1，造成断面図-2，雨水・汚水排水平面図，舗装平面図，既施設設平面図，施設詳細図-1，施設詳細図-2，施設詳細図-3，施設詳細図-5，施設詳細図-6，施設詳細図-20.

参考文献 (3)

菅原正巳 1972. 『流出解析法』共立出版.

高村弘毅 2009. 『東京湧水せせらぎ散歩』丸善株式会社.

東京都環境保全局 1992. 地下水実態調査報告書. 東京都環境保全局

東京都環境局 2004. 『東京の名湧水57選』東京都環境局.


東京都環境局 2013. 「区別の湧水地点数」

https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/conservation/spring_water/current/district.html 2015/10/1閲覧

東京都地質調査業協会 1998. 「技術ノート(No.26)」<http://www.tokyo-geo.or.jp/tech-note-pdf/No26.pdf> 2015/10/1閲覧

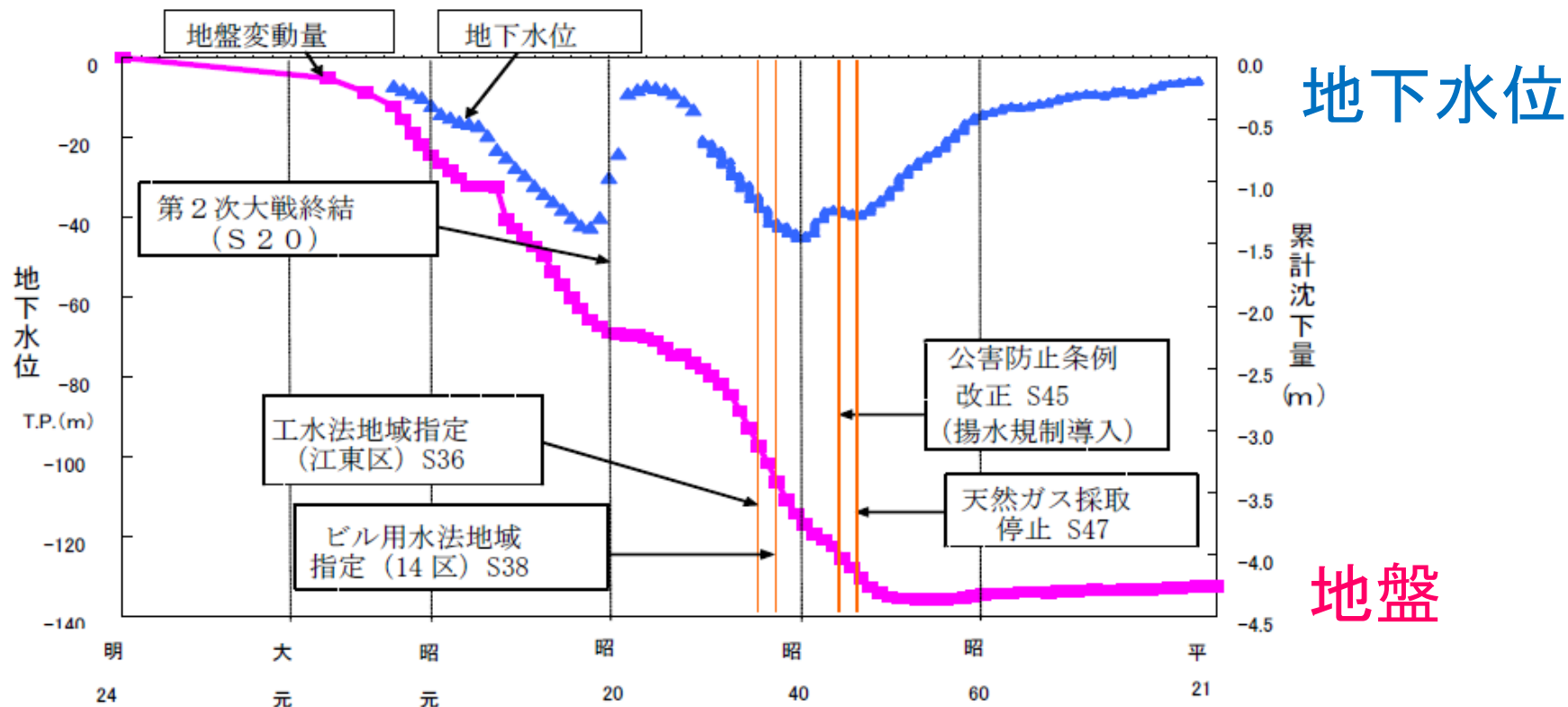
Wels C, Cornett RJ, Lazerte BD. 1991. Hydrograph separation: A comparison of geochemical and isotopic tracers. *Journal of Hydrology* **122-1**: 282-290.

安原正也・丸井敦尚・田中正・高山茂美 1990. 河川水の涵養に果たす賦存深度の異なる地下水の役割—SiO₂濃度に基づく事例研究—. *ハイドロロジー* **20**: 83-95.



