

「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」「ふっ素」「ほう素」
による地下水汚染に係る調査結果について

1. 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素について

(1) 汚染井戸周辺地区調査結果の概要

大阪府が実施した地下水質常時監視（概況調査及び定期モニタリング調査）で硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素による汚染（環境基準値*の2分の1超過）が見つかった井戸について、汚染井戸周辺地区調査を実施した調査結果の概要は、別添資料 - 1 (1) のとおりである。

* 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の環境基準値：10 mg/L

周辺地区調査の結果、環境基準値を超過していた井戸が発見された割合は約半分の45.8%であった（表 - 1）。

表 - 1 硝酸性窒素の発端井戸濃度と周辺地区調査の最高濃度との関係

最高濃度 発端井戸濃度	基準値の1/2以下	基準値の1/2超過	基準値超過
基準値の1/2超過	2地区（8.3%）	6地区（25.0%）	9地区（37.5%）
基準値超過	3地区（12.5%）	2地区（8.3%）	2地区（8.3%）

発端井戸濃度と汚染井戸周辺地区調査で検出された最高濃度（発端井戸濃度含む）との関係をプロットすると図 - 1 のようになった。

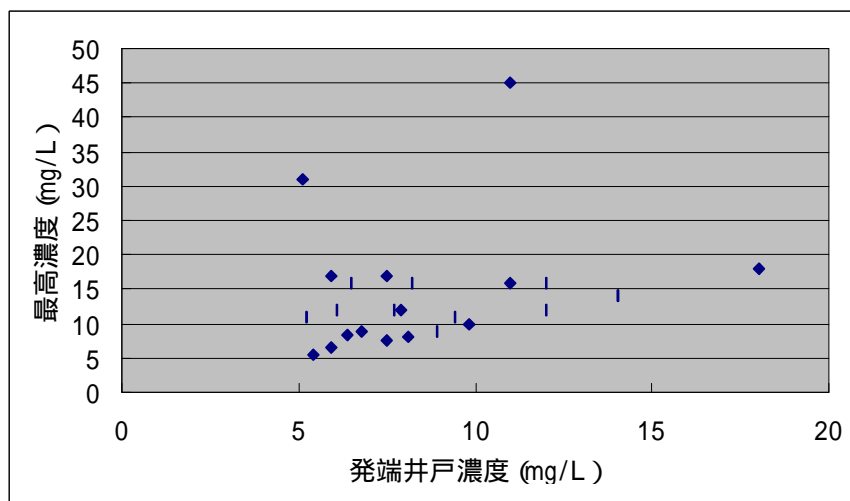


図 - 1 発端井戸濃度と最高濃度との関係（散布図）

周辺地区調査で汚染原因を推定できた地区は、24地区中6地区であった。

窒素供給源となりうる事業所として、肥料工場が1箇所、肥料店が2箇所、養鶏場等が1箇所あったが、事業所が発端井戸の下流側にあるなど、直接汚染原因とな

っている事業所はなかった。

環境基準値を超える汚染のひろがりが見られる地区は1地区だけで、そのほかは特に汚染のひろがりは見られなかった。

環境基準値を超える汚染のひろがりはないものの、住宅地の中で調査井戸のほとんどが環境基準値の2分の1を超えて検出された地区が2地区あった。

(2) イオン項目等との関係

汚染井戸周辺地区調査では、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素のほかに、汚染原因を推定するため、pH、電気伝導度やイオン項目についても併せて調査しており、その結果は別添資料-2のとおりである。

表-3によると、サンプル数が少ないものの硝酸性窒素が高濃度であった場合、電気伝導度、硫酸イオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオンでも高い値を示している。

表-3 硝酸性窒素の濃度ランク別のイオン項目の平均濃度表

単位：mg/L (pH、電気伝導度を除く)

イオン項目等 硝酸性窒素濃度	pH	電気伝 導度	SO ₄	Cl	Ca	Mg	K	Na	サンプ ル数
21~50mg/L	6.60	63.98	201.5	38.50	95.25	26.50	8.15	26.00	4
11~20mg/L	6.39	46.04	87.14	48.92	28.18	7.89	6.11	29.35	17
5~10mg/L	6.70	29.13	44.88	30.42	27.94	6.52	5.96	24.50	51
5mg/L以下	6.59	33.18	53.60	31.15	26.06	7.88	4.55	26.37	52
総平均	6.61	34.27	59.38	33.52	29.36	7.92	5.46	26.00	124

