

1.3. 高濃度汚染対策

1.3.1. 高濃度汚染対策の実施に至る経緯

2003年3月に、茨城県神栖町（当時）で発覚したDPAAによる地下水汚染については、何者かが地中に投棄したDPAAを含むコンクリート様の塊が汚染源であることが判明した。発見されたコンクリート様の塊は、その後、周辺の汚染土壌とともに全て現場から除去され焼却処理されたが、それらを除去した後においても、A井戸付近や掘削調査地点の地下水からは依然として高濃度のDPAAが検出される状況にあった。高濃度の汚染地下水が残存することは、汚染拡大の原因にもなりうることから、高濃度汚染対策を実施することとされた。

高濃度汚染対策の実施に先立ち、環境省では平成17年度有機ヒ素化合物等に汚染された土壌及び地下水の浄化技術に関する調査研究業務を実施した。その結果、当該地の水理条件においては揚水浄化技術が最も適切と判断された。

1.3.2. 高濃度汚染対策手法検討のための揚水可能量等の調査

(1) 調査の目的

高濃度汚染対策の手法を検討するに当たり、掘削調査地点の表層には付近と比較して高濃度の汚染が残存していたこと、さらには掘削調査地点の深さ4m程度までは、粘性土を主体とした埋戻し土であったことから、効果的な対策のためには、ある程度の流速を強制的に発生させる揚水と注水の併用や、地下水面上位に存在するDPAAの除去を目的とした地表部からの水の浸透を組み合わせた対策が有効と考えられた。

このことを踏まえ、環境省は、2007～2008年にかけて掘削調査地点における高濃度汚染対策の具体的な方法の検討のための基礎資料を得ることを目的とした調査を実施した。

(2) 調査の概要

調査は以下の4項目を行った。

- ①表層土壌の透水性を把握するための表層浸透試験及び1次元浸透解析
- ②適正揚水量及び注水量を把握するための揚水試験及び揚水注水併用試験
- ③土壌のDPAA脱着特性を把握するためのカラム試験
- ④実対策規模の揚水量及び注水量を検討するための数値解析と現場実証試験

(3) 透水性

表層浸透試験は、掘削調査地点内の粘性土と砂質土の2箇所の埋土の透水性を把握するために実施した。結果は表1.3.1に示すとおりで、粘性土の透水係数は $2.19\sim 5.48\times 10^{-4}\text{cm/s}$ 、砂質土のそれは $7.95\times 10^{-3}\sim 3.08\times 10^{-2}\text{cm/s}$ となり、砂質土が粘性土よりも100倍近く透水係数が高いことが判明した。

表 1.3.1 表層浸透試験に基づく透水係数一覧

地点名	イベント	R [cm]	r [cm]	L [cm]	平衡水位 [水位標高m]	h1 [水位標高m]	h2 [水位標高m]	h1 [cm]	h2 [cm]	t2-t1 [分]	K:透水係数 [cm/sec]
P1 (粘性土)	①	96	48	50	3.15	2.56	2.67	59	48	265	2.19E-04
	②				3.08	2.56	2.67	52	41	260	2.57E-04
	③				2.75	2.56	2.66	19	9	425	4.93E-04
	④				2.78	2.56	2.67	22	11	355	5.48E-04
P2 (砂質土)	⑤				3.34	2.97	3.13	37	21	20	7.95E-03
	⑥				3.14	2.94	3.03	20	11	15	1.12E-02
	⑦				3.22	2.99	3.15	23	7	20	1.67E-02
	⑧				3.12	2.97	3.07	15	5	10	3.08E-02
	⑨				3.20	2.87	3.01	33	19	15	1.03E-02

イベント：注水のこと
R：ケーシングパイプの内径
r：透水部の半径
L：透水部の長さ
h1：t1時における平衡水位との水頭差
h2：t2時における平衡水位との水頭差
平衡水位：各イベントでの最高水位

(4) 揚水量及び注水量

揚水量と注水量については、3段階の調査を行った。第1段階は段階揚水試験により限界揚水量を、第2段階は限界揚水量での揚水を行いながらの段階注水試験により限界注水量を求めた。第3段階は、第2段階で求めた限界揚水量で揚水を行いながらの限界注水量において、24時間連続揚水及び注水試験により、安定的に揚水・注水できるか、さらには周辺観測井戸で異常な地下水位の変動がないかを確認した。

第1段階及び第2段階の調査結果は、表1.3.2に示すとおりで第1段階の限界揚水量は5.7L/min、第2段階の限界注水量（揚水併用）は2.5L/minとなった。さらにこの流量条件下で24時間連続運転を実施したが、周辺観測孔において異常な水位上昇、水位低下を示す井戸は確認されず、この流量条件であれば揚水・注水できると判断された。

表 1.3.2 段階揚水試験及び段階揚水注水併用試験結果

項目	対象孔	限界揚水量 (L/min)	限界注水量 (L/min)	備考
段階揚水試験	F-17	5.7		
段階揚水注水併用試験	F-16（注水） F-5（揚水）		2.5	限界注水量はF-5にて5.7L/minの揚水を行いながらの値

(5) 土壌のDPAAの脱着特性

土壌のDPAAの脱着特性を把握するため、現場の汚染土壌を用いカラム試験を実施した。カラム試験は流速条件を3つに分けて実施した。

結果は、表1.3.3に示すとおりで、高流速条件下（RUN1）では遅延は発生しなかったが、中～低流速条件下（RUN2、RUN3）では1.7～1.9の遅延係数が得られた。

表 1.3.3 土壌の DPAA 脱着特性試験結果

系列	土壌試料名	平均流量 (ml/min)	流速 (cm/min)		断面積 (cm ²)	有効間 隙率	透水係数 (cm/sec)	遅延 係数	総ヒ素含有量 (mg/kg)		除去率
			ダル-流速	実流速					初期	最後	
RUN1	F16GL-2.5~3.3m	10.7	0.28	0.84	38.465	0.33	1.9E-03	0.9 ^{※1}	5.9	5.1	0.14
RUN2	F16GL-2.5~3.3m	1.11	0.029	0.10	38.465	0.29	1.5E-03	1.9	5.9	17	-1.88 ^{※2}
RUN3	F18GL-2.5~3.3m	0.14	0.0036	0.013	38.465	0.29	3.9E-04	1.7	5.8	5.3	0.09

※1：遅延係数は、非吸着の NaCl とヒ素の濃度半減時点の通水量比より算出し、理論上「1」以上となるが、高流速条件下 (RUN1) では、試験上の誤差により 0.9 となった。