ご清聴ありがとうございました

1. はじめに - 研究の背景・目的



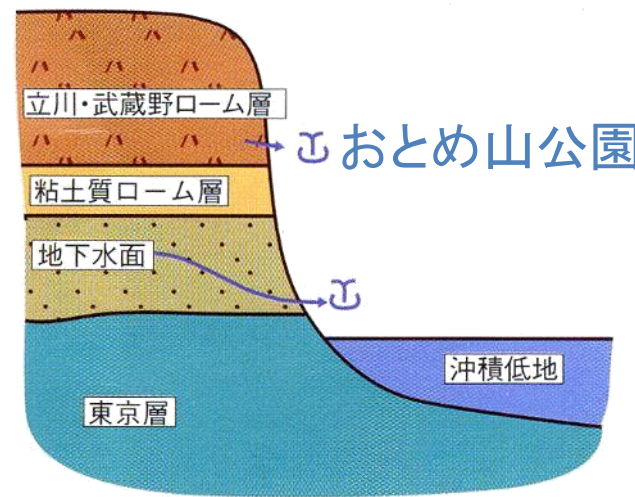
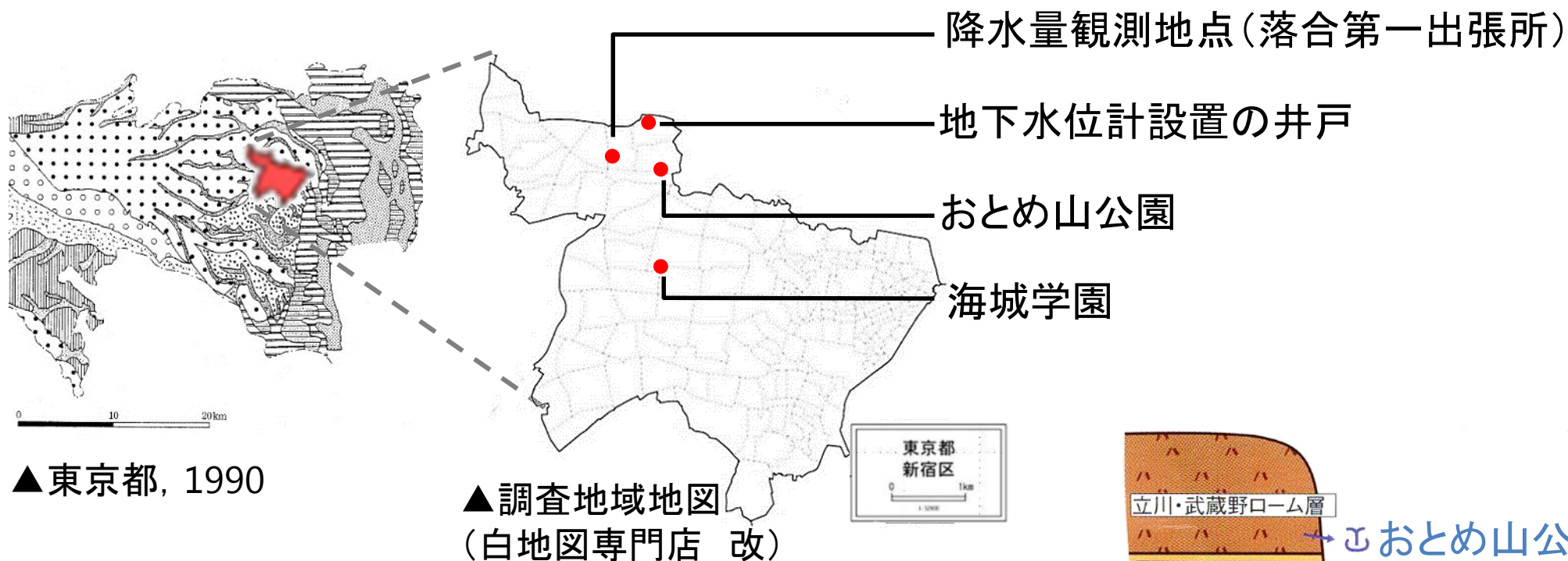
▲東京都江東区の地盤変動量と地下水水位変動(東京都, 2011)

都市部の水環境に疑問・危機感

目的: 地下水環境を見守り、実態を明らかにする

→ 新宿区立おとめ山公園で7年前から調査を開始!

