

## 有機ヒ素化合物（DPAA 等）の汚染源周辺地域における 高濃度汚染対策の状況について

### 1. DPAA 地下水処理施設の運転状況

#### （1）運転状況

神栖市における DPAA 地下水処理施設の運転は、地下水中に含まれる有機ヒ素化合物の約 90% を除去・回収することを目標に、平成 21 年 4 月から実施している。

平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災の影響により、当該施設も地下水処理を中断したが、被災状況の確認、復旧等を経て同年 5 月 9 日より施設を再稼働させた。平成 23 年度の施設の運転状況は表 1.1 に、掘削調査地点付近井戸配置図を図 1 に示す。

表 1.1 平成 23 年度の運転状況

期 間	運転条件	運転時間	揚水井戸
5 月 9 日～ 5 月 13 日	5 日 / 週	8 時間 / 日	F-2,F-5,F-6,F-10,F-18, F-19,F-22,F-31,F-32
5 月 16 日～ 7 月 5 日	6 日 / 週	24 時間 / 日	F-2,F-5,F-6,F-10,F-18, F-19,F-22,F-31,F-32
7 月 5 日～ 9 月 2 日	6 日 / 週	24 時間 / 日	F-1,F-2,F-5,F-6,F-10, F-19,F-22,F-31,F-32
9 月 2 日～ 10 月 17 日	6 日 / 週	24 時間 / 日	F-1,F-2,F-5,F-6,F-10, F-19,F-22,F-31,F-32,F-15
10 月 17 日～ 10 月 24 日	6 日 / 週	24 時間 / 日	F-1,F-5,F-6,F-10,F-19, F-22,F-31,F-32,F-15,F-26
10 月 24 日～ 11 月 4 日	6 日 / 週	24 時間 / 日	F-1,F-5,F-6,F-10,F-19, F-22,F-31,F-32,F-15,F-24
11 月 4 日～ 11 月 12 日	6 日 / 週	24 時間 / 日	F-1,F-5,F-6,F-10,F-19, F-22,F-31,F-32,F-15,F-23
11 月 14 日～ 11 月 22 日	6 日 / 週	24 時間 / 日	F-15
11 月 22 日～ 11 月末現在	6 日 / 週	24 時間 / 日	F-15,F-23

平成 23 年度の運転は、「平成 22 年度第 3 回国内における毒ガス弾等に関する総合調査検討会」で示されたとおり、掘削調査地点を主体とした運転としている。

5 月 9 日～13 日まで、処理の安定性確認のために予備運転（日稼動 8 時間）を行い、5 月 16 日から本格運転（日稼動 24 時間）を再開した。

7 月 5 日より、F-18 の揚水量が減少したため F-18 よりもヒ素除去量が多いと想定される F-1 へ揚水井戸を変更した。

9 月 2 日より、施設の有効利用の観点から、F-15 井戸の揚水を再開し 310m<sup>3</sup>/日を確保した。

10 月 17 日より、掘削調査地点外縁モニタリング井戸（F-26）の濃度が高止まり状況で

あったため、F-2 から F-26 にポンプを移設し揚水を開始した。

10 月 24 日より、F-24 で総ヒ素濃度が 1.1～1.7mg/L を示したことから、F-26 から F-24 にポンプを移設し F-24 から揚水を開始した。

