

名古屋市内地下水中のヒ素汚染の実態と起源推定

2022.2.4

調査研究発表会
山守英朋

名古屋市の地下水汚染の現状

- 1989年度以降、地下水常時監視として、市内の地下水中の健康項目を測定している。
- 819事業所のべ1336検体(2019年度時点)測定
- カドミウム・鉛・VOC・農薬等30項目を測定
- 環境基準超過

－1,2-ジクロロエチレン	19.4%
－テトラクロロエチレン	17.6%
－ヒ素	10.9%
－総水銀	7.5%
－ふっ素	2.5% 等

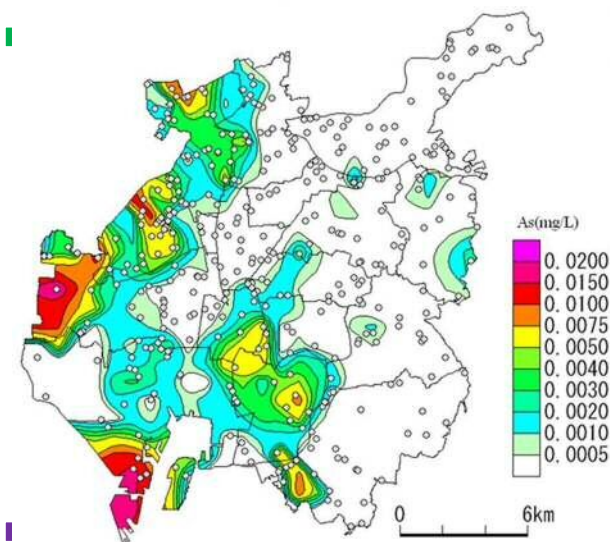
人為的

自然的/人為的

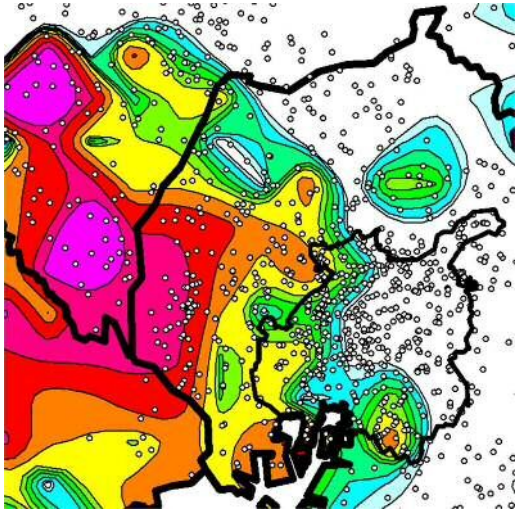
今日の発表内容

- 名古屋市内地下水中のヒ素汚染の現状
- ヒ素汚染の起源推定
 - ①高濃度のヒ素含有土壌が存在？
 - ②土壌からの溶出量に濃度差？
 - ③土壌からの溶出機構が異なる？
- ▶土壌・地下水の特徴化
- まとめと今後の課題

名古屋市の地下水中のヒ素汚染の現状



濃尾平野の地下水中のヒ素汚染の現状



愛知県・岐阜県・三重県の地下水測定結果(公表値)を集計

5

起源推定①

・高濃度のヒ素含有土壌が存在？

- 市内を3kmメッシュで区画し、1区画で最低1地点土壌ボーリング試料を入手(32地点/42地点)し、平面および深さ方向で調査
- フッ化水素酸を用いて、各地点1m深さ毎の試料中の全含有量を測定(2020年度末時点897試料)
- 産総研「地球化学図」との比較



6

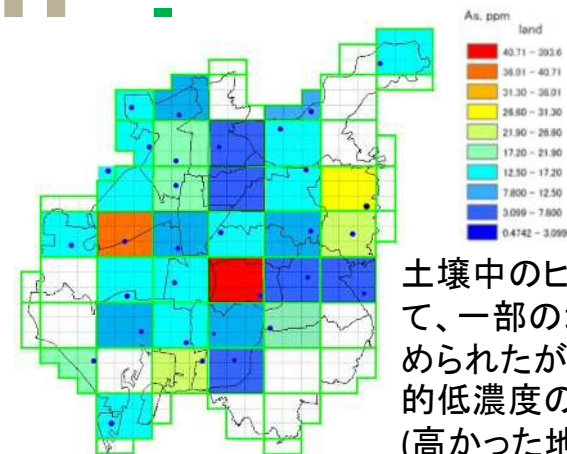
日本全国の土壌中のヒ素の分布



AIST 陸と海の地球化学図HPより引用

7

市内土壌のヒ素含有量



土壌中のヒ素は、全国的に比較して、一部の地点で高い地点が認められたが、市内全域では、比較的低濃度の含有量であった。(高かった地点でも、鉱物として濃集している訳ではなかった。)