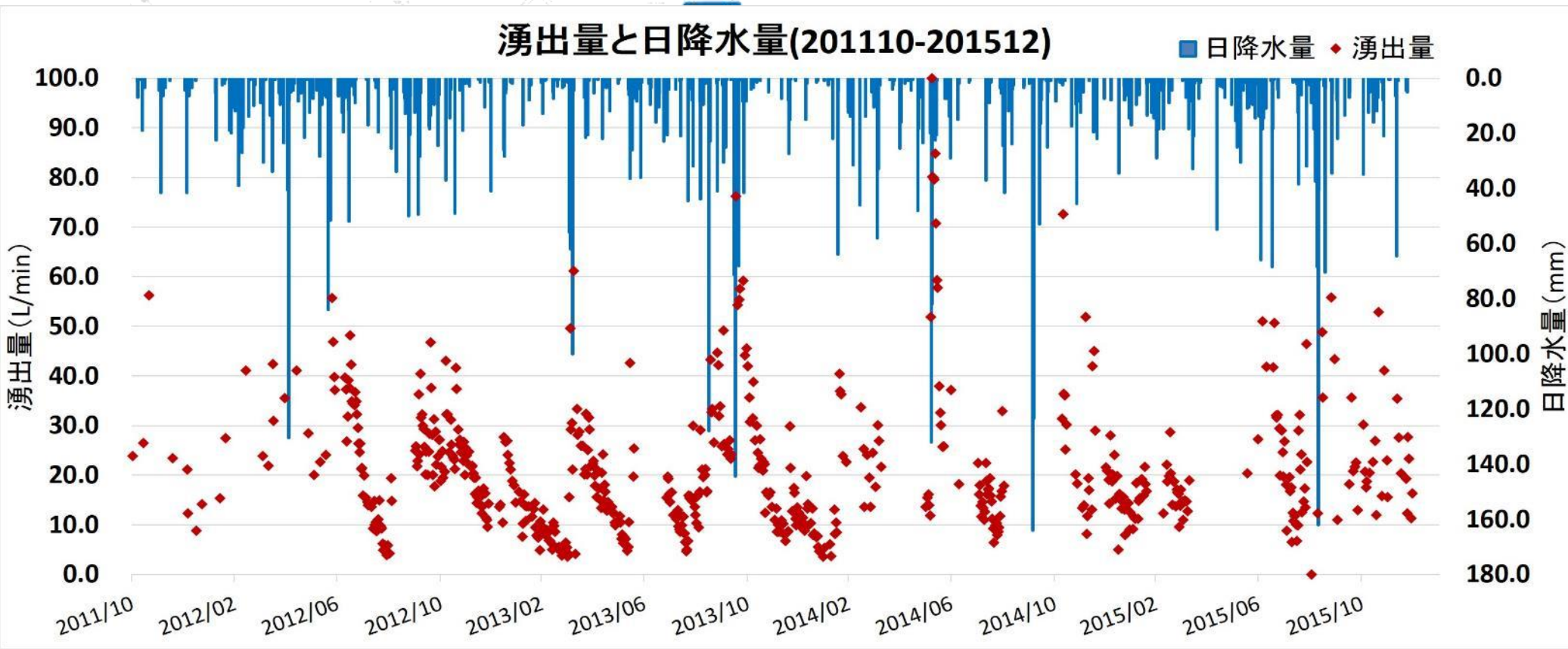
2. 調査地域概要



- ✓ 上に不透水層がない、不被圧地下水
- ✓ 武蔵野段丘に位置(崖線系)
- ✓ 涵養域は $0.1 \sim 1 \text{ km}^2$ 程度 (東京都, 2004)

▲「～東京の湧水～湧水マップ」
(東京都, 2008)より

3.1. 観測と結果 - 湧出量



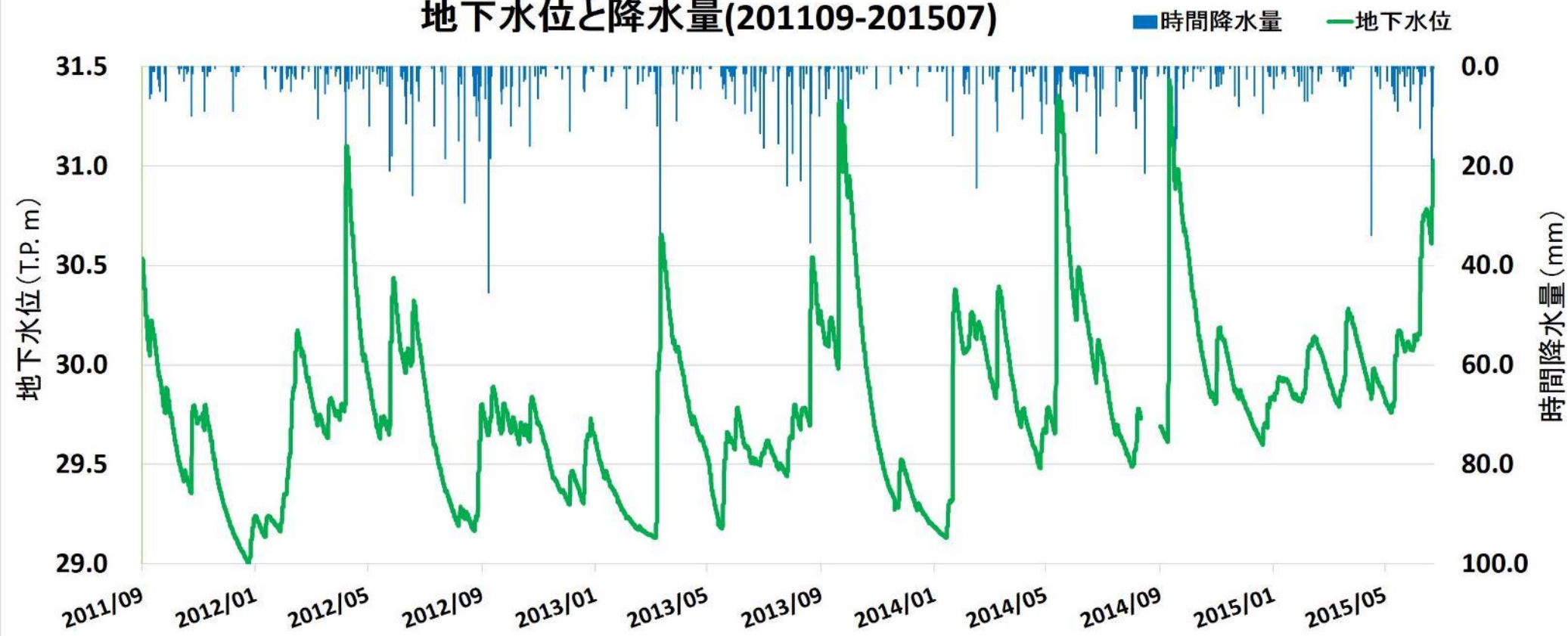
✓ 降水があると増加しないと下降

段差を ± 99.9 [L/min]の間で変動(右図)

