

9

調査研究

(1) 報 文

- 1) 大分県における空間放射線量率および土壌の放射性物質調査…………… 23
- 2) 別府市における泉質の分布状況について…………… 27

大分県における空間放射線量率および土壌の放射性物質調査

河野 公亮、岡本 英子、伊東 達也

The Report of Spatial Dose Rate and Soil Concentration of Radioactive Substances in Oita Prefecture.

Kosuke Kawano, Eiko Okamoto, Tatsuya Ito

Key Words : 空間放射線量率 Spatial Dose Rate,
放射性物質 : Radioactive Substances, セシウム137 : Cesium 137

要 旨

大分県では土壌中の放射能濃度の測定は放射能水準調査でのみ行っているため、平常時の各市町村の土壌中の放射能濃度のデータがない。そこで各市町村の代表的な地点の土壌中の放射能濃度を測定した。その結果、人工放射性物質はほとんど検出されていない。また、空間放射線量率と放射能濃度の相関分析を行ったところ、相関が認められた。今回の調査で、各地点での平常時の土壌中の放射能濃度のデータを得ることができた。

は じ め に

空間放射線量率とは、1時間その場所にとどまった場合に受ける放射線の量のことで、大分県では、1987年度から原子力規制庁（当時は科学技術庁）の委託を受け、モニタリングポストを当センターの屋上に設置し、環境中の空間放射線量率等の測定を行っている。

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故により、大気中に放射線物質が飛散したことからモニタリングを強化するため、2012年3月、県内4箇所モニタリングポストを増設した。そして2014年度には原子力災害対策に関する各種実施要領により、県内18市町村でサーベイメータによる空間放射線量率の測定も開始された。

しかし、空間放射線量率は自然の地質等の影響を受けるが、土壌中の放射性物質の調査は放射能水準調査で県内一ヶ所のみであった。そこで、県内18市町村の土壌中の放射能濃度を測定し平常時の放射線レベルを把握することで、原子力災害事故が発生した場合に飛来する放射性物質の影響を正確に評価するための基礎データを得ることができたので、その結果を報告する。

材料及び方法

1 調査時期

調査時期は2014年6月～11月とした。土壌採取及び空間放射線量率の測定は9月に実施した。

2 調査地点

調査地点は各市町村の代表的な場所で、図1に示す22地点を選定した。地点の選定には以下の4点に留意した。

- ① 人が多く集まるその土地の代表的な場所
これは原子力災害時に、その地点が汚染されることにより多数の人の健康に影響を及ぼす可能性があるため、汚染の有無がわかるようになる必要があるため。
- ② 周辺に木などの遮蔽物がない場所
遮蔽物があると放射性物質を含んだ降下物が地面まで届かないため土壌が汚染されにくい場所となるため。
- ③ 土壌が露出している場所
- ④ 長期間同じ環境が保たれる場所
これは今回測定した地点と同じ地点でなければ、今後調査結果を比較できないためである。
なお、津久見市は県外からばい塵の搬入があるため、調査地点を追加した。



図1 調査地点

3 測定項目

測定項目は人工放射性核種 (I-131、Cs-134、Cs-137)、自然放射性核種 (Be-7、K-40、Pb-212、Pb-214、Tl-208、Bi-214、Ac-228) 及び空間放射線量率。

空間放射線量率は、NaIシンチレーションサーベイメータ (TCS-171) を用いて、地上1mで測定した。

土壌中の放射能濃度は、土壌採取器 (内径50mm) で表層 (0~5cm) を1地点5ヶ所採取した。採取後の土壌から礫や植物の根等を除去後、105℃乾燥後粉碎し2mmメッシュ篩にかけた。U-8容器に詰め、Ge半導体検出器により核種別放射能濃度の測定を行った。測定時間は86,400秒である。

結果と考察

地点別空間放射線量率及び土壌中の放射能濃度を表1に、各検出下限値を表2に示す。

1 空間放射線量率について

空間放射線量率は津久見市内の37nSv/hから竹田市の84nSv/hの範囲にあった。県内で比較すると佐伯市(78nSv/h)と竹田市 (84nSv/h) が比較的高かった。空間放射線量率は雨天時に地表面近くが高くなることもあり、佐伯市及び竹田市は測定時の天候が雨天のため、晴天時に再調査した結果、佐伯市は晴天時が低く (51nSv/h) 竹田市は同程度(80nSv/h)の結果となった。このことから、竹田市は県内でも比較的高い地域であるとわかった。一方、佐伯市は雨天が原因で高くなったと考えられる。

