

第2章 水質の汚濁（地下水汚染）

1. 概 要

私たちを取りまく地球環境は、大気圏・地圏・水圏・生物圏から成り立ち、この4圏を一体として、時間の経過とともにその移り変わりを見るときに「地質圏」という世界が生まれ、この世界が、これからの人間と自然の共存を考えるとときに最も重要になります。

人の活動と地質圏との相互作用の及ぶ範囲が「地質環境」と呼ばれ、人の活動が地質環境に負の影響を及ぼすことを自然破壊や公害と呼び、この公害の中には土壌汚染、地下水汚染(水質汚濁)、地盤沈下があり、この章では水質の汚濁の一つである地下水汚染について報告します。

表 2-1 地下水の環境基準

(単位 mg/L)

物 質 名	地下水の環境基準	水道水質基準値	備 考
カドミウム	0.003	0.003	
全シアン	検出されないこと	0.01	
鉛	0.01	0.01	
六価クロム	0.02	0.02	
砒素	0.01	0.01	
総水銀	0.0005	0.0005	
アルキル水銀	検出されないこと	－	
PCB	検出されないこと	－	
ジクロロメタン	0.02	0.02	1997 年から調査
四塩化炭素	0.002	0.002	
クロロエレン (別名 塩化ビニル又は塩化ビニルモノマー)	0.002	－	2011 年から調査
1,2-ジクロロエタン	0.004	0.004 *1	1997 年から調査
1,1-ジクロロエレン	0.1	0.1 *1	
1,2-ジクロロエレン	0.04 *2	0.04 *2	
1,1,1-トリクロロエタン	1	0.3 *1	
1,1,2-トリクロロエタン	0.006	－	
トリクロロエレン	0.01	0.01	
テトラクロロエレン	0.01	0.01	
1,3-ジクロロプロペン	0.002	0.05 *1	
チウラム	0.006	0.02 *1	
シマジン	0.003	0.003 *1	
チオベンカルブ	0.02	0.02 *1	
ベンゼン	0.01	0.01	1997 年から調査
セレン	0.01	0.01	1997 年から調査
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10	10	
ふっ素	0.8	0.8	2000 年から調査
ほう素	1	1	2000 年から調査
1,4-ジオキサン	0.05	0.05	

*1 水道水質管理目標値

*2 シス-1,2-ジクロロエチレン及びトランス-1,2-ジクロロエチレン

2. 現況と対策

(1) 有機塩素化合物による地下水汚染

昭和57（1982）年度環境庁（現・環境省）が全国15都市で地下水汚染の実態調査を行ったところ、多くの井戸で人体への影響が懸念される有機塩素化合物のトリクロロエチレン等が検出され、世界保健機関（WHO）の飲料水水質ガイドラインを超える濃度の井戸も確認されました。

その後、環境庁や地方自治体による調査でもトリクロロエチレン等による地下水汚染が全国的に広がっていることが判明し、大きな社会問題となりました。

このような中、水質汚濁防止法（以下[水濁法]という）が改正され、平成10（1998）年にはトリクロロエチレン等が有害物質に指定され、地下浸透が禁止されました。また、平成8（1996）年には汚染地下水を浄化するための制度的枠組みが水濁法に組み込まれ、さらに平成9（1997）年には地下水の環境基準が設定されました。