11 月 4 日より、F-24 で揚水する水に砂が混じり始めたことから、F-24 から F-23 にポンプを移設し F-23 から揚水を開始した。

11 月 14 日より、掘削調査地点に打設した山留め矢板撤去準備工事のため、掘削調査地点内の揚水井戸を停止し、F-15 井戸のみの稼働とした。

11 月 22 日より、山留め矢板撤去の際に支障となる地上配管を移設し、F-23 から揚水を再開した。

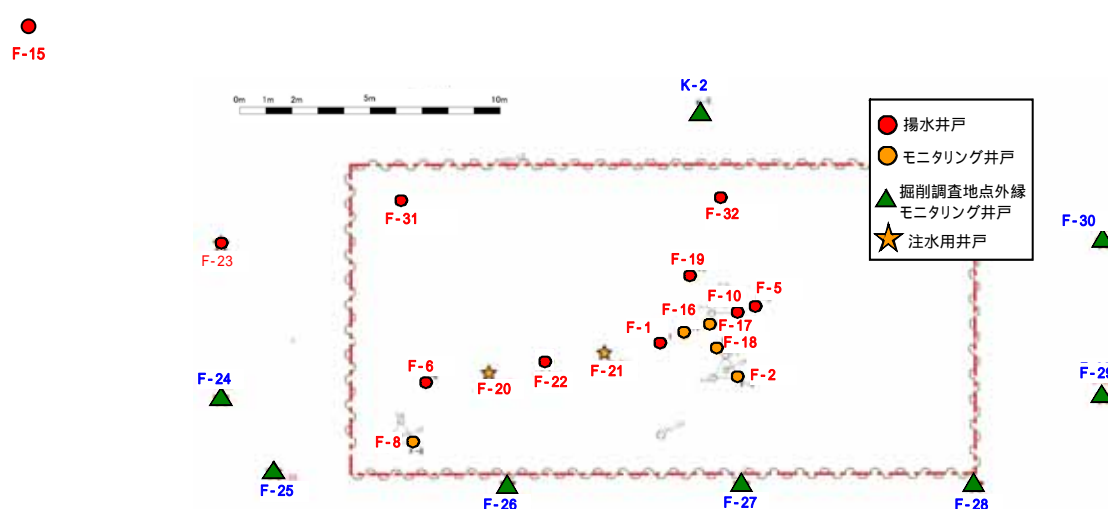


図 1 掘削調査地点付近井戸位置図 (11 月 12 日時点)

## (2) 揚水量等

平成 21 年度、平成 22 年度及び平成 23 年度の各揚水井戸の月別データを表 1.2 に示す。

揚水井戸は、各井戸の総ヒ素濃度状況を見て選定し、揚水ポンプおよび井戸自体の性能から、各井戸で揚水できる最大量の揚水を行なっている。

平成 23 年 8 月、日平均揚水量が 234.6 m<sup>3</sup> とやや減少したことから、9 月 2 日より、施設の有効利用の観点から F-15 井戸を稼働させた。F-15 井戸は、掘削調査地点内井戸からの揚水を優先させつつ、日処理量 310 m<sup>3</sup> を越えない範囲で揚水量を設定している。

対策開始時から平成 23 年 10 月末までの総揚水量は 168,597.4 m<sup>3</sup> である。なお、土壌中ヒ素の洗い出しを目的として行っていた掘削調査地点への水道水の注水は、一定の効果が認められたことから、平成 22 年 4 月 2 日以降停止している。