✓ 一定時間で3回以上測定し、**数日間**で大きく変化、**平均値(L/min)**で算出

3.2. 観測と結果 - 地下水位

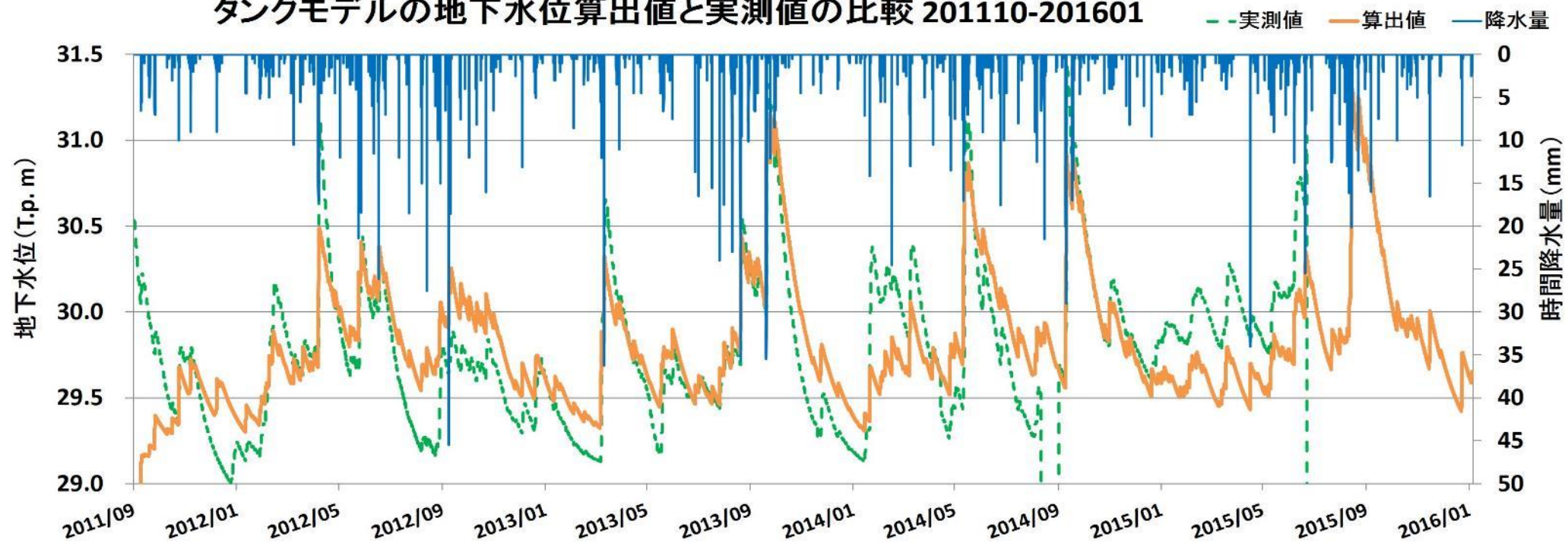
地下水位と降水量(201109-201507)



- ✓ 29.0~31.4[m(T.P.)]の間で変動
- 観測機器: Onset computer社 HOBOware Pro
- ✓ 上昇時は数時間で急激に変化
- 上下2本のゲージを用いて30分間隔で測定
- ✓ 下降時は上昇時より緩慢に変化

4.1. 考察 - 地下水位の算出

タンクモデルの地下水位算出値と実測値の比較 201110-201601



タンクモデル：降水による地下水変動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 $(1 \geq E > -\infty)$

