

茨城県神栖市における有機ヒ素化合物の高濃度汚染対策のまとめ（案）

1. 高濃度汚染対策事業の背景

茨城県神栖町（当時）においては、平成 15 年 3 月のジフェニルアルシン酸（DPAA）による地下水汚染発覚以降、国は本事案に対する緊急対応等を閣議了解し、環境省が中心となって、茨城県、神栖町の協力を得ながら、汚染メカニズムの解明のため、地歴調査、ボーリング調査、地下水・土壌調査等を進めてきました。調査の結果、A井戸（当初汚染が発覚した飲用井戸）の南東 90m 地点付近から、高濃度の DPAA を含むコンクリート様の塊が発見され、地下水のモニタリングをはじめ数値解析による汚染状況の再現等の結果、この塊が A 井戸の汚染源である可能性が高いことが示されました。併せて、コンクリート様の塊は、周辺の汚染土壌とともに全て現場から撤去され、適正に焼却処理されました。

しかし、A 井戸付近や掘削調査地点（コンクリート様の塊が存在していた範囲）の地下水からは、コンクリート様の塊を撤去した後でも、10～30mg-As/L 程度（ヒ素の地下水環境基準の 1000～3000 倍）の高い DPAA が検出される状況にありました。このため、その後も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 21～23 年度にかけて、汚染された地下水を揚水し、処理する高濃度汚染対策を行いました。

2. 高濃度汚染対策の概要

本対策は、掘削調査地点及び A 井戸周辺（A 地区）に設けた揚水井戸から 1 日当たり最大約 300m³の汚染地下水を汲み上げ、掘削調査地点付近に設けた地下水処理施設にて有機ヒ素化合物を除去するものです（図 1）。なお、掘削調査地点では、汚染の程度が高かったことから、平成 21 年度の 1 年間、表層から水道水を注水し、その直下の汚染を洗浄しながら地下水を汲み上げました。

本対策の目標は、当初、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%を除去することでした。平成 21～22 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と判断されましたが、掘削調査地点については、その周辺と比べると DPAA 濃度が高かったため、3 年目の平成 23 年度は、掘削調査地点を中心に揚水処理を行い、できる限り多くの有機ヒ素化合物の除去に努めました。



図 1 高濃度汚染対策施設全景

3. 地下水揚水処理の実績

①地下水処理施設の運転状況

高濃度汚染対策に係る地下水処理施設の運転状況の経緯は下表のとおりです。

平成 21 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）
平成 22 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。
平成 23 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）
	掘削調査地点山留め矢板撤去工事 （平成 24 年 1 月 10 日～1 月 25 日）
平成 24 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（予定）

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、平成 24 年 2 月末時点で約 18 万 8000m³となりました。対策当初、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いました。その後は対策に伴う汚染状況の変化に応じて、平成 22 年 6 月からは、A 井戸の下流に位置する C-1 井戸を追加して揚水し、平成 23 年度からは掘削調査地点内の井戸を中心とした揚水処理を行いました。

