

茨城県神栖市における汚染メカニズム解明調査の状況について (案)

1. はじめに

平成17年6月に「茨城県神栖市における汚染メカニズム解明のための調査 中間報告書」(以下『汚染メカニズム中間報告書』という。)を公表したが、その後も引き続き地下水モニタリングを継続しているとともに、A井戸の南東90メートル地点で発見された高濃度のジフェニルアルシン酸(DPAA)を含むコンクリート様の塊を撤去した後の地下水中のDPAAの濃度変化について解析を行ってきたところである。

また、『汚染メカニズム中間報告書』公表以後、新たなコンクリート様の塊が発見されたこと(その内容は「茨城県神栖市における汚染メカニズム解明のための調査 中間報告書 追補版」(以下『中間報告書追補版』という。)において報告済み。)、地下水モニタリングによりABトラック南西地域において新たな地下水汚染が確認されるなど、いくつかの追加情報が得られた。

本資料では、これらの追加情報を踏まえ、汚染メカニズムの検討及び汚染の将来予測を行うための一手法として検討を進めている地下水汚染シミュレーション等の状況について、報告を行うものである。

2. 汚染メカニズム解明調査の状況について

図-1で示す調査フロー(平成17年度国内における毒ガス弾等に関する総合調査検討会(第4回)資料6にて示したフローを一部修正)に基づき、汚染メカニズム解明調査を継続して実施している。

これまで、地下水モニタリングの結果については定期的に公表しており、また、追加的に実施した揚水調査の結果、B地区における水田の水分特性(不飽和)試験の結果等について、既に公表したところである。

本資料では、現時点における地下水モニタリングの状況、A井戸付近を対象とした「A井戸詳細地下水汚染シミュレーション：現況再現解析」およびABトラック周辺地域を対象とした「ABトラック広域地下水汚染シミュレーション：現況再現解析」等について報告する。