1に近いほど精度が良い 0.7以上で再現性が高い

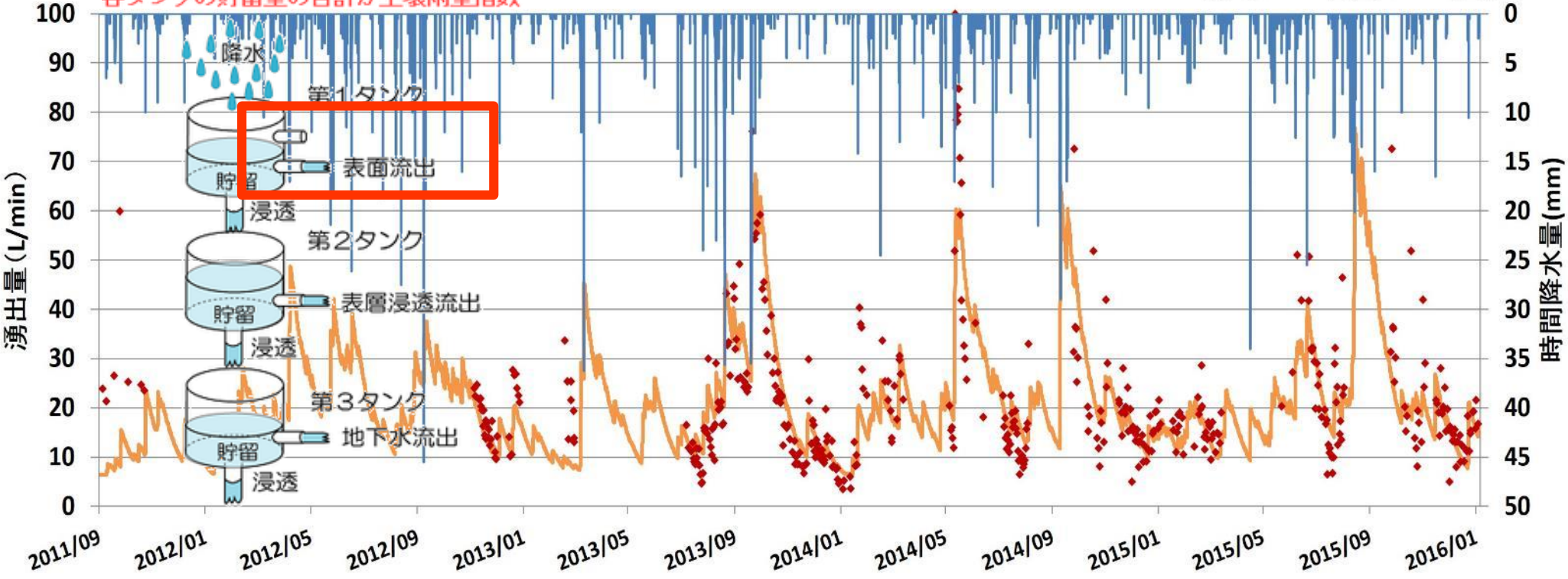
Nash係数 = 0.947 (n=5994, フィッティング期間n=19805)

4.2. 湧出量の算出