※2：初期値と通水後の最後の分析の対象とした試料の濃度に差があり、最後の分析を行った試料の濃度が初期よりも高かったため除去率がマイナスとなった。

(6) 現場実証試験による掘削調査地点内における適正揚水量及び注水量の確認

前述の揚水注水併用試験結果に基づき、数値解析にて掘削調査地点における適正な揚水量及び注水量を検討した上で現場実証試験を行った。検討に際し、F-16 での限界注水量が 2.5L/min と極めて少なかったことから、雨水や注水による浸透効果を促進させるため、深さ 2.0~2.5m に層厚 0.5m の砕石を敷設した。敷設した砕石は、砕石 4,020 (粒度範囲 20~40mm) である。

数値解析の結果、揚水量 60m³/日、注水量 50m³/日程度であれば異常な地下水位の変動はないと予測されたため、現場実証試験にて確認を行った。結果は、表 1.3.4 に示すとおり、24 時間連続試験により、42m³/日程度の注水量が確認されたが、周辺の観測孔での地下水位に著しい上昇は見られず、注水可能量としてはさらに余力があると考えられた。各井戸の揚水量は、試験時の井戸の水位低下量から考えてほぼ最大量と考えられたが、揚水井戸を増やし総揚水量を増やすことで、総注水量も増やすことが可能と考えられた。

表 1.3.4 掘削調査地点における連続揚水注水現場実証試験結果一覧

試験内容	井戸名	時間	単位揚水・注水量 (L/分)	時間毎の揚水・注水量 (L)	各孔の揚水・注水総量 (L)	試験全体での揚水・注水総量 (L)	揚水・注水量 (m ³ /日)	
注水	F-20, F-21	29日 14:00~15:20	100 (50L/min × 2孔)	8,000	31,680	45,440	42	
		29日 15:20~30日 16:00	16 (8L/min × 2孔)	23,680				
	F-16, F-17 F-18, F-19	29日 14:00~15:20	24 (6L/min × 4孔)	1,920	13,760			
		29日 15:20~30日 16:00	8 (2L/min × 4孔)	11,840				
揚水	F-6	29日 14:20~17:00		6	19,320	53,493	50	
		29日 17:00~30日 8:30		12				11,160
		30日 8:30~10:00		20				1,800
		30日 10:00~16:00		15				5,400
	F-22	29日 14:20~17:00		6	4,713			
		29日 17:00~30日 8:30		3.6				3,348
		30日 8:30~10:00		0.9				81
		30日 10:00~16:00		0.9				324
	F-1	29日 14:20~17:00		6	18,204			
		29日 17:00~30日 8:30		10.8				10,044
		30日 8:30~10:00		20				1,800
		30日 10:00~16:00		15				5,400
	F-5	29日 14:20~17:00		6	11,256			
		29日 17:00~30日 8:30		7.2				6,696
		30日 8:30~10:00		8				720
		30日 10:00~16:00		8				2,880

1.3.3. 高濃度汚染対策の計画

(1) 対策の方針

神栖地区の DPAA による地下水汚染は、1993 年に始まったと考えられ、汚染地下水は B 地区、さらには常陸利根川方向へ広がっていた。このように広域に広がった地下水汚染を浄化 (対策) する場合、その全範囲を対象とすることは技術的に難しいため、効果的な対策を検討する必要があった。

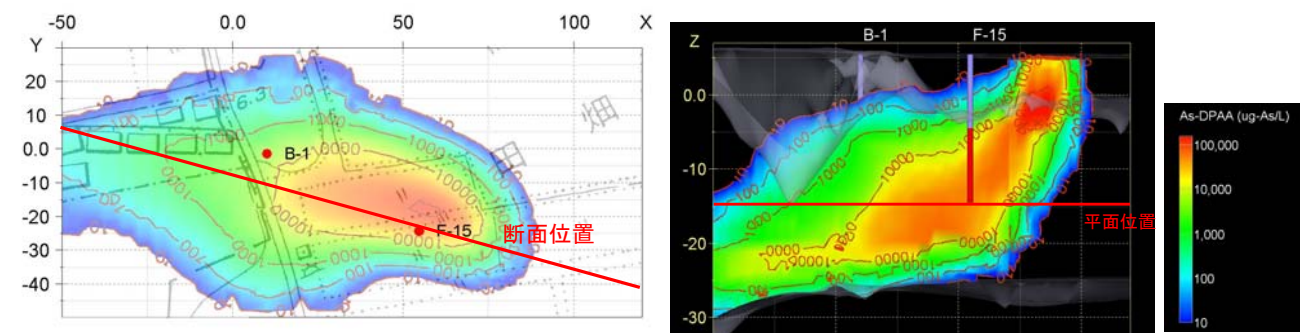
A 井戸周辺の地下水汚染は、高濃度汚染対策の開始前では 10~30mg-As/L と極めて高濃度であったため、本対策による汚染されていない地域への新たな地下水汚染の拡散を防止する必要があった。

そのため、高濃度汚染対策は、汚染源である掘削調査地点及び高濃度汚染地下水が残存する A 井戸付近 (A 地区) を対象とし、汚染源域での汚染地下水の揚水を行うことで、下流域への高濃度汚染地下水の流出を抑制するものとした。

(2) 対策前に存在していた DPAA 量の推計

高濃度汚染対策の検討に必要な対策前に残存していた DPAA 量は、シミュレーション等報告書における A 井戸詳細地下水シミュレーションの予測解析結果より算出した。

対策開始時点 (2009 年 4 月 29 日) の DPAA の汚染分布は、図 1.3.1 に示すとおりで、A 地区に残存する DPAA 量は 161.26kg (ヒ素換算値) と計算された。ここで、A 地区は、図 1.3.1 の平面図に示す範囲とした。



汚染濃度コンター (平面 : GL-20m)

汚染濃度コンター (断面)

図 1.3.1 高濃度汚染対策開始時点 (2009 年 4 月 29 日) の汚染分布図

(3) 対策の基本条件の検討

高濃度汚染対策の実施に先立ち、地下水汚染シミュレーションモデルを用いて、以下の条件を仮定し、汚染地下水の揚水による対策効果の予測を行った。

- ① 揚水する井戸は、できるだけ効率的な対策とするため、A 井戸の直近で高濃度汚染地下水が残存し、かつ水理定数取得のために設置した B-1 井戸、汚染源があった掘削調査地点、そして高濃度の汚染が残存すると予測された掘削調査地点と A 井戸の中間地点 (F-15 井戸) の 3 箇所を想定する。
- ② 井戸からの揚水量は、対象地域で設置可能なプラント規模、そして汚染メカニズム中間報告書に示した B-1 井戸での揚水試験結果等 (限界揚水量 288m³/日) を参考にし、1 日当たり 300m³とする。
- ③ コンクリート様の塊があった土留め矢板内は、コンクリート様の塊撤去以後も、特に深度 10m 付近

