

令和 5 年度に判明した地下水汚染について

1 はじめに

水質汚濁防止法第 15 条に基づき、令和 5 年度に行った地下水概況調査において、博多区吉塚の地下水で「ふっ素」の環境基準値超過が判明したため、汚染原因の推定等を行うものである。

2 汚染の概況

令和 5 年 7 月に実施した概況調査において、博多区吉塚の 1 井戸（以下、「汚染井戸」という。）で「ふっ素」が 1.4 mg/L 検出された（環境基準：0.8 mg/L 以下）（その他 27 項目は全て環境基準値以下）。当該汚染井戸の深さは 45m で、生活用水として使用されている。

令和 5 年 10 月に実施した汚染井戸周辺地区調査（博多区吉塚）では、調査の結果、汚染井戸を含む周辺 9 井戸のうち、2 井戸から環境基準値を超える「ふっ素」が検出された（汚染井戸の結果：1.3 mg/L、汚染が確認された周辺井戸⑦の結果：3.5mg/L）（表 1）。調査井戸の位置及び水質測定結果（ふっ素）を図 1 に示す。

3 汚染原因調査等

（1）土地の利用履歴

今回汚染が確認された 2 井戸は、福岡空港の北西側に位置し、周辺の用途地域は住居地域または準工業地域である。過去の航空写真（図 2）や住宅地図及び公的資料（水質汚濁防止法、下水道法等の届出等）から、周辺に「ふっ素」の汚染源となるような半導体製造、ガラス加工、電気めっき等の工場は確認されず、農地や住宅がほとんどであった。

（2）地質に関する調査

当該地区の地質は、地質平面図によると、第四紀の住吉層（粘土・シルト及び砂）であり、地質断面図によると第四紀の沖積層・洪積層の下には白亜紀の早良花崗岩が分布している（図 3～図 5）。早良花崗岩の主成分鉱物は、斜長石、石英、カリ長石、黒雲母であり、黒雲母中には、「ふっ素」が多く含まれていることが知られている¹⁾²⁾。

（3）地下水の化学性状に関する調査

地下水のイオン分析の結果を表 2 に、トリリニアダイアグラムを図 6 に、ヘキサダイアグラムを図 7 に示す。

「ふっ素」の基準超過が確認された 2 井戸のうち、汚染井戸はⅠ型（アルカリ土類炭酸塩型）であり、周辺井戸⑦はⅣ型（アルカリ非炭酸塩型）であった。他の周辺井戸は、⑥を除きⅢ型（アルカリ土類非炭酸塩型）であった。汚染井戸及び周辺井戸⑦は、他の周辺井戸に比べて Na^+ の濃度が高く、 NO_3^- の濃度が低い特徴が見られた。また、周辺井戸⑦は他の井戸に比べ Ca^{2+} が低い特徴が見られた。ヘキサダイアグラムの形状は、汚染井戸と周辺井戸⑦とは異なっており、汚染井戸は、周辺井

戸⑦と浅く地表に近い周辺井戸⑥をあわせた様な形状であった。

なお、井戸の深さは、汚染井戸は45m、周辺井戸⑦は深井戸（正確な深さは不明）であった。それ以外の井戸は、深さが不明な井戸も含め NO_3^- の濃度等から全て浅井戸と考えられた。

（４）既往の調査結果との比較等

既往の調査（平成12年度、平成19年度）では、今回汚染が確認された場所の南東に位置する博多区内の地区（東光・東比恵・上牟田・豊・榎田、約1.5km以内）において、「ふっ素」の地下水汚染が複数確認されており（図8）、これらは全て花崗岩中の黒雲母からの溶出が原因であると推察されている^{3) 4)}。

平成19年度の調査（博多区東光・東比恵・上牟田）では、汚染が確認された井戸の地下水は、周辺井戸⑦と同じⅣ型（アルカリ非炭酸塩型）、もしくはⅡ型（アルカリ炭酸塩型）であった（図9）。周辺井戸⑦のヘキサダイアグラムの形状は、典型的な花崗岩中の水質である平成19年度調査（井戸1、東比恵）のヘキサダイアグラムと類似していた（図10）。

一般的に、地中の比較的浅い部分を流動して、岩石や鉱物との接触時間が短い地下水には、他の成分と比較してカルシウム成分が相対的に多く含まれる傾向にあり、一方で、地中の深い部分を長い時間かけて流動して、岩石鉱物との接触時間が長い地下水には、ナトリウムやカリウムが相対的に多く含まれる傾向がある。そのため、汚染井戸と周辺井戸⑦との Ca^{2+} 及び Na^+ 濃度の違いは、井戸の深さの違いによると考えられた。

（５）汚染原因調査まとめ

以上を踏まえ、博多区吉塚における地下水中の「ふっ素」の環境基準超過は、人為的汚染ではなく、地質由来の自然的要因であり、既往の考察と同様に花崗岩中の黒雲母からの溶出と考えられる。

4 飲用指導

「ふっ素」の人への健康影響としては、永久歯の形成期に飲用水として過剰に摂取することにより、斑状歯が発生することが知られている。

地下水環境基準超過が判明した井戸については、判明後速やかに井戸の所有者に対して飲用しないよう指導した。

5 参考資料

- 1) 唐木田芳文・富田幸臣・下山正一・千々和一豊（1994）：福岡地域の地質・地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所，p. 63
- 2) 島田允堯：自然由来重金属と環境汚染—応用地質学・地球化学的データバンクー，愛智出版，2014，p. 178-180.
- 3) 福岡市地下水浄化対策検討会（平成13年7月）：平成12年度に判明した地下水汚染について．
- 4) 福岡市地下水汚染対策検討委員会（平成20年6月）：平成19年度に判明した地下水汚染について．

