

地下水汚染発見後 20 年経過地区における 汚染状況等に関する研究（第 3 報）

吉田耕一郎

Study on the States of Pollution Passed 20 Years
from Detection of Groundwater Pollution (3)

Koichiro YOSHIDA

1. はじめに

本県では、平成元年度から本格的な地下水質調査を開始し 20 年以上が経過したが、調査開始後の数年間にトリクロロエチレン等の有機塩素化合物による環境基準を超える地下水汚染が多く発見され、住民への飲用指導や汚染原因者に対し揚水曝気処理等の浄化対策を指導するとともに継続監視調査を実施してきた。その結果、多くの調査地点では汚染物質濃度の低下が認められているが、汚染範囲の確認は汚染発見当初に行っただけでそれ以降はほとんど実施していないのが実状である。

そこで、地下水汚染対策の効率的・効果的な推進に寄与することを目的に、地下水汚染発見後 20 年をひとつの区切りとしてとらえ、汚染発見後 20 年が経過する県内でも比較的規模の大きい汚染地区を対象に平成 21 年度から地下水汚染状況等に関する詳細調査を実施し、汚染範囲の再確認や汚染回復の見込み等について総合的な検証を行っている¹⁻²⁾。

本報では、平成 23 年度に実施した地下水汚染地区における調査結果について報告する。

2. 調査方法

汚染発見当初に実施した汚染戸周辺地区調査と同様の汚染状況詳細調査を下記により実施した。

実施地区：平成元～2 年度にトリクロロエチレンによる地下水汚染が発見された G 市 I 地区、G 市 H 地区および J 市 K 地区の 3 地区

調査地点：1 地区当たり 24 地点程度

調査項目：有機塩素化合物（汚染物質およびその分解生成物）、解析項目（pH、導電率、M-アルカリ度、塩素イオン、硫酸イオン、硝酸イオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン）

なお、有機塩素化合物については、検出値が報告下限値（トリクロロエチレン 0.002mg/L、テトラクロロエチレン 0.0005mg/L、1,1,1-トリクロロエタン 0.0005mg/L、その他の物質は環境基準の 10 分の 1 の濃度）未満の濃度であっても数値を 0.00001mg/L（0.01μg/L）まで読み取り比較検討した。

平成 23 年度に調査を実施した 3 地区の概要を表 1 に、位置図を図 1 に示した。3 地区とも同一の電気・電子関係事業所におけるトリクロロエチレンの漏洩を原因とする一連の地下水汚染地区と推定されており、当該汚染源からみて北方向に G 市 I 地区、G 市 H 地区、J 市 K 地区の順に位置している。また、これら 3 地区では原因事業者や地

元市により地中曝気・真空抽出処理や地下水揚水処理等の浄化対策がとられている。

なお、ここでいう「地下水汚染」とは、汚染物質が報告下限値以上検出されることをいい、汚染発見当初にその汚染範囲や基準超過範囲が設定されている。

表 1 調査対象地区の概要

地区名	汚染発見年月	主汚染物質	基準超過範囲 (km ²)
G 市 H 地区	H 元.11	トリクロロエチレン	1.2
G 市 I 地区	H 2. 2	トリクロロエチレン	0.11
J 市 K 地区	H 2. 6	トリクロロエチレン	0.01