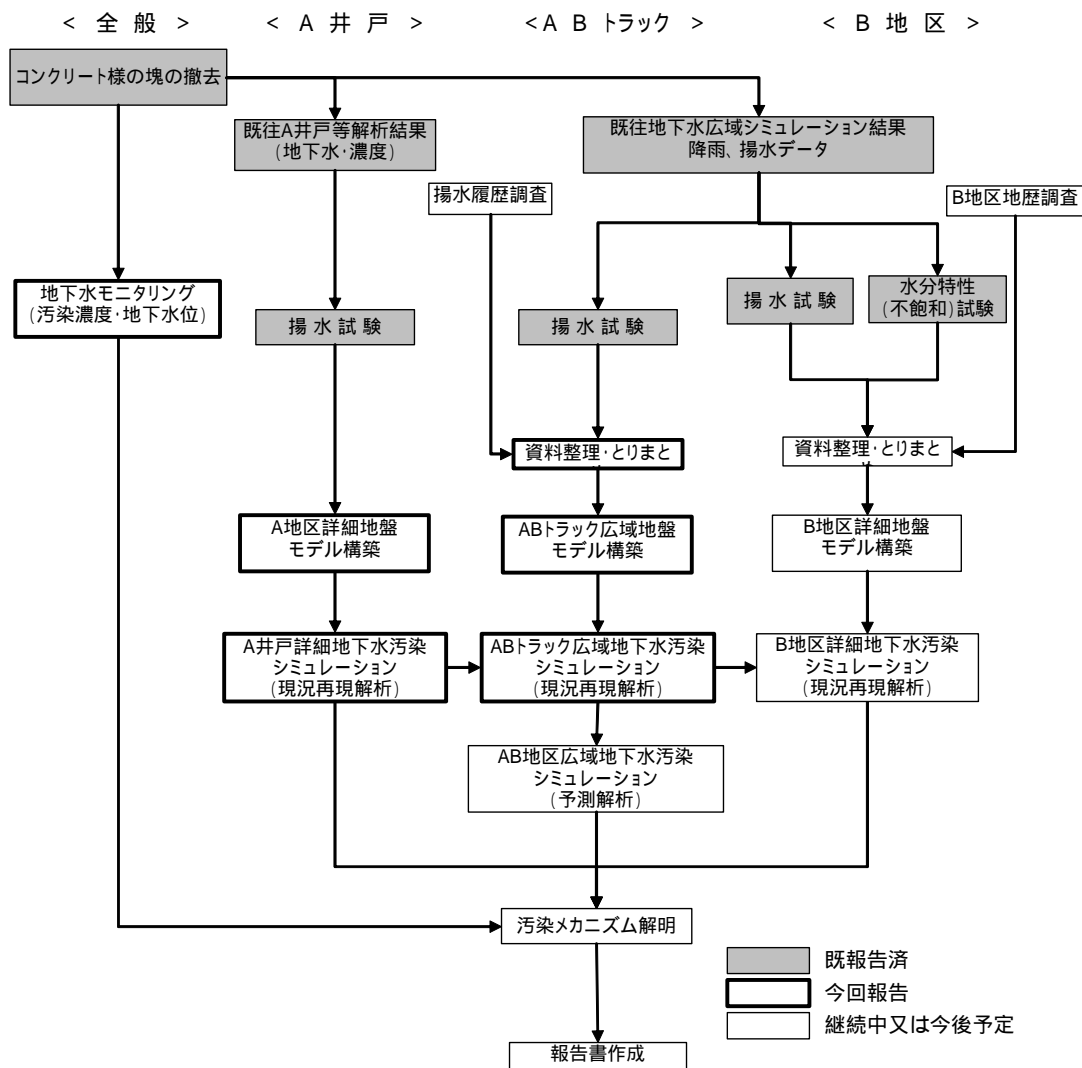


図-1汚染メカニズム解明のための調査フロー

3. 地下水モニタリングの状況について

3.1 地下水位の状況(まとめ)

地下水の水位測定は毎月実施している。

地下水位は、平成 16 年 10 月の多雨により急激に上昇し、一時的に AB 間中心付近を尾根として、A 井戸周辺では南東方向に、B 地区周辺では南西方向に分かれる流れになった。

しかしながら、その後、地下水位は概ね低下傾向にあり、地下水の流れは、大局的には平成 16 年 10 月の多雨以前の傾向に戻りつつある。すなわち、時期により地下水位の高さに若干の変動はあるものの、大局的には A 井戸から B 地区へ、さらに AB トラック南西地域に向かう傾向にある。

3.2 DPAA の検出状況（まとめ）

DPAA の分析は季節ごとに行っている。

これまでの DPAA の分析結果の概要は資料 4 のとおりであるが、現時点における DPAA の検出状況を踏まえてまとめると、以下のとおりである。

(1) 掘削調査地点周辺

コンクリート様の塊の撤去前は、深度 10m で最大 150mg/L（ヒ素換算値）、深度 30m で 50mg/L（ヒ素換算値）を超える DPAA が確認されていたが、コンクリート様の塊の撤去後、深度 10m で最大 7mg/L（ヒ素換算値）、深度 30m で最大 0.9mg/L（ヒ素換算値）と、DPAA 濃度が大きく低下しており、コンクリート様の塊の撤去による効果が現れ始めていると考えられる。

(2) A 井戸周辺

浅層部を主体に DPAA の濃度は低下傾向にあるものの、No39 孔や B-1 井戸の深層部では、現状でも DPAA が 10mg/L（ヒ素換算値）程度の高濃度で推移しており、全体的にはまだコンクリート様の塊の撤去による効果が明確に現れていない。今後も引き続き地下水モニタリングを継続し、汚染状況を把握する必要がある。

また、A 井戸直近の No34 孔やグラウンド北西角の No27 孔などは、時期によって濃度が大きく変動しているが、これは降雨に伴う地下水変動の影響により、汚染ブルームが南北に揺らぐように移動しているためと考えられる。

他方、No39 孔の深層部では、恒常的に DPAA が高濃度で検出されているが、これは、当地点が汚染ブルームの中心部分にあたるためと考えられる。

(3) B 地区

現時点では、A 井戸周辺や掘削調査地点周辺のような高濃度の地下水汚染は確認されておらず、掘削調査地点で発見されたコンクリート様の塊と同じような汚染源が B 地区に存在するとは考えにくい。

また、B 地区の浅層部の地下水については、DPAA 濃度が全体的に低下傾向にあるものの、一部モニタリング孔においては、濃度が一時的に増加しており、付近の水利用が原因となっている可能性があるため、付近に存在する井戸等の地下水利用状況等を確認する必要がある。

