

## 8. コンクリート様の塊の投入時期等及びA井戸等の汚染メカニズムについて

### 8.1 コンクリート様の塊の投入時期等について

#### 8.1.1 コンクリート様の塊の性状・投入方法

コンクリート様の塊等に含まれているジフェニルアルシン酸は、旧軍がくしゃみ剤等として利用していたジフェニルシアノアルシン、ジフェニルクロロアルシン等の毒ガス成分が分解したのではなく、ジフェニルアルシン酸そのものである可能性が極めて高い。ジフェニルアルシン酸約 180kg（ヒ素換算値、現時点での推定値）が約 52 トンのコンクリートのようなものに混ぜられて投入された可能性が高い。

##### 1) コンクリート様の塊の形状

コンクリート様の塊は、掘削範囲の中で大小あわせて 3 個体発見され、その大きさと重量は、東西 10 m×南北 8m×深さ 2m、20.3 トンと東西 1.5m×南北 4m×深さ 2m、5.6 トンと東西 2m×南北 1m×深さ 0.5m、0.97 トンであった。また、これら 3 つの塊以外にもコンクリート様の小片が多数発見されており、コンクリート様の塊の総量は約 52 トンと推計される。これらはすべて同一層準から発見されていることから、同一時期に投入された可能性が高い。

##### 2) コンクリート様の塊の投入方法

最も大きなコンクリート様の塊は 10m×8m×2mと巨大で重量も 20 トン程度あり、固まった状態のものを搬入することは現実的に困難であることや、コンクリート様の塊の形状が不均一であることから、現場で流し込まれたものと考えられる。

##### 3) コンクリート様の塊の分析結果

コンクリート様の塊及び周辺環境からは、これまでのところ毒ガス成分（マスタード、ルイサイト、ジフェニルシアノアルシン、ジフェニルクロロアルシン等）は全く検出されず、またあか剤の筒等の残骸といった毒ガス弾を疑わせるようなものも発見されなかった。あか剤（ジフェニルシアノアルシン、ジフェニルクロロアルシン）が投入されていたとすると、ジフェニルアルシン酸への分解経路で発生し、分解速度が遅くないビスオキドが相当量検出されるとも考えられるが、ほとんど検出されていない。このため、ジフェニルアルシン酸そのものが投入された可能性が極めて高い。

コンクリート様の塊のモルタル部分からは、最高で 11000ppm（可搬式蛍光 X 線法による）の総ヒ素、4900ppm（ヒ素換算値）のジフェニルアルシン酸が検出された（水溶出量）。また、コンクリート様の塊に散在する小さな白色物や、コンクリート様の塊の中から発見されたビン中の白色粉からも数千 ppm（ヒ素換算値）のジフェニルアルシン酸が検出されている。これらのことから、当初のジフェニルアルシン酸の濃度は少なくとも数千 ppm 以上あったことが推察される。また、現在確認された最高のジフェニルアルシン酸濃度が、コンクリート様の塊全体に分布していたと仮定し、当初コンクリート様の塊に含まれていたジフェニルアルシン酸の総量を推計すると、180kg 程度になった。

##### 4) コンクリート様の塊の成分・状態等

コンクリート様の塊自体の成分、構成、状態等を確認したところ、すべて同様の構成物と組成からなっており、同一の作成物であると考えられる。また掘削時の観察およびボーリングコアの詳細観察の結果、コンクリート様の塊内部の構造は様でなく、土壌（粘性土等）の薄層を挟んでおり、コンクリート様の塊内部の粘性土は塊周辺の粘性土と同様のものであることが分かった。また、コンクリート様の

塊自体は、空隙が多く土壌分も含んでおり、一般的なコンクリートと比べて軟質でもろい状態であった。

#### 8.1.2 投入時期

コンクリート様の塊の投入時期は、平成 5 年 6 月 28 日以降の、いけすの埋め戻し時又はこれに近接する時期の可能性が極めて高い。

##### 1) 掘削時に発見された空き缶等の人工物

掘削調査の結果、コンクリート様の塊内および周辺埋土地層内から多数の人工物が発見されたが、これらの内、コンクリート様の塊中から発見された飲用空き缶の製造年月日は平成 5 年 6 月 28 日であった。

