

茨城県神栖市における地下水モニタリング（令和3年冬季～秋季）の結果について

1. これまでの調査・対策等の経緯

平成15年3月、茨城県神栖町（当時）の集合住宅の飲用井戸（A井戸）において、有機ヒ素化合物による地下水汚染が発覚した。以後、汚染源の探索調査等を行い、平成16年12月にA井戸の南東90m付近において掘削調査を行ったところ、汚染源となる高濃度のDPAAを含むコンクリート様の塊を発見し、周辺土壌とともに全て現場から除去した。

しかし、A井戸付近や掘削調査地点の地下には高濃度の汚染地下水が残存し、汚染拡大の原因となりうることから、平成21年度から3年間、A地区の汚染地下水を揚水する高濃度汚染対策を行い、汚染地下水の約99%を除去したところである。

神栖地区の地下水モニタリングは、A井戸及びB地区を中心としたABトラックを設定し、その内部・外縁において、地下水の水位測定を毎月（年12回）、有機ヒ素化合物（DPAA、PAA、PMAA^{※1※2}）の分析を季節毎（年4回）に実施している。

※1 DPAA：ジフェニルアルシン酸、PAA：フェニルアルソン酸、PMAA：フェニルメチルアルシン酸

※2 有機ヒ素化合物濃度は、DPAA、PAA、PMAA濃度の合計値

2. 汚染メカニズム

神栖地区の地下水汚染メカニズムについては、これまでの調査・地下水汚染シミュレーションの結果から、以下のように推定されている。

平成5年以降に何者かに投棄されたコンクリート様の塊から溶出したDPAAを高濃度に含む水は、周辺の地下水よりも密度が大きいため降下浸透し、深度25～30mに分布する透水性の良い砂礫層に達した時点で水平方向に流れの方向を変え、A井戸の方向へ流れていったと推定される（図1）。さらに、砂礫層は神栖地区の広範に渡って分布するため、汚染地下水はA井戸からB地区そしてABトラック南西地域にまで広がったと推定される。

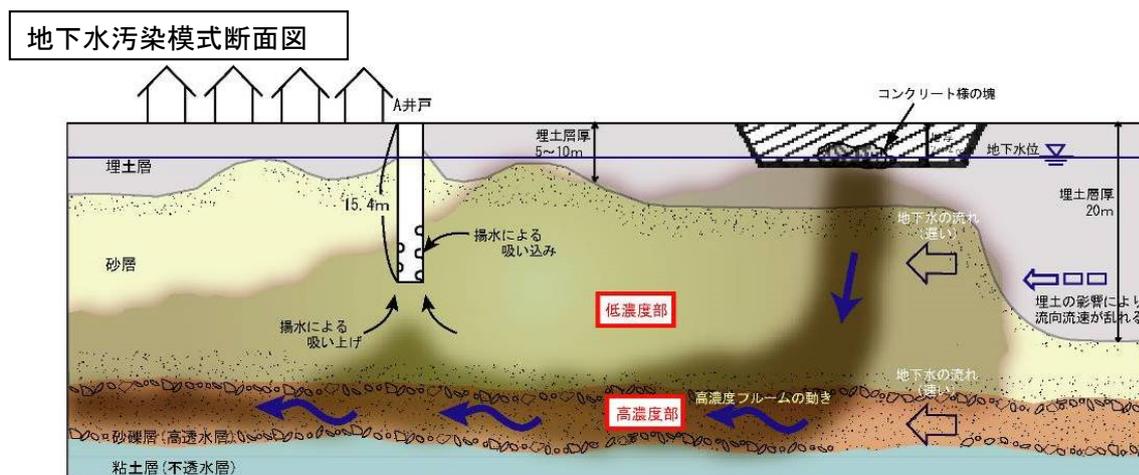


図1 A井戸周辺の汚染メカニズム（「シミュレーション等報告書」より）

3. 飲用自粛範囲の変遷

神栖事案では、平成 16 年夏季のモニタリング開始以降、地下水汚染の広がりに応じて、適宜、飲用自粛範囲の拡大を行ってきた。近年は地下水汚染の拡大が確認されないため、平成 24 年 3 月を最後に以後の飲用自粛範囲の拡大は行っていない。図 2 は飲用自粛範囲設定の変遷である。