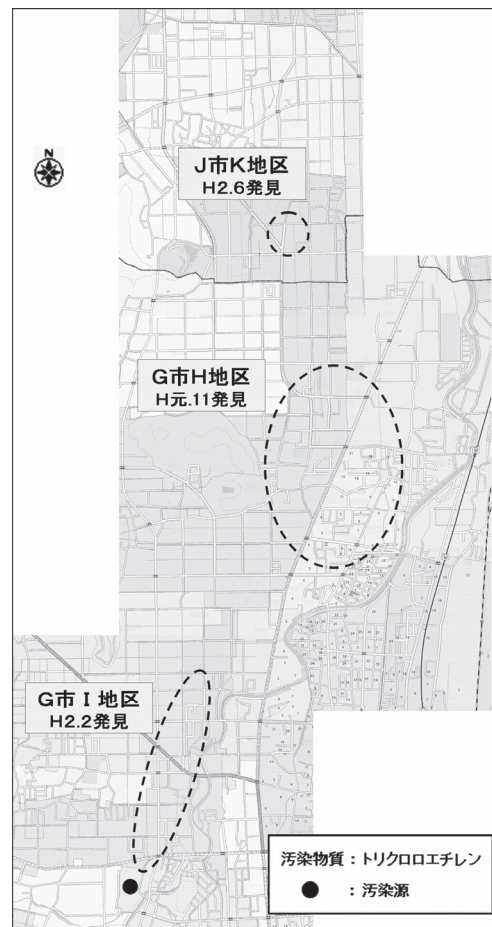


図 1 調査対象 3 地区の位置図

3. 結果と考察

3.1 G市I地区

主汚染物質のトリクロロエチレンについて、汚染発見当初の元年度調査（調査地点 47 地点）³⁾ と今回の 23 年度調査（調査地点 19 地点）を比較した結果の概要を表 2 に示した。また、元年度調査および 23 年度調査でのトリクロロエチレン濃度分布図を図 2 に示した。

環境基準超過地点は、元年度調査の 14 地点（29.8%）に対し 23 年度調査ではなくなり、また環境基準以下の検出地点のうち環境基準の 2 分の 1 以上検出された地点は、両年度調査とも 3 点であったが、その検出地点の範囲は狭くなった。

なお、23 年度調査では、設定汚染範囲外北側の非住宅地において、元年度に未調査の井戸からトリクロロエチレンが環境基準の 2 の 1 未満の濃度で、かつ、平成 23 年 4 月から規制強化された水道水質基準の 0.01mg/L も下回る濃度で検出されたが、それ以外では設定汚染範囲外での検出はなかった。

次に、両年度調査間で比較可能な 10 地点（同地点または近接地点）を抽出してトリクロロエチレンの濃度変化率【(23 年度濃度－元年度濃度) / 元年度濃度×100】を求めたところ、-66.7～-86.2%（平均-80.5%）であり、全体的に汚染濃度が大きく低下していることが確認された（図 3）。

分解生成物については、23 年度調査で 1,2-ジクロロエチレンが 1 地点から 0.004mg/L と環境基準の 2 分の 1 未満の濃度で検出されたのみであり、生化学的分解がほとんど進んでいないことがうかがわれた。

表 2 G市I地区の結果概要（トリクロロエチレン）

調査年度	調査地点数	環境基準超過地点数 >0.03 mg/L	環境基準以下地点数		
			0.015～0.03 mg/L	0.002～<0.015 mg/L	<0.002 mg/L
H元	47	14 (29.8%)	3 (6.4%)	7 (14.9%)	23 (48.9%)
H23	19	0 (0.0%)	3 (15.8%)	8 (42.1%)	8 (42.1%)

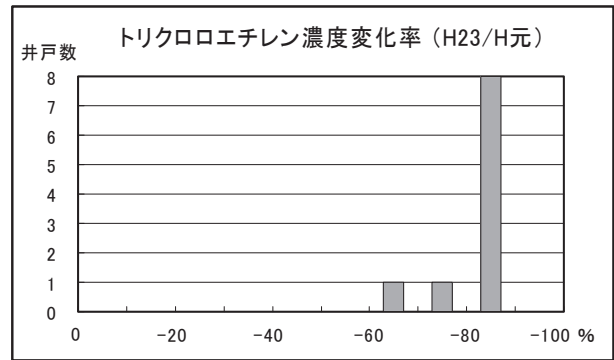


図 3 G市I地区の濃度変化率 (n=10)