表1 博多区吉塚における地下水の水質測定結果（ふっ素等）の概要

採水日	地点名	ふっ素 ^{※1} (mg/L)	水温 (℃)	E C (mS/m)	p H ^{※2}		井戸の 深さ(m)	井戸の 用途 ^{※3}
					現地 測定	試験室 測定		
R5. 7. 24	汚染井戸	1.4	20.0	70	—	7.7	45	生活用
R5. 10. 31		1.3	17.7	72	6.5	7.6		
R5. 10. 31	周辺井戸①	<0.1	21.4	23	6.1	6.6	3	生活用
R5. 10. 31	周辺井戸②	<0.1	18.0	26	6.1	6.6	不明	生活用
R5. 10. 31	周辺井戸③	<0.1	17.4	44	6.5	6.4	不明 (浅井戸)	生活用
R5. 10. 31	周辺井戸④	<0.1	20.1	23	5.7	6.4	不明 (浅井戸)	生活用
R5. 10. 31	周辺井戸⑤	<0.1	17.8	36	5.8	6.5	不明 (浅井戸)	一般飲用
R5. 10. 31	周辺井戸⑥	<0.1	20.2	81	6.6	7.1	不明 (手押井戸)	生活用
R5. 10. 31	周辺井戸⑦	3.5	18.0	58	5.7	8.0	不明 (深井戸)	一般飲用 生活用
R5. 10. 31	周辺井戸⑧	<0.1	18.8	19	6.1	7.0	11～12	生活用

※1 環境基準超過 [ふっ素の環境基準：0.8mg/L 以下]