タンクモデルの湧出量算出値と実測値の比較 201110-201601

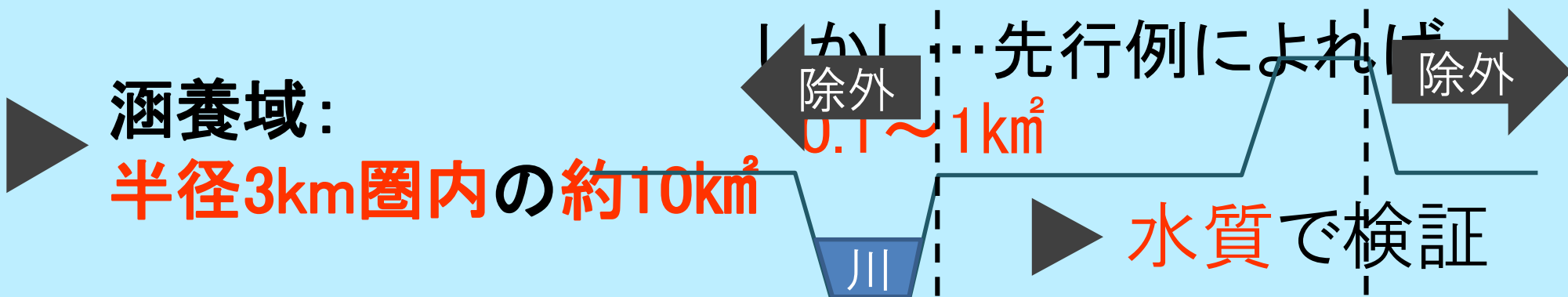
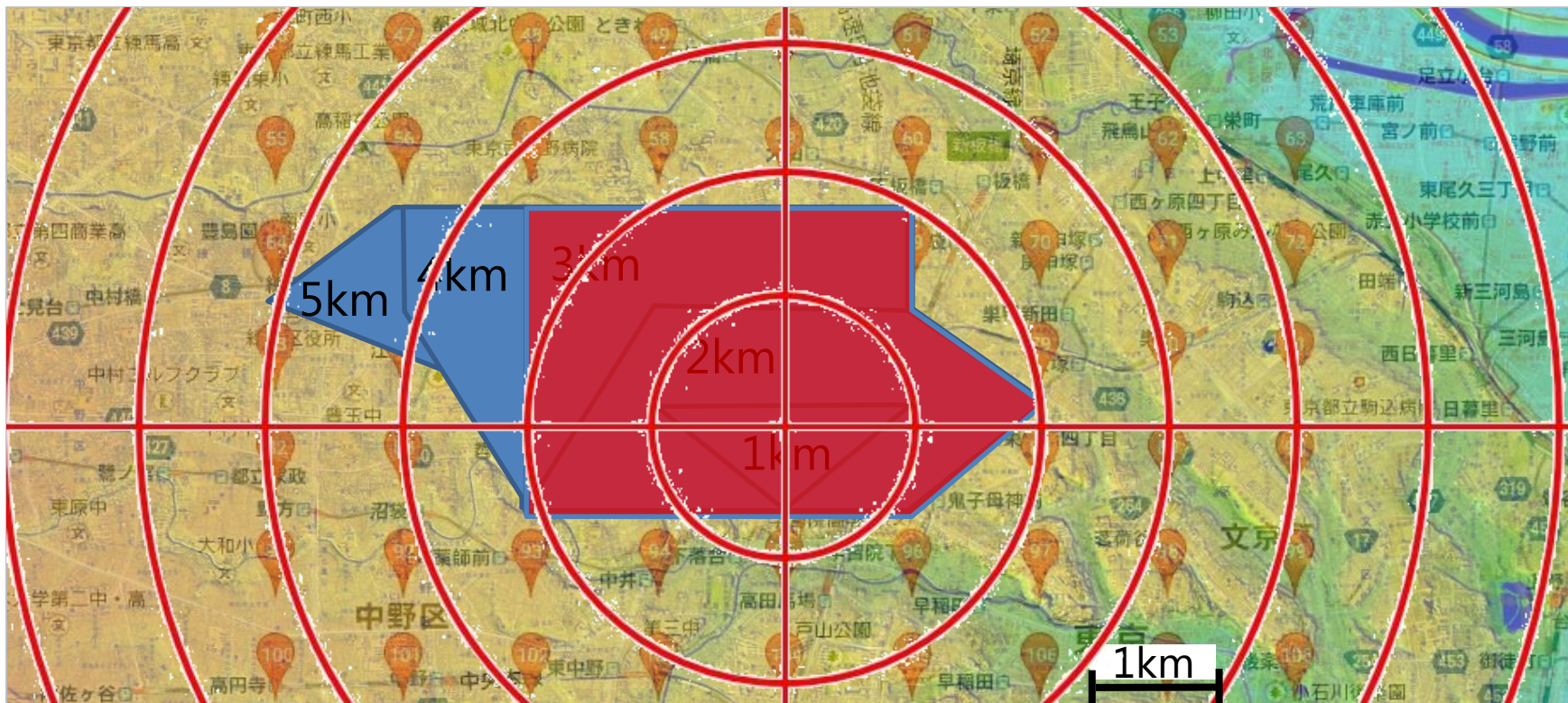
各タンクの貯留量の合計が土壌雨量指数