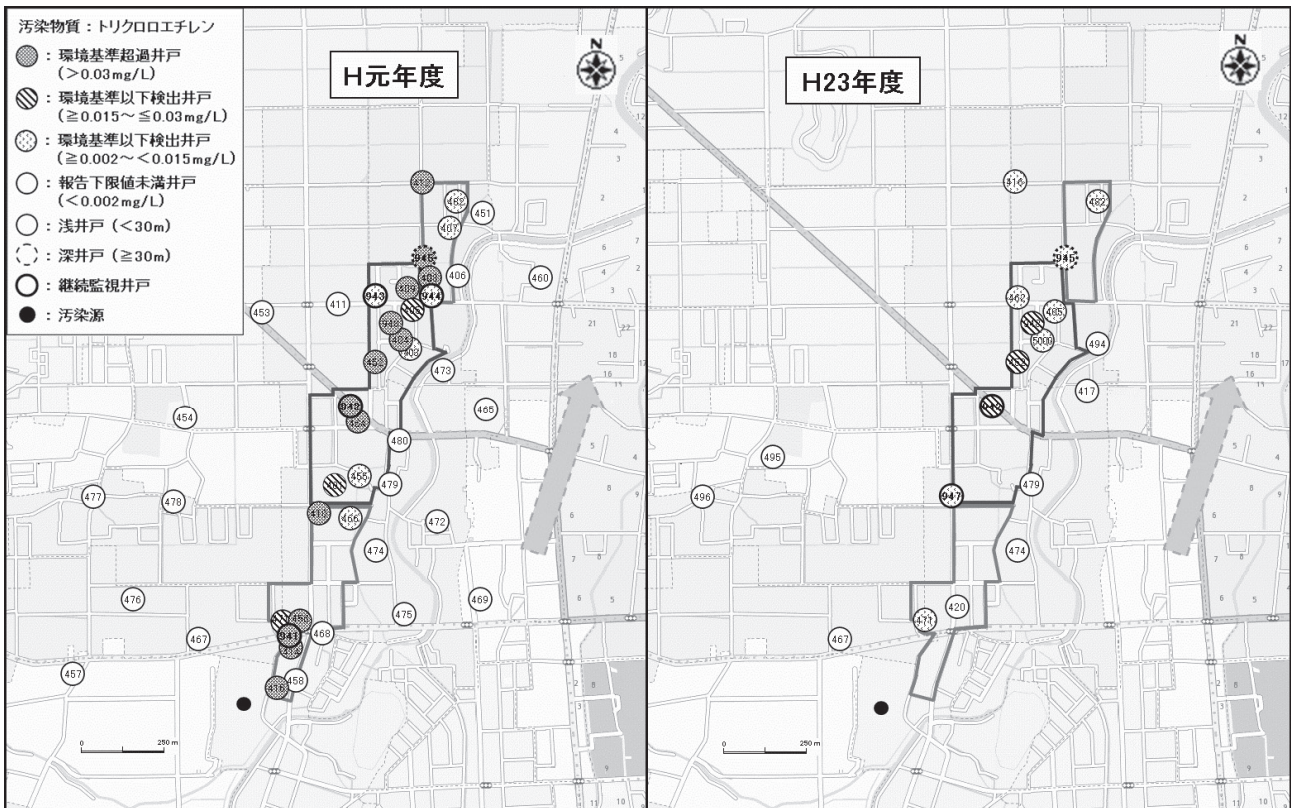


図 2 G市I地区のトリクロロエチレン濃度分布図（左：平成元年度調査、右：平成 23 年度調査）

3.2 G市H地区

主汚染物質のトリクロロエチレンについて、汚染発見当初の元年度調査（調査地点 35 地点）⁴⁾ と今回の 23 年度調査（調査地点 32 地点）を比較した結果の概要を表 3 に示した。また、元年度調査および 23 年度調査でのトリクロロエチレン濃度分布図を図 4 に示した。

環境基準超過地点は、元年度調査の 12 地点（34.3%）に対し 23 年度調査では 4 地点（12.5%）と大幅に減少した結果、環境基準以下の検出割合が相対的に増加した。

なお、汚染発見当初に設定した汚染範囲の南側では特に汚染の広がりは見られなかったが、同汚染範囲内北東側の井戸では濃度が上昇し、元年度調査で環境基準の 2 分の 1 未満の濃度であったものが 23 年度調査では環境基準の 2 分の 1 以上～環境基準以下の範囲で検出された。

また、ともに元年度に未調査の井戸であるが、23 年度調査で、設定汚染範囲北側境界の井戸からトリクロロエチレンが環境基準を若干超過して検出され、さらに北側の J 市境に近い井戸から環境基準の 2 分の 1 以上～環境基準以下の範囲で検出された。

これらのことから、北側に位置する J 市境側で汚染濃度が高くなっている可能性がうかがわれた。

次に、両年度調査間で比較可能な 11 地点を抽出してトリクロロエチレンの濃度変化率を求めたところ、+157.1～-93.1%（平均-44.5%）であり、また前述の濃度が上昇している 1 井戸を除いた 10 井戸では-37.5～-93.1%（平均-64.7%）となり、全体的には汚染濃度がかなり低下していることが確認されたが、その平均濃度変化率は G 市 I 地区に比べて小さかった（図 5）。

分解生成物については、23 年度調査で 1,2-ジクロロエチレンが 3 地点から 0.004～0.020mg/L と環境基準の 2 分の 1 以下の濃度で検出されたがその濃度は低く、生化学的