また、コンクリート様の塊の周辺の埋土層中から散らばって発見された大量の空き缶類は、そのほとんどが平成 5 年製造であり、最新のものは、平成 5 年 10 月 19 日であった。

このことから、コンクリート様の塊は平成 5 年 6 月 28 日以降に投入された可能性が極めて高い。

##### 2) 航空写真

平成 4 年 10 月撮影の航空写真では、いけすが確認できる。

平成 9 年 1 月撮影の航空写真では、いけす埋め戻し後の更地が確認できるため、いけす埋め戻しは平成 9 年 1 月以前には完了している。

##### 3) 証言情報との関係

土地所有者の証言では、平成 3 年頃にいけすを設置して、平成 4 年頃に埋め戻したとのことであった。

いけすの埋め戻し業者の証言では、平成 4 年頃、作業期間は 2~3 ヶ月程度で埋め戻しを行ったとのことであった。

掘削現場から発見された空き缶等の年代から考えると平成 5 年以降に投入された可能性が極めて高いが、証言情報とは 1 年程度のずれが認められる。

##### 4) 表層状況

コンクリート様の塊周辺の表層土を観察した結果、コンクリート様の塊直上およびその周辺に、さらなる掘削を行った痕跡（新たな埋土による表層の攪乱等）は確認できないことから、一旦埋め戻した後に再度掘削してコンクリート様の塊を投入したとは考えられず、いけす埋め戻し時又はこれに近接する時期にコンクリート様の塊が投入されたものと考えられる。

##### 5) コンクリート様の塊周辺の地層状況および周辺土壌中から発見されたもの

環境ボーリングおよび掘削調査の結果、掘削調査範囲の深度 2~4 m までに、粘性土層として特徴的に連続して分布する地層があり、その中にコンクリート様の塊があることが分かった。その粘性土層中にはコンクリート様の塊以外に、空き缶、番線、コンクリート殻、廃材等の廃棄物が多数発見された。これらのことより、コンクリート様の塊は、廃棄物混じりの土壌を投入する際、同時期に流し込まれた可能性が高い。

### 8.1.3 コンクリート様の塊の原因者

いけすの埋め戻し時期の関係者に任意の聴取を行ったが、コンクリート様の塊の原因者は特定できなかった。引き続き聞き取り調査等を継続していく必要がある。

#### 1) 掘削調査結果

掘削現場からは、がれき類、金属くず、木くずなどの雑多な廃棄物が数トン発見されており、その中には排出場所が特定できる可能性のあるものも含まれていたが、現時点では、コンクリート様の塊の原因者を特定できるような物証は得られていない。

#### 2) 証言情報

いけすの埋戻し時期の関係者に聴取を行ったが、コンクリート様の塊に関する証言は得られなかった。

### 8.1.4 ジフェニルアルシン酸の製造・保有情報及び戦後における発見・処理情報

旧軍は戦時中にジフェニルアルシン酸を原料としてくしゃみ剤を製造していたが、これまでの情報収集の結果、神栖町における当該化学物質の製造、保有、移送、払い下げ等に係る情報は得られなかった。他方、戦後の文献でジフェニルアルシン酸の合成実験例の記述が見られるが、戦後にジフェニルアルシン酸が大量に製造された事実は現時点までに確認されておらず、神栖町で発見されたジフェニルアルシン酸は旧軍に関連するものである可能性が高い。以下、ジフェニルアルシン酸に関して、得られた情報の概要を示す。