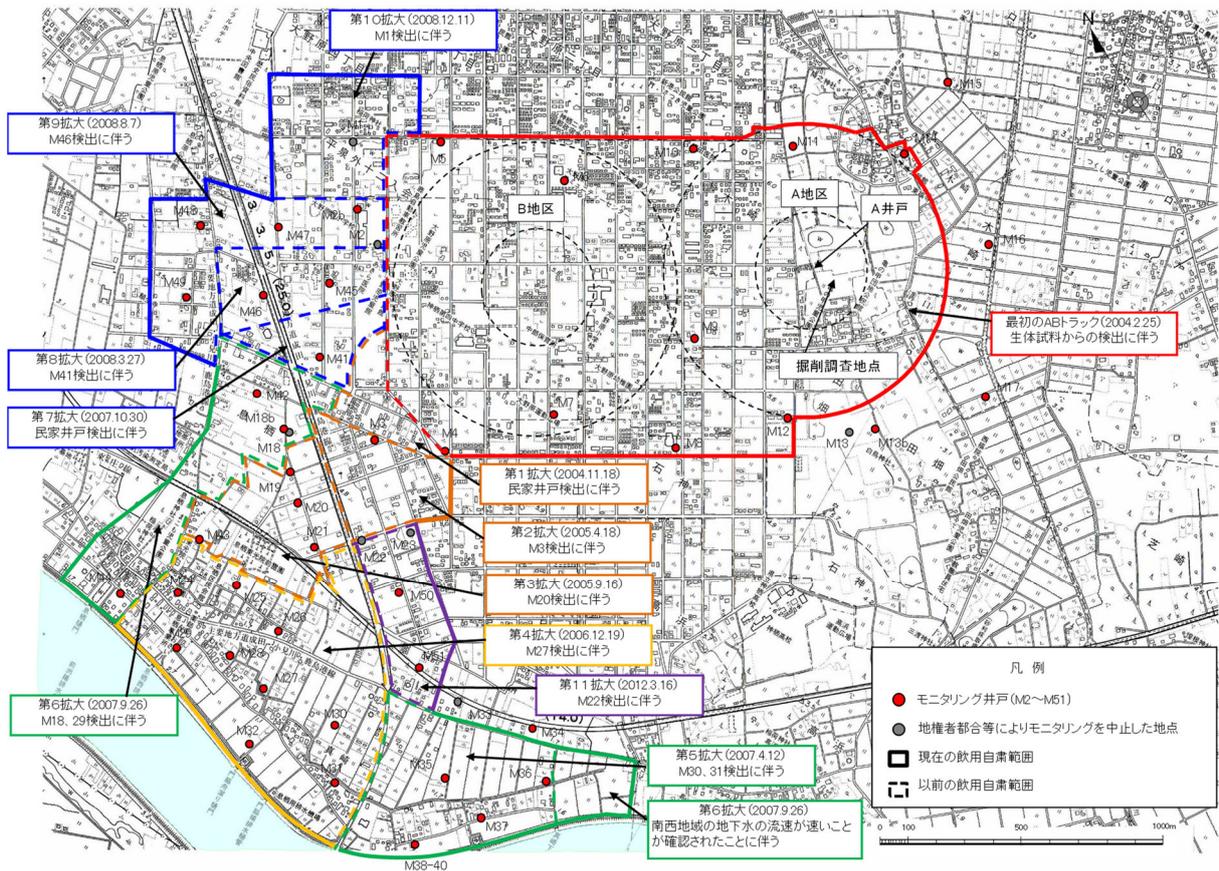


図 2 飲用自粛範囲設定の変遷

4. 地下水モニタリングの結果

(1) 地下水汚染状況の推移

図 3 は対象地区ごとの有機ヒ素化合物濃度の年最大値・年平均値及び分析・検出試料数（検出割合）である。

ア 汚染源（掘削調査地点）付近

地下水汚染発覚時、汚染源付近（掘削調査地点）では 180mg-As/L の地下水汚染が確認されたが、汚染源除去、高濃度汚染対策の実施もあり、有機ヒ素化合物の濃度は、特に汚染源除去後及び高濃度汚染対策中の濃度低下が顕著であった。ただ、高濃度汚染対策以後は横ばい傾向である。

有機ヒ素化合物が検出される数及び割合は緩やかに減ってきているが、令和 3 年（夏季・秋季）の検出割合は 77%であり、他地区と比較して高い。

イ A 地区（掘削調査地点付近除く）

A 地区（掘削調査地点付近除く）では特に高濃度汚染対策時の濃度低下が顕著であった。その後も濃度は緩やかに低下傾向にある。有機ヒ素化合物が検出される数及び割合は高濃度汚染対策以後、横ばい傾向であり、令和 3 年（夏季・秋季）の検出割合は 26%であった。