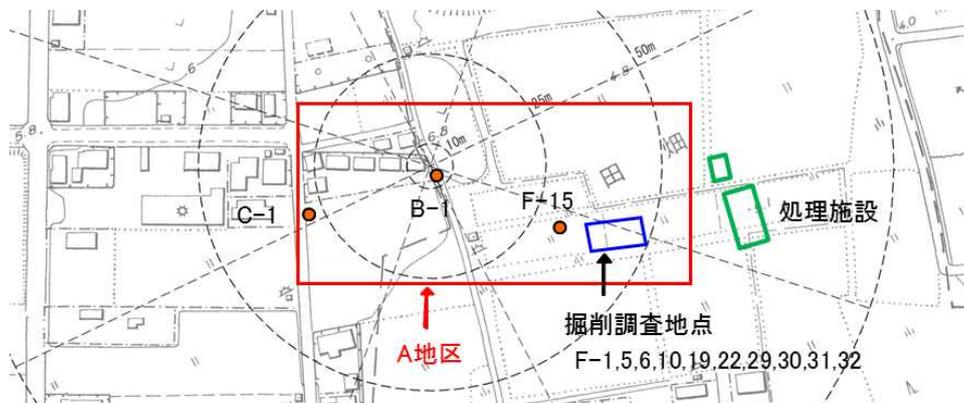


図2 高濃度汚染対策の施設等の配置図

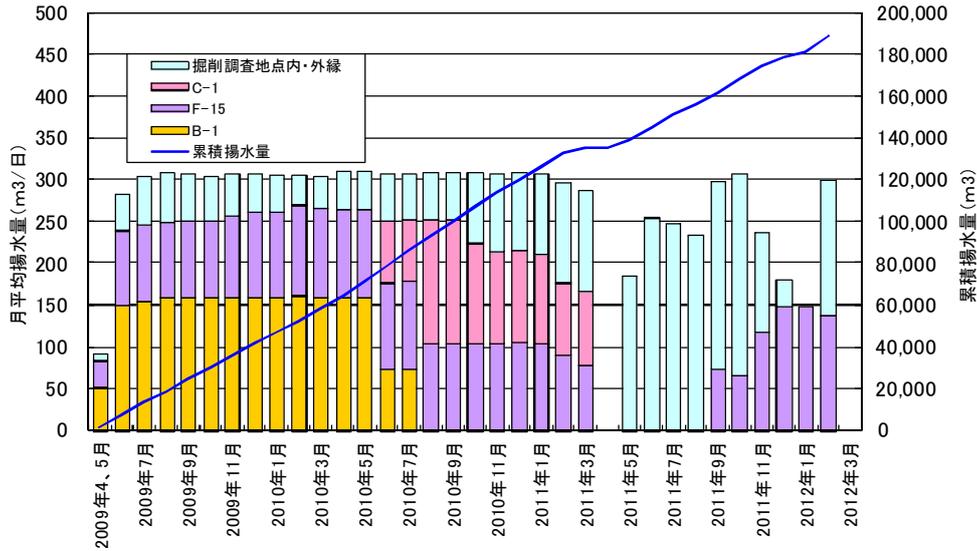


図3 高濃度汚染対策における汚染地下水の揚水量

③ヒ素除去量と原水槽濃度の推移

対策によるヒ素除去量は、概ね2年が経過した平成23年3月末で約163kg、平成24年1月末時点で約177kg（有機ヒ素に換算すると約156kg）となりました。ヒ素除去量は、当初は約25kg/月でしたが、対策の経過とともに減少し、平成24年2月では0.48kg/月まで減少しました（図4）。

また、複数の井戸から揚水した汚染地下水を、地下水処理施設に導入・処理する前に集約する原水槽の濃度も同様に低下しており、対策当初は8.9mg/Lでしたが、平成24年1月は0.15mg/Lとなり、当初の数%にまで低下しました。