#### 1) 旧軍におけるジフェニルアルシン酸等の製造・保有等情報

- ・ 旧軍は、くしゃみ性・嘔吐性ガスとしてジフェニルシアノアルシンを製造していた。その原料として、旧陸軍はジフェニルアルシン酸を使用しており（他方、旧海軍はフェニル亜ヒ酸〔フェニルアルシンオキsidと推定される〕を使用）、民間企業2社にジフェニルアルシン酸を製造・納入させた。
- ・ これまでの情報収集の結果、終戦時における旧軍由来のジフェニルアルシン酸の保有や移送等に係る情報は得られなかった。

#### 2) 戦後におけるジフェニルアルシン酸等の発見・処理等に係る情報

- ・ これまでの情報収集の結果、終戦後に、旧軍のジフェニルアルシン酸が払い下げられたことを示す具体的な記録はまだ確認されていない。
- ・ 戦後におけるジフェニルアルシン酸に係る事案としては、下記の2事案が存在している。うち、については、情報の真偽は未検証であるが、一部で払い下げに係る情報が当時の新聞記事に記されている。

##### 広島市の事案

昭和41年5月に大久野島由来のジフェニルアルシン酸が入ったドラム缶1,120缶（約120t）が放置されていることが判明し、広島県が広島市内にコンクリート槽を建設して埋設した。その後、埋設場所周辺の土壌から環境基準を超えるヒ素汚染が確認されたため、平成7年から平成10年にかけて当該物質及び汚染土壌等が焼却処理された。

##### 大阪府内の事案

平成7年7月12日に、姫路市内の民間企業から姫路市環境事業室に対し、戦時中に製造されたと思われるジフェニルアルシン酸とその中間体が大阪府内の倉庫にあるのでこれを処理したいとする照会がなされた。量はジフェニルアルシン酸が200リットルドラム缶で12本分及びその原料が159本で、民間企業は、現在保管している倉庫が狭く、ドラム缶の腐食が激しいので大阪から兵庫に運搬してコンクリート詰めにして処分したいとしている。なお、本事案のその後の状況を示す情報は得られていない。

#### 3) 戦後におけるジフェニルアルシン酸関連物質の製造法等に係る情報

化学者が記した昭和31年刊行の文献資料には、ジフェニルアルシン・フェニルジクロルアルシン・ジフェニルクロルアルシン・ジフェニルシアノアルシン・フェニルメチルクロルアルシン・フェニルアルソン酸等の有機ヒ素化合物の合成実験例等に係る情報が記されており、ジフェニルアルシン酸の合成についても、ジフェニルアルシン酸が属するジアリールアルシン酸として記されている。また、ジフェニルアルシン酸を用いたジフェニルクロロアルシン及びジフェニルシアノアルシンの合成実験例が記されている。

ジフェニルアルシン酸については、これまでに化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（昭和48年法律第117号）に基づく製造・輸入前の届出が行われた実績がない。また、同法の公布の際、現に業として製造・輸入がなされていた化学物質の名称を記載した「既存化学物質名簿」にも、ジフェニルアルシン酸は掲載されていない。