※2 現地と試験室との測定結果の差は、溶存する二酸化炭素の減少によるものと考えられる

※3 汚染井戸及び周辺井戸⑦については、飲用不適であることを指導済み

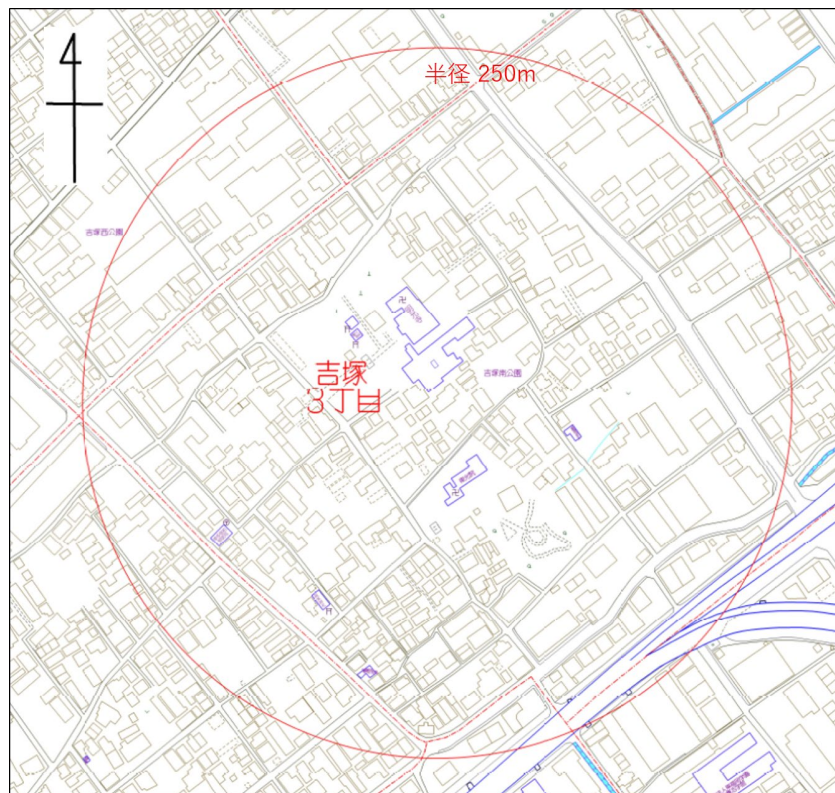


図1 調査井戸の位置及び水質測定結果（ふっ素）

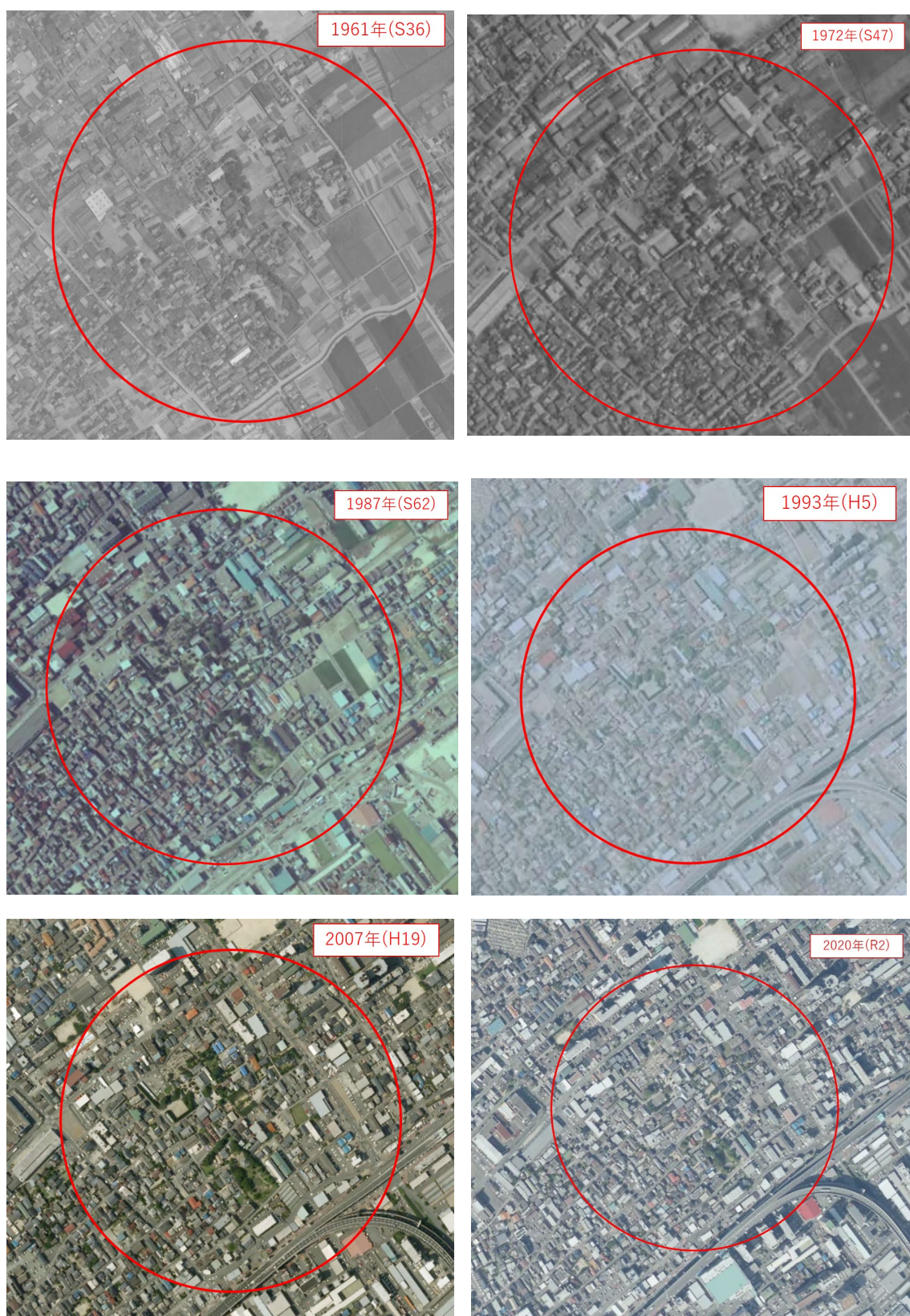