が高濃度に汚染されていたため、事前に実施した現場実証試験結果に基づき、より効果的な対策となるように表層から注水すると同時に深部から揚水し、掘削調査地点内に地下水を浸透させることで対策効率を高めることとする。

- ④ 注水に際し、目詰まり等により注水量の減少が想定されるため、土留め矢板内の表層部の深さ 2.0～2.5m の間に、高透水層となる碎石層を設けることとする（図 1.3.2）。

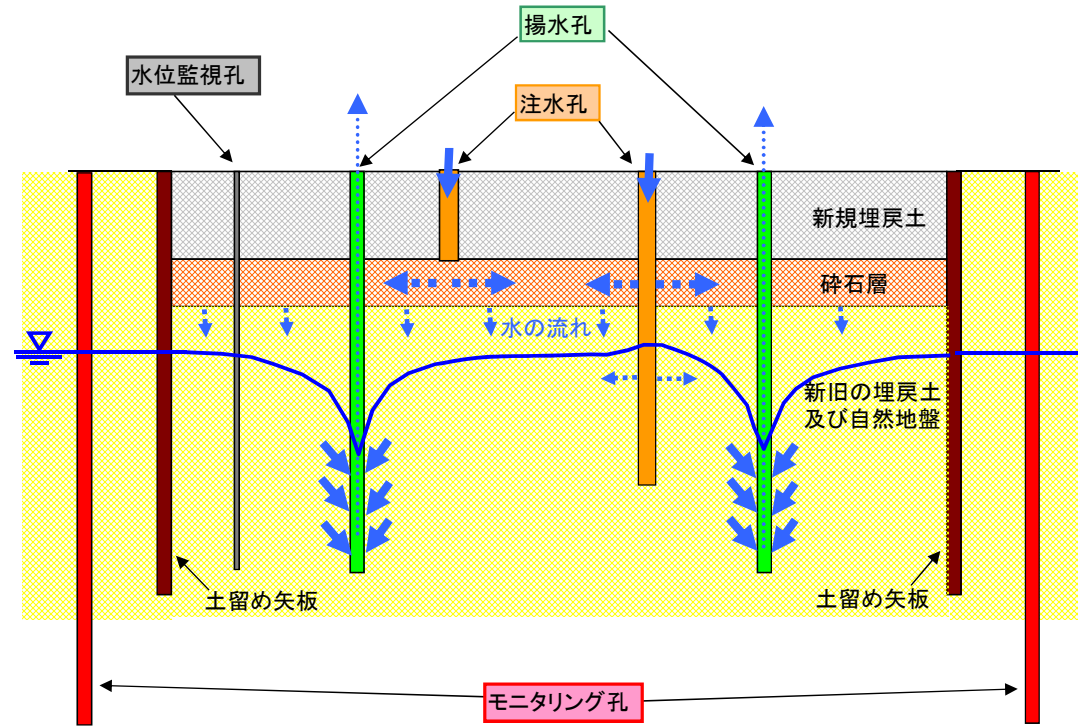


図 1.3.2 高濃度汚染対策における掘削調査地点部の揚水と注水の概念図

上記を踏まえ、シミュレーションにより高濃度汚染対策の効果を予測したところ、2年間の対策を行うことでA井戸周辺のDPAAの90%以上が除去されると試算された。

なお、シミュレーション等報告書では、投棄されたDPAA量を562kg-As、残存しているDPAA量が地下水中に114kg-As、土壌中に73kg-As、計187kg-Asと試算しているが（表1.3.5）、シミュレーションにより算出されたA地区に残存するDPAA量161.26kg-Asは、概ね整合している値となっている。

表 1.3.5 シミュレーション等報告書に示されたDPAA総量の推計値

区分		試算量（ヒ素換算値）	
		重量	試算対象
地下水	地下水中に溶出した量	114kg	DPAA
	土壌中に残留している吸着量	73kg	DPAA
土壌	撤去した土壌中の量	311kg	総ヒ素
	撤去したコンクリート様の塊の量	63kg	総ヒ素
合計		562kg	

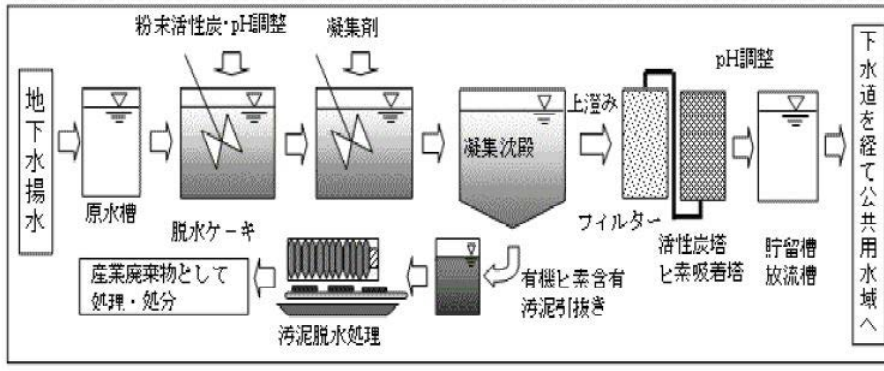
(4) 対策の目標

シミュレーションにより、2年間の対策により90%以上のDPAAが除去されると試算されたことから、高濃度汚染対策の目標は、「高濃度汚染地下水への対策として、汚染地下水の処理施設を設置し、有機ヒ素化合物の除去処理を行う。この対策では、今後2年間の処理を実施することにより、A井戸周辺に残存する有機ヒ素化合物の約90%を除去することを目指す。」と定められた。

(5) 水処理方式

揚水した汚染地下水の処理は、平成17年度有機ヒ素化合物等に汚染された土壌及び地下水の浄化技術に関する調査研究業務において示された技術のうち、比較的効率が良く、費用対効果に優れた「粉末活性炭吸着＋凝集沈殿処理」とした。表1.3.6は、DPAA地下水処理施設の概要である。処理した水のヒ素の排出管理基準値を有機ヒ素化合物として0.01mg-As/L以下、総ヒ素として0.01mg-As/L以下とし、有機ヒ素化合物については月2回頻度で、総ヒ素については毎日モニタリングした。処理水は、貯留槽に貯留し、貯留槽の総ヒ素濃度が0.01mg/L以下を満足することを確認したうえで、下水道に放流することとした。