なお、対象となる有機塩素化合物の基準、人体影響を表2-2にまとめます。

表2-2 有機塩素化合物に関する基準、人体影響等

物質名	水質基準				用途	性状	人体影響
	排水基準	地下浸透基準	地下水環境基準	水道基準			
トリクロロエチレン ($\text{ClHC}=\text{CCl}_2$)	0.1mg/ℓ 以下	0.002mg/ℓ 未満	0.01mg/ℓ 以下	0.01mg/ℓ 以下	・金属部品脱脂洗浄剤 ・溶剤 ・殺虫剤 ・フロンガス原料	クロロホルム臭のある無色透明の液体 不燃性、揮発性、水に難溶脱脂作用 比重：1.46 沸点：88℃	中枢神経抑制。 50~1000ppm以上で頭痛、めまい吐き気。 高濃度で肝臓障害。 皮膚に繰り返し触れると皮膚炎
テトラクロロエチレン ($\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2$)	0.1mg/ℓ 以下	0.0005mg/ℓ 未満	0.01mg/ℓ 以下	0.01mg/ℓ 以下	・ドライクリーニング剤 ・金属部品脱脂洗浄剤 ・溶剤 ・フロンガス原料	エーテル様芳香臭のある無色透明の重い液体 不燃性、揮発性、水に難溶脱脂作用 比重：1.62 沸点：121℃	中枢神経抑制。100ppm 7時間で軽い不快感、眠気。 高濃度で頭痛、めまい、意識喪失。ヒトの発癌性の証拠は認められないが疑いあり
1,1,1-トリクロロエタン ($\text{H}_3\text{C}-\text{CCl}_3$)	3mg/ℓ 以下	0.0005mg/ℓ 未満	1mg/ℓ 以下	*1 0.3mg/ℓ 以下	・金属部品脱脂洗浄剤 ・溶剤 ・ドライクリーニング剤	クロロホルム臭のある無色透明の液体 不燃性、揮発性、水に難溶脱脂作用 比重：1.35 沸点：74℃	毒性は比較的弱い。 高濃度で麻酔性と粘膜刺激性あり ヒトに発癌性があるという評価はされていない
四塩化炭素 (CCl_4)	0.02mg/ℓ 以下	0.0002mg/ℓ 未満	0.002mg/ℓ 以下	0.002mg/ℓ 以下	・機械機器の脱脂洗浄 ・フロンガス、クロロホルム等の製造原料 ・殺虫剤 ・消火剤	クロロホルム臭の無色透明の液体 不燃性、揮発性、水に難溶脱脂作用 比重：1.59 沸点：77℃	毒性は比較的弱い。高濃度では頭痛、疲労、悪心、嘔吐めまい 視力障害。吸収量の多い場合は肝・腎障害、不整脈、呼吸抑制、血圧降下を起こす。ヒトに発癌性を示すと考えられる
ジクロロメタン (CH_2Cl_2)	0.2mg/ℓ 以下	0.002mg/ℓ 未満	0.02mg/ℓ 以下	0.02mg/ℓ 以下	・溶剤（トリクロロエチレン等の代替物質） ・ウレタン発泡助剤 ・エアゾル噴射剤 ・冷媒	無色透明の芳香のある水より重い液体 不燃性、非引火性。 土壌吸着性、生分解性とも低い 沸点：40℃	魚介類の濃縮性は低い
1,2-ジクロロエタン ($\text{ClH}_2\text{C}-\text{CH}_2\text{Cl}$)	0.04mg/ℓ 以下	0.0004mg/ℓ 未満	0.004mg/ℓ 以下	*1 0.004mg/ℓ 以下	・溶剤 ・洗浄剤 ・塩化ビニルモノマー ・ポリアミノ酸樹脂等の樹脂原料	無色透明の油状液体 蒸気圧が高く大気へ移行しやすい、揮発性あり。土壌吸着性、生分解性とも低い 比重：1.25 沸点：83.7℃	魚介類の濃縮性は低い
1,1,2-トリクロロエタン ($\text{ClHC}-\text{CH}_2\text{Cl}_2$)	0.06mg/ℓ 以下	0.0006mg/ℓ 未満	0.006mg/ℓ 以下	—	・溶剤 ・塩化ビニリデン ・粘剤、ラッカー ・テフロンチューブの原料	無色の液体 揮発性あり 水中から大気に蒸散する傾向あり 比重：1.44 沸点：113.8℃	魚介類の濃縮性は低い
1,1-ジクロロエチレン ($\text{H}_2\text{C}=\text{CCl}_2$)	1mg/ℓ 以下	0.002mg/ℓ 未満	0.1mg/ℓ 以下	*1 0.1mg/ℓ 以下	・塩化ビニリデンの原料	無色から淡黄色の、透明で重く芳香臭ある液体 揮発性 酸化されやすい 水中で安定、土壌吸着性は低い。トリクロロエチレン等の分解生成物 沸点：31.7℃	魚介類の濃縮性は低い
1,2-ジクロロエチレン ($\text{ClHC}=\text{CHCl}$)	*2 0.4mg/ℓ 以下	0.004mg/ℓ 未満	0.04mg/ℓ 以下	0.04mg/ℓ 以下	・溶剤 ・染料抽出剤 ・香水、ラッカー、熱可塑性樹脂の製造、有機合成原料	無色透明の液体 芳香臭、刺激性、揮発性 土壌吸着性が低く、地下に浸透	魚介類の濃縮性は低い