ウ AB間・B地区

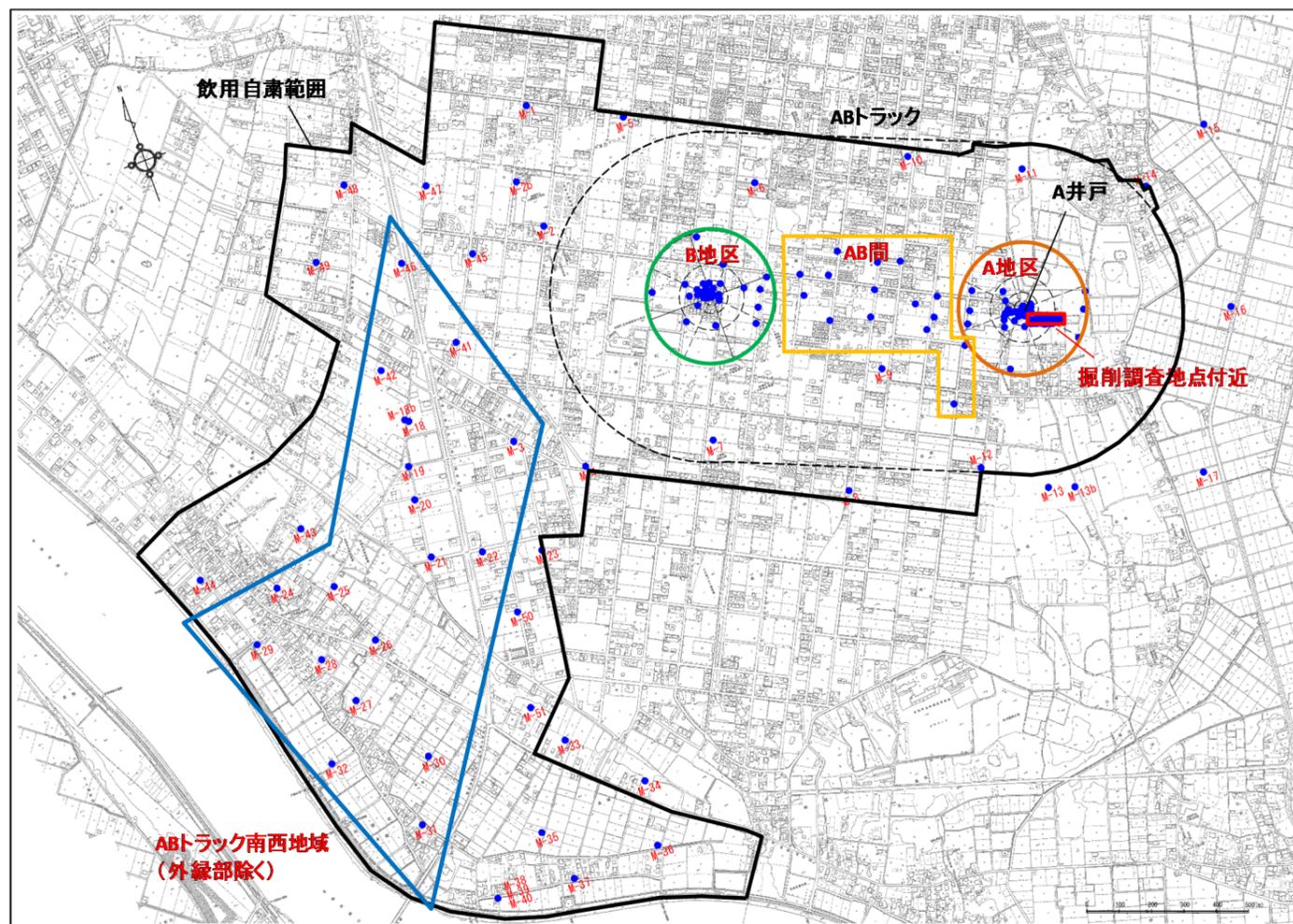
AB 間、B 地区は緩やかではあるが濃度低下傾向にある。有機ヒ素化合物が検出される数及び割合は、両地区ともに減少傾向にあったが、検出割合が 10%以下となった平成 30 年以降は横ばい傾向にある。

