

トレーサーを用いた湧水の年代測定 名古屋市環境科学調査センター 森 健次

サブタイトル

本日の内容

- 研究の背景と目的
 - ・名古屋市の水循環についての施策
 - ・湧き水のしくみと用語の確認
 - ・滞留時間を知ることの意義
- 研究手法について
 - ・トレーサーとは
 - ・六フッ化硫黄とは
 - ・分析における課題
- 研究の現状
 - ・分析装置と分析法の開発について
 - ・実試料の分析結果
- 今後の課題・展望

2

研究の背景と目的

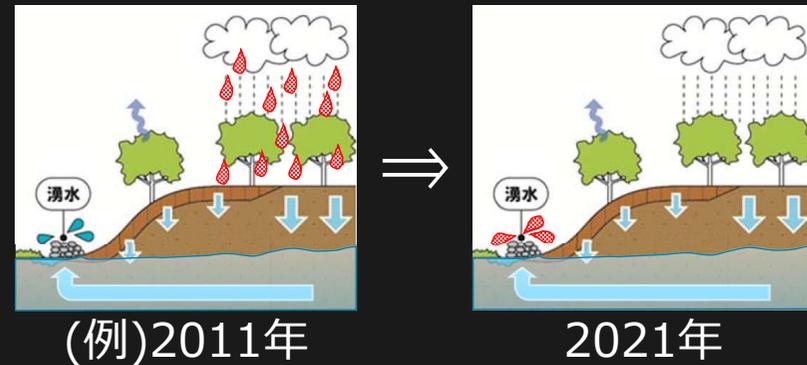
環境局の施策

- 「なごや水の環復活プラン」(2007)
 - ↓ 改定
- 「水の環復活2050なごや戦略」(2009)
 - ・現在は「第2期」(2012～2025)
 - ・施策として
湿地・湧水地の涵養域の保全を目指し、
湧き水の調査を実施することも挙げられている



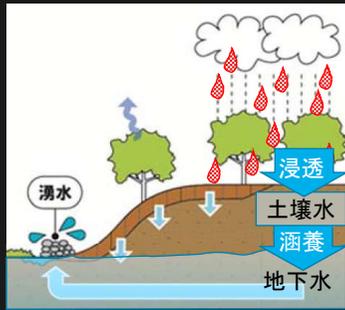
3

湧き水のしくみと用語



4

湧き水のしくみと用語

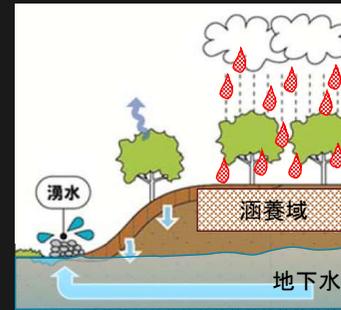


浸透
雨水が土壌の隙間に浸みこみ「土壤水」になること

涵養(かんよう)
土壤水がより深くへと流れ、地下水に供給されること

5

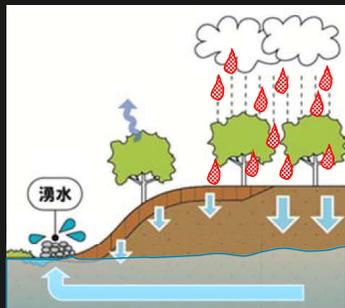
湧き水のしくみと用語



涵養域
湧き水の源流となる地下水が涵養されている地域

6

湧き水のしくみと用語

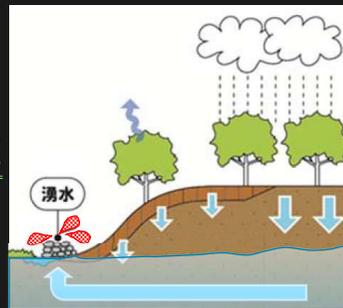


(例)2011年
=涵養年代



10年

|| 滞留時間



2021年

7

湧き水の保全



涵養域が失われる



湧き水が減る・涸れる

8

現状の「湧き水の調査」とは

湧き水モニタリング (2007年度～)

- ・市内10エリア 4回/年
- ・現在は「第6期」(2020～2022年度)
- ・市民の協力を得てフィールド調査
水量、水温、pH、COD、NO₃-N、Fe、Mn
パケットテスト

⇒ 対策を検討するためには、滞留時間が知りたい!