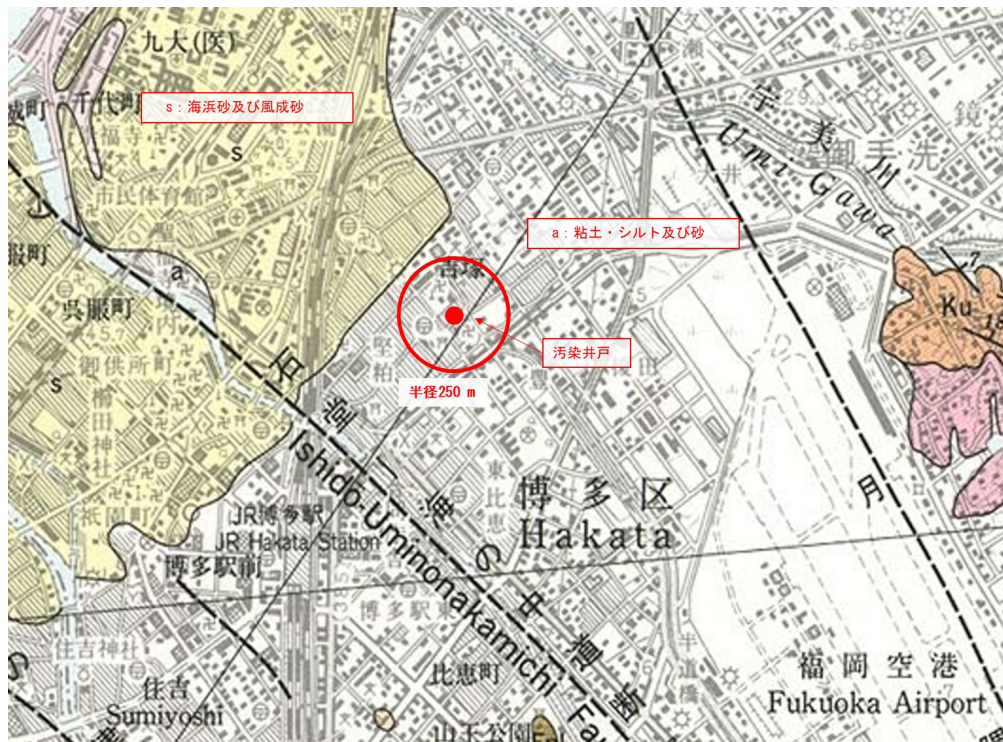


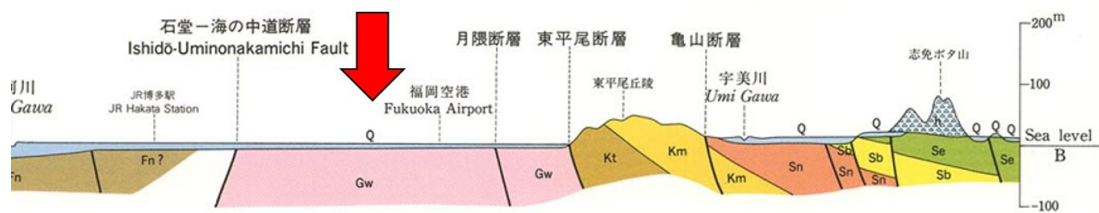
図2 航空写真

※赤円は汚染井戸から概ね半径 250m 範囲を示す。



- a : 粘土・シルト及び砂 (第四紀／完新世／住吉層)
s : 海浜砂及び風成砂 (第四紀／完新世／海の中道砂層及び箱崎砂層)