排水基準・地下浸透基準…水質汚濁防止法による

地下水環境基準…環境省の告示による

水道基準…厚生労働省の告示

*1 水道水質管理目標値

*2 シス-1,2-ジクロロエチレン

（２）有機塩素化合物汚染の現況と対策

有機塩素化合物による地下水汚染については、市全域を2kmメッシュに区切り、井戸水（地下水）に含まれる汚染物質の濃度を検査する「地下水水質環境調査」と、これにより汚染物質の有機塩素化合物が検出された井戸及びその周囲の井戸を対象に調査を行う「地下水汚染調査」を実施しています。

調査を開始した昭和63（1988）年10月には「中峠地区」の一部（字大日、字宿通上北）、平成2（1990）年10月には「東我孫子地区」の一部（東我孫子2丁目、天王台5丁目、高野山）、平成4（1992）年9月には「根戸・台田地区」の一部（根戸、台田1丁目周辺）、平成7（1995）年には「布佐地区」の一部で汚染が確認されました。

また、平成4（1992）年度から環境基準に係る市内全域の調査（1kmメッシュに区切った34ヶ所）を実施し、この結果、平成8（1996）年度には「寿地区」の一部（寿2丁目）と「柴崎地区」の一部（柴崎）、平成19（2007）年度には「本町地区」の一部（本町1丁目）で汚染が確認されました。

このため、汚染井戸の利用者には我孫子市健康づくり支援課（平成25（2013）年度から）と協力し、飲用している場合は上水道への切替え及び煮沸すること等による除去対策を井戸所有者に要請するとともに、汚染の著しい台田地域では、汚染源や汚染状況等を明らかにする「地下水汚染機構解明調査」に着手し、その結果を基に「地下水汚染除去対策事業」を実施しています。

表2-3に有機塩素化合物に係る「地下水汚染調査結果」を示します。

現在では「中峠地区」「布佐地区」「中里地区」では環境基準を超える井戸は見られなくなっており、汚染地区は、年々減少しています。

今後の対策としては、環境基準を超過した井戸のある地区を中心に、汚染範囲の確認及び汚染経過を監視するため定期的・継続的に水質調査を実施し、必要な場合には機構解明調査を経て浄化対策事業を実施していきます。

さらに、有害物質等を取り扱う工場や事業場に対しては、有害物質の保管状況や地下浸透状況等を監視・調査するとともに、必要に応じ公害防止協定を締結し地下水汚染の未然防止を図っていきます。