9

滞留時間を知ることの意義

(例)水量が減ってしまった湧き水の再生を目指して10年前から
涵養域の保全に取り組んでいるが、改善の兆しが見えない・・・

↓
滞留時間を推定したら・・・

↙
滞留時間 5年

↓
10年かかってても効果が
ないなら、違う方法を
試すべきでは？

↘
滞留時間 20年

↓
取り組み始めてから
滞留時間が過ぎるまで、
あと10年様子を見よう・・・

10

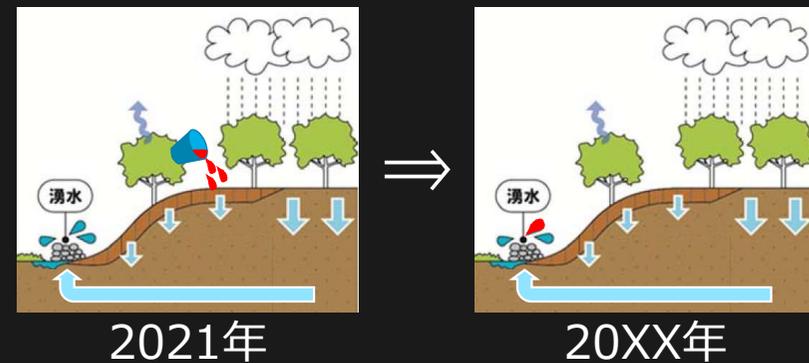
研究手法

地下水の滞留時間の一般的な推定方法

- ①計算 $\text{滞留時間} = \text{涵養量} \div \text{浸透(湧出)量}$
涵養量や地下水流のようすが正確に分かっていないといけない
- ②水温
流量が潤沢で滞留時間が数ヶ月の場合のみ
- ③トレーサー

11

トレーサーを利用した滞留時間の推定



12

滞留時間の推定に利用されるトレーサー

人為的に加える例

温水、電解質、蛍光染料、安定同位体

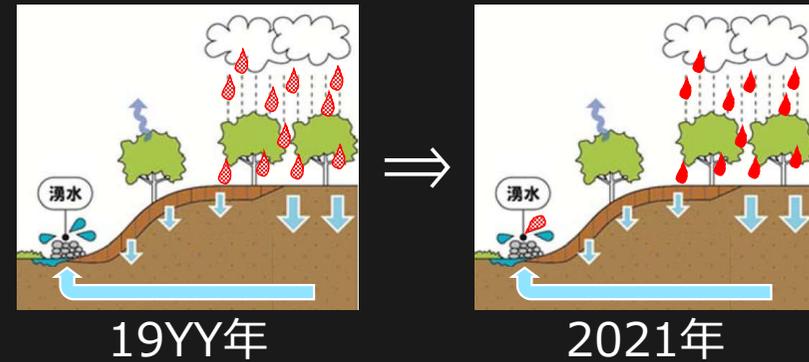
- △環境への影響が許容でき、変化が観測可能な例に限られる
- △トレーサーを加えてから滞留時間が経過するまで待たないといけない

降水中にはじめから存在するものを利用する例

フロン類、六フッ化硫黄、トリチウム、クリプトン85

13 ©対象物質を測定するだけで滞留時間を推定できる

トレーサーを利用した滞留時間の推定

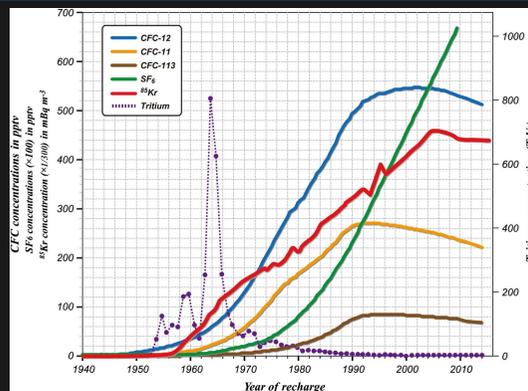


14

年代によるトレーサーの濃度の推移

Concentration of chlorofluorocarbons (CFCs), SF₆, and ⁸⁵Kr in the atmosphere and of tritium in rainfall.