表 1.3.6 DPAA 地下水処理施設の処理概要

要件	処理仕様
処理方式	
処理能力	300m ³ /日（平均 12.5m ³ /h×24h/日の連続処理）
処理性能	<ul style="list-style-type: none"> 有機ヒ素化合物濃度：0.001mg-As/L 未満 総ヒ素濃度：0.005mg/L 未満
ヒ素の排出管理基準値	<ul style="list-style-type: none"> 有機ヒ素化合物濃度：0.01mg-As/L 以下（頻度：月2回） 総ヒ素濃度：0.01mg/L 以下（頻度：毎日）
処理水放流方式	<ul style="list-style-type: none"> 貯留槽に処理水を貯留し、総ヒ素に関する排出管理基準値（0.01mg/L 以下）を満足することを確認した上で下水道放流する。 なお、貯留槽の総ヒ素濃度が排出管理基準値を超過した場合は、地下水の揚水を中止し、貯留槽の処理水を再処理する。

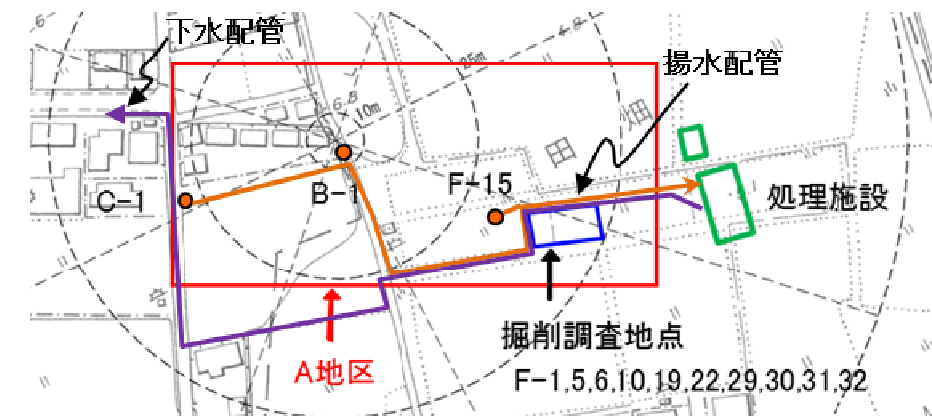


図 1.3.4 高濃度汚染対策施設等の配置図

本対策の目標は、2年間の揚水処理により、A井戸周辺に残存する有機ヒ素化合物（DPAA等）の約90%を除去することであった。2009年～2010年度の2年間の対策により、有機ヒ素化合物の除去量に関する目標は概ね達成されたが、掘削調査地点内の地下水については、依然としてその周辺と比べDPAA濃度が高い状況であったため、引き続き2011年度も、掘削調査地点を中心として揚水処理を行い、できる限り多くの有機ヒ素化合物の除去に努めた。

1.3.4. 高濃度汚染対策の実施

(1) 高濃度汚染対策の概要

高濃度汚染対策は、環境省が茨城県に委託して実施された。本対策は、A地区に設けた複数の揚水井戸から1日当たり合計最大約300m³の汚染地下水を汲み上げ、掘削調査地点付近に設けたDPAA地下水処理施設にて有機ヒ素化合物を除去するものである。なお、掘削調査地点では、表層部の汚染の程度が高かったことから、2009年度の1年間は表層から水道水を注水することで、その直下に存在するDPAAの除去促進を図った。図1.3.3は高濃度汚染対策施設の全景、図1.3.4は高濃度汚染対策施設等の配置図である。



図 1.3.3 高濃度汚染対策施設の全景

(2) 地下水揚水処理の実績

1) DPAA 地下水処理施設の運転状況

表 1.3.7 は、高濃度汚染対策に係る DPAA 地下水処理施設の運転概要である。

表 1.3.7 高濃度汚染対策の運転概要

2009年4月30日～	予備運転（日稼動約8時間）
6月1日～	週5日24時間運転開始 （揚水量 300 m ³ /日、注水量 50 m ³ /日）
8月1日～	揚水量増加（310 m ³ /日）
2010年4月2日～	週6日24時間運転開始、掘削調査地点内の注水停止 以後、揚水量及び揚水井戸を適宜変更しつつ継続。
2011年3月11日～	東日本大震災に伴い運転停止
5月9日～	予備運転（日稼動8時間）
5月16日～	週6日24時間運転再開、掘削調査地点内から集中的に揚水 （揚水量約 250 m ³ /日～約 300 m ³ /日）
11月14日～	掘削調査地点内の揚水を停止（F-15 井戸は稼働） （揚水量約 150 m ³ /日）
2012年1月10日～ 1月25日	掘削調査地点土留め矢板撤去工事
2012年2月2日～	掘削調査地点付近井戸から揚水再開 （揚水量約 300 m ³ /日）
3月27日	揚水処理終了