表 1.2 各月の平均揚水量（平成 21 年度、平成 22 年度）

日付	揚水量(m3)												合計	
	日平均													
	B-1	F-15	C-1	F-1	F-5	F-6	F-19	F-22	少量揚水	掘削調査地点	全揚水井戸	月計	累計	
2009年4、5月	52.6	31.5	-	1.0	3.1	3.1	-	1.0	-	8.2	92.2	1,660.0	1,660.0	
2009年6月	149.2	89.4	-	10.9	14.8	14.8	-	4.9	-	45.4	284.0	5,963.3	7,623.3	
2009年7月	155.3	90.1	-	15.8	15.8	15.8	-	10.4	-	57.8	303.2	6,367.7	13,991.0	
2009年8月	159.9	89.9	-	15.9	15.9	15.9	-	10.5	-	58.1	307.9	4,927.1	18,918.1	
2009年9月	160.7	90.6	-	12.6	15.9	15.9	-	10.6	-	54.8	306.1	5,509.8	24,427.9	
2009年10月	160.6	90.5	-	9.4	15.8	15.9	-	10.8	-	51.9	303.0	5,453.7	29,881.6	
2009年11月	160.8	96.2	-	7.1	15.9	15.9	-	10.9	-	49.7	306.6	5,825.0	35,706.6	
2009年12月	160.8	99.7	-	4.4	15.9	15.9	-	10.9	-	47.0	307.5	5,535.1	41,241.7	
2010年1月	160.7	100.1	-	3.3	15.8	15.8	-	8.7	-	43.5	304.4	5,478.7	46,720.4	
2010年2月	160.9	109.3	-	2.3	15.9	15.9	-	-	-	34.0	304.2	5,780.2	52,500.6	
2010年3月	160.8	104.7	-	1.3	14.2	15.9	14.4	-	-	45.8	311.2	5,754.7	58,255.3	
2010年4月	160.7	103.7	-	0.2	15.5	15.5	15.2	-	-	46.5	310.9	6,217.8	64,473.1	
2010年5月	159.8	104.8	-	-	15.3	15.3	15.3	-	-	45.9	310.5	6,519.8	70,992.9	
2010年6月	73.5	103.6	74.0	-	14.8	14.8	14.8	-	10.6	44.4	306.2	7,654.7	78,647.6	
2010年7月	73.8	104.0	74.3	-	14.9	14.9	14.9	-	10.7	44.6	307.5	7,687.7	86,335.3	
2010年8月	-	104.1	149.2	-	14.9	14.9	14.9	-	10.1	54.8	308.1	6,469.8	92,805.1	
2010年9月	-	104.0	149.2	-	14.9	14.9	14.9	-	10.2	54.8	308.1	6,470.6	99,275.7	
2010年10月	-	104.0	119.3	-	14.9	27.7	23.6	-	18.5	84.7	308.0	7,392.8	106,668.5	
2010年11月	-	104.6	109.6	-	14.9	41.4	21.4	-	14.6	92.2	306.4	7,046.8	113,715.3	
2010年12月	-	105.4	110.1	-	15.1	38.5	19.1	-	19.6	92.3	307.9	6,157.8	119,873.1	
2011年1月	-	103.8	107.2	-	10.5	38.9	19.7	-	26.0	95.1	306.1	5,816.0	125,689.1	
2011年2月	-	90.6	90.6	-	5.9	34.6	19.0	-	60.1	119.6	300.8	6,821.7	132,510.8	
2011年3月	-	78.4	87.9	-	0.0	41.7	18.4	-	60.0	120.1	286.4	2,864.6	135,375.4	

各月の平均揚水量（平成 23 年度）

日付	揚水量(m3)														合計	
	日平均															
	F-1	F-2	F-5	F-6	F-10	F-18	F-19	F-22	F-31	F-32	F-15	F-24	F-26	全揚水井戸	月計	累計
2011年4月														0.0	0.0	135,375.4
2011年5月		19.6	27.6	35.8	26.9	13.1	24.9	4.3	16.3	16.5				185.1	3,333.1	138,706.4
2011年6月		27.2	32.0	44.6	31.4	15.7	29.2	9.2	34.2	30.9				254.5	6,362.5	145,068.9
2011年7月	19.8	27.9	25.9	45.1	30.2	0.5	30.9	7.9	31.6	31.0				250.8	5,948.9	151,017.8
2011年8月	18.9	21.4	22.1	43.7	31.8		32.9	5.9	25.8	32.0				234.6	5,161.6	156,179.4
2011年9月	20.6	17.7	18.8	42.6	31.6		34.2	5.1	22.7	31.5	77.4			302.2	5,663.5	161,842.9
2011年10月	19.7	12.9	21.7	44.0	31.2		33.8	8.1	24.4	31.0	66.4	5.3	6.3	304.8	6,754.5	168,597.4

(3) 放流水水質及び除去率の評価

放流前の貯留槽における総ヒ素濃度分析（現場分析）は、本運転期間中 256 回実施しており、いずれも総ヒ素濃度の排出管理基準値（0.01mg/L）を満たし、現場分析における定量下限値（0.005mg/L）未満であった。分析機関（計量証明事業者）による総ヒ素及び有機ヒ素化合物分析結果（DPAA 13 回,PAA,PMAA2 回実施）においても、総ヒ素、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）は全て定量下限値（0.001mg/L）未満であった。本運転期間中、クロスチェックの為に 6 回実施した総ヒ素分析結果を表 1.3 に示す。