(4) AB 間

B 地区と同様に高濃度の地下水汚染は確認されておらず、特に浅層部の地下水について濃度が低下していることから、掘削調査地点で発見されたコンクリート様の塊と同じような汚染源が AB 間に存在するとは考えにくい。

(5) AB トラック南西地域

AB トラック南西地域については、平成 17 年より M-3、M-20 のモニタリング孔から DPAA が検出されており、また、新たに外縁部に設置した 6 本のモニタリング孔については、平成 18 年秋季に M-27 から DPAA が検出（速報ベース）されたところである。

以上の状況を踏まえると、AB トラック南西地域においても引き続きモニタリングを継続し、汚染状況を把握する必要がある。

4. 地下水汚染シミュレーションの状況について

A 井戸詳細地下水汚染シミュレーションの状況の詳細は資料5、AB 地区広域地下水汚染シミュレーションの状況の詳細は資料6のとおり。現時点における地下水汚染シミュレーションの状況をまとめると、以下のとおりである。

4.1 A井戸詳細地下水汚染シミュレーションの状況（まとめ）

『汚染メカニズム中間報告書』におけるA井戸等地下水汚染シミュレーションの結果を補足するため、特にA井戸揚水による深層部の地下水流向等の変化について、モデルの精度を向上させてシミュレーションを行っている。

また、コンクリート様の塊からのDPAA溶出濃度の設定について、『汚染メカニズム中間報告書』では、掘削調査地点内のNo123ボーリングコアの溶出試験から得られたDPAA濃度3200mg/L（ヒ素換算値）を参考に、この濃度が汚染当初から発見時までコンクリート様の塊にあり続けると仮定してシミュレーションを行ったが、汚染当初の濃度については現時点でも不明であるため、今回のシミュレーションでは、汚染当初のDPAA溶出濃度について3ケース（10000、3200、1000mg/L：ヒ素換算値）設定し、比較検討を行った。

また、実際の現象として、汚染源におけるDPAA濃度は、時間の経過やコンクリート様の塊からの溶出が進むにつれて低下していくと考えられるため、平成17年にコンクリート様の塊を撤去したことも考慮し、汚染源濃度が低下していく条件でのシミュレーションにより現況の地下水汚染状況が再現できるかどうかについて、検討を行った。

現時点におけるシミュレーション結果は、以下のとおりである。

『汚染メカニズム中間報告書』における汚染地下水シミュレーション結果と同様に、コンクリート様の塊から溶出した周辺地下水より重い高濃度の地下水が降下浸透し、汚染を拡散させながら、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、速い流速でA井戸直近を通過し、西方へ流れていく結果となった。

コンクリート様の塊の当初のDPAA溶出濃度は、現況の汚染状況を再現するには、3200mg/L（ヒ素換算値）が妥当であった。

コンクリート様の塊からのDPAA溶出濃度が時間とともに減少すると仮定した場合、汚染源掘削調査により汚染源（コンクリート様の塊）を撤去した効果も加わり、深度30m付近では、序々に高濃度の汚染ブルームが減少する傾向が見られた。

ただし、A井戸直下の深度30mの高濃度部については、コンクリート様の塊撤去後も、DPAAの濃度に急激な変化はない結果となった。

浅層部の汚染分布は地層の分布状況に支配され、不均質に透水性の低い埋土層が分布する影響で、汚染地下水は埋土ではない砂層等を通じて移動し、A井戸方向に向かうことが再現された。そのため、A井戸からの揚水の影響を受けて、A井戸内に汚染地下水が流入した可能性が示唆された。

これらは、現在地下水モニタリングで確認されている汚染状況と矛盾ない結果となっている。

4.2 AB地区広域地下水汚染シミュレーションの状況（まとめ）

AB地区広域地下水汚染シミュレーションの範囲は、A井戸、B地区およびABトラック南西地域を含めた範囲とした。

シミュレーションでは、コンクリート様の塊から溶出したDPAAが浸透降下し、コンクリート様の塊の直下の流速の速い砂礫層に達した高濃度地下水が、B地区およびABトラック南西地域で確認されている地下水汚染の汚染源となりうるかについて、降雨条件、企業局井戸の揚水状況の変化、および『汚染メカニズム中間報告書』の広域地下水シミュレーションで得られた地下水位条件等を考慮して再現を行った。