M. Kagabu et al., 2017. Groundwater age determination using ⁸⁵Kr and multiple age tracers (SF₆, CFCs, and ³H) to elucidate regional groundwater flow systems. Journal of Hydrology: Regional Studies 12 (2017) 165–180



15

六フッ化硫黄(SF₆)とは

常温で無色・無臭・無害の気体

反応性は非常に低い (寿命3200年)

絶縁ガスとして1970年代から生産増

強い温室効果あり (温暖化係数 22800)

大気中に10ppt程度存在 (2019年)

天然にもわずかに由来 (0.05 ppt)



16

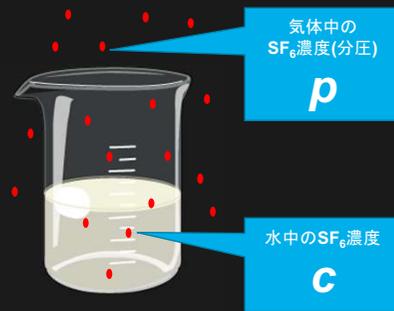
六フッ化硫黄の分析と年代推定の原理

ヘンリーの法則

気体の液体に対する溶解度は、気体の分圧に比例する。

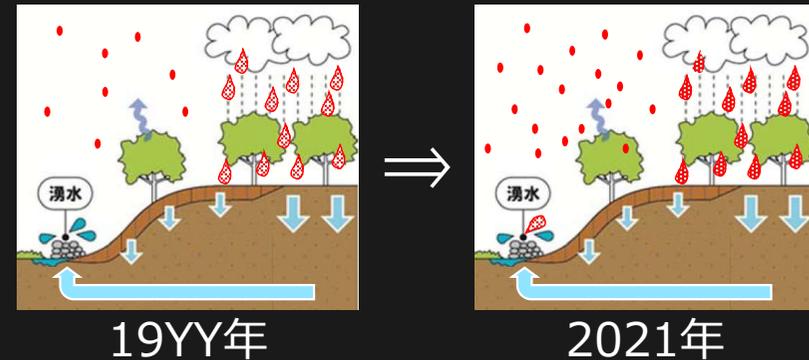
$$p = K_H c$$

K_H :ヘンリー定数



17

トレーサーを利用した滞留時間の推定



18

六フッ化硫黄の分析と年代推定

湧水を採水、空気に触れないように運搬・保管



ページ&トラップにより捕捉し、
ガスクロマトグラフ-電子捕獲検出器(GC-ECD)で分析



求めた水中濃度から涵養時の大気中濃度に換算

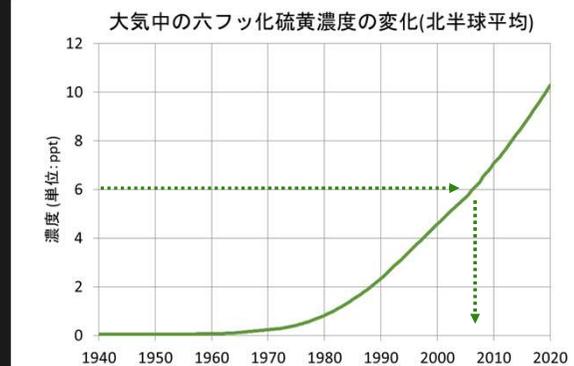


大気中濃度を観測値と照合、涵養年代を推定

19

六フッ化硫黄の分析と年代推定

(例)
涵養時の大気中
のSF₆濃度
が6pptと測定
された場合



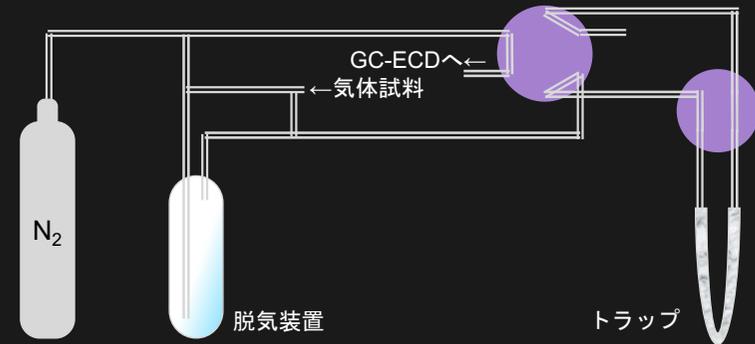
20

六フッ化硫黄の分析時の課題

- 超微量 ($\sim 10^{-16}$ mol程度)の分析が必要
- 大気・油(グリース等)との接触を避けなければならない
- 人為的な排出源の影響を考慮する必要あり
←市内の空気についても採取・分析