分解がほとんど進んでいないことがうかがわれた。

表 3 G市H地区の結果概要（トリクロロエチレン）

調査年度	調査地点数	環境基準超過地点数 >0.03 mg/L	環境基準以下地点数		
			0.015～0.03 mg/L	0.002～<0.015 mg/L	<0.002 mg/L
H元	35	12 (34.3%)	5 (14.3%)	3 (8.6%)	15 (42.9%)
H23	32	4 (12.5%)	9 (28.1%)	4 (12.5%)	15 (46.9%)

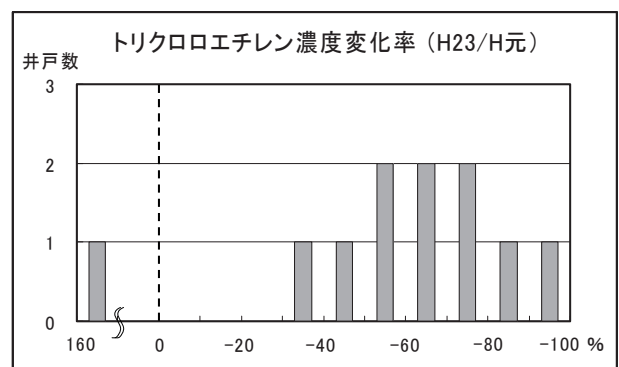


図 5 G市H地区の濃度変化率（n=11）

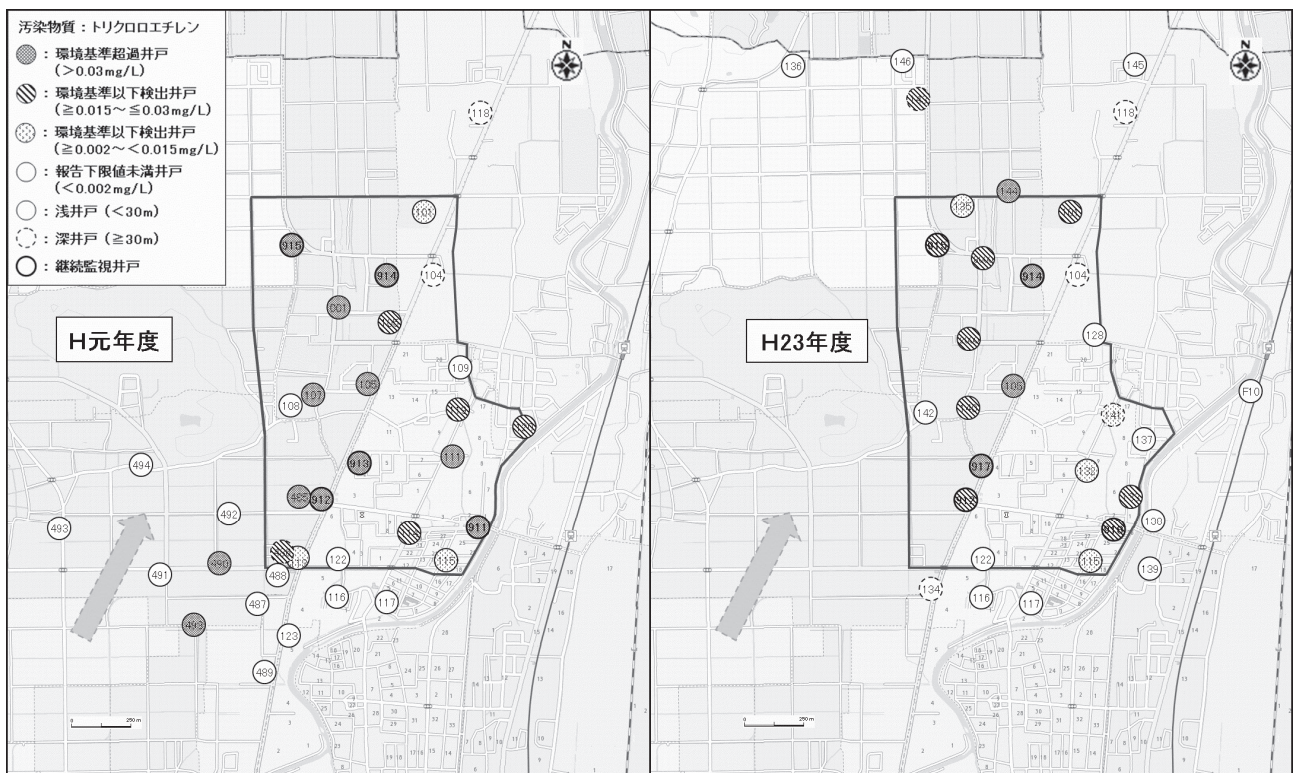


図 4 G市H地区のトリクロロエチレン濃度分布図（左：平成元年度調査、右：平成 23 年度調査）

3.3 J市K地区

主汚染物質のトリクロロエチレンについて、汚染発見当初の2年度調査(調査地点40地点)³⁾と今回の23年度調査(調査地点9地点)を比較した結果の概要を表4に示した。また、2年度調査および23年度調査でのトリクロロエチレン濃度分布図を図6に示した。