また、相関関係を調べてみると環境基準値の2分の1超過の場合も同様に相関が高くなっており、逆に環境基準値の2分の1以下の場合、非常に相関が低くなっている(表-4)。

表-4 硝酸性窒素濃度とイオン項目濃度との相関関係

イオン項目等 ランク別	pH	電気 伝導度	SO ₄	Cl	Ca	Mg	K	Na	サンプ ル数	
硝 酸 性 窒 素	10mg/L超	0.090	0.651	0.560	-0.022	0.811	0.616	0.449	-0.113	21
	5mg/L超	-0.139	0.673	0.636	0.144	0.700	0.633	0.192	0.071	72
	5mg/L以下	-0.192	0.088	-0.176	0.075	0.042	-0.202	0.130	-0.127	52
	検出全て	-0.091	0.504	0.463	0.157	0.566	0.396	0.255	0.015	124

なお、アンモニウムイオン、臭素イオン、リン酸イオン等についても調査したが、検出される割合が低かった。

(3) 汚染原因や窒素供給源との関係

推定された汚染原因の有無、窒素供給源(事業所や農地・菜園)の有無ごとにイオン項目の平均濃度や相関関係について分析した。その結果は、表-5~7のとおりである。

汚染原因、窒素供給源が両方とも「有」の場合、(2)と同様に、硫酸イオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオンの平均濃度が高く、相関係数も高い値であった(表-5~7)。

汚染原因が不明または窒素供給源がない場合、環境基準値の2分の1超過と以下の平均濃度を比較すると、一部硫酸イオンやカルシウムイオン、マグネシウムイオンで環境基準値の2分の1以下の方が高い値を示している(表-6)。

その相関関係を見てみると、マグネシウムイオンで低い値を示しており、カリウムイオンや塩化物イオンで高い値を示している(表-7)。

汚染原因が不明でかつ窒素供給源がない場合、硫酸イオンでやや相関係数が高い値を示しているが、そのほかのイオン項目はすべて低い値を示している。

表 - 5 汚染原因及び窒素供給源ごとの硝酸性窒素及びイオン項目の平均濃度

単位：mg / L (pH、電気伝導度を除く)

汚染原因	窒素供給源	硝酸性窒素	pH	電気伝導度	SO ₄	Cl	Ca	Mg	K	Na	サンプル数
施肥	有	9.00	6.46	43.99	118.29	40.44	39.63	12.98	5.85	32.96	27
	無	6.32	6.54	23.06	28.66	20.90	30.23	5.54	8.63	23.81	17
不明	有	6.29	6.59	36.42	46.07	32.19	31.08	7.82	4.11	26.65	45
	無	6.54	6.78	29.45	41.12	36.03	18.79	5.31	5.37	20.85	35

表 - 6 汚染原因及び窒素供給源ごとの硝酸性窒素濃度ランク別イオン項目の平均濃度

単位：mg / L (pH、電気伝導度を除く)

原因	窒素供給源	濃度ランク	pH	電気伝導度	SO ₄	Cl	Ca	Mg	K	Na	サンプル数
施肥	有	10 超過	6.31	60.36	178.25	47.25	66.13	18.95	7.76	32.63	8
		5 超過	6.44	50.62	146.38	44.85	54.52	15.48	8.09	33.77	13
		5 以下	6.48	37.82	92.20	36.36	25.81	10.66	3.77	32.21	14
	無	10 超過	6.45	39.00	42.00	22.00	35.50	4.15	11.80	24.00	2
		5 超過	6.59	20.70	33.70	21.19	31.67	4.69	10.02	24.47	10
		5 以下	6.48	26.43	45.76	20.49	28.17	6.74	6.64	22.86	7
不明	有	10 超過	6.56	43.94	59.54	43.28	35.18	8.04	5.98	35.94	5
		5 超過	6.57	36.32	46.70	30.51	30.29	7.46	4.71	26.93	27
		5 以下	6.61	36.57	45.12	34.70	32.26	8.37	3.20	26.22	18
	無	10 超過	6.47	43.00	79.93	57.87	14.03	6.68	3.49	19.03	6
		5 超過	6.80	30.83	48.89	41.74	20.07	5.59	4.92	20.08	22
		5 以下	6.74	27.13	27.98	26.37	16.62	4.84	6.13	22.16	13

表 - 7 汚染原因及び窒素供給源ごとのイオン項目との相関関係
(硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素濃度 5 mg/L 超過分)

(1) 原因推定あり・窒素供給源あり (N = 1 3)