9

起源推定②

- 土質により地下水への溶出のしやすさが異なっている？

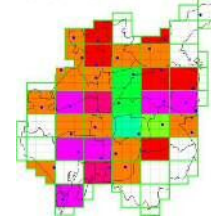
- 土壌含有量測定試料の土壌溶出量を測定
(土質の変わり目ごとに測定)

2020年度末時点 609試料)

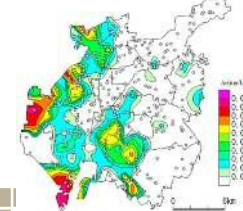


土壌溶出量試験結果と 地下水中の分布

土壌溶出試験でのヒ素の分布



地下水中のヒ素の分布



土壌含有量結果は、全国比較で低濃度であるにもかかわらず、溶出量結果は比較的高い。



市内全域で非常に高濃度ではないが、溶出した場合、環境基準値付近の濃度となる土壌は存在している。



地下水への溶出は他の機構が関係？

起源推定③

- 土壌からの溶出機構の違い
 - 土壌のSEM-EDX分析*
 - 土壌の特徴化(海成層の関与)
 - 地下水の性質の違い
 - pHの分布
 - 地下水の特徴化

*SEM-EDX分析:電子顕微鏡で、目的物質を見ながら物質表面の元素の種類が分かる分析方法



ヒ素の土壌溶出機構

- 水酸化鉄型
- 硫化鉄型
- 有機物型

島田:資源地質,53,161-172(2003)



水酸化鉄型の特徴

- ・ 酸化的な環境下で、結晶性水酸化鉄が生成しヒ素を吸着(河川中に堆積)
- ・ 停滞性の地下水のため還元的になり、水酸化鉄が不安定になりヒ素が溶出
- ・ 沖積台地の30～50mに多い
- ・ Na-HCO₃型の地下水で観察される
- ・ pH 7.3～8.3の弱アルカリ性
- ・ ORPが還元的



15

硫化鉄型の特徴

- ・ 海成粘土層で鉄と硫黄から成るフランボイダル黄鉄鉱*生成し、硫黄がヒ素で置換
- ・ 黄鉄鉱は酸素が多くあると不安定でヒ素溶出
- ・ その際、鉄イオン・硫酸イオンの増加を伴う
- ・ Ca-HCO₃型の地下水である浅層
 - ・ 中層地下水で観察される



*フランボイダル黄鉄鉱:黄鉄鉱粒子が、堆積物中で木苺のような集合形態をなして存在することが知られている

16

有機物型の特徴

- ・ ヒ素はある程度分解した固体有機物(フミン)によく濃縮
- ・ 石炭層(堆積当時に高濃度ヒ素を含有)から、出ることもある
- ・ 環境条件の変化によって、地下水中に溶出することもある。



17

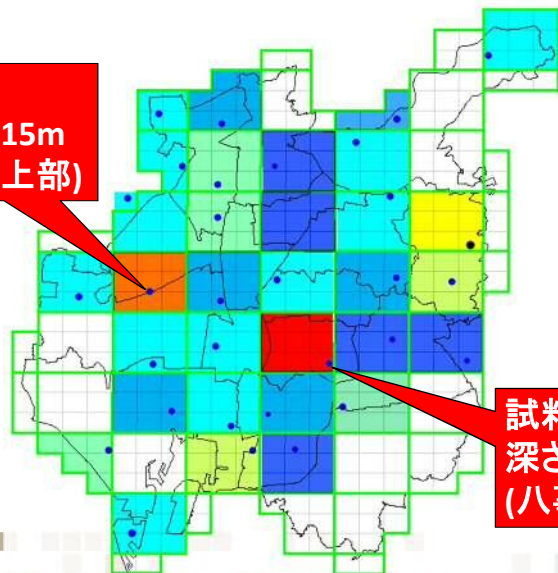
土壌溶出機構の特徴(まとめ)

	水酸化鉄型	硫化鉄型	有機物型
土壌生成環境	酸化状態	還元状態	フミン層・石炭層
構成元素	鉄・水酸化物	鉄・硫化物	炭素
ヒ素保持状態	吸着	置換	吸着・濃縮
溶出時の状態(ORP)	還元状態	酸化状態	—
溶出させ易い地下水のタイプ	停滞性地下水 (Na-HCO ₃ 型) pH7.3-8.3	浅層地下水 (Ca-HCO ₃ 型)	—
その他の特徴	沖積台地30-50mで 良く認められる くさり礫層	鉄・硫酸の増加 海成粘土層	—