図3 地質平面図 (地質調査所・福岡 1:50,000)



Gw : 中-粗粒黒雲母花崗岩 (白亜紀／早良花崗岩)

図4 地質断面図 (地質調査所・福岡 1:50,000)

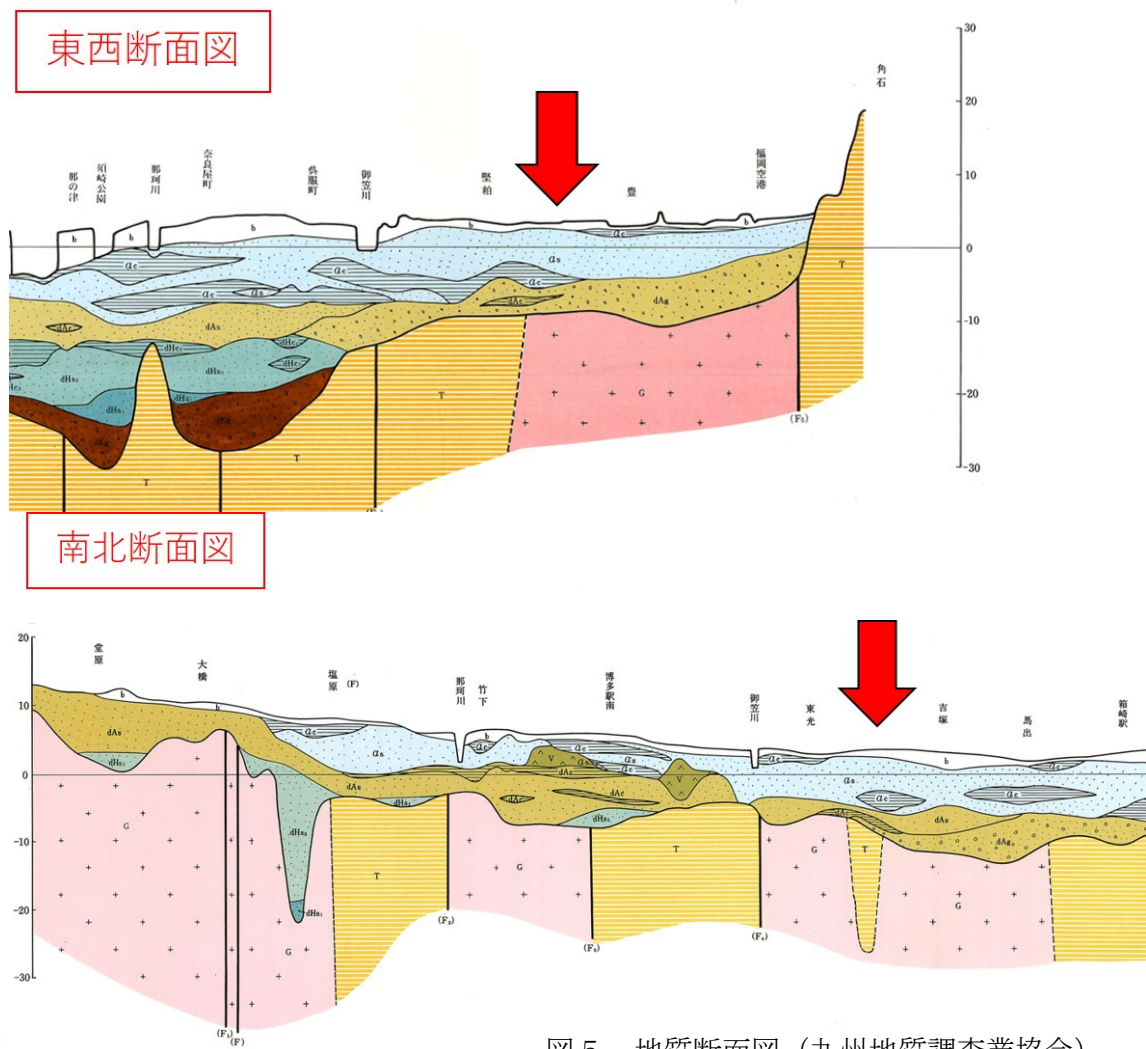


図5 地質断面図 (九州地質調査業協会)

地質凡例			
地質時代	地層名	記号	層相
新生代	完新世(沖積世)	埋土	b 砂、粘土、砂礫 人工による盛土
		中洲層	ac 粘性土
			as 砂質土
			ag 砂礫
	更新世(洪積世)	荒江層	V 火山碎屑物
			dAc 粘性土
			dAs 砂質土
			dAg 砂礫
		博多層	dHc2 粘性土
			dHs2 砂質土
			dHg2 砂礫
			dHc1 粘性土
		粘土層	dHs1 砂質土
			dHg1 砂礫
	第三紀	金武礫層	dKc 粘性土
			dKs 砂質土
			dKg 砂礫
		姪浜層群	T 礫岩、頁岩
		早良層群	砂岩、石炭
		福岡層群	
中生代	花崗岩類	+G+	花崗岩
古生代	三郡変成岩類	M	結晶片岩