エ ABトラック南西地域

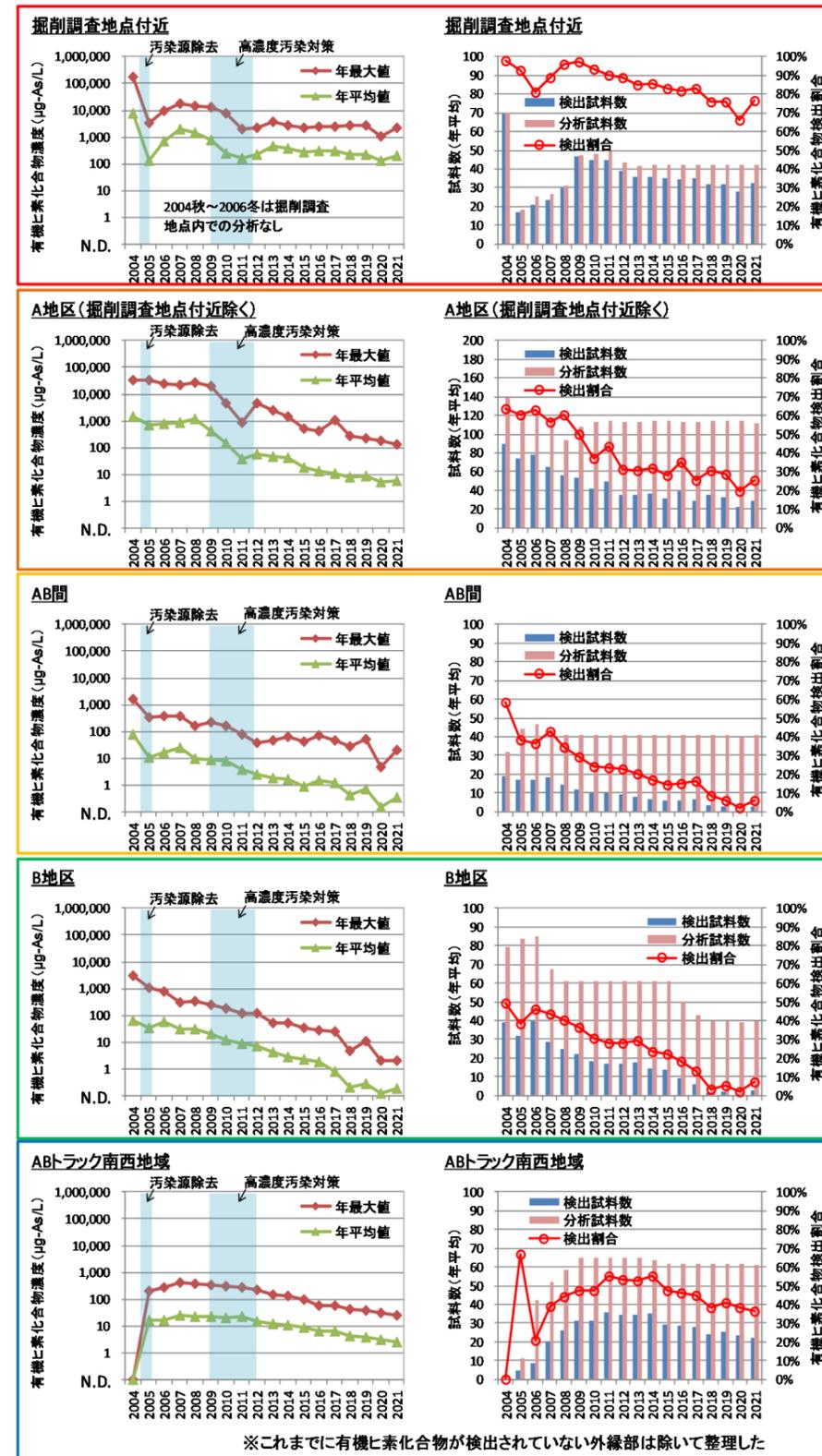
AB トラック南西地域は緩やかではあるが濃度低下傾向にある。有機ヒ素化合物が検出される数及び割合も減少傾向にある。

※掘削調査地点付近、A 地区、AB 間、B 地区では、横ばいあるいは減少傾向にある有機ヒ素化合物が検出される数及び割合が、2021 年は 2020 年よりも増える結果であった。この原因としては、2019 年 10 月～2020 年 7 月の降水量が多かったため、その後地下水量が増え、2020 年は地下水汚染への希釈効果が働いていた可能性が考えられる。

図3 対象地区ごとの有機ヒ素化合物濃度の年最大値・年平均値及び分析・検出試料数(検出割合)



※有機ヒ素化合物は、DPAA、PAA、PMAA濃度の合計値として整理した。
 ※グラフ中の2004年の値は、モニタリング井戸設置時の初期分析及び2004年夏季、秋季を対象としている。
 ※分析試料数、検出試料数の年平均とは年4回のモニタリングの平均試料数である。
 ※検出割合は各季それぞれの検出試料数÷分析試料数の年平均とした。



(2) 地下水位モニタリング

地下水位は、令和3年1月～6月まで低い状態が続いていたが、7月、8月の多雨（図4）の影響で10月にかけて大きく上昇した。令和3年8月の降水量は台風の影響もあり449mm/月であった。その後、令和3年11月以降は、地下水位は低下傾向にある。