— 算出値 ◆ 実測値 — 降水量



Nash係数 = 0.900 (n=426)

4.3. 考察 - 解析雨量による涵養域の推定



4.4. 考察 - 水質による検証

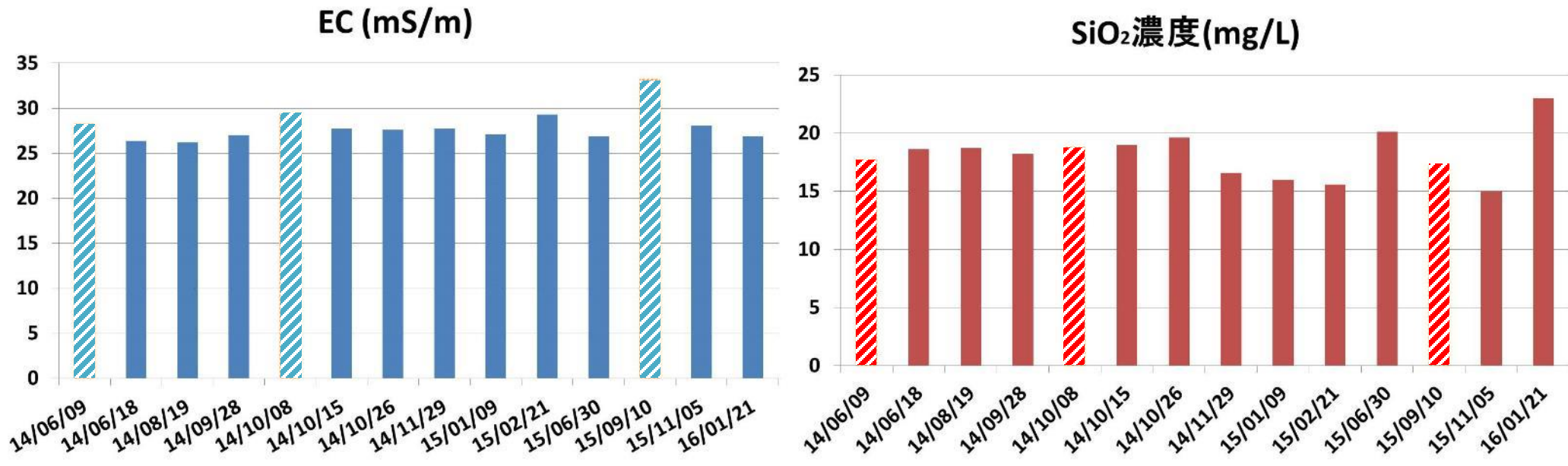
EC(電気伝導度)...溶存イオンなどによって変化

SiO₂濃度...降水には含まれず、**滞留時間**に比例して増加

斜線のところは大雨後

EC & SiO₂濃度...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



補足編 - Nash-Sutcliffe係数

1970年にNashらが提唱した水文モデルを評価する指標

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

(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**

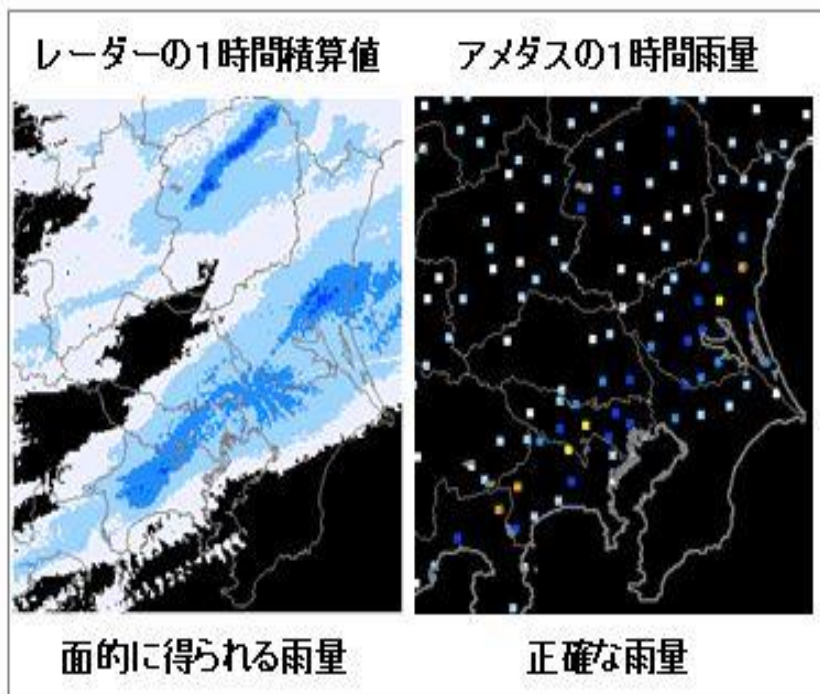
補足編 - 解析雨量

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 - 水質

✓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, ±0.5%

✓pH(水素イオン指数):

酸性・アルカリ性の度合いを示す

✓RpH(水素イオン指数):

通気後の水のpH

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

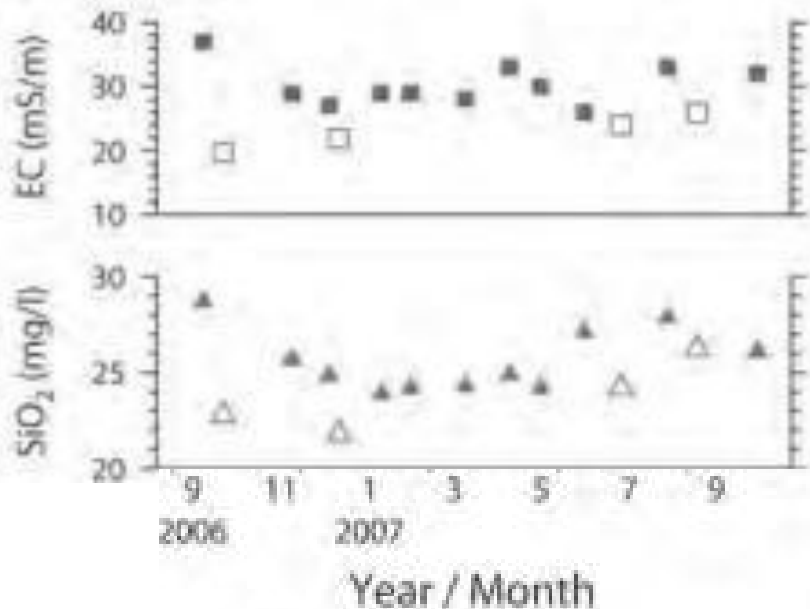
堀場製作所製, B-212, ±0.1 pH

✓SiO₂濃度:

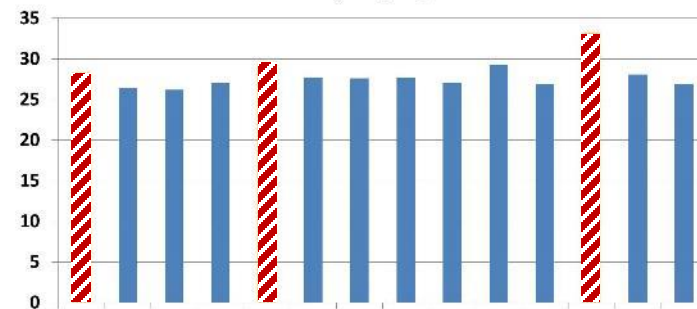
HACH社製, DR2800
シリコモリブデン酸法、
吸光光度方式で測定

補足編 - 水質の違い

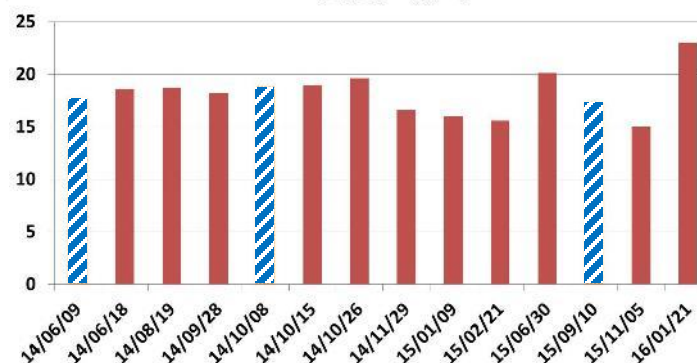
(1) 東光寺



EC (mS/m)