18

SEM-EDX分析試料の概要

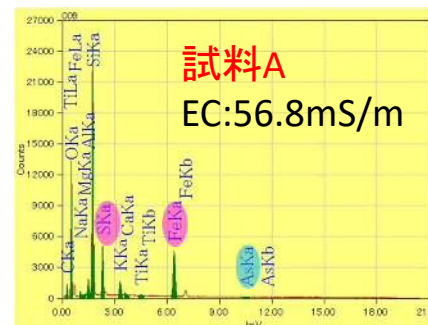
試料A
深さ:36.15m
(熱田層上部)



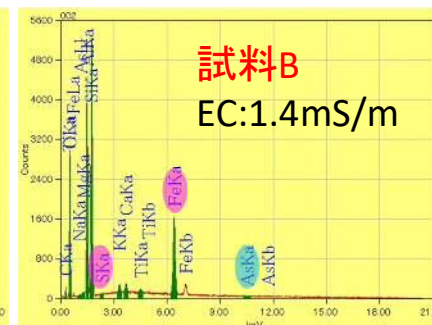
試料B
深さ:8.0m
(八事・唐山層)

19

SEM-EDX分析の結果



試料A
EC:56.8mS/m

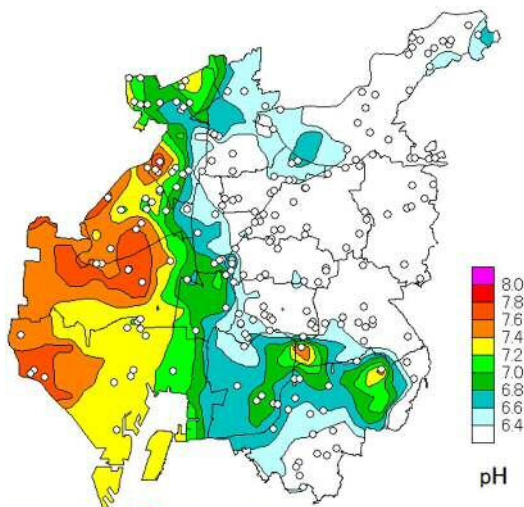


試料B
EC:1.4mS/m

海成層の目安: 60mS/m以上
→海成層ではない

20

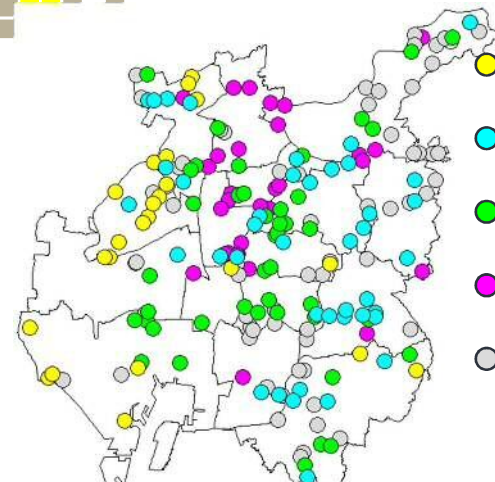
市内地下水のpH分布



西部は弱アルカリ性、東部は弱酸性

21

市内地下水のトリリニアダイアグラム*解析結果



- Na-HCO₃: 停滞性地下水
- Ca-HCO₃: 河川水、浅層地下水
- Na-Cl: 海水の侵入
- Ca-Cl, Ca-SO₄: 温泉水、化石水、工場排水の混入
- 中間型

*トリリニアダイアグラム:
地下水の水質組成を図示する方法
大まかに上記の通り分類される

西部の地下水はNa-HCO₃型の停滞性地下水
中央から東部では、Ca-HCO₃型の浅層地下水

22

土壌・地下水の特徴(まとめ)

	西部地域	東部地域
海成層 EC >60mS/m	海成層に近いが 条件未満	海成層ではない
構成元素	鉄・硫黄(多い)	鉄・硫黄(少ない)
地下水型	停滞性地下水 (Na-HCO ₃ 型)	浅層地下水 (Ca-HCO ₃ 型)
pH	弱アルカリ性	弱酸性
ORP	不明	不明

23

今後の課題

- ヒ素の起源推定の確認
 - 地下水のORPの測定
- 測定結果および地層図等のデータをデータベース化して、GIS上で可視化

25

ヒ素の起源推定 まとめ

- 市内の土壌は、ほぼ全域で、**水酸化鉄型**の堆積物として、ヒ素を含有している。しかし、一部地域で濃集している訳ではなく、幅広く比較的低濃度で分布している。
(試料Bは八事唐山層の試料で「くさり礫層*」と類似した試料であった。)
- 西部では、地下水が停滞性のタイプを示し、**還元的**であるため、水酸化鉄が不安定となり、ヒ素が地下水中に溶出しているのに対し、東部では、浅層地下水タイプで、酸化的环境であるため、水酸化鉄として安定であり、ヒ素は溶出しないと推定された。

*くさり礫層:手やスコップで容易に崩れるほど風化した礫のこと
くされ礫層ともいう

24