環境基準超過地点は、両年度調査とも2地点であり、また環境基準以下の検出地点のうち環境基準の2分の1以上の濃度で検出された地点は、2年度調査の1地点に対し23年度調査ではなかった。

なお、汚染発見当初に設定した汚染範囲北側では特に汚染の広がりはみられなかったが、23年度調査では、同汚染範囲外南側のG市境に近い2年度に未調査の井戸からトリクロロエチレンが環境基準をわずかに超過して検出された。

したがって、地下水汚染が南方面のG市側から連続したものであることが裏づけされた。

表4 J市K地区の結果概要(トリクロロエチレン)

調査年度	調査地点数	環境基準超過地点数 >0.03 mg/L	環境基準以下地点数		
			0.015 ~ 0.03 mg/L	0.002 ~ <0.015 mg/L	<0.002 mg/L
H2	40	2	1	3	34
H23	9	2	0	2	5

※ 検出割合については、調査件数が少ないため省略

次に、両年度調査間で比較可能な2地点のトリクロロエチレンの濃度変化率を求めたところ、-26.7%、-71.4%と濃度が低下していたが、その平均濃度変化率(-49.1%)はG市H地区と同程度であった(図7)。

分解生成物については、23年度調査で1,2-ジクロロエチレンが2地点から0.004~0.005mg/Lと環境基準の2分の1未満の濃度で検出されたがその濃度は低く、生化学的分解がほとんど進んでいないことがうかがわれた。

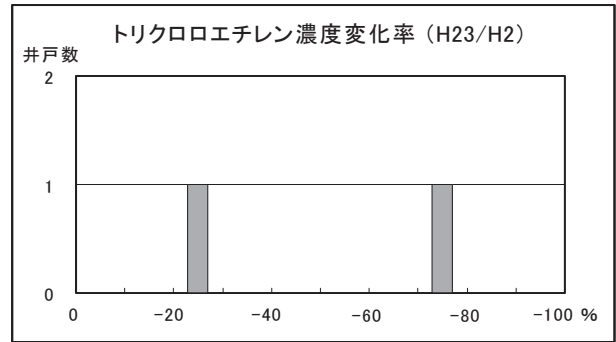


図7 J市K地区の濃度変化率(n=2)

3.4 広域的考察

地形等から3地区の汚染は連続したものと考えられるため、広域的な観点から考察した。

汚染発見当初の元~2年度調査では、トリクロロエチレン濃度の高い地点は、汚染源に最も近いG市I地区とその北側に隣接するG市H地区に多くなっている。これに対し、23年度調査では、G市I地区ではトリクロロエチレン濃