原水槽における総ヒ素濃度分析（現場分析）は、本運転期間中 56 回実施している。最

大濃度は平成 23 年 5 月の 1.0mg/L、最小濃度は平成 23 年 10 月の 0.21mg/L であった。平成 23 年 10 月の原水平均濃度は 0.24mg/L であり、本格運転開始時の平成 21 年 4 月の平均濃度 8.9mg/L の約 3%程度まで低下している。放流水濃度を分析機関における総ヒ素の定量下限値 (0.001mg/L) 未満とすると、本運転期間中のヒ素除去率は全て 99%以上であった。

表 1.3 原水槽及び放流水のヒ素濃度 (平成 23 年度)

項目	分析日	単位	分析結果		備考
2011年5月			[現場分析]	[分析機関]	
原水	5月16日	(mg/L)	0.79	0.81	現場: 平均0.67 (最大値: 1.00、最小値: 0.42)
放流水		(mg/L)	<0.005	<0.001	現場: 平均値 (No.1、No.2貯留槽水質分析結果)
除去率		(%)	99.3%	99.8%	除去率=(原水濃度-放流水濃度)/(原水濃度)×100
2011年6月			[現場分析]	[分析機関]	
原水	6月13日	(mg/L)	0.34	0.38	現場: 平均0.34 (最大値: 0.40、最小値: 0.27)
放流水		(mg/L)	<0.005	<0.001	現場: 平均値 (No.1、No.2貯留槽水質分析結果)
除去率		(%)	98.5%	99.7%	除去率=(原水濃度-放流水濃度)/(原水濃度)×100
2011年7月			[現場分析]	[分析機関]	
原水	7月11日	(mg/L)	0.30	0.32	現場: 平均0.30 (最大値: 0.36、最小値: 0.26)
放流水		(mg/L)	<0.005	0.001	現場: 平均値 (No.1、No.2貯留槽水質分析結果)
除去率		(%)	98.3%	99.6%	除去率=(原水濃度-放流水濃度)/(原水濃度)×100
2011年8月			[現場分析]	[分析機関]	
原水	8月18日	(mg/L)	0.32	0.33	現場: 平均0.28 (最大値: 0.32、最小値: 0.26)
放流水		(mg/L)	<0.005	<0.001	現場: 平均値 (No.1、No.2貯留槽水質分析結果)
除去率		(%)	98.4%	99.6%	除去率=(原水濃度-放流水濃度)/(原水濃度)×100
2011年9月			[現場分析]	[分析機関]	
原水	9月12日	(mg/L)	0.27	0.26	現場: 平均0.27 (最大値: 0.37、最小値: 0.23)
放流水		(mg/L)	<0.005	<0.001	現場: 平均値 (No.1、No.2貯留槽水質分析結果)
除去率		(%)	98.1%	99.6%	除去率=(原水濃度-放流水濃度)/(原水濃度)×100
2011年10月			[現場分析]	[分析機関]	
原水	10月24日	(mg/L)	0.21	0.24	現場: 平均0.24 (最大値: 0.32、最小値: 0.21)
放流水		(mg/L)	<0.005	<0.001	現場: 平均値 (No.1、No.2貯留槽水質分析結果)
除去率		(%)	97.6%	99.5%	除去率=(原水濃度-放流水濃度)/(原水濃度)×100

#### (4) 本運転期間における運転維持管理 (薬品量等)

地下水処理システムは、総ヒ素濃度状況に応じた適正な薬品等の添加に努めると共に、水処理において発生する汚泥の排出量を抑制する工夫を行うなど、環境・経済性を考慮した細やかな運転・管理を続けており、安定したシステム稼働と水処理結果が得られている。

## 2. 原水槽濃度と総ヒ素除去量

### (1) 地下水処理施設の原水槽濃度

揚水した汚染地下水を処理する前の地下水を集めた原水槽の総ヒ素濃度 (月平均) は、対策開始時は 8.9mg/L であったが、対策の経過とともに濃度低下し対策実施約 2 年後の平成 23 年 3 月時点で 0.51mg/L、平成 23 年 10 月時点で 0.24mg/L となり、平成 21 年 4 月時点の約 3%にまで低下し、技術的な限界にも近づいていると考えられ、今後、これまで以上の効果的なヒ素除去量は見込めないと考えられる。(図 2)