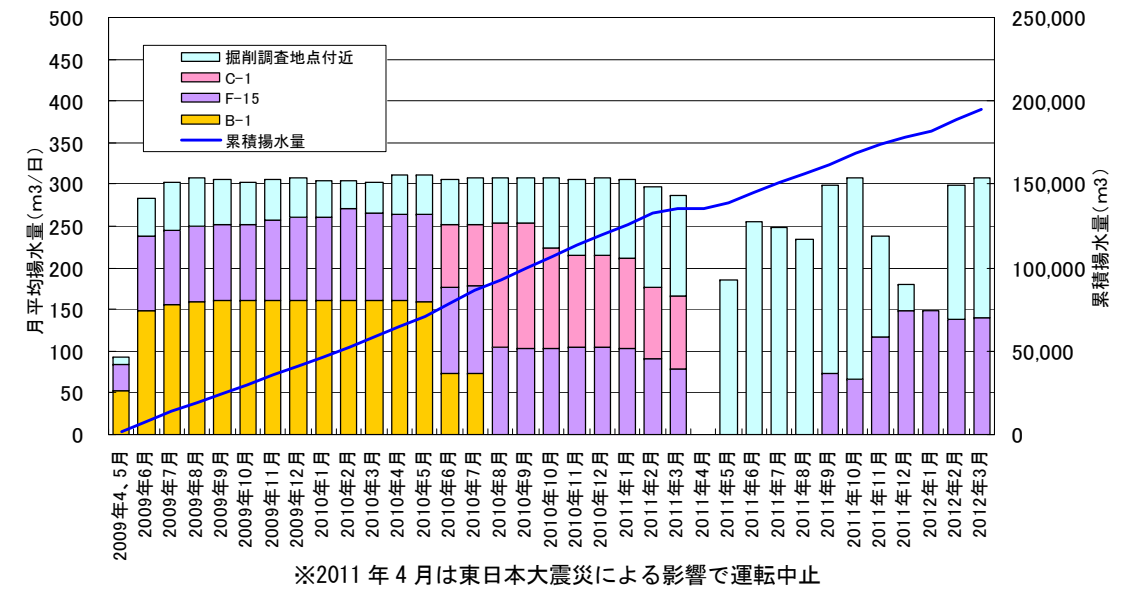


図 1.3.5 高濃度汚染対策における井戸毎の汚染地下水の揚水量の推移

3) ヒ素除去量と原水槽の総ヒ素濃度の推移

高濃度汚染対策による総ヒ素除去量は、対策開始後概ね2年が経過した2011年3月末で累計約163kg、高濃度汚染対策終了時の2012年3月末時点で累計約180kg（うち、DPAA等の有機ヒ素化合物は約159kg（ヒ素換算値））となった。総ヒ素除去量は、高濃度汚染対策当初は約25kg/月であったが、高濃度汚染対策の経過とともに減少し、2012年3月には1.04kg/月まで減少した（図1.3.6）。

また、複数の井戸から揚水した汚染地下水を集約した原水槽の総ヒ素濃度も、高濃度汚染対策当初は8.9mg/Lであったが、2012年3月は0.17mg/Lとなり、当初の約2%にまで低下した。

なお、高濃度汚染対策の開始時にA地区に残存していた有機ヒ素化合物は約160kg-Asと推定されることから、対策による有機ヒ素化合物の除去率は、2年経過時点で約90%、約3年経過時点で約99%と算定される。

2) 汚染地下水の揚水量

本対策により揚水した汚染地下水量は、3年経過した2011年度末時点で約195,000m³となった。対策当初は、A井戸直近のDPAA濃度が高かったことから、B-1井戸をはじめ、F-15井戸、掘削調査地点内の複数の井戸から揚水処理を行ったが、その後はより効果的な運転となるよう、A井戸の下流に位置するC-1井戸を追加して揚水するなど、対策と並行して実施したモニタリングの結果等を踏まえ、揚水する井戸等を変更しながら対策を実施した。

図1.3.5は、高濃度汚染対策における井戸毎の汚染地下水の揚水量の推移である。

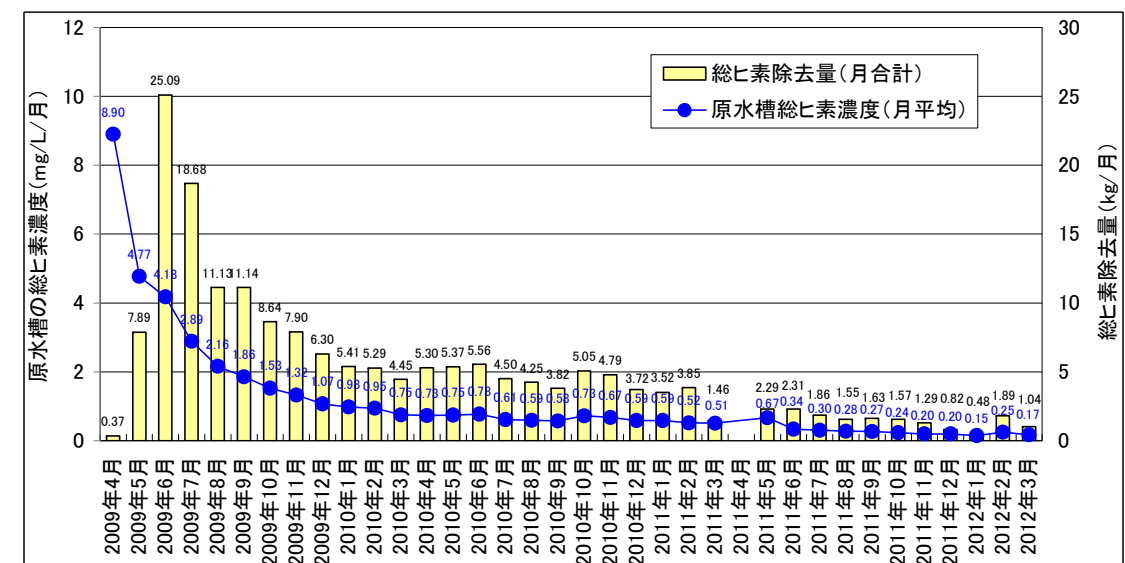


図 1.3.6 原水槽の総ヒ素濃度と総ヒ素除去量の推移

4) 現状復旧

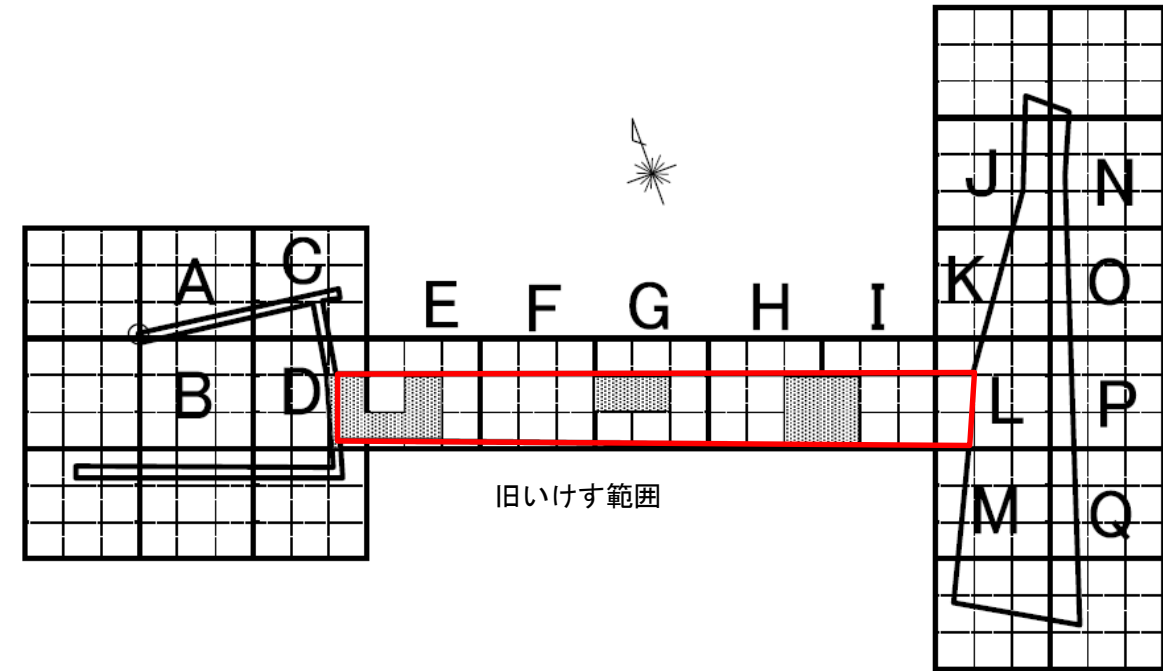
高濃度汚染対策終了後、DPAA 地下水処理施設、揚水配管、及び不要となった井戸については撤去するとともに、東日本大震災等によって生じた凹凸を整地することとした（図 1.3.8）。DPAA 地下水処理施設の撤去工事に際し、土地の形質変更の規模が 3,000m² を超えるため、土壤汚染対策法第 4 条に基づく申請を行うとともに土壤汚染状況調査を行った。土壤汚染状況調査は同法に基づく「土壤汚染のおそれの区分の分類」に従い、掘削等を行う揚水配管直下、地下水処理棟、管理棟、作業場等を対象に行った。調査の結果、ヒ素及びその化合物の土壤含有量は、すべて土壤含有量基準値 150mg/kg 以下であった。しかし、ヒ素及びその化合物の土壤溶出量は、揚水配管の下で 5 試料、地表付近（0.5m まで）で 8 試料、の合計 13 試料（11 区画）で土壤溶出量基準値 0.01mg/L を超過した。最大値は 0.058mg/L であり、基準不適合となった区画は、図 1.3.7 の D～I の直線上の区画に限定して分布していた。