### 8.1.5 コンクリート様の塊が発見された地点の地歴

これまでの調査の結果、コンクリート様の塊が発見された地点の地歴（南北断面）は、図8.1.1の様に考えられる。

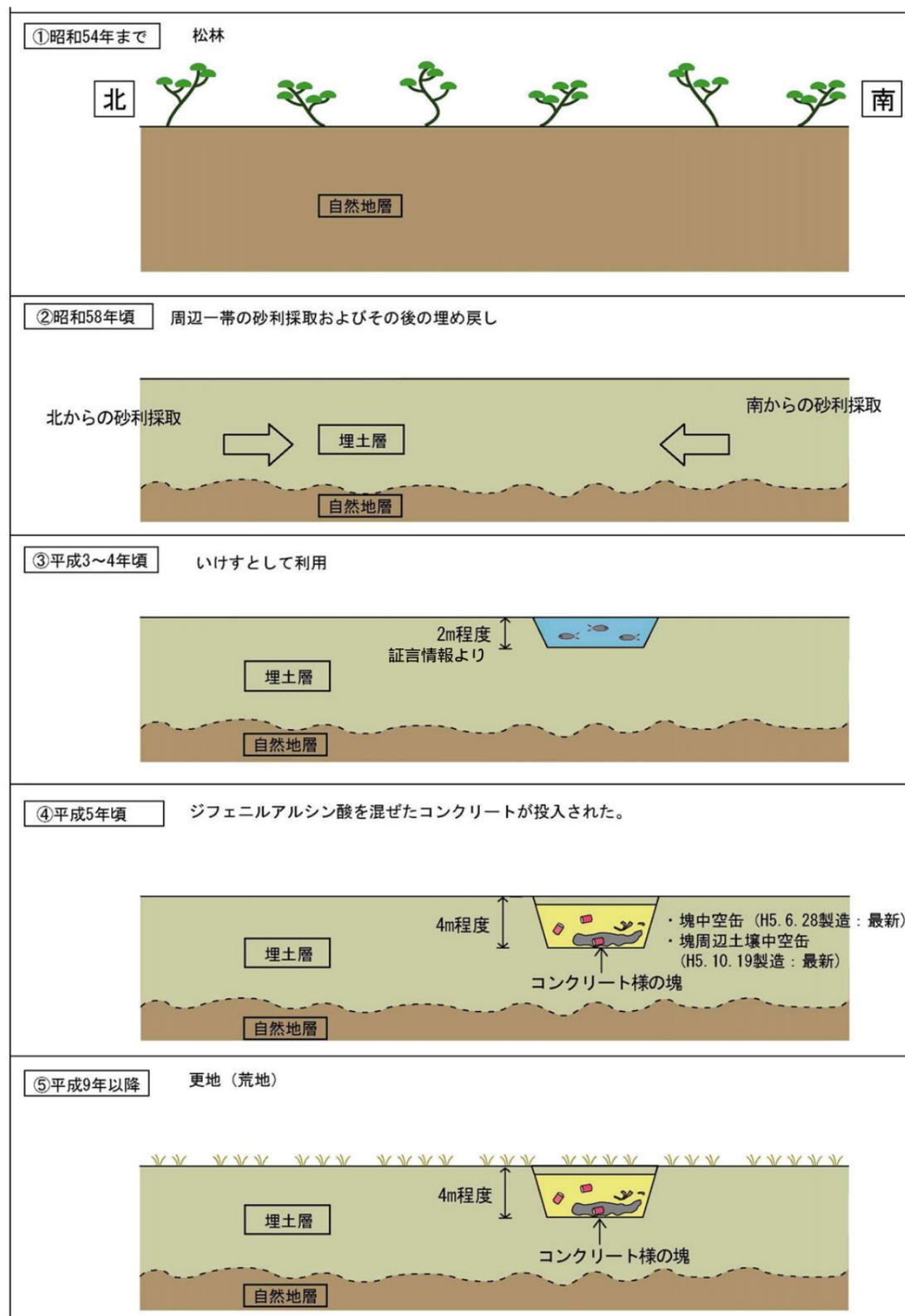


図 8.1.1 コンクリート様の塊が発見された地点の地歴（南北断面）

## 8.2 A 井戸等の汚染メカニズムについて

A 井戸南東 90m 付近で発見されたコンクリート様の塊が、A 井戸の地下水汚染の汚染源である可能性は高い。また、B 地区の汚染についても、A 井戸付近に達した汚染が深層部の地下水を通じて西方向に移動して引き起こされた可能性が高い。A 井戸周辺及び B 地区にこれとは別の汚染源が存在する可能性は完全には否定できないが、現時点で別の汚染源の存在を示唆する確実な知見は得られていない。このため、当面は地下水モニタリングを継続し、地下水中の濃度変化（コンクリート様の塊の撤去後）を中心に解析を継続するとともに、必要に応じて追加調査を行う必要がある。