令和3年1月～12月A井戸直近（No.36）とB地区（No.167）の地下水位の差は0.113m～0.493mであった（表1）。

地下水の流れは、高水位であった令和3年9月、10月については、この2地点間の水位差が小さいことから、普段のA井戸からB地区方向ではなく、ABトラックの中央付近を境には非常に遅い速度でA井戸そして掘削調査地点へ向う流れと、B地区へ向かう流れに分かれていたと考えられる（図5）。

令和3年1月～8月、11月、12月は、A井戸からB地区、そしてABトラック南西では常陸利根川方向に向かう従来の地下水流向であった（図6）。

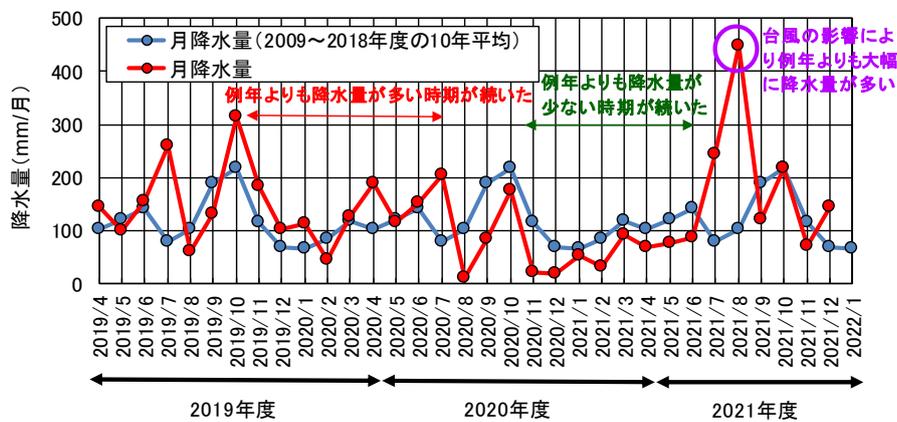


図4 神栖地区の月降水量及び月降水量の10年平均

表1 A井戸直近、B地区の地下水位及びA井戸直近とB地区の水位差（単位：標高m）

| 年 | 令和3年 | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 測定月日 | 1月13日 | 2月4日 | 3月2日 | 4月6日 | 5月14日 | 6月2日 |
| A井戸直近 (No. 36) | 1.633 | 1.559 | 1.488 | 1.662 | 1.523 | 1.513 |
| B地区 (No. 167) | 1.495 | 1.333 | 1.260 | 1.371 | 1.345 | 1.360 |
| 水位差 (A-B) | 0.138 | 0.226 | 0.228 | 0.291 | 0.178 | 0.153 |

| 年 | 令和3年 | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 測定月日 | 7月6日 | 8月6日 | 9月7日 | 10月4日 | 11月11日 | 12月7日 |
| A井戸直近 (No. 36) | 2.388 | 2.058 | 3.003 | 3.050 | 2.778 | 2.510 |
| B地区 (No. 167) | 1.895 | 1.849 | 2.890 | 2.935 | 2.595 | 2.339 |
| 水位差 (A-B) | 0.493 | 0.209 | 0.113 | 0.115 | 0.183 | 0.171 |