博多粘土層の記号に数字がないものは未区分

表2 博多区吉塚における地下水の水質測定結果（イオン濃度及び当量濃度）

地点名	イオン濃度 (mg/L)							総アルカリ度 (HCO_3^-)
	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	
汚染井戸	60	25	80	10	59	61	<0.08	200
周辺井戸①	5.6	4.9	37	2.7	10	17	36	39
周辺井戸②	13	6.8	36	2.8	15	24	35	35
周辺井戸③	17	10	61	8.4	14	97	9.9	120
周辺井戸④	10	6.0	31	3.6	11	19	10	34
周辺井戸⑤	18	6.6	52	4.5	18	45	23	42
周辺井戸⑥	21	12	160	11	7.9	100	<0.08	350
周辺井戸⑦	100	14	20	4.9	40	30	<0.08	64
周辺井戸⑧	7.4	7.7	25	2.5	8.5	14	27	29

地点名	当量濃度 (meq/L)							総アルカリ度 (HCO_3^-)
	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	
汚染井戸	2.6100	0.6400	3.9920	0.8220	1.6638	1.2688	0	4.00
周辺井戸①	0.2436	0.1254	1.8463	0.2219	0.2820	0.3536	0.5796	0.78
周辺井戸②	0.5655	0.1741	1.7964	0.2302	0.4230	0.4992	0.5635	0.70
周辺井戸③	0.7395	0.2560	3.0439	0.6905	0.3948	2.0176	0.1594	2.40
周辺井戸④	0.4350	0.1536	1.5469	0.2959	0.3102	0.3952	0.1610	0.68
周辺井戸⑤	0.7830	0.1690	2.5948	0.3699	0.5076	0.9360	0.3703	0.84
周辺井戸⑥	0.9135	0.3072	7.9840	0.9042	0.2228	2.0800	0	7.00
周辺井戸⑦	4.3500	0.3584	0.9980	0.4028	1.1280	0.6240	0	1.28
周辺井戸⑧	0.3219	0.1971	1.2475	0.2055	0.2397	0.2912	0.4347	0.58

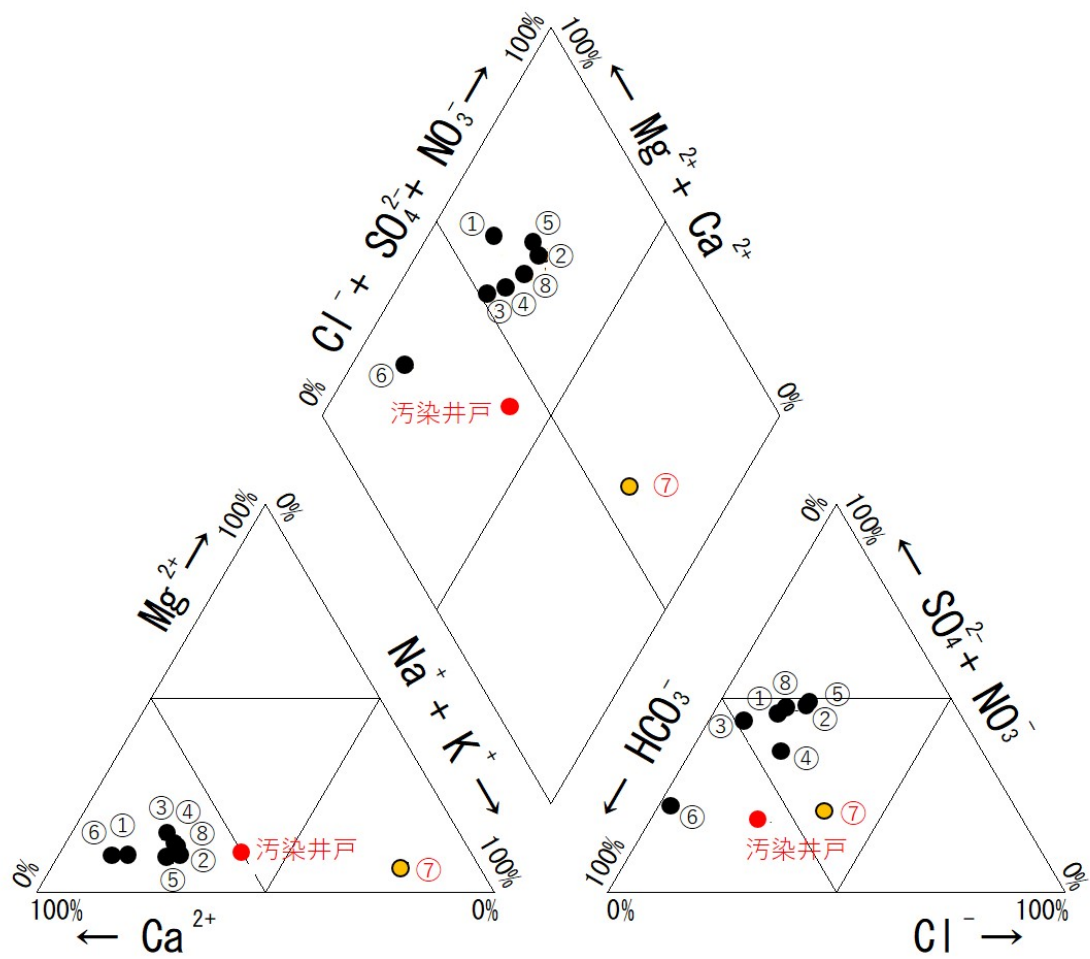
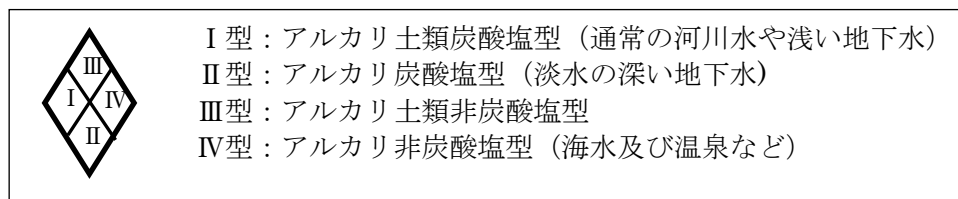


