

福井県内の揮発性有機化合物による地下水汚染について

坊 栄二、宇都宮 高栄

Groundwater pollution by VOCs in Fukui prefecture

Eiji BOH , Takae UTSUNOMIYA

1 はじめに

本県では地下水汚染を把握するため、居住区を中心に県内を60メッシュに区切り、平成元年から春季と秋季の年2回、地下水質調査を実施している。

概況調査等で汚染が発見された場合、汚染井戸周辺地区調査を実施して汚染の範囲を確認するとともに、翌年度から1地区あたり1～7地点において定期モニタリング調査を実施している。

平成15年度末現在、県下全域で定期モニタリング調査を行っているのは、環境基準以下の地区を含めて50地区である。以前に汚染がみられたものの現在は終息し定期モニタリング調査を中止している15地区を合わせると、今までに定期モニタリング調査を実施した地区は65にのぼる。このうち、いくつかの地下水汚染事例についてはこれまでに報告されている^{1～4)}。

今回、平成15年度までに明らかとなった地下水汚染の状況とその特性を解明するため、揮発性有機化合物(VOC)を中心に解析を試みた。

2 調査方法

県内の地下水質の測定は衛生環境研究センターが中心となって行っているが、概況調査のうち重金属等の測定は民間分析機関に委託している。また、平成10年度から鯖江市地域のVOCの測定については鯖江市に委託し、平成12年11月に福井市が特例市になったことから、これ以降の福井市地域の地下水については福井市が調査している。

今回は、衛生環境研究センターで測定した結果のほか、民間分析機関や福井市、鯖江市が測定した結果も含め、平成元年度から15年度までに実施した概況調査・汚染井戸周辺地区調査・定期モニタリング調査等の測定データを用いた。

3 結果および考察

3.1 年度別の汚染状況

図1に、県内の地下水質汚染状況について、年度ごとに判明した汚染地区数とその累計を示した。

平成15年度までに判明した地下水汚染地区数は、環境基準を超えるのが32地区、環境基準以下の汚染も含めると65地区となっている。なお65地区のうち7地区については、汚染が工場敷地内に限定されていて、周辺に広がっていない。

年度別にみると、年平均約3地区で環境基準を超える地下水汚染が確認されており、環境基準以下の汚染も含めると、約7地区で汚染が判明している。

特に平成10年度は、環境基準を超える汚染地区数が7と、例年に比べ多くなっている。これは、この年に全国の電気・電子部品工場で地下水汚染が相次いで発見されたことを受けて、県内の電気・電子部品製造工場に対し自主測定結果の提出を求めたことにより、多くの地下水汚染が明らかとなったためである。平成15年度に硝酸素及び亜硝酸性窒素による汚染が1地区で見られたものの、平成13年度以降、環境基準を超える揮発性有機化合物による新たな地下水汚染は見つかっていない。

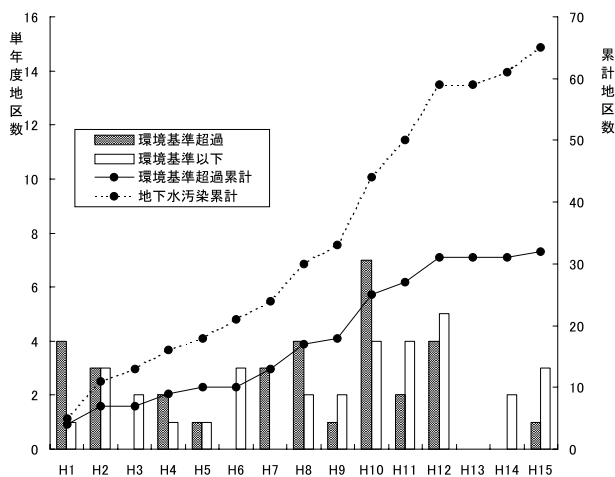


図1 年度別の地下水汚染の状況

3.2 市町村別の状況

表1に、平成15年度までに発見された汚染地区数を市町村別に示した。

県下34市町村のうち20市町村65地区で地下水汚染が認められている。このうち、VOCによる汚染が15市町村48地区と全体の72%を占めている。地域別に見ると、丹南地区に25地区が集中しており、特に環境基準を超える汚染は武生市と鯖江市に集中している。これは、武生市には電気・電子