図5 ABトラック周辺の地下水位コンター図 (2021年10月4日) ※高水位時の流れの方向

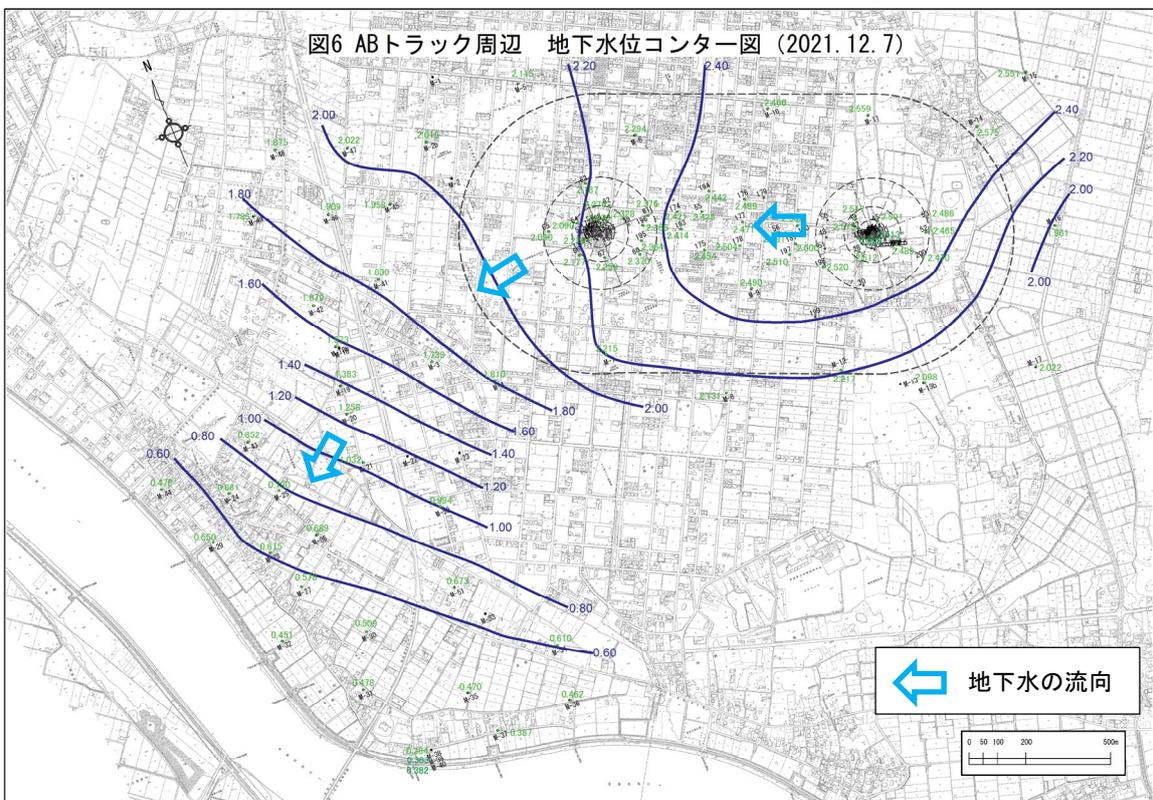


図6 ABトラック周辺の地下水位コンター図 (2021年12月7日) ※従来の地下水流れ方向

(3) 有機ヒ素化合物モニタリング（令和3年冬季～秋季）

令和3年冬季の採水は2月1日～2月3日、春季の採水は5月11日～5月13日、夏季の採水は8月2日～8月5日、秋季の採水は11月8日～11月10日に実施した。令和3年冬季～秋季モニタリングにおいて、飲用自粛範囲を超える地下水汚染の拡大は無いことが確認された。

ア 掘削調査地点付近

地下水汚染発覚時と比較すると大きく濃度低下したが、汚染源地域でもあり、令和3年時点でも唯一1mg-As/Lを超えるオーダーの汚染が残存する区域である。直近1年間における有機ヒ素化合物濃度の最大値は2.234mg-As/L（F-23 [10m]：夏季）であった（図7）。