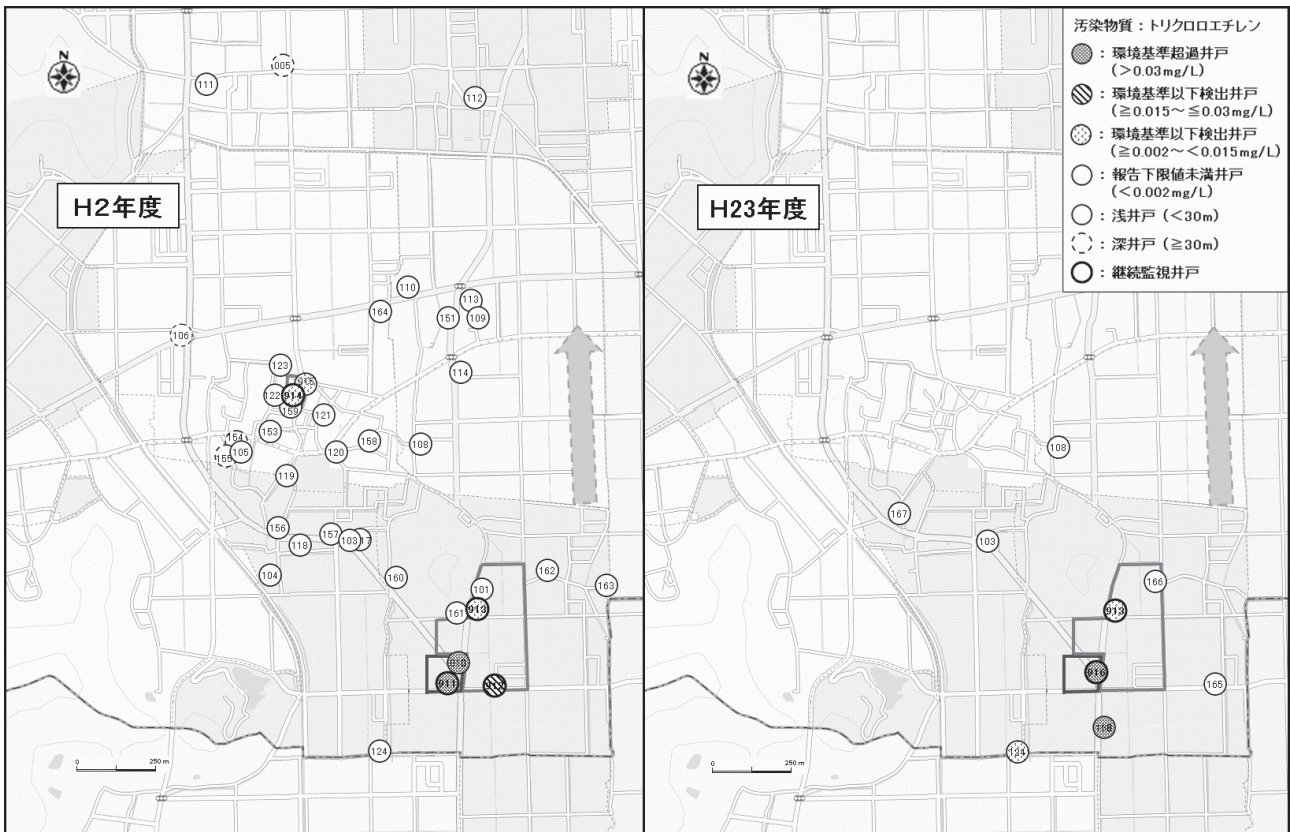


図6 J市K地区のトリクロロエチレン濃度分布図(左:平成2年度調査、右:平成23年度調査)

度が大きく低下したが、その地下水流向下流側に位置するG市H地区とJ市K地区では依然として環境基準を超過する地点があり、また、G市I地区に比べてトリクロロエチレン濃度変化率の低い地点がある。

以上から、トリクロロエチレン濃度は全体的には低下してきているものの、比較的高濃度のトリクロロエチレンが地下水の流向に沿って相対的に北方面に移動しているものと考えられる。ただし、J市K地区以北への広がりは見られていない。

3.5 汚染回復見込み時期の算出

3地区における継続監視調査でのトリクロロエチレン濃度の経年変化を図8～図10に示した。

これをみると、3地区ともトリクロロエチレン濃度が徐々にではあるが低下していることがうかがえる。

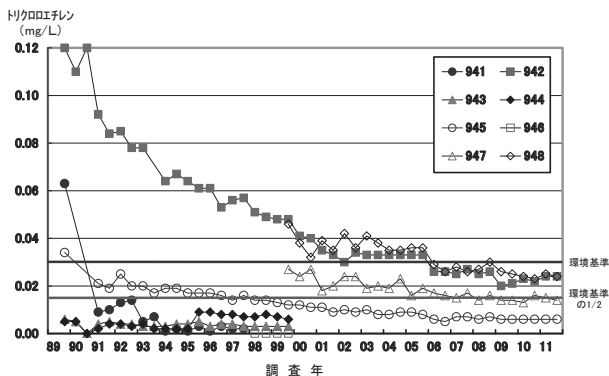


図8 継続監視調査の経年変化 (G市I地区)