	NO3-N	硫酸イオン	塩化物イオン	カルシウムイオン	マグネシウムイオン	カリウムイオン	ナトリウムイオン	pH	電気伝導度
NO3-N	1.000	0.542	-0.002	0.788	0.607	0.157	-0.406	0.012	0.671
硫酸イオン		1.000	0.154	0.321	0.757	-0.308	0.104	-0.607	0.354
塩化物イオン			1.000	-0.094	0.087	-0.243	0.803	-0.667	0.379
カルシウムイオン				1.000	0.479	0.087	-0.355	0.373	0.416
マグネシウムイオン					1.000	-0.339	0.089	-0.348	0.250
カリウムイオン						1.000	-0.335	0.420	0.109
ナトリウムイオン							1.000	-0.654	-0.107

(2) 原因推定あり・窒素供給源なし (N = 1 0)

	NO3-N	硫酸イオン	塩化物イオン	カルシウムイオン	マグネシウムイオン	カリウムイオン	ナトリウムイオン	pH	電気伝導度
NO3-N	1.000	0.407	0.047	0.638	0.013	0.510	0.164	-0.631	0.753
硫酸イオン		1.000	0.154	0.109	0.266	0.537	0.011	-0.001	0.835
塩化物イオン			1.000	0.434	0.887	0.847	0.908	0.387	0.724
カルシウムイオン				1.000	0.377	0.621	0.526	-0.123	0.833
マグネシウムイオン					1.000	0.830	0.826	0.424	0.710
カリウムイオン						1.000	0.800	0.109	0.941
ナトリウムイオン							1.000	0.308	0.842

(3) 原因不明・窒素供給源あり (N = 2 7)

	NO3-N	硫酸イオン	塩化物イオン	カルシウムイオン	マグネシウムイオン	カリウムイオン	ナトリウムイオン	pH	電気伝導度
NO3-N	1.000	0.596	0.501	0.510	0.388	0.205	0.473	-0.102	0.517
硫酸イオン		1.000	0.544	0.556	0.526	0.527	0.597	-0.182	0.621
塩化物イオン			1.000	0.361	0.249	0.529	0.587	-0.237	0.698
カルシウムイオン				1.000	0.665	0.268	0.115	0.193	0.814
マグネシウムイオン					1.000	-0.090	0.153	-0.137	0.586
カリウムイオン						1.000	0.468	0.186	0.455
ナトリウムイオン							1.000	-0.083	0.395

(4) 原因不明・農用地等なし (N = 2 2)

	NO3-N	硫酸イオン	塩化物イオン	カルシウムイオン	マグネシウムイオン	カリウムイオン	ナトリウムイオン	pH	電気伝導度
NO3-N	1.000	0.474	0.185	-0.310	0.144	-0.120	-0.101	-0.299	0.540
硫酸イオン		1.000	0.869	-0.607	-0.072	-0.345	-0.427	-0.038	0.156
塩化物イオン			1.000	-0.544	0.000	-0.286	-0.298	-0.032	-0.163
カルシウムイオン				1.000	0.430	0.472	0.639	0.130	0.144
マグネシウムイオン					1.000	0.044	0.728	-0.171	0.610
カリウムイオン						1.000	0.301	-0.038	-0.003
ナトリウムイオン							1.000	-0.297	0.388

2. ふっ素、ほう素について

(1) 汚染井戸周辺地区調査結果の概要

大阪府が実施した地下水質常時監視（概況調査及び定期モニタリング調査）でふっ素またはほう素による汚染（環境基準値*の2分の1超過）が見つかった井戸について、汚染井戸周辺地区調査を実施した調査結果の概要は、別添資料-1(2)のとおりである。