SiO₂濃度(mg/L)



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

SiO₂濃度(mg/L)...最大で3.4変化

日野市の事例

(黒塗りは晴天時 白抜きは大雨時)

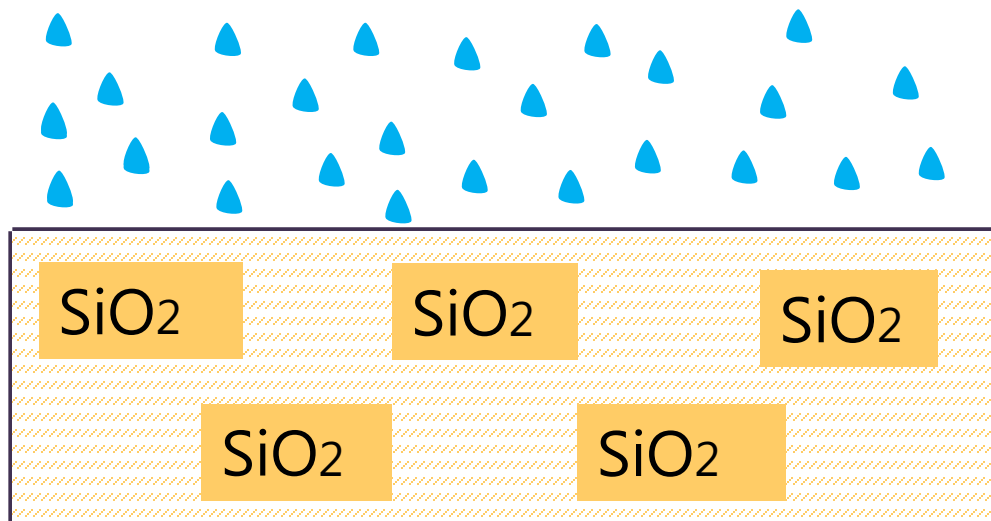
EC(mS/m)...最大で20程度変化

SiO₂濃度(mg/L)...最大で7程度変化

成宮博之・中山大地・松山 洋

2009 より

補足編 - SiO₂濃度説明

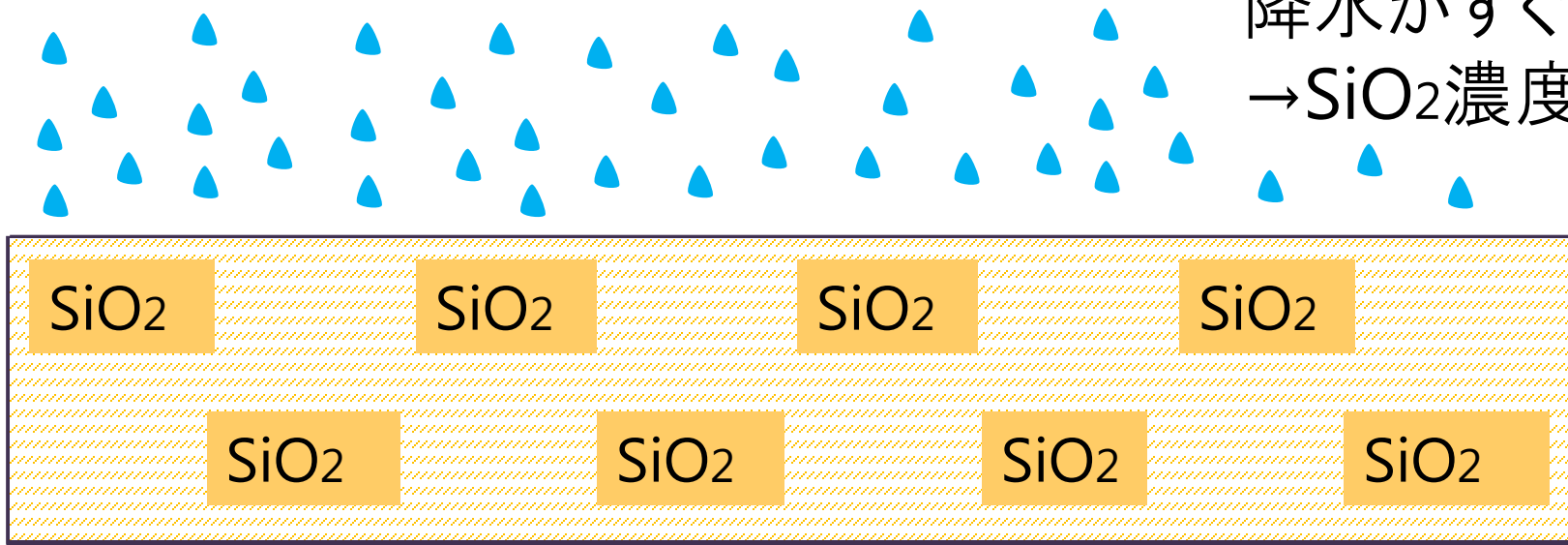


涵養域が狭い場合：

降水がすぐに湧出

→薄まってSiO₂濃度が低くなる

薄



涵養域が広い場合：

降水がすぐに湧出しない

→SiO₂濃度が変わらない

普