21

分析装置と分析法の開発



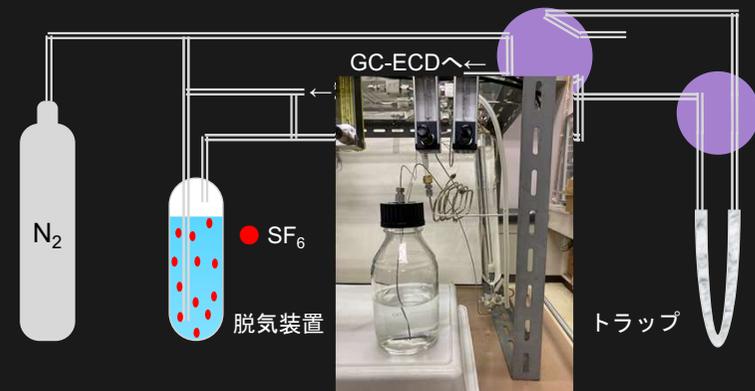
22

分析装置と分析法の開発



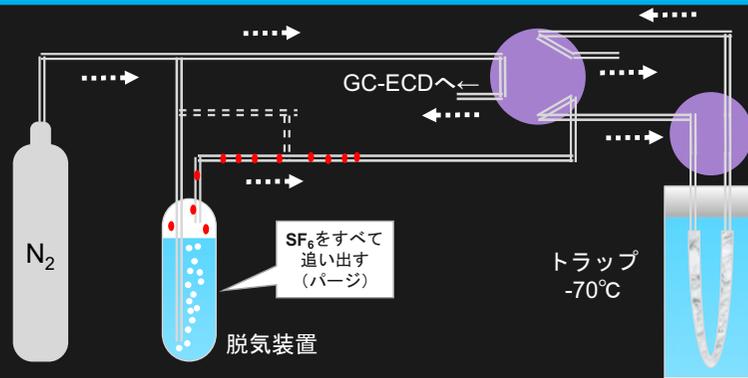
23

分析装置と分析法の開発



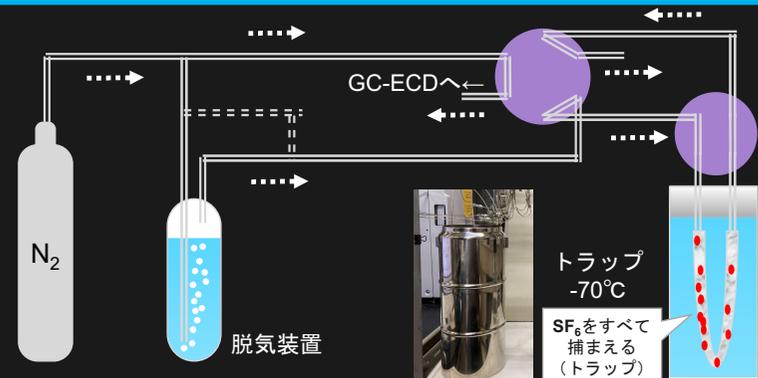
24

分析装置と分析法の開発



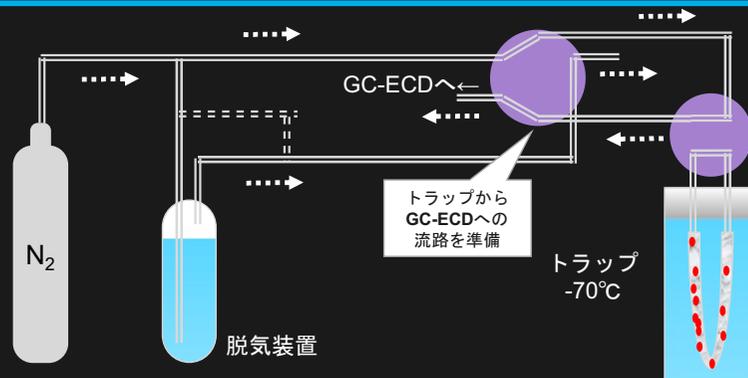