*ふっ素の環境基準値：0.8mg/L、ほう素の環境基準値：1.0mg/L

調査した4地区のうち、2地区で環境基準値を超えて検出された。

一部の地区でほう素を使用している事業所があったが、汚染原因は化石塩水、海水や温泉水の混入、地質によると思われるものなど、自然由来の可能性のものばかりであった。

(2) イオン項目等との関係

環境基準値を超える井戸が見つかった泉南市男里地区と池田市中川原町地区におけるふっ素、ほう素とイオン項目等の関係を表-8~10に示す。

泉南市男里地区

発端井戸を含め調査井戸11本のうち3本でほう素が検出され、2本で環境基準値を超過した。その水質検査結果は表-8のとおりである。

これによると、塩化物イオン、ナトリウムイオン濃度が大阪府内の他の地区のデータと比較して非常に高い。

なお、両井戸とも200mを超える深井戸であった。

表-8 泉南市男里地区における水質検査結果

通し 番号	井戸水の検査結果(単位、電気伝導度 ms/m、その他 mg/L)									井戸の諸元		
	ホウ素	pH	電気 伝導度	イオン項目						用途	深度	ストレーナー
				硫酸	塩化物	Ca	Mg	K	Na			
1	2.7	6.7	150	36	340	82	26	5.2	240	工業用水	250m	178~238m
2	<0.2	7.1	26	50	33	27	5.6	3.1	32	工業用水	51m	37~45m
3	0.22	7.0	63	85	54	56	10	6.6	67	工業用水	3m	2.8~3.6m
4	2.7	6.4	370	73	1200	290	89	9.2	430	工業用水	250m	186~246m
5	<0.2	6.9	26	39	20	25	5.3	3.7	22	工業用水	10m	8~9.5m
6	<0.2	6.8	27	41	19	25	6.4	2.5	23	工業用水	53m	23~51m
7	<0.2	6.3	39	57	35	38	8.1	3.5	28	工業用水	50m	12~50m
8	<0.2	6.4	72	62	170	37	12	4.8	81	工業用水	70m	50~67m
9	<0.2	6.9	24	41	16	26	4.4	3.1	17	水源	8m	5.4~6.0m
10	<0.2	7.48	-	-	18.6	-	-	-	-	飲用、 生活雑用水	10m	不明
11	<0.2	6.21	-	-	20.8	-	-	-	-	生活雑用水	10m	不明

池田市中川原町地区

調査井戸 21 本のうち 19 本でふっ素が、5 本でほう素が検出され、うちふっ素で 3 本、ほう素で 1 本が環境基準値を超過した。水質検査結果は表 - 9 のとおりである。

これによると、環境基準値を超過した 3 本のうち、1 本は塩化物イオン、ナトリウムイオン濃度が大阪府内の他の地区のデータと比較して非常に高く、別の 2 本はナトリウムイオンが高くなっている。

なお、調査した井戸はすべて浅井戸であった。

表 - 9 池田市中川原町地区における水質検査結果

通し 番号	井戸水の検査結果 (単位、電気伝導度 :m s/ m、その他 :m g/ L)										井戸の諸元	
	ふっ素	ほう素	pH	電気 伝導度	イオン項目						用途	深度
					硫酸	塩化物	Ca	Mg	K	Na		
1	<0.08	<0.2	6.2	19	30	13	14	5.1	5.0	13	生活雑用	5~6m
2	0.1	<0.2	6.3	17	27	10	14	3.9	4.0	12	生活雑用	8m
3	0.09	<0.2	6.2	18	29	13	12	4.7	5.2	16	生活雑用	7~8m
4	0.1	<0.2	7.0	12	23	12	27	3.5	2.6	16	生活雑用	浅井戸
5	0.6	<0.2	6.9	30	25	28	14	2.6	3.0	44	生活雑用	6~7m
6	1.6	0.51	7.0	108	13	200	17	4.9	5.1	220	生活雑用	6~7m
7	0.2	0.43	6.7	33	25	49	30	5.3	5.0	35	生活雑用 機械冷却 その他	浅井戸
8	0.1	<0.2	6.5	22	25	18	21	4.3	3.9	17	その他	4~5m
9	0.2	<0.2	6.4	23	25	18	20	4.5	4.4	19	飲用 生活雑用	5~6m
10	0.1	<0.2	6.7	22	23	12	23	4.1	4.5	15	生活雑用 その他	浅井戸
11	2.5	1.1	7.0	47	24	47	21	2.7	8.3	78	生活雑用	4~5m
12	0.13	<0.2	6.80		14.3	9.2	14.7	3.9	8.4	11.7	飲用 生活雑用	5~10m
13	0.10	<0.2	5.93	-	24.0	13.1	8.8	4.5	2.7	17.1	生活雑用	5~10m
14	2.07	0.53	7.12	-	17.3	21.9	9.8	2.1	6.7	63.5	生活雑用	5~10m
15	0.16	<0.2	6.42	-	24.3	16.7	17.0	5.1	9.6	18.5	生活雑用	不明
16	0.45	0.21	6.53	-	24.4	17.9	21.2	4.5	4.4	23.6	生活雑用	4m
17	0.14	<0.2	6.24	-	30.0	11.2	12.8	3.7	3.3	15.0	生活雑用	3m
18	<0.08	<0.2	5.80	-	17.0	7.1	9.7	1.9	1.9	7.3	飲用	3m
19	0.16	<0.2	6.30	-	32.4	9.1	18.2	4.8	2.8	12.6	生活雑用	5~10m
20	0.31	<0.2	7.12	-	30.2	9.2	19.9	4.9	2.6	13.6	生活雑用	5~10m
21	0.43	<0.2	6.90	-	37.7	24.1	11.3	4.9	12.5	27.2	生活雑用	不明