### 1) 地下水流動、汚染状況

#### 水理地質

- AB トラック内の水理地質は、深さ 30m 付近に分布する粘土層を基盤に、その上位に形成された透水性の良い砂・砂礫地盤から構成されている。中でも粘土層直上の砂礫層（深さ 25m～30m 付近）は、非常に透水性が高い。
- AB トラックおよびその周辺では、昭和 40 年代から現在まで、コンクリート骨材となる砂利が採取され、いたる所で深さ 10m 程度の掘削が行われていた。砂利採取後の埋め戻しは、粗粒分を抜き取った砂や近傍の山砂等（透水性の低い土）で埋め戻されたため、表層の水理地質分布は極めて複雑となっている。

#### 地下水流動・地下水位変動

- 企業用の揚水が始まった昭和 45 年から現在まで、平均的降雨における地下水の流動は、大局的には A 井戸から B 地区に向かう方向にある。
- A 井戸付近の深さ 25m 以深には、透水性の高い砂礫層が広く分布し、非常に良い帯水層となっている。また、地下水流速も浅層部に比べ速い（0.2～0.5m/日程度：実流速）。
- 一方、深さ 20m 以浅では、均質で細粒な砂が主体となり、近傍に最大深度 20m 程度の透水性の低い埋土層が A 井戸南や A 井戸東方に分布する影響で、浅層の地下水は、下部砂礫層に比べ非常に複雑で緩慢（0.01m/日程度：実流速）な流動となっている。
- また、A 井戸南東 90m から A 井戸にかけての流向は、A 井戸および周辺の揚水等の影響で A 井戸南東 90m から A 井戸に向かう流れとなる。
- 平成 16 年 10 月の豪雨以降、地下水位は急激に上昇し、地下水流れは、AB トラック中心付近を頂部に高水位部が形成され、南西に向かう系統と南東に向かう系統に分かれている。

#### 土壌・地下水汚染状況

- A 井戸付近における高濃度地下水汚染は、観測当初から A 井戸から南東と南西にそれぞれ 10m 程度離れた No37 孔（深度 30m：14ppm（ヒ素換算値））と No39 孔（深度 30m：19ppm（ヒ素換算値））付近を中心に認められ、深部ほど高濃度で浅層に行くに従い濃度が低下する傾向にあった。その後の定期的な観測においても、同様の傾向が認められ、2004 年夏季における分析では、A 井戸直近の No34 孔の深度 30m で 33.6ppm（ヒ素換算値）が認められ、2005 年春季の分析では No37 孔直近の No72 でこれまでの最高の 34.3ppm（ヒ素換算値）が認められた。

- ・ A 井戸南東 90m 付近の高濃度地下水汚染は、No124 孔の深度 6～10m の間で 100～120ppm(ヒ素換算値)、深度 15m 以深で 14～35ppm(ヒ素換算値)が確認され、浅層部の濃度が高い。また周辺部で 100ppm(ヒ素換算値)を越えるのは、No124 から西約 10m にある No109 孔の深度 8～10m だけで、その他の箇所の濃度は高くても数 ppm(ヒ素換算値)であり、高濃度域は非常に局所的である。
- ・ また、No124 孔直近の No123 孔ボーリングコア試料中のコンクリート様の塊における溶出試験では、3200ppm(ヒ素換算値)のジフェニルアルシン酸(比重 1.012)が検出された。
- ・ A 井戸と A 井戸南東 90m の間については、データ数が少ないものの深部で濃度が高く、浅層部で濃度が薄い傾向が見られる。
- ・ B 地区では、観測当初 B 地区中心付近にある No170 孔の深さ 15m から 0.45ppm(ヒ素換算値)が確認され、周辺に向かって薄くなる傾向が見られたが、その後の観測により、汚染が全体として西側に移動している可能性が示唆される。
- ・ AB 間では、深度 30m 付近の砂礫層中の濃度が比較的高く、平成 16 年 10 月の豪雨後の分析を除いてほぼ連続しているが、浅層部では連続性が見られない。
- ・ A 井戸の汚染は、深度別の地下水分析および揚水による地下水分析の結果、深部ほど高濃度であることが分かった。また揚水前の地下水からは、非常に低濃度のものしか検出されず、揚水量の増加に伴って濃度も増加する傾向が見られる。