これらの区画を含む D～L の区画のうち、図 1.3.7 に赤枠で示した範囲については、1991 年から 1992 年までいけすとして利用されていたことが当時の航空写真から判明している。また、汚染メカニズム中間報告書では、土地所有者等の証言情報やコンクリート様の塊から発見された空き缶の製造年月から、いけす埋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棄されたとしている。

土壤溶出量が 11 区画で基準不適合となったものの、対象地周辺は、地下水の飲用自粛範囲となっており、これらの区画は、土壤汚染対策法第 11 条第 1 項に基づく形質変更時要届出区域[※]に指定された（図 1.3.7）。

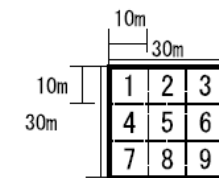
土壤汚染状況調査において、基準不適合となった区画は、①1991～1992 年にいけすとして利用されていた範囲（以下「旧いけす範囲」という。）内に限られること、さらに、②これら土壤溶出量基準を超過した区画は、配管の有無に関わらず存在すること、③土壤溶出量基準を超過しないまでも、ヒ素が検出される区画は旧いけす範囲全体に及んでいることから、土壤溶出量基準の超過は揚水配管からの漏水等に起因するものではなく、高濃度汚染対策の実施との関連性はないものと考えられる。

※ 形質変更時要届出区域とは、土壤汚染対策法第 2 条第 1 項で指定される特定有害物質により汚染されているが、土壤汚染による摂取経路がなく健康被害が生ずるおそれがない区域のことで、土壤を掘削、用途を変えるなど、土地の形質変更をする際に、届出が必要となる区画である。



※  : 区域指定の範囲 : 1,035.4m²

※メッシュ番号の枝番号は、右図のとおり



※調査対象地の敷地境界の北端を起点として、東西方向及び南北方向に10m間隔で引いた線を、更に起点を支点として右に20° 00' 回転させ調査対象地を区画した。

図 1.3.7 形質変更時要届出区域の範囲図（茨城県報に加筆）



図 1.3.8 高濃度汚染対策終了後の掘削調査地点部における整地状況（左図：敷均し状況、右図：完了状況）

1.3.5. 高濃度汚染対策による効果

2009年4月からの高濃度汚染対策の実施により、A地区の地下水汚染状況は大きく改善された。A地区においては、地下水汚染の状況を把握するため、高濃度汚染対策開始前に47地点の井戸で深さ10m、20m、30mから地下水を採水して計142検体のDPAAの分析を行った。また、その後は、地下水の濃度変化の推移を確認しつつ、より効果的な対策を行うべく揚水井戸の変更等を行うために月1回の頻度でDPAAの分析を行った。その結果、高濃度汚染対策開始前、A井戸周辺の2検体及び掘削調査地点付近の1検体の計3検体で10mg-As/L以上の汚染が、28検体で1mg-As/L以上の汚染が確認された一方で、高濃度汚染対策終了直前の2012年2月時点では、53地点の井戸から同様に得られた140検体において、10mg-As/L以上の汚染箇所は1検体も確認されず、1mg-As/L以上の汚染は2検体のみとなった(表1.3.8)。

特に2011年度は、掘削調査地点及び掘削調査地点近くのF-15井戸からの揚水のみを行い、その下流域であるB-1井戸、C-1井戸からの揚水は実施しなかったが、どの地点においても、高濃度汚染対策前のように高濃度の汚染が恒常的に観測される状況にはなく、最大で2mg-As/L程度までの濃度上昇が一過的に見られる程度となった。

表 1.3.8 高濃度汚染対策開始前後における濃度別データ数の比較

	対策開始前 (2009年2月)		対策開始3年後 (2012年2月)	
	データ数	データ総数に対する割合	データ数	データ総数に対する割合
10mg-As/L以上	3	2.1%	0	0.0%
1mg-As/L以上	28	19.7%	2	1.4%
0.1mg-As/L以上	59	41.5%	20	14.3%
0.01mg-As/L以上	77	54.2%	50	35.7%
0.01mg-As/L未満	65	45.8%	90	64.3%
データ総数	142		140	

1.3.6. 高濃度汚染対策終了後の地下水汚染状況の予測

(1) A地区

A地区高濃度汚染対策シミュレーションにより地下水汚染状況の予測を行ったところ、高濃度汚染対策を講じなかった場合には、自然減衰による濃度低下が期待されるもののA地区の有機ヒ素化合物の濃度が地下水環境基準(0.01mg/L)以下になるのは、高濃度汚染対策終了から約50年後の2062年と予測された。一方、高濃度汚染対策実施による効果を同シミュレーションに反映させると、A地区の有機ヒ素化合物の濃度が地下水環境基準以下になるのは高濃度汚染対策終了から約22年後の2034年と予測され、地下水環境基準以下となる期間が約半分にまで短縮されるという結果となった。なお、シミュレーション等報告書では、A井戸周辺が地下水環境基準以下となるのは約60年後と予測しており、同シミュレーションとの約10年の違いは、予測開始時点の約5年のずれに加え、予測結果の算出間隔の違いによるものである。