部品製造業等が、また鯖江市には眼鏡製造業等が多く立地しており、これらの工場で過去に多くの有機溶剤が使用されていたためと考えられる。

次に、砒素によるものが9市町12地区と全体の20%を占めている。砒素は奥越地域を除く全地域で検出されているが、特に嶺南地域で環境基準を超過して検出されている事例が多い。

表1 市町村別の地下水汚染地区数 (平成元年度～15年度)

() 内は環境基準超過地区数 {内数}

地区	市町村	揮発性有機化合物	六価クロム	砒素	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	合計
福井・坂井	福井市	5 (2)		1		6 (2)
	永平寺町	2 (1)				2 (1)
	上志比村	1 (1)				1 (1)
	あわら市	2			1	3
	三国町	1		1		2
	春江町	1		1		2
奥越	坂井町			2 (1)		2 (1)
	大野市	1 (1)				1 (1)
勝山市	勝山市	2 (1)				2 (1)
	武生市	8 (5)		2 (1)		10 (6)
丹南	鯖江市	14 (10)	1 (1)	1	1 (1)	16 (11)
	池田町	1				1
	南条町	1				1
	宮崎村	2 (2)				2 (2)
	越廼村				1	1
嶺南	敦賀市	6 (1)		1		7 (1)
	小浜市	1 (1)				1 (1)
	三方町			1 (1)		1 (1)
	美浜町				1	1
	高浜町			2 (2)	2 (2)	3 (3)
合計		48 (25)	1 (1)	12 (5)	6 (3)	65 (32)

3. 3 汚染物質ごとの検出状況

65地区のうち、汚染が工場敷地内に限定されている7地区を除く58地区において、平成元年度から15年度にかけて、概況調査・汚染井戸周辺地区調査・定期モニタリング調査で、いずれかの物質が1回以上検出された地区の数を、検出された物質ごとに集計した結果を図2に示した。

平成15年度までに1回以上検出された物質は12あり、このうち環境基準を超過したのは、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、cis-1,2-ジクロロエチレン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、六価クロム、砒素、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の9物質であった。

これらのうち最も多く検出された物質は、トリクロロエチレンで28地区において検出されており、このうち12地区で環境基準を超過している。次いで1,1,1-トリクロロエタンの22地区、トリクロロエチレンの分解生成物であるcis-1,2-ジクロロエチレンの17地区、テトラクロロエチレンの16地区の順であった。cis-1,2-ジクロロエチレンと同様、トリクロロエチレンの分解生成物である1,2-ジクロロエチレンは2地区と少なかった。

なお、平成15年度では、図3に示すとおり、一時的に環境基準を超過していた四塩化炭素と1,2-ジクロロエタンが環境基準以下となり、環境基準超過物質は7となった。また、汚染物質ごとに見ると、検出地区数や環境基準超過

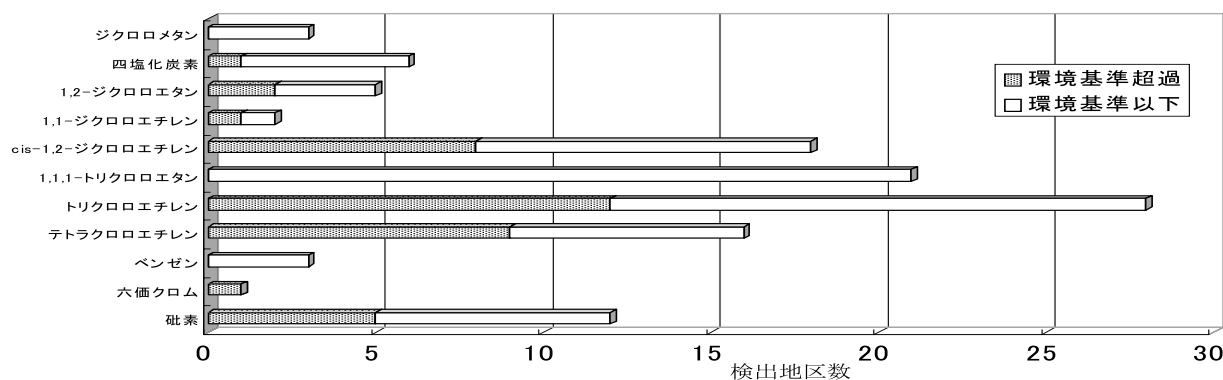


図2 汚染物質ごとの検出延べ区数 (平成元年～15年度)