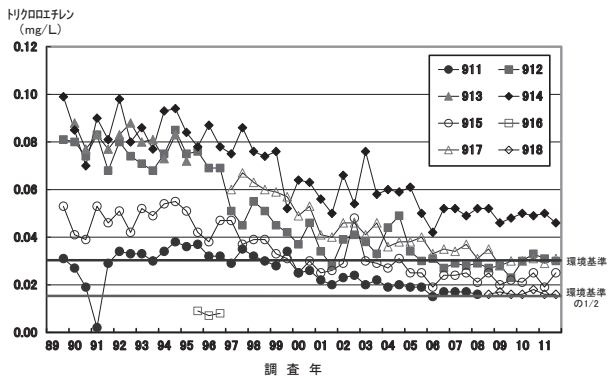


図9 継続監視調査の経年変化 (G市H地区)

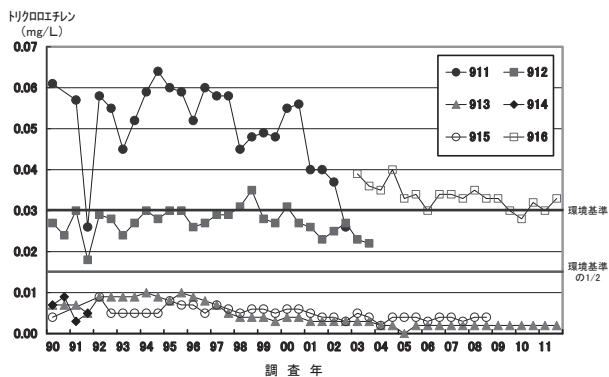


図10 継続監視調査の経年変化 (J市K地区)

そこで、トリクロロエチレン濃度が最も高い井戸であるG市I地区では井戸No948のデータ(H11～23年度:n=25)、G市H地区では井戸No914のデータ(H元～23年度:n=45)、J市K地区では井戸No911と井戸No916の結合データ(H2～23年度:n=43)を用いてトリクロロエチレン濃度が環境基準または環境基準の2分の1の濃度まで低下する時期の算出を試みた。なお、算出にはトリクロロエチレン濃度を対数変換したのについて回帰直線とその95%信頼区間を求め、さらにそれらを外挿することにより求めた。

3.5.1 G市I地区

G市I地区の結果を図11に示した。トリクロロエチレン濃度が環境基準の2分の1まで低下する時期は2019.9年(95%信頼区間:±1.6年)となり、約7～10年を要することが予測された。

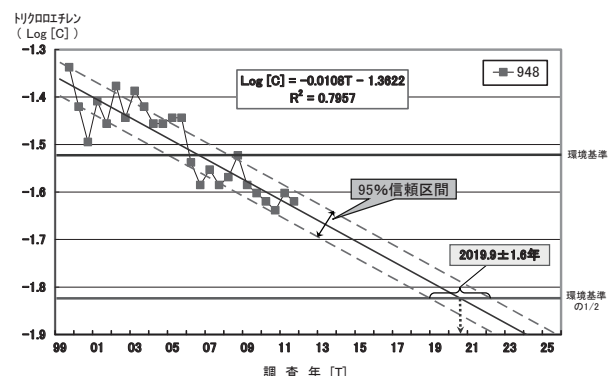


図11 最高濃度継続監視井戸での濃度予測 (G市I地区)

3.5.2 G市H地区

G市H地区の結果を図12に示した。トリクロロエチレン濃度が環境基準まで低下する時期は2023.1年(95%信頼区間:±2.1年)となり、約9～13年を要することが予測され、また、環境基準の2分の1まで低下する時期は2043.7年(95%信頼区間:±2.1年)となり、約30～34年を要することが予測された。

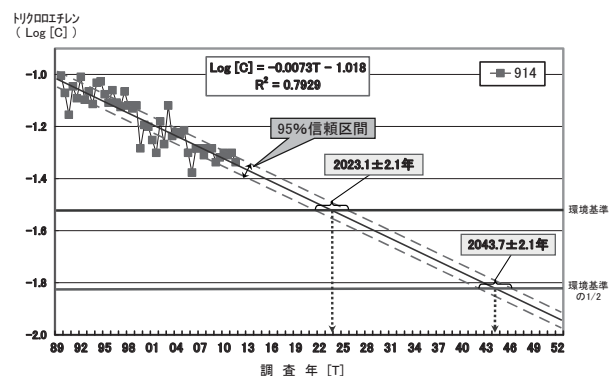


図12 最高濃度継続監視井戸での濃度予測 (G市H地区)

3.5.3 J市K地区

J市K地区の結果を図13に示した。トリクロロエチレン濃度が環境基準の2分の1まで低下する時期は2031.5年(95%信頼区間:±3.5年)となり、約16～23年を要することが予測された。