## 2) A 井戸等の汚染メカニズム

上述の ~ から、A 井戸南東 90m 付近に、平成 5 年 6 月以降にジフェニルアルシン酸を含むコンクリート様の塊が投入されて以降の A 井戸等の汚染メカニズムは、次の様に考えられる。

- a) A 井戸南東 90m 付近に投入されたコンクリート様の塊中に含まれていたジフェニルアルシン酸が地下水中に溶出し、しかもジフェニルアルシン酸を高濃度に含む水は、周辺地下水より重いため、汚染を拡散しながら地下水中を降下浸透した。
- b) 深部の砂礫層まで到達したジフェニルアルシン酸は、地下水の速い流れに乗って砂礫層中を A 井戸方向へ動いた。一方で浅層部の汚染は、周辺地盤の透水性および周辺の埋土の影響等を受け、流速が小さい中で拡散した。
- c) A 井戸では、揚水によって A 井戸近傍に分布する高濃度の汚染ブルームを吸い込んだ。
- d) 深部の砂礫層中の汚染物質は、砂礫層中の速い流れに乗って、西方向へ流れ、B 地区に到達した。

## 3) 地下水汚染シミュレーション

最初に、これまでに得られた水理地質および地下水データ等をもとに、広域地下水シミュレーションを行い、過去の地下水位の変動を再現した。次に、広域地下水シミュレーションで得られた地下水位や水理地質条件で、平成 5 年 10 月に A 井戸南東 90m 付近に投入されたコンクリート様の塊から高濃度のジフェニルアルシン酸(3200ppm:ヒ素換算値)が溶出した場合に、前述の汚染メカニズムが再現されるかどうかの地下水汚染シミュレーションを行った。

その結果、コンクリート様の塊から溶出した高濃度のジフェニルアルシン酸を含む地下水が、降下浸透し、浅層部では A 井戸方向にゆっくりと拡散するとともに、深部の砂礫層に達すると速い流れに乗って、A 井戸の南を汚染ブルームの中心部が通過し、西方へ流れることが再現された。

また A 井戸では、コンクリート様の塊から溶出し地下水の流れに乗って移流・拡散してきた汚染ブルームを吸い込み、シミュレーション結果からは平成 10 年 10 月くらいから 1ppm(ヒ素換算値)を越える濃度が検出される可能性が得られた。

また、A 井戸近傍の深部砂礫層中を通過した汚染ブルームは、地下水位測定結果やシミュレーション結果による流向流速などを見る限り、2～10 年程度で B 地区に到達すると考えられる。

以上のことより、シミュレーション結果と実測値が矛盾しないことが確認され、B 地区の汚染についても A 井戸付近にある汚染が汚染源になりうることが分かった。

## 4) これまでの環境調査結果

A 井戸での汚染が発見されて以降、AB トラック内の全ての井戸水調査を実施し、井戸水の汚染状況を把握した。また、A 井戸を中心に半径 200m から絞り込む形で汚染源の探索を行ってきた。それらの調査の結果、10ppm(ヒ素換算値)を越える高濃度の地下水汚染は A 井戸直近及び A 井戸南東 90m を除いて確認されていない。A 井戸直近では自然地層である深部ほど濃度が高い傾向にある。A 井戸南東 90m ではコンクリート様の塊が発見された埋土層内およびその直下の浅層部において濃度が高く、深部ほど濃度が下がる傾向にある。

B 地区においては中心付近で 0.45ppm(ヒ素換算値)の地下水汚染が確認され、周辺に向かって薄くなる傾向がみられたが、その後の定期的な観測により、汚染が全体として西側に移動している可能性が示唆された。また、B 地区の土壌からは埋土層中に高濃度の汚染は確認されていない。