同シミュレーションでは、高濃度汚染対策終了から10年後の時点で、1mg-As/Lを超える汚染はA地区から消滅し、1mg-As/L以下の地下水汚染が細長いプルーム状に残る程度となると予測され、また、さらに10年後の2032年においては、0.1mg-As/L以下の地下水汚染が局所的に残存するのみと予測された(図1.3.10)。

(2) B地区及びABトラック南西地域

B地区では2013年冬季、最大で0.02mg-As/L程度の地下水汚染が確認されている。また、ABトラック南西地域では、汚染地下水の流れに伴って2006年頃から、M-20井戸で約0.3mg-As/L程度のDPAAが検出されるようになったのははじめ、さらに地下水の流れの下流である常陸利根川に近い地域においてもDPAAが検出され始めており、一部では濃度が上昇した後現在も横ばい傾向が続いているモニタリング井戸も存在する状況となっている。

高濃度汚染対策の効果を反映させ、新たにモデル範囲を広げ、特に対策後の状況を高精度に予測するために実施した広域地下水汚染シミュレーションでは、B地区等の下流域において急激な地下水汚染範囲の変化はないが、高濃度汚染対策終了後10年間は、常陸利根川付近において、地下水の流れに沿った形でわずかながら地下水汚染が拡大することが予測される。このわずかな地下水汚染拡大は、すでにA地区から下流に流れ出てしまったDPAAが地下水の流れに沿って広がっていくことによるものであるが、飲用自粛範囲を大きく越えての地下水汚染の拡大はないものと予測される。また、高濃度汚染対策により上流からのDPAAの供給量が減少することで、2022年から2032年間に地下水汚染範囲が減少傾向に転じ、さらに2042年にかけて地下水汚染範囲は急激に減少し、最終的にはA井戸とB地区の間に細長いプルーム状の地下水汚染が残る程度となるものと予測される(図1.3.9、図1.3.11)。

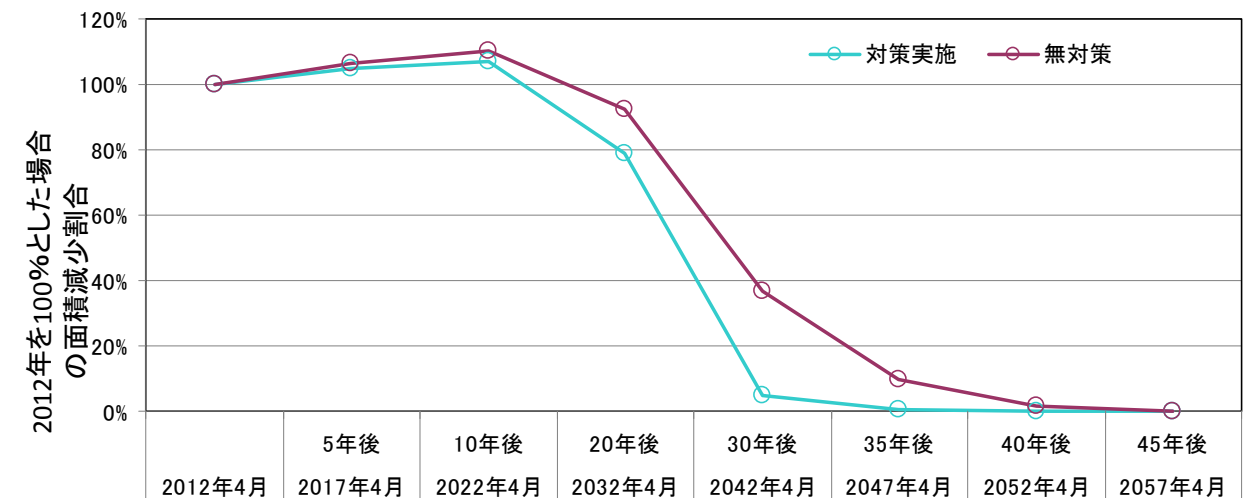


図 1.3.9 神栖地区全域の0.01mg-As/L以上の地下水汚染面積の推移(深度30m)

1.3.7. 今後のモニタリングのあり方

高濃度汚染対策終了後も、対策による濃度低減効果を確認し、神栖地区の地下水汚染状況を把握するための地下水モニタリングが必要である。地下水モニタリングは、これまでに地下水汚染が確認された地域全域を対象に、高濃度汚染対策が終了してから2年間の2013年度までは、対策実施中と同様に、年4回のDPAAモニタリングを実施するとともに、A地区については年12回の総ヒ素モニタリングを実施するものとする。

その後も、ABトラック内及びABトラック南西地域では、当分の間、地下水汚染が残存すると想定されることから、引き続き十分な地下水モニタリングを行うとともに、地下水汚染の状況を踏まえて地下水モニタリング及び飲用自粛要請範囲の見直しを適切に実施していく必要がある。