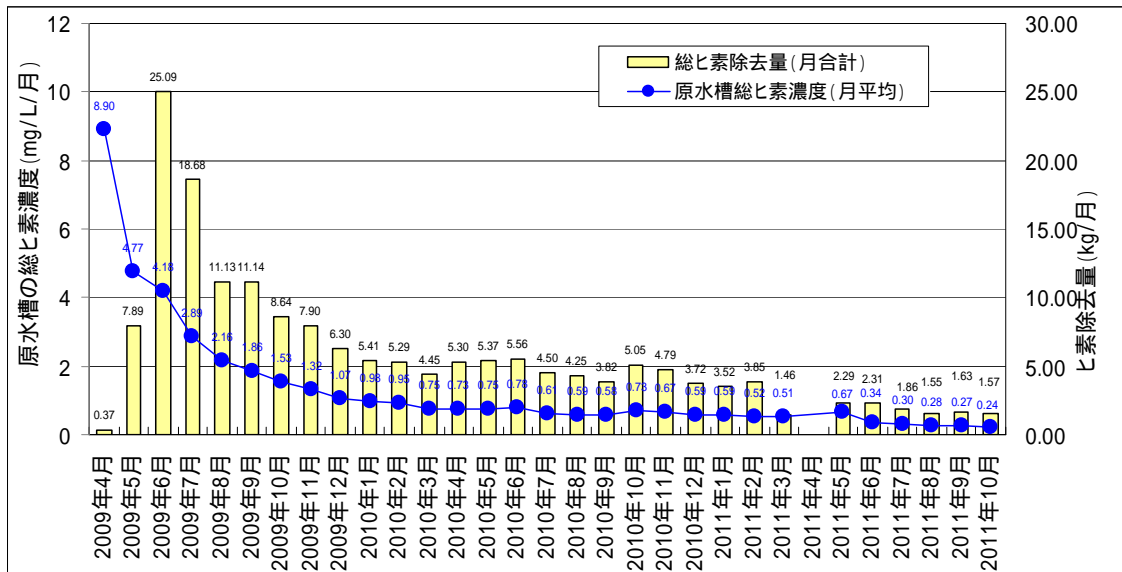


図2 揚水井戸および原水槽の総ヒ素濃度推移

(2) 対策によるヒ素除去量とヒ素除去率

原水槽の濃度低下に伴い、月毎の総ヒ素除去量も減少し、平成21年6月には25.09kgであったが、平成23年2月時点で3.85kg、平成23年3月時点で1.46kg（平成23年3月は震災の影響により3月11日以降運転休止のため、除去量が少ない。）平成23年10月時点で1.57kgとなった（表2）。対策開始時からの総ヒ素除去量は、平成23年3月時点で163.48kg、平成23年10月時点で174.69kgとなった。総ヒ素除去量を有機ヒ素化合物に換算すると、144.68kg（平成23年3月末）154.60kg（平成23年10月末）となる。総ヒ素に占める有機ヒ素化合物の割合は、揚水井戸における総ヒ素濃度に対する有機ヒ素濃度の割合（0.885）から算出した。（平成23年度第2回国内における毒ガス弾等に関する総合調査検討会）

対策前にA井戸付近に残存していた有機ヒ素化合物量を約160kgと推定すると（平成23年度第2回国内における毒ガス弾等に関する総合調査検討会）有機ヒ素化合物の除去率は平成23年3月末時点で約90.4%（ $= 144.68 \div 160 \times 100$ ）平成23年10月末時点で約96.6%（ $= 154.60 \div 160 \times 100$ ）と試算される。

表2 高濃度汚染対策における総ヒ素除去量 (kg)