イ A地区のA井戸近傍及びA井戸下流

全体的に濃度低下傾向にあり、直近1年間における有機ヒ素化合物濃度の最大値は0.139mg-As/L（No.202 [10m]：春季）であった（図7）。

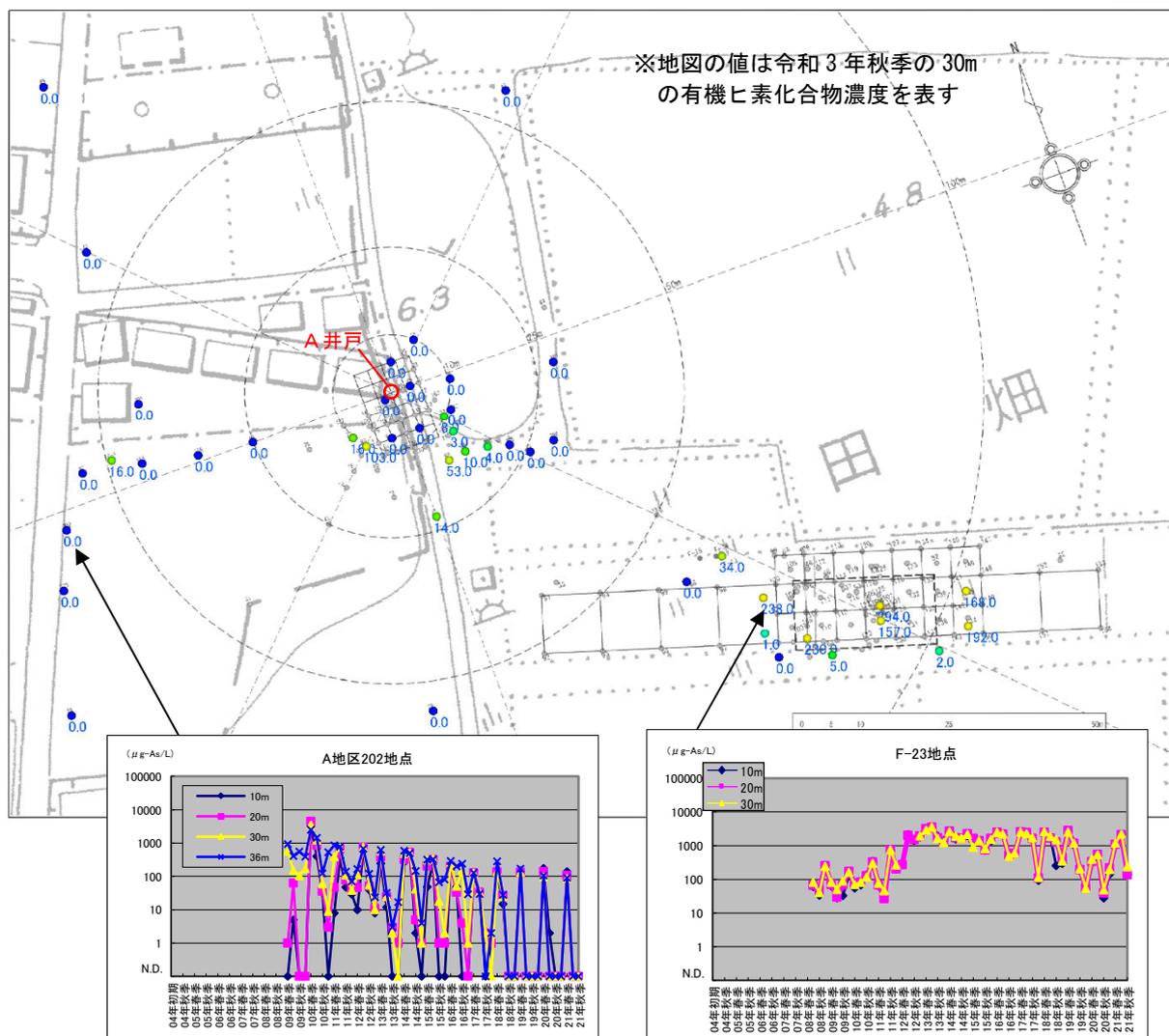


図7 地下水モニタリング結果概要図

(掘削調査地点からA井戸にかけての有機ヒ素化合物濃度グラフ)

表2 平成31年冬季以降のF-23、No. 202、No. 181、M20の有機ヒ素化合物濃度一覧表

| 井戸No. | 深度 | 2019年 | | | | 2020年 | | | | 2021年 | | | |
|--------|-----|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|
| | | 冬季 | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 | 春季 | 夏季 | 秋季 |
| F-23 | 10m | 298 | 2758 | 1032 | 203 | 64 | 363 | 493 | 28 | 140 | 1114 | 2234 | 138 |
| | 20m | 437 | 2839 | 1199 | 197 | 56 | 336 | 558 | 40 | 219 | 1093 | 2125 | 139 |
| | 30m | 352 | 2539 | 1196 | 206 | 54 | 395 | 546 | 49 | 195 | 1196 | 2213 | 238 |
| No.202 | 10m | N.D. | 147 | N.D. | N.D. | N.D. | 176 | 2 | N.D. | N.D. | 139 | N.D. | N.D. |
| | 20m | N.D. | 135 | N.D. | N.D. | N.D. | 141 | N.D. | N.D. | N.D. | 108 | N.D. | N.D. |
| | 30m | N.D. | 131 | N.D. | N.D. | N.D. | 97 | N.D. | N.D. | N.D. | 87 | N.D. | N.D. |
| | 36m | N.D. | 171 | N.D. | N.D. | N.D. | 108 | N.D. | N.D. | N.D. | 91 | N.D. | N.D. |
| No.181 | 10m | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| | 20m | N.D. | 24 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| | 30m | 11 | 50 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 1 | 21 | 1 | N.D. |
| M20 | 10m | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| | 20m | 23 | 32 | N.D. | 19 | 16 | 19 | 8 | 12 | 15 | N.D. | N.D. | 17 |
| | 30m | 31 | 38 | 34 | 32 | 32 | 24 | 24 | 23 | 23 | 26 | 23 | 25 |
| | 33m | 31 | 34 | 29 | 33 | 32 | 23 | 18 | 24 | 20 | 21 | 22 | 26 |

ウ AB間・B地区

これまでと同様、深度 30m を主体とした低濃度の汚染であり、近年は、検出数はわずかである。直近 1 年間における有機ヒ素化合物濃度の最大値は 0.021mg-As/L (No.181 [30m] : 春季) であった (図 8)。