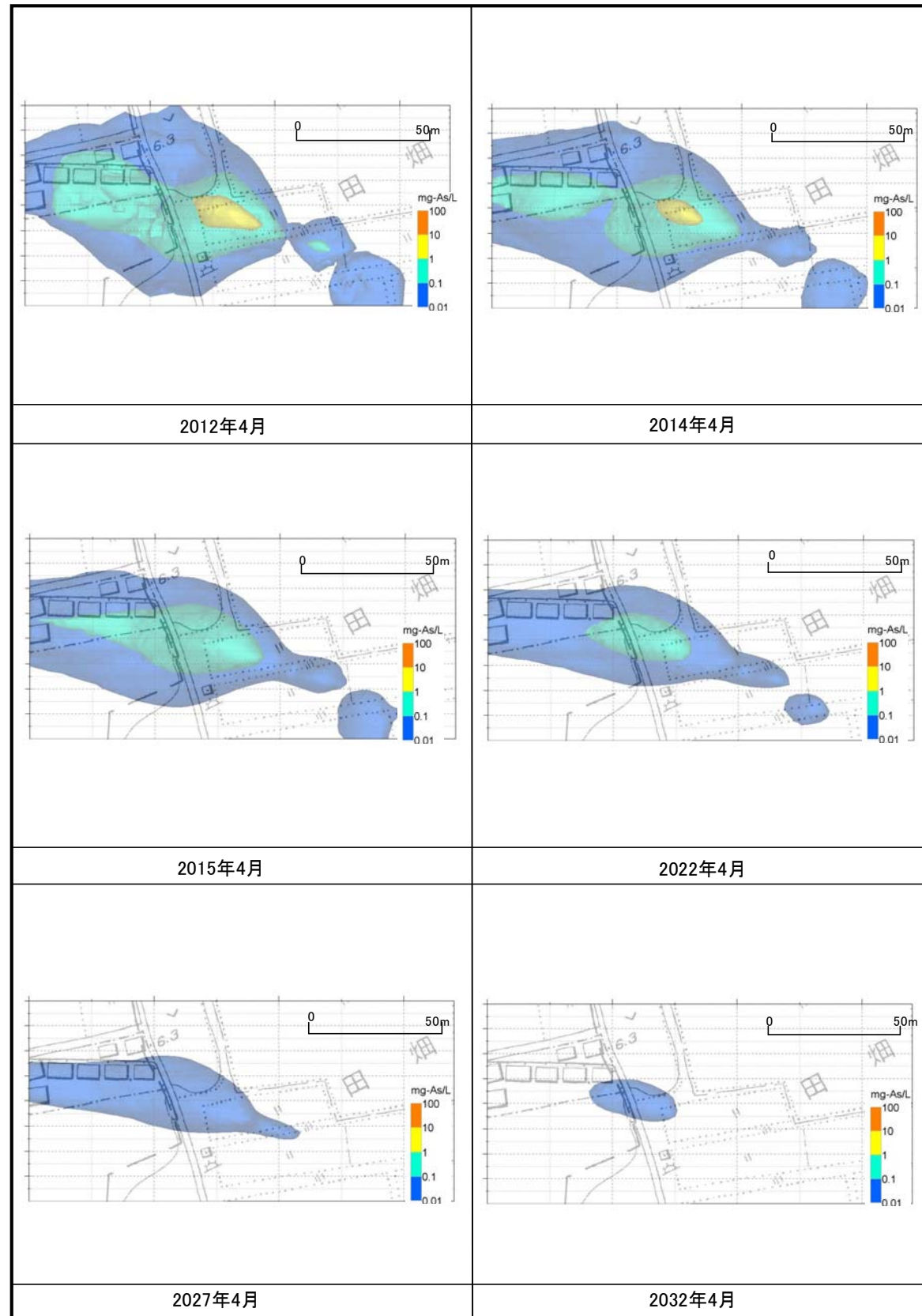


図 1.3.10 A井戸周辺を対象とした地下水汚染シミュレーションの結果図
(各地点の深度方向の最大濃度を平面上にコンター図化したもの)

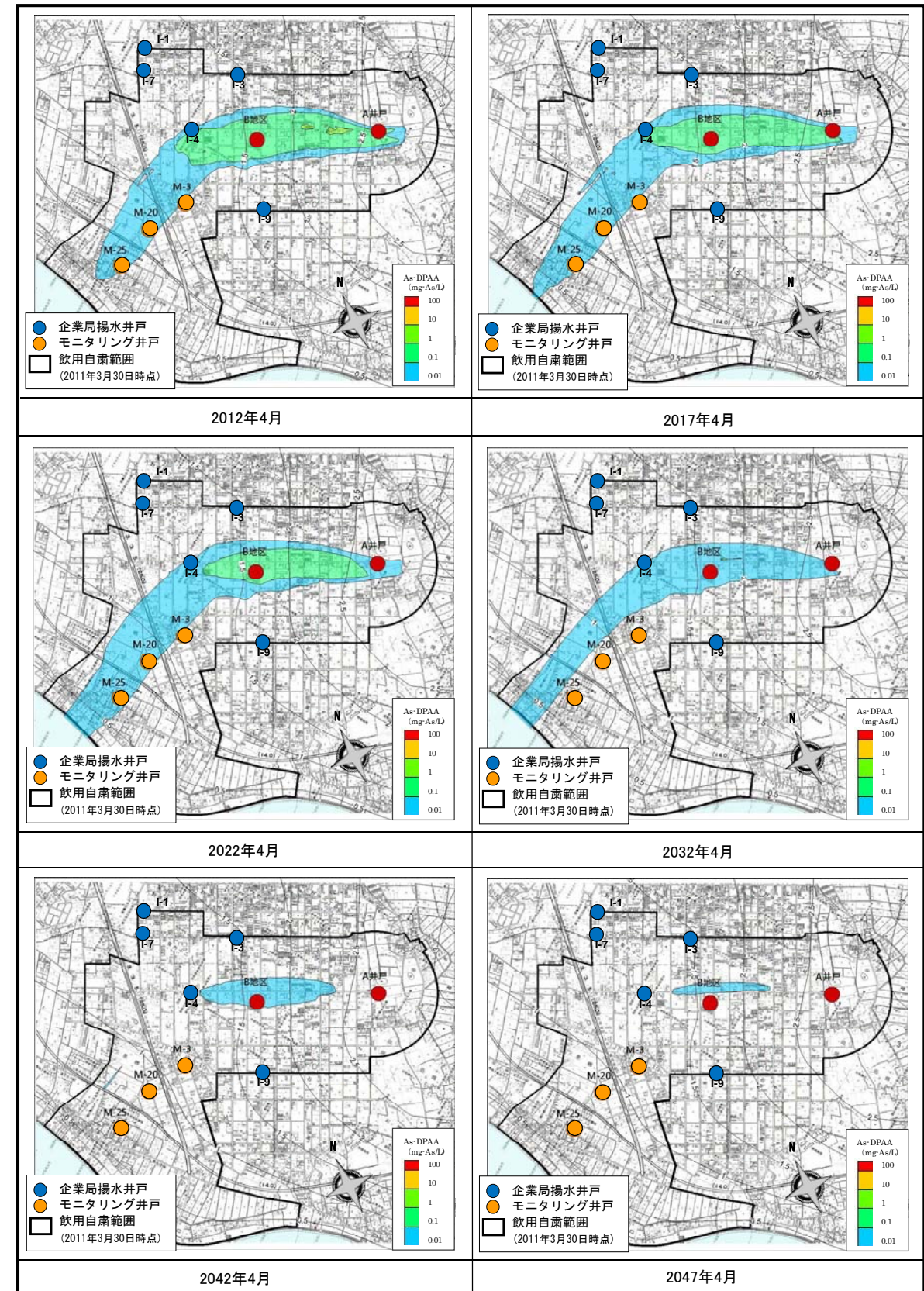


図 1.3.11 神栖地区汚染全域を対象とした地下水汚染シミュレーションの結果図
(地下水汚染濃度コンター図：深度 30m)