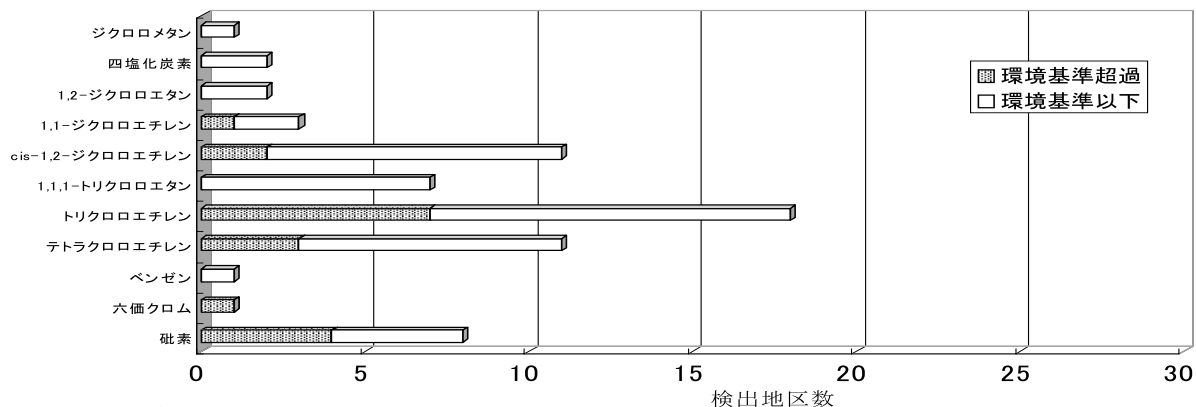


図3 汚染物質ごとの検出地区数 (平成15年度)

地区数も減少しており、トリクロロエチレンは延べ12地区で環境基準を超えていたが、15年度では7地区となり、5地区が環境基準以下の濃度まで低下した。テトラクロロエチレンは延べ9地区で環境基準を超えていたが、15年度には6地区が環境基準以下の濃度に下がり、汚染が比較的短期間で改善される傾向がみられた。

次に、いずれかの物質が環境基準を超えた地区において、物質ごとの濃度レベルを図4に示した。トリクロロエチレンとテトラクロロエチレンについてみると、環境基準の3倍以上の濃度で検出された地区は、トリクロロエチレンの場合は12地区のうち10地区であったが、テトラクロロエチレンの場合は9地区のうち3地区であった。テトラクロロエチレンはトリクロロエチレンに比べ検出濃度レベルが低いことや、主な汚染源がクリーニング工場であり汚染物質の漏出量が少ないと推測されることから、比較的短期間で地下水汚染が環境基準以下のレベルまで改善されると考えられる。

表2に検出された物質ごとの相関マトリックスを示した。特に相関係数が高かったのは、ジクロロメタンとベンゼン間の0.830、トリクロロエチレンとcis-1,2-ジクロロエチレン間の0.739、トリクロロエチレンと1,1,1-トリクロロエタン間の0.592であった。ジクロロメタンとベンゼン