なお、AB 間・B 地区で有機ヒ素化合物が検出された地点は、令和 3 年夏季は No.181 の 1 地点のみ、令和 3 年秋季は観測開始以来、初めて全地点で不検出となった。

エ ABトラック外縁部について (ABトラック南西地域)

有機ヒ素化合物が検出されるのは、これまでと同様に AB トラック南西地域のみであり、濃度は低下傾向にある。直近 1 年間における有機ヒ素化合物濃度の最大値は 0.026mg-As/L (M-20 : 春季 [30m]、秋季 [33m]) であった (図 8)。

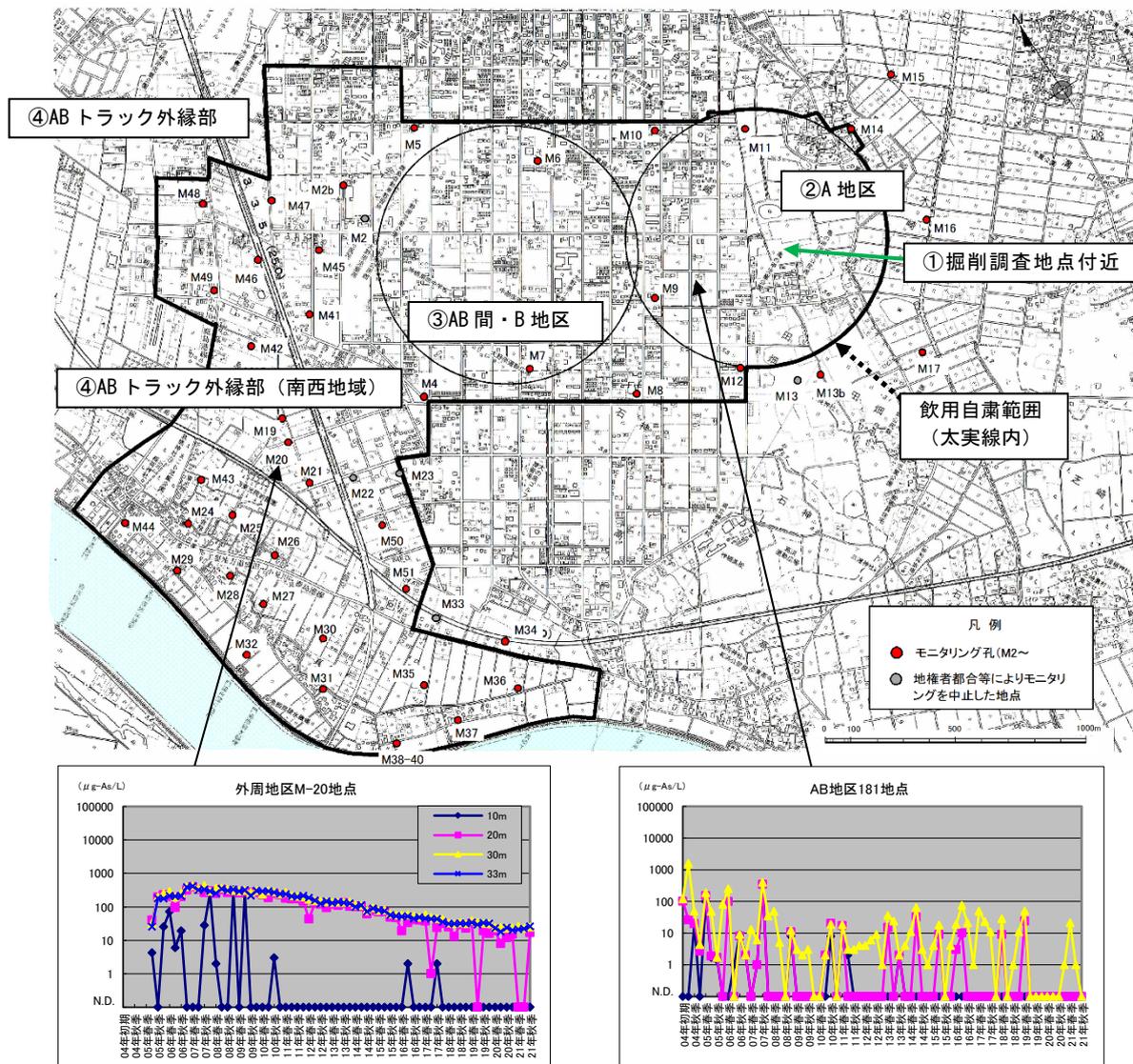


図 8 地下水モニタリング結果概要図

(AB 間から AB トラック南西地域にかけての有機ヒ素化合物濃度グラフ)