図6 トリリニアダイアグラム (博多区吉塚)



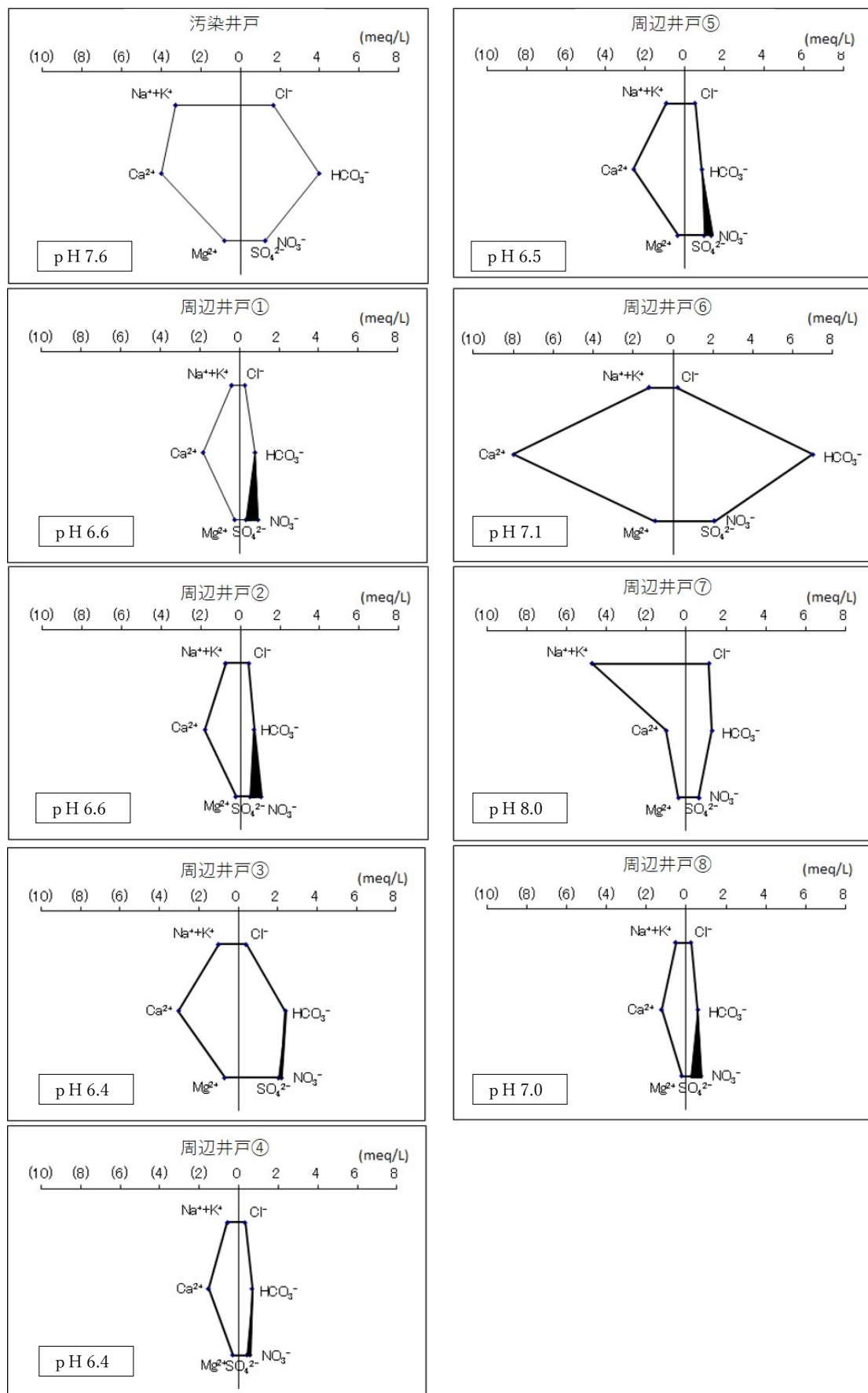
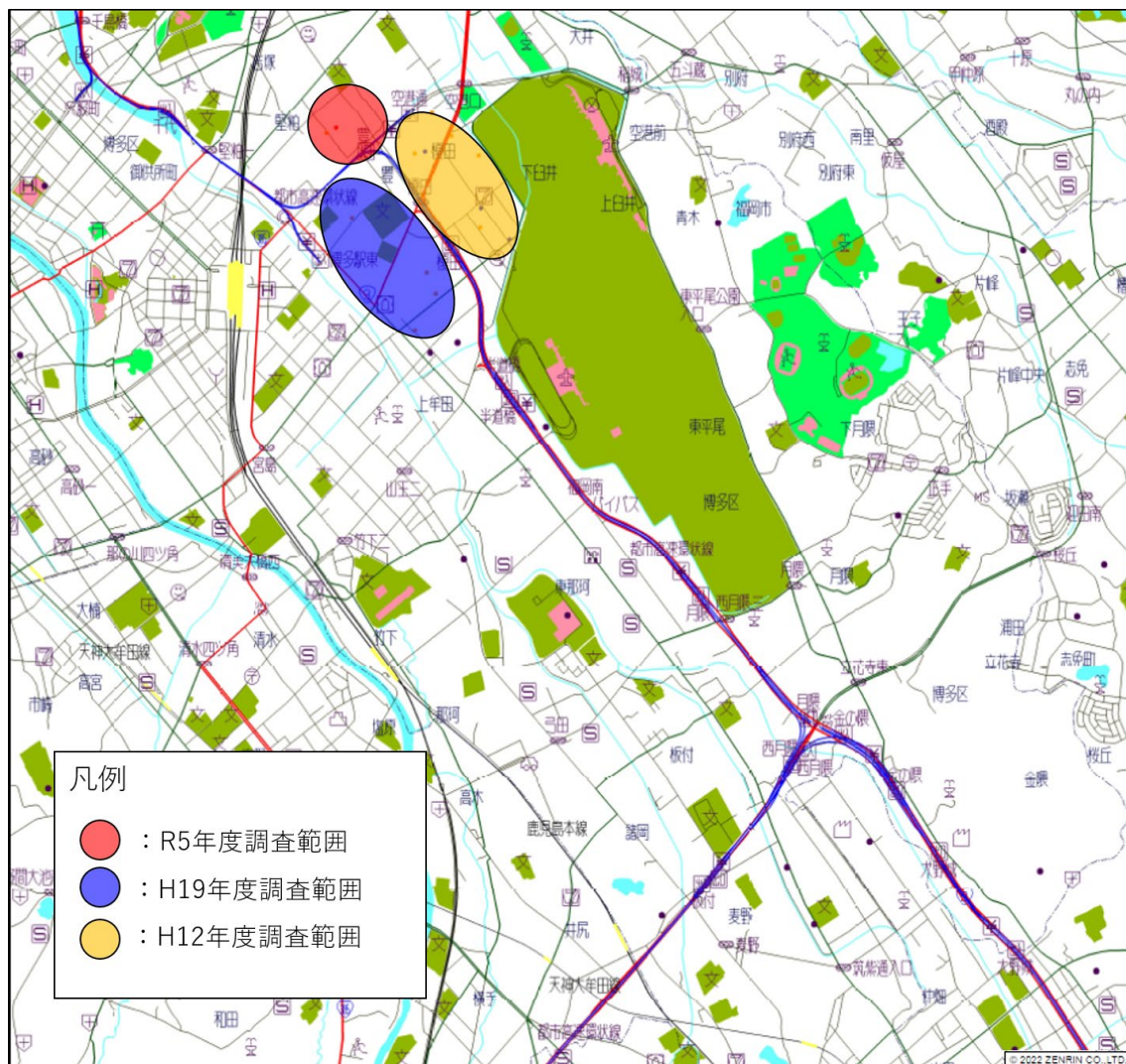