年	月	総ヒ素除去量 (kg)													掘削調査 地点月計	全地点 月計	累計			
		B-1	F-15	C-1	F-1	F-5	F-6	F-22	F-19	F-29	F-30	F-10	F-31	F-32						
2009	4月 <sup>注1)</sup>																	0.37	0.37	
	5月 <sup>注1)</sup>																	7.89	8.26	
	6月	9.86	12.99		0.19	0.98	0.82	0.25									2.24	25.09	33.35	
	7月	6.47	10.24		0.30	0.73	0.74	0.20									1.97	18.68	52.03	
	8月	2.99	6.61		0.25	0.52	0.61	0.15									1.53	11.13	63.16	
	9月	3.29	6.33		0.20	0.55	0.62	0.15									1.52	11.14	74.30	
	10月	2.69	4.70		0.15	0.49	0.52	0.09									1.25	8.64	82.94	
	11月	2.45	4.34		0.09	0.50	0.49	0.03									1.11	7.90	90.84	
	12月	1.94	3.50		0.04	0.44	0.37	0.01									0.86	6.30	97.14	
	1月	1.66	2.96		0.02	0.39	0.33	0.05									0.79	5.41	102.55	
	2月	1.47	3.04		0.01	0.40	0.37										0.78	5.29	107.84	
	2010	3月	1.33	2.46		0.00	0.31	0.31		0.04								0.66	4.45	112.29
4月		1.24	2.54		0.00	0.55	0.43		0.54								1.52	5.30	117.59	
5月		0.98	2.41			0.57	0.71		0.70								1.98	5.37	122.96	
6月		0.33	1.91	1.46		0.49	0.65		0.66	0.03	0.03						1.86	5.56	128.52	
7月		0.32	1.67	0.83		0.42	0.61		0.61	0.02	0.02						1.68	4.50	133.02	
8月			1.29	1.07		0.21	0.58		0.47			0.63					1.89	4.25	137.27	
9月			1.08	1.27		0.16	0.51		0.42			0.38					1.47	3.82	141.09	
10月			1.14	1.62		0.13	1.01		0.55			0.60					2.29	5.05	146.14	
11月			1.14	1.54		0.08	1.35		0.30			0.38					2.11	4.79	150.93	
12月			0.92	1.29		0.07	0.93		0.22			0.29					1.51	3.72	154.65	
2011		1月		0.84	1.11		0.04	0.83		0.25			0.25	0.18	0.02			1.37	3.52	158.17
		2月1日～22日		0.63	0.85		0.03	0.33		0.14			0.20	0.98	0.08			0.70	3.24	161.41
	2月23日～28日 <sup>注1)</sup>																	0.61	162.02	
	3月 <sup>注1)</sup>																	1.46	163.48	
合計		37.02	72.74	11.04	1.25	8.06	13.12	0.93	4.90	0.05	0.05	2.73	1.16	0.10		31.09		163.48		

注1) 原水槽濃度からの算出

年	月	総ヒ素除去量 (kg)													掘削調査 地点月計	全地点 月計	累計		
		F-2	F-5	F-6	F-10	F-18	F-1	F-19	F-22	F-31	F-32	F-15	F-26	F-24					
前年度																			163.48
2011	4月																		163.48
	5月14日～	0.06	0.12	0.75	0.25	0.17		0.24	0.10	0.36	0.24						2.29	2.29	165.77
	6月	0.04	0.09	0.56	0.22	0.15		0.27	0.10	0.16	0.72						2.31	2.31	168.08
	7月	0.04	0.06	0.52	0.20	0.00	0.03	0.23	0.08	0.10	0.60						1.86	1.86	169.94
	8月	0.04	0.04	0.48	0.15		0.03	0.18	0.06	0.06	0.51						1.55	1.55	171.49
	9月	0.02	0.03	0.37	0.11		0.02	0.13	0.03	0.04	0.38	0.50					1.13	1.63	173.12
10月	0.02	0.04	0.40	0.11		0.02	0.14	0.07	0.05	0.39	0.27	0.03	0.03			1.24	1.57	174.69	
合計		0.22	0.38	3.08	1.04	0.32	0.10	1.19	0.44	0.77	2.84	0.77	0.03	0.03		10.38	11.21		