表2-3 有機塩素化合物に係る地下水汚染調査結果 令和5（2023）年度

地区名	調査井戸数	汚染物質	調査結果		最高濃度 (mg/L)
根戸・台田・ 船戸地区	16本	トリクロロエチレン	検出井戸数 うち基準超過	13本 6本	0.062
		テトラクロロエチレン	検出井戸数	2本	0.0025
		1,1-ジクロロエチレン	検出井戸数	0本	-
		1,2-ジクロロエチレン	検出井戸数 うち基準超過	11本 4本	0.077
		塩化ビニルモノマー	検出井戸数	3本	0.0017
寿地区	3本	トリクロロエチレン	検出井戸数	1本	0.0009
		テトラクロロエチレン	検出井戸数	0本	-
		1,1-ジクロロエチレン	検出井戸数	0本	-
		1,2-ジクロロエチレン	検出井戸数	0本	-
		塩化ビニルモノマー	検出井戸数 うち基準超過	1本 1本	0.0025
柴崎地区	8本	トリクロロエチレン	検出井戸数 うち基準超過	8本 2本	0.016
		1,2-ジクロロエチレン	検出井戸数 うち基準超過	4本 2本	0.16
東我孫子地区	15本	トリクロロエチレン	検出井戸数	10本	0.0098
		テトラクロロエチレン	検出井戸数	13本	0.0075
		1,1-ジクロロエチレン	検出井戸数	0本	-
		1,2-ジクロロエチレン	検出井戸数	2本	0.0059
		塩化ビニルモノマー	検出井戸数	0本	-
中峠地区	18本	トリクロロエチレン	検出井戸数	13本	0.0034
		テトラクロロエチレン	検出井戸数	14本	0.0039
		1,1-ジクロロエチレン	検出井戸数	0本	-
		1,2-ジクロロエチレン	検出井戸数	0本	-
		塩化ビニルモノマー	検出井戸数	0本	-
布佐地区	2本	トリクロロエチレン	検出井戸数	1本	0.0011
		四塩化炭素	検出井戸数	1本	0.0012
中里地区	2本	トリクロロエチレン	検出井戸数	2本	0.0036
		1,1-ジクロロエチレン	検出井戸数	0本	-
		1,2-ジクロロエチレン	検出井戸数	0本	-

※ 検出井戸数は定量下限値を超えて検出された数を示し、環境基準値を超過した数を含む。

(3) 機構解明調査及び除去対策事業

平成8（1996）年度から地下水汚染が確認されていた根戸・台田地区で「地下水汚染機構解明調査」に着手し、平成17（2005）年度で調査を終了しています。

この機構解明調査は、水溶性の有機塩素化合物による著しい地下水汚染が確認された地区において、汚染物質がどのような経路を経て地下まで到達し、汚染地下水はどの範囲まで拡大しているかを解明し、汚染原因の特定及び効果的な除去対策を計画して行くために実施したものです。

根戸・台田地区では、汚染物質の使用事業場等の調査、表層汚染調査、地下水・地質に係る既存資料の収集、ボーリング調査、観測井の設置、総合解析等を行い、ボーリング調査は延べ13地点、掘削深度は延べ400m、観測用井戸を12地点に設置し、また、汚染地区内の事業者による自主的な調査も併せて実施しました。

これらの調査により、有機塩素化合物のトリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンにより汚染された地下水の帯水層（水を多く含んだ地層の帯）を、上部から3層まで確認し、さらに、この調査過程で新たに水溶性の六価クロムによる地下水汚染が、限定された範囲内の第一帯水層（一番浅い帯水層）で確認されました。

地下水の流れは、深度約6～10mにある第一帯水層では、地表面と同じく台地部から東域の谷部に向かって流れ、深度約13m前後にある第三帯水層ではこの谷部から東西に流れている状況を確認しました。

汚染物質の浸透源と思われる地点を3ヶ所確認でき、この内、テトラクロロエチレンが確認された工作機械製造工場跡地の2ヶ所では、中高層住宅開発に伴い土地所有者による詳細調査が行われ、その後、平成14（2002）年に新設された「土壤汚染対策法」に基づき汚染防止対策事業が行われ、土壌及び地下水の汚染は環境基準以内に解消されることになりました。

トリクロロエチレン及び六価クロムによる地下水汚染が確認された1ヶ所（事業場）では、平成14（2002）年度に事業地内のローム層中に6本の「地下空気吸引井戸」を設置し、同年6月から12月の約6ヶ月間、面積700㎡、深度約4mの範囲内のローム層中に滞留していたトリクロロエチレン（蒸発ガス）を吸引除去する「汚染地下空気除去対策事業」を行い、この間、吸引除去したトリクロロエチレンの量は14.8kgとなり事業終了しました。

続いて、平成15（2003）年度からはさらに深い地層中の汚染物質を除去するため、地下水を汲み上げる井戸を10本設置（平成28（2016）年3月現在）し、揚水から汚染物質を除去する「地下水揚水除去対策事業」に着手し、平成15（2003）年11月から平成29（2017）年3月までの汚染物質の累計除去量は、トリクロロエチレンが27.45kg、平成14（2002）年の地下空気吸引除去を含めると42.25kg、六価クロムの累積除去量は80.12kgとなりました。