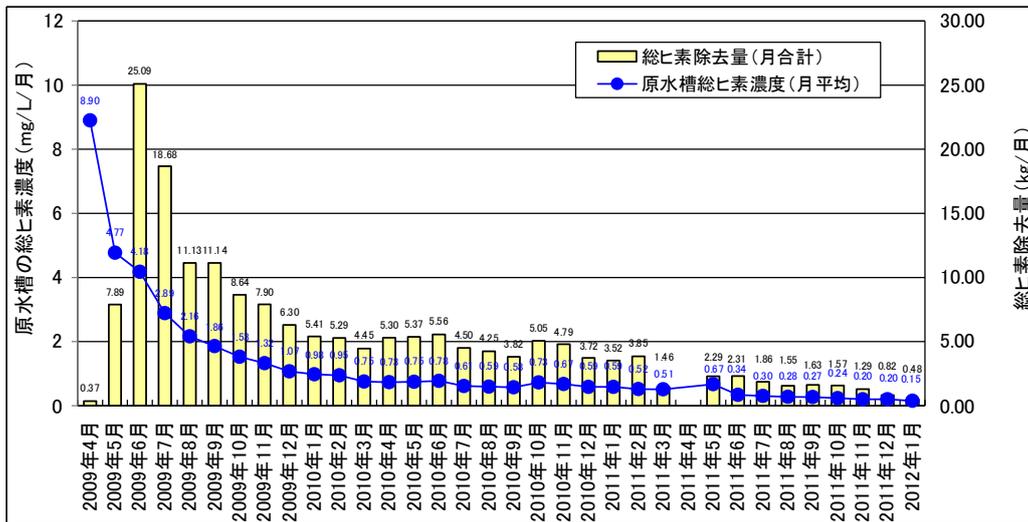


図4 揚水井戸および原水槽の総ヒ素濃度推移

さらに、高濃度汚染対策の開始当初、A井戸付近に残存していた有機ヒ素化合物については数値解析の結果から約160kgと推定され、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（平成24年1月）時点で約97%と算出されます。

4. A地区の地下水汚染の状況

平成21年4月からの高濃度汚染対策の実施により、A地区の汚染状況は大きく改善されました。

A地区においては、地下水汚染の状況を把握するため、対策開始前に47地点の井戸で、深度10m、20m、30mから地下水を採水して有機ヒ素を分析し、計142データを取得しました。対策開始前において、10mg-As/L以上の汚染は、A井戸周辺の2データ、掘削調査地点付近の1データの計3データで、1mg-As/L以上の汚染は28データ確認されました。その後、月1回の頻度でDPAAの分析を行い、濃度変化の推移を確認しつつ、より効果的な対策となるよう揚水井戸の変更等を行いました。対策開始から約3年後の平成24年2月時点では、53地点の井戸のモニタリングから同様に得られた140のデータについて、10mg-As/L以上の汚染箇所は1データも見られず、1mg-As/L以上の汚染は2データしか見ることができないまでに減少しました。

表1 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 (平成21年2月)		対策開始3年後 (平成24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	

特に平成23年度は、掘削調査地点及び掘削調査地点近くのF-15井戸からの揚水を行い、B-1井戸、C-1井戸は停止しましたが、どの地点においても、対策前の様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時的に見られる程度です。このような一時的な濃度上昇は、帯水層中の極めて限定的な範囲に残存する汚染地下水が、地下水の微妙な流向変化に伴って一時的に検出されているものと考えられます。

なお、掘削調査地点には、コンクリート様の塊を撤去する際に圧入した山留矢板が掘削調査地点を囲むように残置されており、これを平成24年1月に撤去しました。撤去に当たっては、撤去工事期間中、掘削調査地点付近のモニタリング井戸において頻度を高めた総ヒ素のモニタリングを実施し、撤去工事が周辺の地下水の汚染の状況に影響を及ぼさないことを確認いたしました。

5. 対策の効果と揚水処理の終了

高濃度汚染対策は、3年間の揚水処理によって以下の①～③のとおり、十分な効果が得られたと考えられるため、平成24年3月末に地下水の揚水処理を終了します。

①高濃度汚染対策の対象範囲であるA地区において、掘削調査地点を含め、高

濃度の汚染地下水のほとんどが除去され、最大で数 mg-As/L 程度の汚染が極めて限定的な範囲でのみ観測される状況まで改善されたこと。

②複数ある揚水井戸を効率的に組み合わせ、有機ヒ素化合物の除去に努めた結果、原水槽の総ヒ素濃度が平成 24 年 2 月時点で 0.25mg/L となり、当初の 3%未満にまで減少したこと。

③対策の当初からの目標であった A 井戸周辺の有機ヒ素化合物の約 90%を除去する目標は達成したと考えられること

6. 今後の汚染状況の予測

①A 地区

数値解析による汚染状況の予測の結果では、高濃度汚染対策を講じなかった場合、A 地区の有機ヒ素濃度が地下水環境基準 (0.01mg/L) 以下になるまで、約 60 年を要すると予測されましたが、対策の実施を数値解析に反映させると、A 地区の有機ヒ素濃度が地下水環境基準以下になるまでには、対策終了から約 22 年後と予測され、期間が約半分程度にまで短縮される結果が得られました。