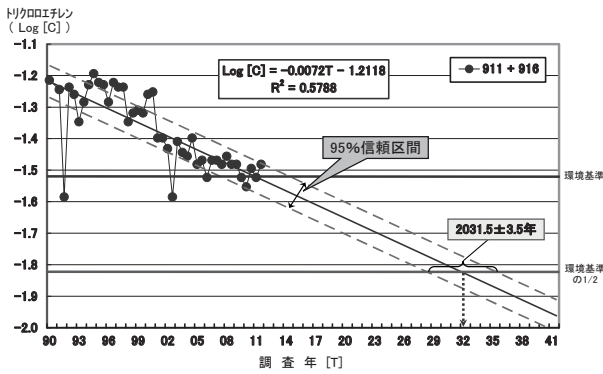


図13 最高濃度継続監視井戸での濃度予測 (J市K地区)

4. まとめ

地下水汚染発見後20年をひとつの区切りとしてとらえ、汚染発見後20年が経過する同一の汚染源によると推定されているトリクロロエチレンによる一連の地下水汚染地区3地区において平成23年度に汚染状況詳細調査を実施し、汚染発見当初の平成元～2年度に実施した調査結果と比較した。また、汚染回復見込み時期の算出を試みた。

- (1) 汚染源に最も近いG市I地区では、トリクロロエチレンによる環境基準超過地点は元年度調査の14地点(29.8%)に対し23年度調査ではなくなり、環境基準の2分の1以上～環境基準以下検出地点は両年度調査とも3点であったが、その検出地点の範囲は狭くなった。両年度調査間で比較可能な10地点での平均濃度変化率は-80.5%と全体的に汚染濃度が大きく低下していることが確認された。
- (2) G市I地区の地下水流向方向北側に隣接するG市H地区では、トリクロロエチレンによる環境基準超過地点は元年度調査の12地点(34.3%)に対し23年度調査では4地点(12.5%)と大幅に減少したが、さらに北側に位置するJ市境側で汚染濃度が高くなっている可能性がうかがわれた。両年度調査間で比較可能な11地点での平均濃度変化率は-44.5%(濃度上昇の1井戸を除く10地点では-64.7%)と全体的には汚染濃度がかなり低下していることが確認されたが、G市I地区に比べて小さかった。
- (3) G市H地区のさらに北側に隣接するJ市K地区では、トリクロロエチレンによる環境基準超過地点は2年度

調査、23年度調査とも2地点であったが、地下水汚染が南方側のG市側から連続したものであることが確認された。両年度調査間で比較可能な2地点での平均濃度変化率は-49.1%とG市H地区と同程度であった。

- (4) 広域的な観点からの考察では、汚染源直近のG市I地区ではトリクロロエチレン濃度が大きく低下したのに対し、その地下水流向下流側のG市H地区とJ市K地区では依然として環境基準超過地点や濃度変化率の低い地点があることから、比較的高濃度のトリクロロエチレンが地下水流向に沿って相対的に北方面に移動しているものと考えられた。
- (5) トリクロロエチレン濃度が最も高い井戸のデータを用いてトリクロロエチレン濃度が環境基準または環境基準の2分の1まで低下する時期の算出を試みたところ、G市I地区ではトリクロロエチレン濃度が環境基準の2分の1まで低下する時期は2019.9年(95%信頼区間:±1.6年)、G市H地区ではトリクロロエチレン濃度が環境基準まで低下する時期は2023.1年(95%信頼区間:±2.1年)、環境基準の2分の1まで低下する時期は2043.7年(95%信頼区間:±2.1年)、J市K地区ではトリクロロエチレン濃度が環境基準の2分の1まで低下する時期は2031.5年(95%信頼区間:±3.5年)となった。

謝辞

本調査は、県の「地下水質監視調査事業」の一環として実施したものであり、また、試料採取等については、管轄の健康福祉センターの協力を得て実施したものです。御協力いただいた関係者の方々に深謝いたします。

参考文献

- 1) 吉田耕一郎他:地下水汚染発見後20年経過地区における汚染状況等に関する研究(第1報),福井県衛生環境研究センター年報,9,60-63(2010).
- 2) 吉田耕一郎:地下水汚染発見後20年経過地区における汚染状況等に関する研究(第2報),福井県衛生環境研究センター年報,10,61-65(2011).
- 3) 福井県公害センター:平成2年度地下水水質調査結果報告書(1991).
- 4) 福井県公害センター:平成元年度地下水の水質調査結果報告書(1990).