現時点におけるシミュレーション結果は、以下のとおりである。

A井戸詳細地下水汚染シミュレーション結果より、浸透降下したDPAAが平成8年1月頃にコンクリート様の塊直下の流速の速い砂礫層に到達したと仮定してシミュレーションを行ったところ、汚染地下水は汚染を拡散させながら移動し、平成10年1月頃に0.01 mg/L（ヒ素換算値）のDPAAがB地区の深層部（深度30m）に到達し、さらに周辺の揚水井戸の影響を受けながら、DPAAがABトラックの南西地域に到達する結果となった。

より、B地区における深層部（深度30m）の地下水汚染については、A井戸南東90mで発見されたコンクリート様の塊が汚染源である可能性が示唆される。

5. 今後の予定

5.1 地下水モニタリングについて

今後も定期的な地下水モニタリングを行っていくこととするが、地下水中のDPAA濃度の変化、地下水の流向状況等を踏まえながら、地下水モニタリングを効果的に行うことができるようにモニタリング地点を選定することとする。

5.2 地下水汚染シミュレーションについて

本資料で示したシミュレーション結果を精査するとともに、「B地区詳細地下水汚染シミュレーション：現況再現解析」および「AB広域地下水汚染シミュレーション：予測解析」を行う予定である。

B地区については、現時点で浅層部のDPAA濃度は低下してきているものの、当初は数mg/L（ヒ素換算値）程度のDPAAが浅層部で検出されていたことから、周辺の地下水利用状況等を考慮したシミュレーションを行い、B地区における汚染メカニズムの解明に資する予定である。

また、定期的な地下水モニタリングの結果及び地下水汚染シミュレーションの結果に基づき、汚染メカニズムの全容解明を目指すものとする。

(参考) 地下水汚染シミュレーションの適応と限界について

シミュレーションは、あるシステムの動態を調べる場合に、そのシステムを構成する基本要素(パラメータ)を抽出して、現実の状態を反映できるモデルを構築し、そのモデルで数値実験を行う手法と定義できる。

土壌・地下水汚染問題では、地域に与える社会的影響が大きいため、すべての箇所で直接野外実験を行い、その効果を確認することは困難である。こうした場合に、地下水汚染シミュレーションが実施される。地下水汚染シミュレーションは、モデル上で汚染物質の挙動が観察でき、さらにいろいろな対策を立案したとき、その効果を具体的に検討できる有効な手法である。

しかし、その一方で、シミュレーション結果の評価については、シミュレーションの持つ特性と限界を十分に考慮して、抽出した構成要素(パラメータ)がシステムの動態をどの程度再現しうるのか慎重に検討する必要がある。

具体的には、モデル化する対象領域がシステムを十分反映できる大きさであるか、得られた結果が観測された現象から逸脱していないか、抽出した構成要素(パラメータ)がシステムを再現するのに十分であるか、などである。

また、これらの検討が十分に行われたとしても、それでも、すべての事象が数量化されモデル化されるわけではないことに留意する必要がある。

茨城県神栖市における地下水汚染問題をシミュレーションで取り扱う場合、地下水流れと汚染物質輸送を適切にモデル化することになる。

地下水の流れと汚染物質輸送は、降雨、浸透、蒸発、水利用(水田、揚水)などいろいろな条件が相互に影響しあっている。

シミュレーションは、原理上、これら多くの条件を含めた計算が可能であるが、全ての条件を厳密に数量化して取り込むことは難しく、学術的に許容される範囲内でモデル化(単純化)を行っている。

例えば、対象とする範囲の地盤情報(地質や透水性など)、家庭用・事業用井戸や水田などにおける地下水利用量、水田や裸地からの雨水浸透量などをモデルに組み込むためには合理的な仮定、水田からの地下浸透量は場所によらず一定など、が必要である。

また、今回の地下水汚染シミュレーションでは、汚染源の設定が非常に重要であるが、当初の汚染物質濃度や濃度については、汚染初期の正確な数値がわからないので、汚染土壌掘削時の観測データを基に予測して使用している。

このような制約がある中で、今回の地下水汚染シミュレーションは、気象、地盤、地下水位、水利用、汚染濃度など、できる限り現場で収集・整理したデータを使用しており、また水文地質学の基本的法則に基づきモデル化した上で、一定の仮定条件の下で計算を行っているものである。また、その結果が現実の事象と矛盾ないかを確認するものである。