25

分析装置と分析法の開発



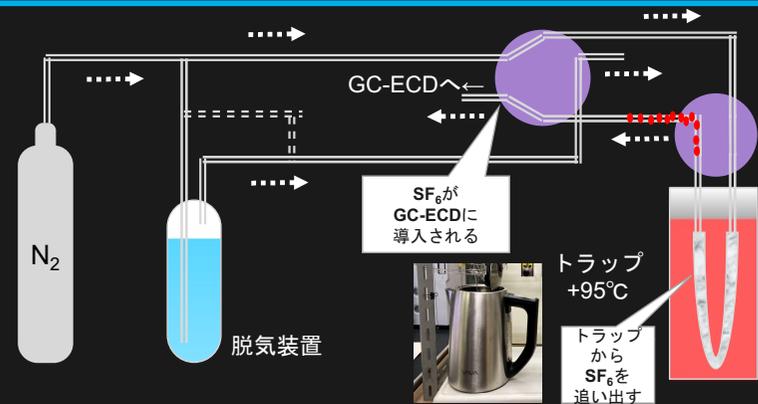
26

分析装置と分析法の開発



27

分析装置と分析法の開発



28

実試料の分析

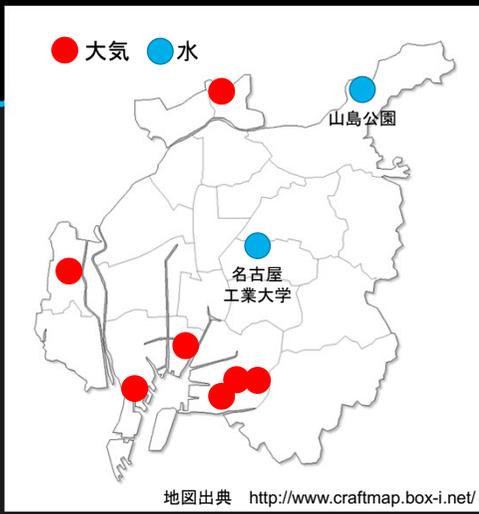
大気試料

○市内7地点

水試料

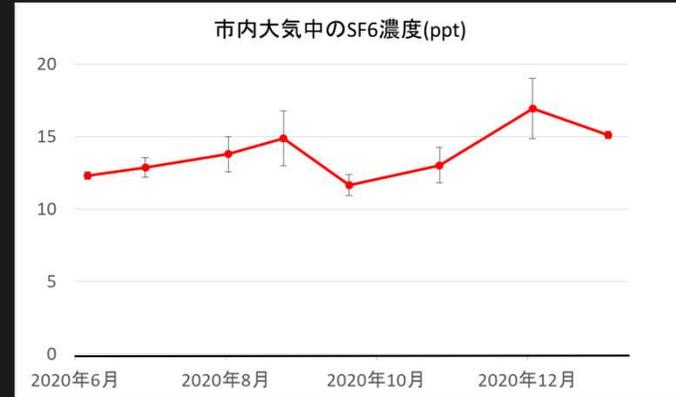
○山島公園 (湧水)