数値解析の結果では、対策終了から 10 年後、1mg-As/L を超える汚染は A 地区から消滅し、1mg-As/L 以下の汚染が細長いプルーム状に残る程度と予測されます。さらに 10 年後の平成 44 年においては、0.1mg-As/L 以下の汚染が局所的に残存するのみと予測されます (図5)。

②B 地区及び AB トラック南西地域

B 地区では、現在、最大で 0.1mg-As/L 程度の汚染が確認されており、また AB トラック南西地域では、汚染地下水の流れとともに、平成 18 年頃から M-20 では約 0.3 mg-As/L 程度の汚染が検出されたのをはじめ、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では、濃度が上昇しているモニタリング井戸が確認されています。

高濃度汚染対策の実施を反映させた数値解析では、B 地区等の下流域において急激な汚染範囲の変化はないことが予測され、対策終了後 10 年間は、最下流地域では地下水流れに沿った形でわずかながらの汚染の拡大が測れます。これは、数値解析上、すでに A 地区から下流に流れ出た有機ヒ素化合物が地下水の流れに沿って広がっていくためですが、飲用自粛範囲を大きく越えての汚染の拡大はないものと予測されます。また、上流からの有機ヒ素化合物の供給が減少することで汚染範囲が減少傾向に転じるのは、対策終了から 20 年後以降と予測され、そこから 30 年後にかけて汚染範囲は急激に減少し、最終的には A 井戸と B 地区の中間に細長いプルーム状に残る程度と予測されます (図6、7)。

図5 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(各地点の最大濃度コンター図)

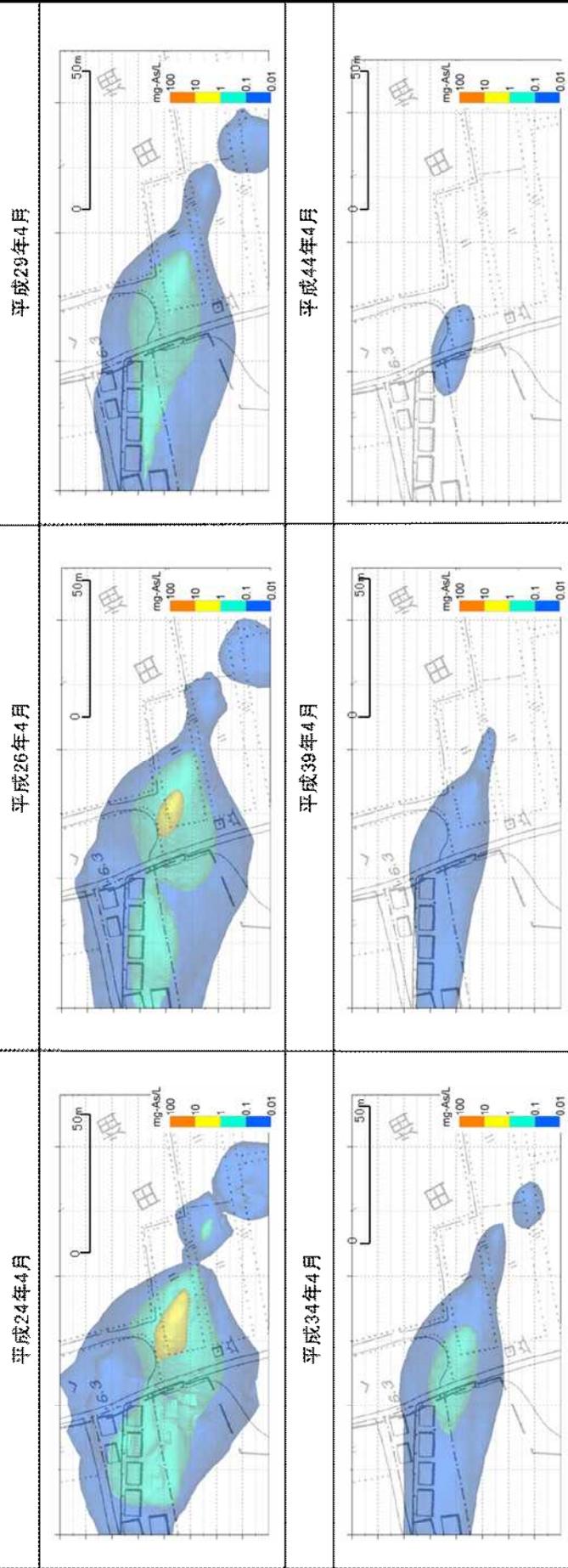
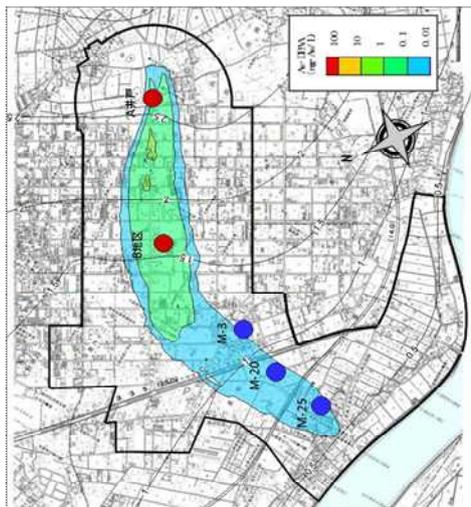
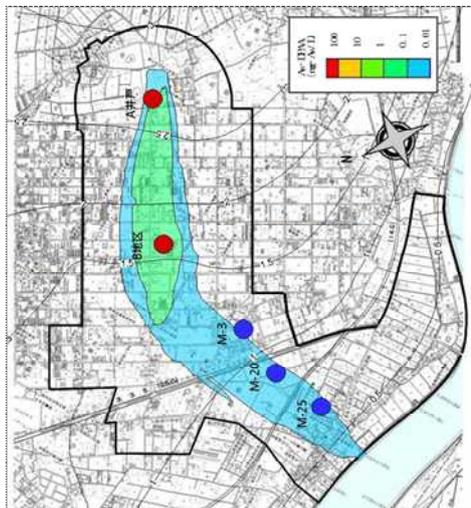