イオン項目等との相関を見てみると、次のようなことがわかる(表 - 10)。

- ・調査井戸すべてでは、ふっ素とナトリウムイオンが、ほう素とカリウムイオンが高い相関関係を示している。
- ・ふっ素のみ検出された(ほう素が未検出の)井戸では、塩化物イオン、ナトリウムイオンともに相関が高いが、ほう素も検出された井戸では、ともに相関が低くなり、カリウムイオンの相関が高くなる。
- ・ふっ素及びほう素が検出された井戸では、pHの相関が高く、電気伝導度の相関が低い。

表 - 10 イオン項目等との相関関係

(1) 調査井戸すべて (N = 21)

	ふっ素	ほう素	硫酸	塩化物	Ca	Mg	K	Na	pH	電気伝導度
ふっ素	1.000	0.794	-0.391	0.496	-0.112	-0.553	0.302	0.672	0.569	0.683
ほう素		1.000	0.059	0.034	-0.075	-0.556	0.933	0.174	0.610	-0.235
硫酸			1.000	-0.433	-0.004	0.428	0.104	-0.474	-0.149	-0.856
塩化物				1.000	0.113	0.162	0.101	0.970	0.352	0.985
Ca					1.000	0.301	-0.125	0.025	0.391	-0.059
Mg						1.000	0.169	-0.004	-0.089	0.131
K							1.000	0.141	0.348	0.355
Na								1.000	0.442	0.993

(2) ふっ素又はほう素が検出された井戸 (N = 19)

	ふっ素	ほう素	硫酸	塩化物	Ca	Mg	K	Na	pH	電気伝導度
ふっ素	1.000	0.794	-0.391	0.496	-0.112	-0.553	0.302	0.672	0.569	0.683
ほう素		1.000	0.059	0.034	-0.075	-0.556	0.933	0.174	0.610	-0.235
硫酸			1.000	-0.486	-0.075	0.304	0.029	-0.535	-0.300	-0.880
塩化物				1.000	0.075	0.149	0.074	0.970	0.333	0.985
Ca					1.000	0.229	-0.225	-0.028	0.279	-0.114
Mg						1.000	0.048	-0.055	-0.367	0.201
K							1.000	0.111	0.269	0.374
Na								1.000	0.424	0.992

(3) ふっ素のみ検出された井戸 (N = 14)

	ふっ素	ほう素	硫酸	塩化物	Ca	Mg	K	Na	pH	電気伝導度
ふっ素	1.000		0.341	0.756	-0.218	-0.292	0.189	0.871	0.531	0.785
ほう素										
硫酸			1.000	0.216	-0.247	0.392	0.121	0.157	-0.043	-0.043
塩化物				1.000	-0.193	-0.254	0.332	0.918	0.230	0.853
Ca					1.000	-0.085	-0.296	-0.227	0.487	-0.367
Mg						1.000	0.392	-0.475	-0.245	-0.355
K							1.000	0.121	0.177	0.034
Na								1.000	0.305	0.776

(4) ふっ素及びほう素が両方検出された井戸 (N = 5)

	ふっ素	ほう素	硫酸	塩化物	Ca	Mg	K	Na	pH	電気伝導度
ふっ素	1.000	0.794	-0.413	0.140	-0.662	-0.805	0.865	0.387	0.876	0.297
ほう素		1.000	0.059	0.034	-0.075	-0.556	0.933	0.174	0.610	-0.235
硫酸			1.000	-0.741	0.693	0.089	0.057	-0.848	-0.651	-0.995
塩化物				1.000	-0.089	0.429	-0.209	0.961	0.312	0.982
Ca					1.000	0.696	-0.304	-0.331	-0.683	-0.844
Mg						1.000	-0.810	0.168	-0.661	0.202
K							1.000	-0.010	0.687	-0.315
Na								1.000	0.524	0.999

(2) 調査井戸と温泉泉質との比較

池田市中川原町地区の上流には温泉があり、その温泉の泉質の特徴と似ていたため、ふっ素又はほう素が環境基準値を超過した井戸3本と平成7年2月に実施した温泉泉質経年変化調査の温泉2本のイオン項目について比較をした。結果は図-2のとおりである。