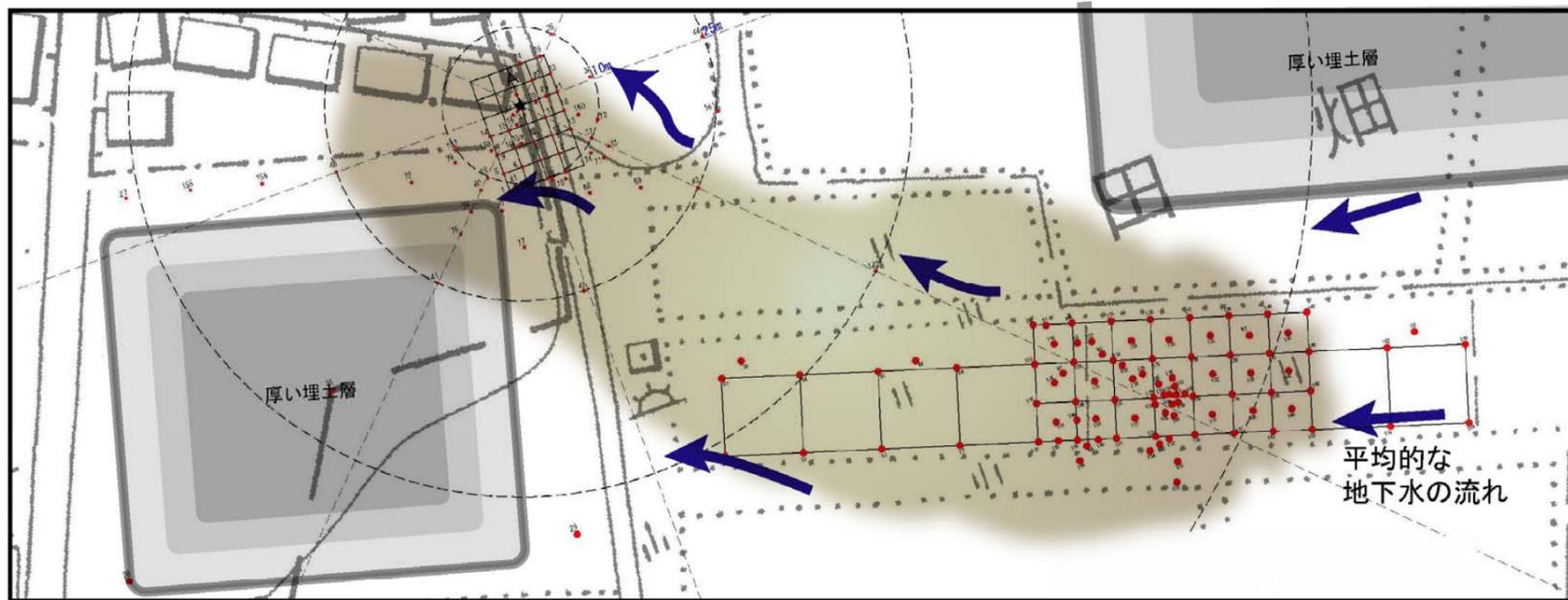
この他、現段階で、A 井戸南東 90m 地点で発見されたコンクリート様の塊以外の汚染源の存在を示唆する確実な知見は得られていない。

## 5) ジフェニルアルシン酸の量の収支

現在確認された最高濃度のジフェニルアルシン酸がコンクリート様の塊全体に分布していたと仮定すると、コンクリート様の塊が投入された当初に塊中に含まれていたジフェニルアルシン酸の総量は 180kg(ヒ素換算値)と推計される。一方で、地下水汚染の現状から推計した、既に拡散してしまっている地下水中のジフェニルアルシン酸の総量は 100kg 程度、掘削により除去された土壌中に含有していたジフェニルアルシン酸量は 11kg 程度とそれぞれ推計され、推計量による収支は、ある程度整合がとれているものと考えられる。