図6 神栖地区汚染全域を対象とした地下水汚染シミュレーションの結果図(地下水汚染濃度コンタール図:深度30m)

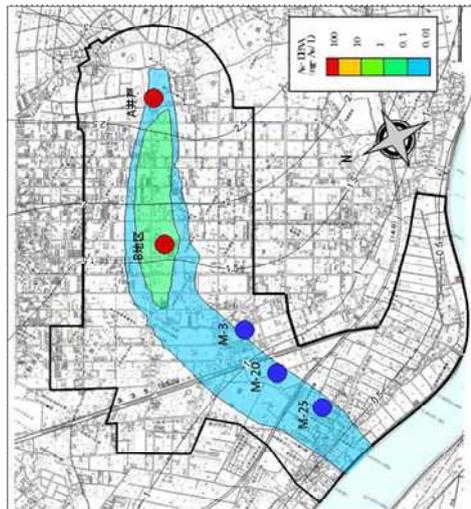
平成24年4月



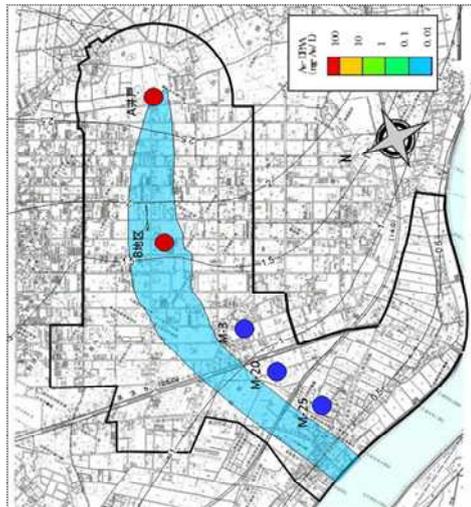
平成29年4月



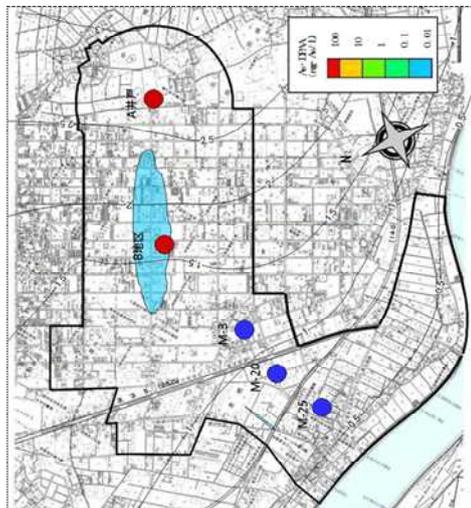
平成34年4月



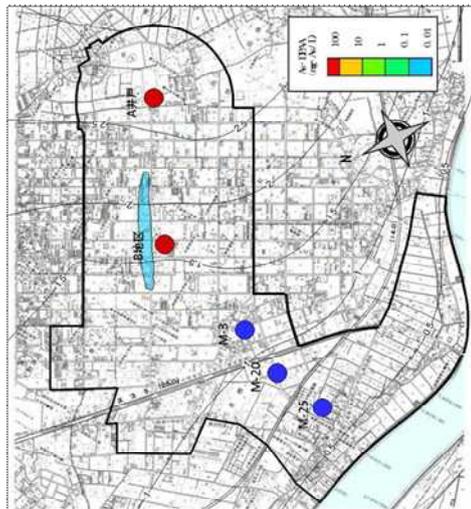
平成44年4月



平成54年4月



平成59年4月



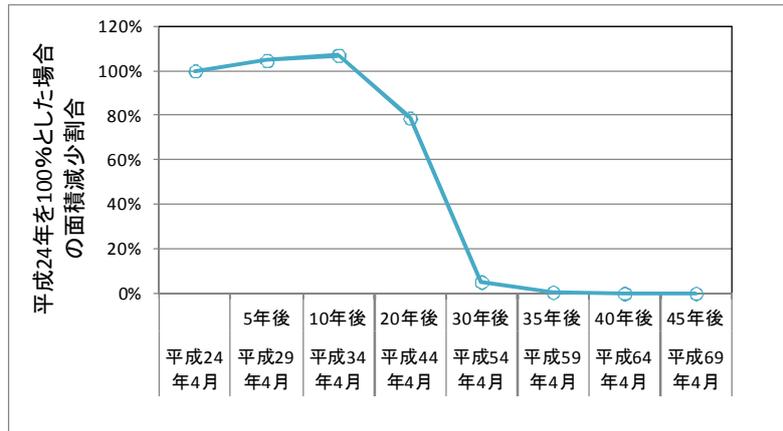


図7 神栖地区全域の0.01mg-As/L以上の汚染面積の推移（深度30m）

7. 今後の対応

①高濃度汚染対策施設の撤去

平成24年度は、地下水処理施設の解体、撤去、搬出を行います。これら作業にあたっては関係法令を順守して、適切に実施し、平成24年度中にすべての施設の撤去を終了する予定です。

②モニタリング

高濃度汚染対策によるA地区の地下水処理事業終了後も引き続き神栖地区汚染全域を対象とした地下水モニタリングを継続する予定です。特に平成24年度は揚水処理終了後の影響の有無を確認することを目的としたモニタリングを1年間行います。このモニタリングはこれまで同様、年4回のDPAAのモニタリングに加え、A地区においては、月1回総ヒ素分析を行います。

平成25年度以降についても、DPAA等の検出状況の推移を見つつ、適切なモニタリングを実施することとします。

なお、平成24年度以降のモニタリングにおいて、これまでの知見の範疇を超える汚染の状況が確認された場合には、状況に応じた適切な対応を図ることといたします。