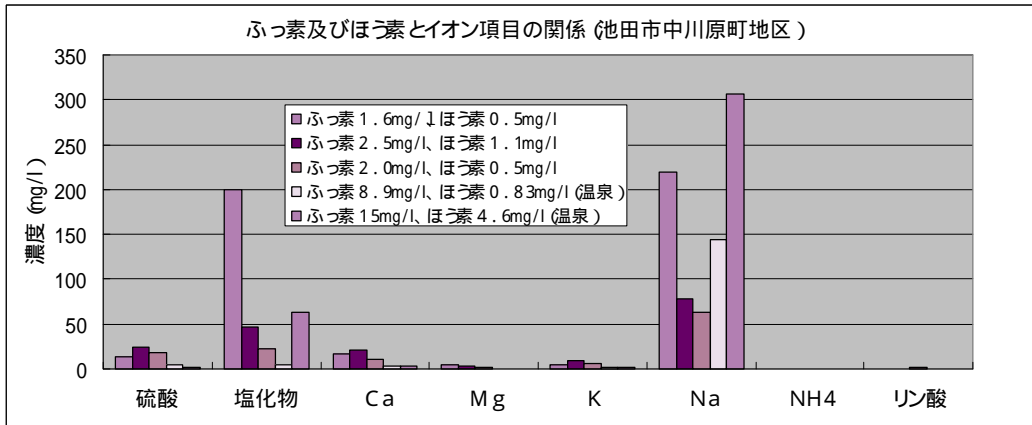


図 - 2

ふっ素及びほう素濃度に差があることから、ふっ素濃度及びほう素濃度を1として再度比較したところ、井戸1を除いた井戸2本と温泉2本はほぼ同様のイオン組成をしていることが推定される(図-3、図-4)。

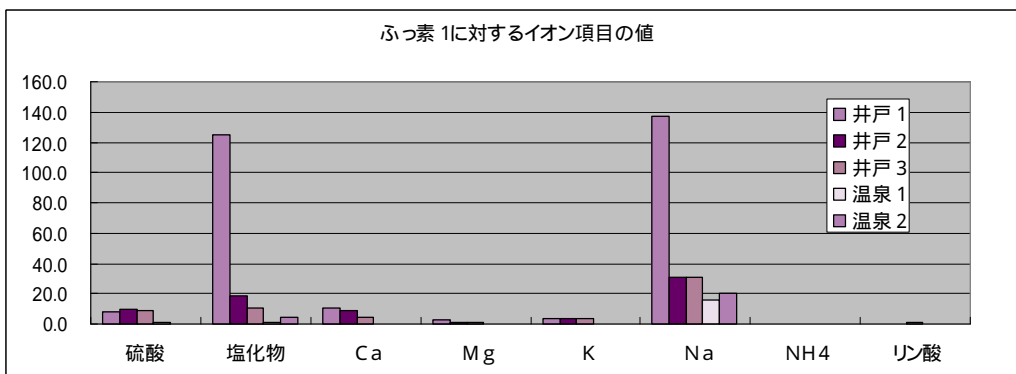


図 - 3

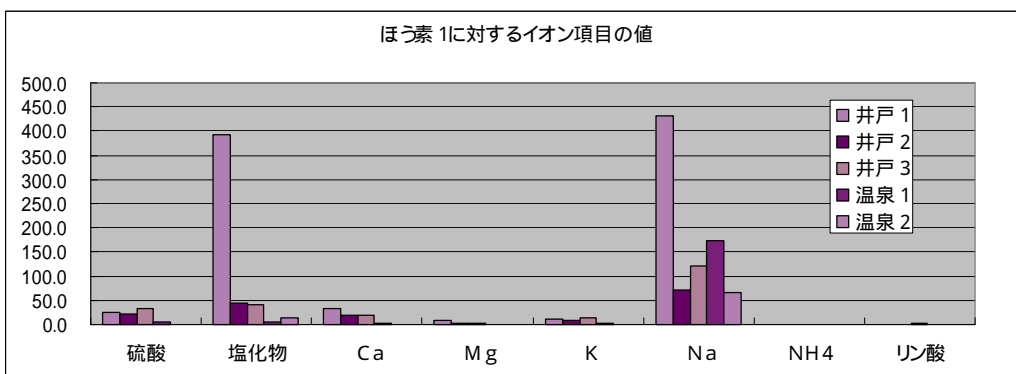


図 - 4