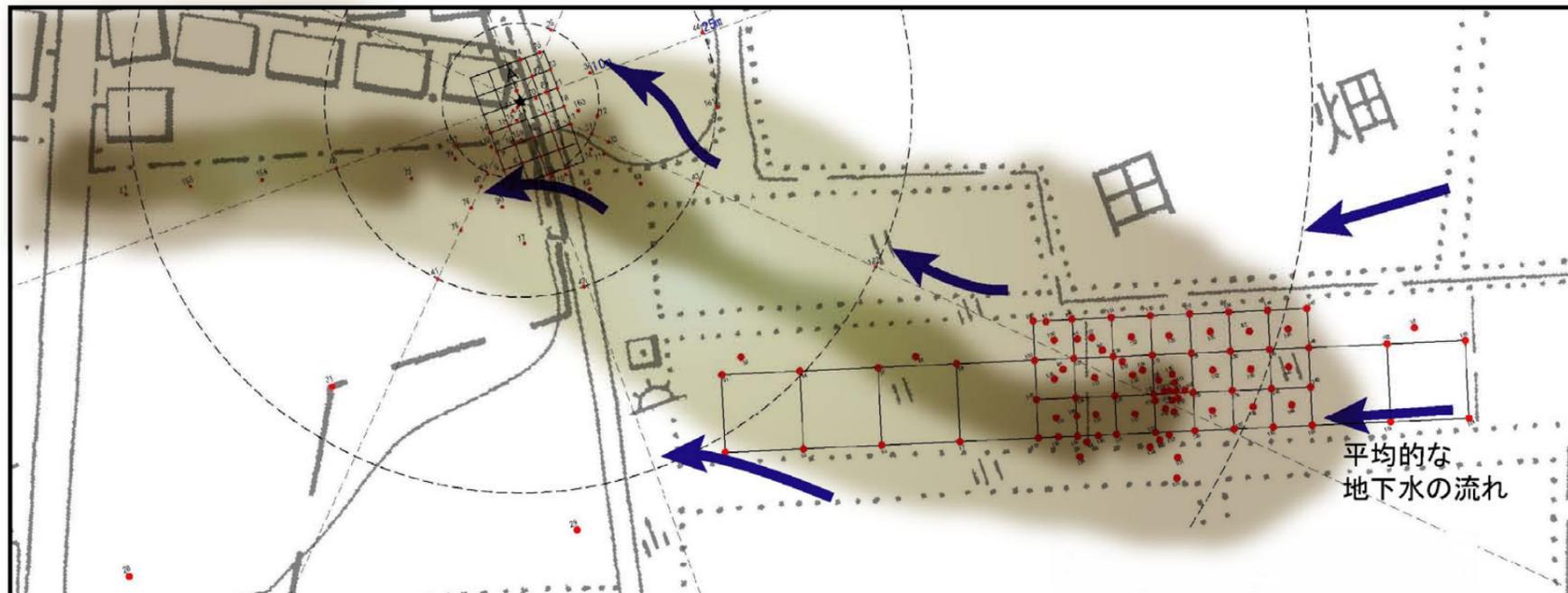
〈浅層部地下水汚染状況図〉

汚染プルームは、大局的にはA井戸方向へ向かうが深層部に比べ透水性の低い砂層や埋土層が複雑に分布するため流向流速が乱れ、緩慢な動きとなる。



〈深層部地下水汚染状況図〉

深層部は非常に透水性の良い砂礫層が分布するため、砂礫層に達した汚染プルームは速い流れに乗って浅層部の汚染プルームより早くA井戸付近を通過しB地区方向へ移動する。



〈地下水汚染模式断面図〉

コンクリート様の塊より溶出した高濃度のジフェニルアルシン酸は、自身の水より重い密度により、下方へ降下浸透する。浅層部では拡散により汚染を広げ深層部では速い流れに乗ってより遠くへ移動する。