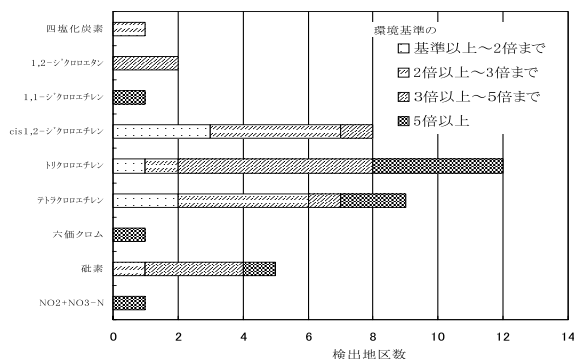


図4 環境基準を超過した物質の濃度レベル

表2 県内で検出された物質間での相関係数

	ジクロロメタン	四塩化炭素	1,2-ジクロロエタン	1,1-ジクロロエチレン	cis-1,2-ジクロロエチレン	1,1,1-トリクロロエタン	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	ベンゼン
ジクロロメタン	-	-0.271	-0.281	-0.312	-0.130	-0.042	-0.090	-0.121	0.830
四塩化炭素		-	-0.279	-0.198	-0.197	0.142	0.014	-0.112	-0.386
1,2-ジクロロエタン			-	0.314	-0.248	-0.043	-0.189	-0.122	-0.329
1,1-ジクロロエチレン				-	-0.228	0.395	0.117	-0.125	-0.558
cis-1,2-ジクロロエチレン					-	0.350	0.739	-0.083	0.003
1,1,1-トリクロロエタン						-	0.592	-0.094	-0.088
トリクロロエチレン							-	-0.164	-0.083
テトラクロロエチレン								-	-0.155
ベンゼン									-

については、いずれも廃油等の不純物として含まれている物質であるため、廃油による汚染の場合、同時検出される事例が多いためと考えられる。トリクロロエチレンとcis-1,2-ジクロロエチレンについては、cis-1,2-ジクロロエチレンがトリクロロエチレンの分解生成物であるためであり、トリクロロエチレンと1,1,1-トリクロロエタンについては、これら2物質の用途がほぼ同じであり、1,1,1-トリクロロエタンがトリクロロエチレンの代替品として同一事業場で使用されたため相関係数が高くなったと考えられる。

3. 4 同時検出物質

VOCによる汚染の場合、同一地区で同時に2種類以上の物質が検出される事例が多い。VOCによる汚染があった48地区のうち、汚染が工場敷地内に限定されていた7地区を除く41地区について、周辺地下水の検出状況を見ると、2種類以上の物質が検出された地区は25地区あり、同時に7物質が検出された地区もみられた。

表3にそれぞれの汚染地区で最も高い濃度で検出された物質(以下、「主汚染物質」という)の種類ごとに、同時検出物質の状況を整理した。

主汚染物質がテトラクロロエチレンの地区の場合、テトラクロロエチレンのみが検出された地区は10地区中6地区であり、同時に2物質以上検出された地区は4地区と少なかった。また、検出された物質もほとんどがcis-1,2-ジクロロエチレン等の分解生成物であった。

一方、主汚染物質がトリクロロエチレンの地区では、22地区中18地区で同時に2物質以上が検出されていた。1,2-ジクロロエチレンの場合は、2地区のうち1地区で多くの物質が同時に検出された。

これら3物質について、汚染原因別に見ると、表4に示したとおり、電子部品製造業やクリーニング業等の場合は、同時に検出された物質の種類も少なかったが、廃棄物が汚染原因の場合は、同時に多くの物質が検出された。また、主汚染物質がトリクロロエチレンで汚染原因が不明の場合、

複数の物質が検出された地区は13地区中11地区と多く、種類も多岐にわたっていた。

さらに、主汚染物質がトリクロロエチレンで汚染原因が不明の場合、同時検出物質の状況を個別の汚染地区ごとにみると、表5のとおり、A地区からI地区までの8地区は、同時に検出された物質は少なく、多くてcis-1,2-ジクロロエチレンと1,1,1-トリクロロエタンの2物質であった。しかし、J地区からM地区の4地区では上記の物質のほか、ジクロロメタン・四塩化炭素・

表3 主汚染物質ごとの同時検出物質

主汚染物質	地区数	同時に検出された物質(数字は検出地区数)									
		なし	ジクロロメタン	四塩化炭素	1,2-ジクロロエタン	1,1-ジクロロエチレン	cis-1,2-ジクロロエチレン	1,1,1-トリクロロエタン	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	ベンゼン
1,1,1-トリクロロエタン	6	5	0	0	0	0	0	-	1	0	0
1,2-ジクロロエタン	2	1	1	0	-	0	1	1	1	1	1
トリクロロエチレン	22	4	2	5	2	2	14	13	-	4	2
テトラクロロエチレン	10	6	0	0	1	0	3	2	4	-	0
四塩化炭素	1	0	0	-	0	0	0	0	0	1	0
合計	41	16	3	5	3	2	18	16	6	6	3