図7 ヘキサダイアグラム (博多区吉塚)



	地区	ふっ素の 基準超過数	基準超過した ふっ素濃度	判明している 井戸の深さ	イオン分析結果
			mg/L	m	
R5年度	吉塚	2	1.3～3.5	45	あり
H19年度	東光・東比恵・ 上牟田	4	0.9～4.4	50～100	あり
H12年度	豊・榎田	5	2.1～5.6	20～85	なし

図8 博多区吉塚周辺の「ふっ素」の地下水汚染の概要（既往調査との比較）

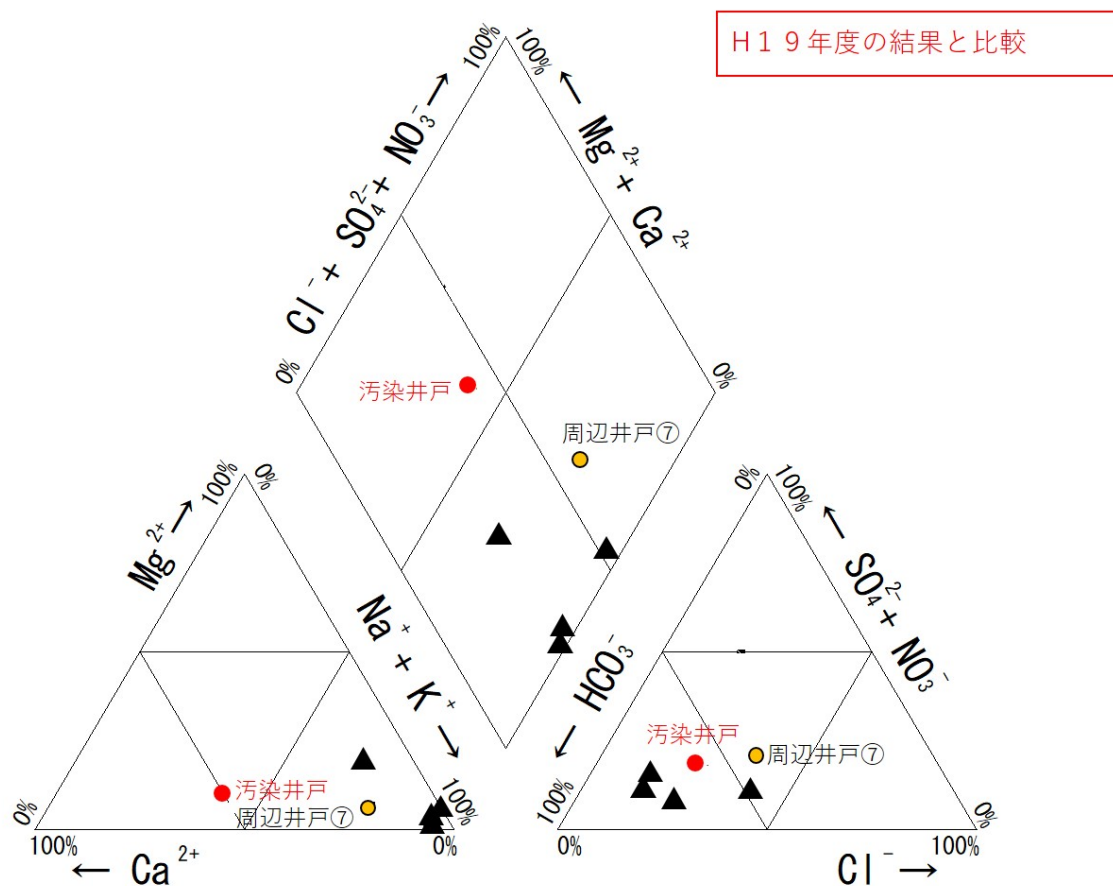


図9 トリリニアダイアグラム
(平成 19 年度及び令和 5 年度の「ふっ素」基準超過井戸)

▲ : 平成 19 年度 (東光・東比恵・上牟田)
●, ● : 令和 5 年度 (吉塚)



I 型 : アルカリ土類炭酸塩型 (通常の河川水や浅い地下水)
II 型 : アルカリ炭酸塩型 (淡水の深い地下水)
III 型 : アルカリ土類非炭酸塩型
IV 型 : アルカリ非炭酸塩型 (海水及び温泉など)

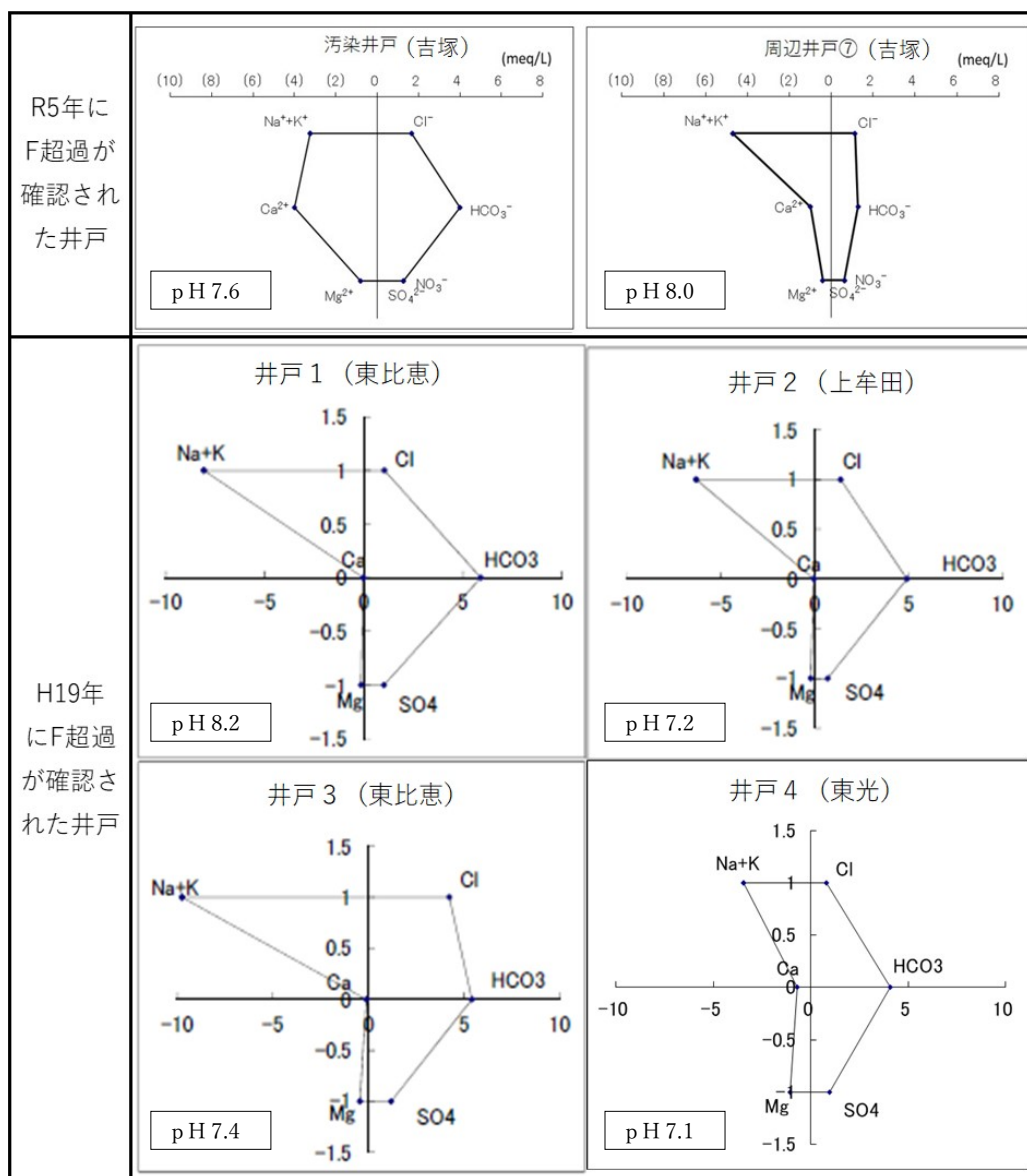


図 10 ヘキサダイアグラム
(平成 19 年度と令和 5 年度の「ふっ素」基準超過井戸の比較)