除去対策により、事業所内井戸の六価クロムの最高濃度は、平成18（2006）年には5.9mg/Lであったものが、平成27（2015）年12月には0.4mg/Lと大きく低減しています。今後も、事業者と共に除去対策事業を継続実施し、当地域の汚染を環境基準以下に解消するよう努めていきます。

(4) 有害物質に係る地下水水質環境調査

平成4（1992）年度から市内を1kmに区切り34のメッシュを設定し、毎年、1メッシュ（平成14（2002）年度からは2メッシュ）について1ヶ所の井戸を選定し、地下水の環境基準に係る項目について地下水水質環境調査を実施してきました。令和5（2023）年度までに延べ695本の調査を実施しています。

(5) 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素による汚染

市内全域で硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素による汚染が確認されています。

年度ごとの汚染状況は表 2-4 のとおりで、汚染は市内全域に分布し、特に農用地の周辺に多くみられ、深度は浅い 10m 程度の「掘り抜き井戸」からボーリングによる 40m 程度の「突き抜き井戸」まで広がっています。

汚染分布の状況から、農地における肥料の過剰な施肥が原因と考えられますが、深い井戸の汚染については、今後、調査と検討が必要になります。

なお、各年度の調査ごとに、飲用基準の超過が確認された井戸の所有者に対しては、飲用指導を行っています。

表 2-4 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の年度別検出状況

年 度	調査井戸数 (本数)	検出～10mg/ℓ 以下 (本数)	10mg/ℓ超過 (本数)	基準超過率 (%)	最高濃度 (mg/ℓ)
H4	42	13	5	11.9	18.9
H5	34	14	8	23.5	22
H6	34	14	4	11.7	17
H7	34	27	7	20.6	23.2
H8	34	14	12	35.3	85.1
H9	34	13	10	29.4	26.8
H10	35	10	7	20.0	32.6
H11	34	16	9	26.5	29.9
H12	34	15	7	20.6	26.5
H13	34	18	10	29.4	32.7
H14	17	5	4	23.5	29.5
H15	17	8	3	17.6	21.4
H16	17	7	2	11.8	13.1
H17	17	4	1	5.9	19
H18	17	3	6	35.3	38.8
H19	17	5	4	23.5	17
H20	17	9	3	17.6	22.6
H21	17	9	3	17.6	21.5
H22	17	11	1	5.9	15.7
H23	17	8	2	11.8	20
H24	17	10	4	23.5	17
H25	17	6	4	23.5	21
H26	17	9	3	17.6	18
H27	17	11	2	11.8	15
H28	17	7	2	11.8	15

年 度	調査井戸数 (本数)	検出～10mg/ℓ 以下 (本数)	10mg/ℓ超過 (本数)	基準超過率 (%)	最高濃度 (mg/ℓ)
H29	17	10	4	23.5	15
H30	17	11	2	11.8	14
H31/R1	17	10	3	17.6	32
R2	10	8	2	19.5	12
R3	10	7	0	0	8.9
R4	10	8	3	30.0	22
R5	10	3	3	30.0	13
累計	695	323	140	20.1	－

注 環境基準、飲用基準ともに 10 mg/ℓ以下

(6) 重金属類による汚染

市内の地下水（井戸水）調査で、まれに砒素、鉛が検出されているところがありますが、検出井戸の周辺にこれらの物質を使用している事業所がないことから、人為的な公害によるものではなく、自然由来と推定されます。

令和5（2023）年度までの調査地点（砒素851地点、鉛695地点）の検出状況は、表2-5のとおりです。

表 2-5 砒素及び鉛の検出状況

物質名	検出 (0.005～ 0.01 mg/ℓ以下)	超過 (0.01 より大～ 0.05 mg/ℓ以下)	超過 (0.05 mg/ℓより大)	環境基準超過率
砒素	101 地点	49 地点	7 地点	6.6%
鉛	14 地点	3 地点	2 地点	0.7%

注 砒素と鉛の環境基準は 0.01mg/ℓ以下