表4 主汚染物質別、汚染原因別の同時検出物質

主汚染物質	汚染原因	地区数	同時に検出された物質(数字は検出地区数)									
			なし	ジクロロメタン	四塩化炭素	1,2-ジクロロエタン	1,1-ジクロロエチレン*	cis-1,2-ジクロロエチレン*	1,1,1-トリクロロエタン	トリクロロエチレン*	テトラクロロエチレン	ベンゼン
1,2-ジクロロエタン	廃棄物	1		1		-		1	1	1	1	1
	不明	1	1			-						
トリクロロエチレン	電子部品製造業等	8	2	1			4	4	-	2		
	廃棄物	1		1	1		1	1			1	
	不明	13	2	1	4	1	2	9	8	-	2	1
テトラクロロエチレン	クリーニング業等	7	4				3	1	3	-		
	不明	3	2			1		1	1	-		

表5 トリクロロエチレンによる汚染地区のうち、汚染原因不明13地区での同時検出物質の状況

×：環境基準超過 △：環境基準以下

地区名	トリクロロエチレン	同時検出物質数	同時に検出された物質									
			ジクロロメタン	四塩化炭素	1,2-ジクロロエタン	1,1-ジクロロエチレン	cis-1,2-ジクロロエチレン	1,1,1-トリクロロエタン	トリクロロエチレン	テトラクロロエチレン	ベンゼン	
A	△	0										
B	△	0										
C	×	1					×					
D	△	1							△			
E	△	1						△				
F	△	1						△				
G	×	2					×		△			
H	×	2					×		△			
I	△	2						△				
J	×	4					△		△			
K	×	4		△			×		△			
L	×	4						△		×		
M	×	6			△		△		△		△	

(注) 環境基準超過・環境基準以下の区分は、調査期間中の最大濃度により分類した。

ベンゼン等トリクロロエチレン分解生成物以外の物質も検出され、汚染原因が廃棄物による場合の検出状況に類似していた。

このことから、汚染原因が判明していない地区のうち、主汚染物質がテトラクロロエチレンの地区は、汚染原因が単一物質の漏出の可能性が高いのに対し、主汚染物質がトリクロロエチレンの地区の場合は、同時検出物質の状況から廃棄物による汚染の可能性が高いと推定された地区も見られた。

5 まとめ

県内の地下水汚染の状況とその特性を明らかにするため、調査を開始した平成元年度から15年度までの結果について、VOCを中心に取りまとめた。

- (1) 平成15年度までに20市町村65地区で地下水汚染が認められ、VOCによる汚染が15市町村48地区と全体の72%を占めていた。
- (2) VOCによる汚染があった48地区のうち、2種類以上の物質が同時に検出された地区は25地区あったが、トリクロロエチレンが最も高濃度で検出されている地区の方がテトラクロロエチレンの地区よりも、同時に検出される物質の種類が多い傾向にあった。
- (3) 汚染原因が電子部品製造業やクリーニング業等の場合は、同時に検出された物質の種類も少なかったが、廃棄物が汚染原因の場合は、同時に多くの物質が検出されていた。
- (4) 汚染原因が不明な地区のうち一部の地区では、同時検出物質の状況から、廃棄物による汚染の可能性も推定された。

6 参 考 文 献

- 1) 山口慎一他：福井県における地下水水質と低沸点有機塩素化合物調査（第1報），福井県公害センター年報，19，138-145(1989)
- 2) 持田壮一他：福井県における地下水質と低沸点有機塩素化合物調査（第2報）－大野市におけるテトラクロロエチレン汚染について－，福井県公害センター年報，20，128-133(1990)
- 3) 坊栄二他：福井県における地下水質と低沸点有機塩素化合物調査（第3報）－丹南地域におけるトリクロロエチレン汚染について－，福井県環境センター年報，23，67-72(1993)
- 4) 熊谷宏之他：地下水中のトリクロロエチレン等分解生成物の検出状況について，福井県環境科学センター年報，30，88-94(2000)