○名古屋工業大学
(深井戸水)



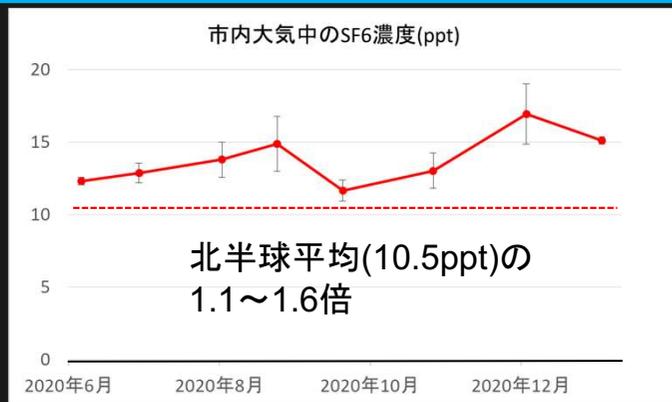
29

大気試料の分析結果



30

大気試料の分析結果



31

水試料の分析結果

| 項目 | 単位 | 山島公園 (湧水) | 名古屋工業大学 (深井戸水) |
|-------------------------------|------|--------------|-------------------|
| 水中のSF ₆ 濃度 | pg/L | 0.080 | 0.11 |
| 涵養時の SF ₆ 大気中濃度 | ppt | 1.8 | 2.5 |

32

六フッ化硫黄濃度からの年代推定

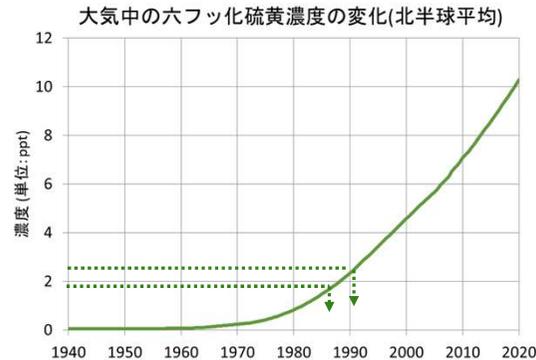
涵養時の大気中のSF₆濃度

山島公園

1.8ppt

名古屋工業大学

2.5ppt



33

六フッ化硫黄濃度からの年代推定

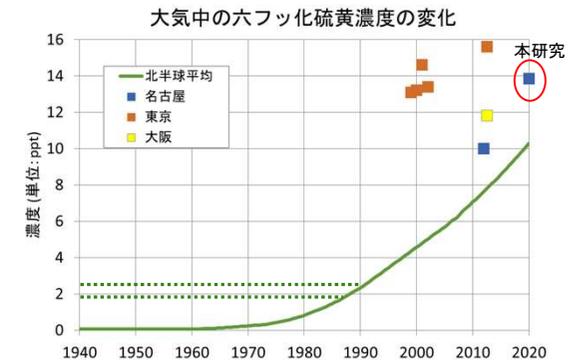
涵養時の大気中のSF₆濃度

山島公園

1.8ppt

名古屋工業大学

2.5ppt



34

今後の課題・展望

水試料

- 山島公園・名古屋工業大学とも、滞留時間が予想よりも長い？
⇒測定を続け、浅井戸も追加してデータを蓄積し、考察する。
- ⇒フロン類も分析し、推定精度を高める。

大気試料

- 季節変動があるか？ ⇒測定を続け、データを蓄積し、考察する。
- 市内の地点間のばらつきに傾向はあるか？
⇒風向・風速との関係を調べ、考察する。

35

ご清聴ありがとうございました

Thank You

Спасибо

Merci Beaucoup Muchas Gracias

Danke Schön Obrigado

Grazie 谢谢

イヤイライケレ 감사합니다

شكرا جزيلًا Terima kasih

36