2 人工放射性物質について

次に土壌中の人工放射性物質はCs-137のみ検出された。I-131、Cs-134は半減期が短いため検出されなかったと考えられる。なお、2011年4~6月に降水物および大気浮遊じんからI-131とCs-134が県内でも検出されている¹⁾。今回の調査した地点では0.6~2.7Bq/kgと検出下限値 (0.97Bq/kg) と同程度で

あった。また、同じ市であっても検出される場所とされない場所があった。このことから、未検出であっても検出されない程度存在している可能性が示唆された。なお、放射能水準調査を行っている大分県農林水産研究指導センター畜産研究部では図2に示す

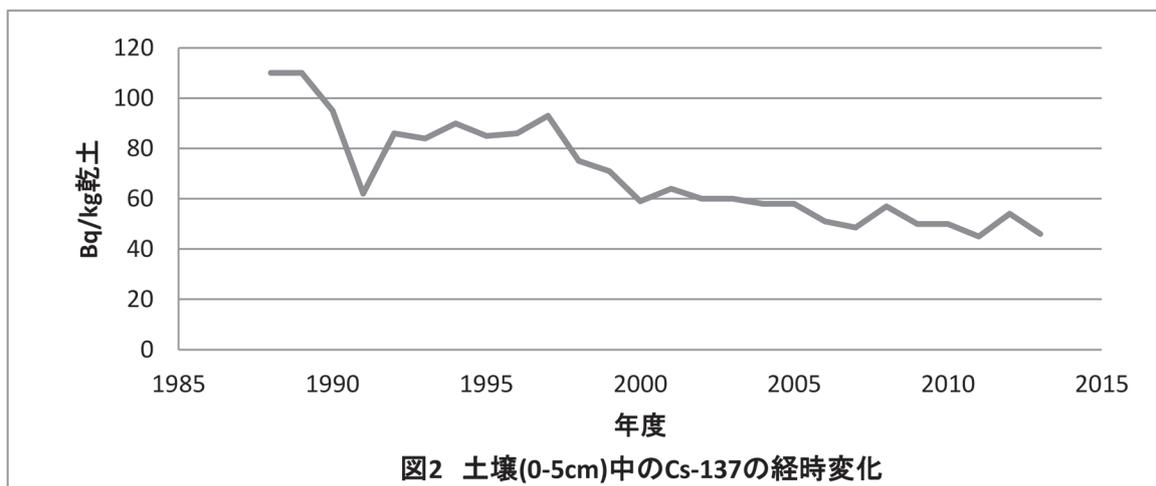
とおり、福島第一原子力発電所事故後にCs-137の増加は確認できなかった。このことから、今回検出されたCs-137は大気圏内核実験やチェルノブイリ事故由来のものと考えられる。

表1 地点別放射能濃度及び空間放射線量率

採取場所	核種別放射能濃度 (Bq/kg)										空間放射線量率 n Sv/h
	人工放射性物質			自然放射性物質							
	核種名: I-131	核種名: Cs-134	核種名: Cs-137	核種名: Be-7	核種名: K-40	核種名: Pb-212	核種名: Pb-214	核種名: Tl-208	核種名: Bi-214	核種名: Ac-228	
衛生環境研究センター (大分市)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	460.8	27.4	16.2	21.2	14.5	26.9	63
佐賀関小学校 (大分市)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	617.3	35.8	20.4	29.9	17.5	31.3	67
北石垣公園 (別府市)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	475.8	29.8	18.3	24.2	15.9	27.0	63
豊陽公園 (中津市)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	741.1	49.5	20.6	40.8	16.9	46.2	69
西部保健所 (日田市)	N.D.	N.D.	1.9	N.D.	361.0	34.8	19.3	26.4	17.9	31.9	69
佐伯豊南高校 (佐伯市)	N.D.	N.D.	2.7	N.D.	673.2	39.4	21.6	33.4	18.3	36.8	78
中部保健所 (白杵市)	N.D.	N.D.	1.9	N.D.	342.6	40.8	21.8	30.5	18.4	37.5	63
津久見市役所 (津久見市)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	623.5	36.0	20.8	27.5	20.3	32.4	51
徳浦公園 (津久見市)	N.D.	N.D.	0.6	N.D.	199.4	11.8	14.9	8.9	12.9	11.2	37
入船公園 (津久見市)	N.D.	N.D.	1.1	N.D.	136.4	8.9	10.7	7.3	9.2	9.2	37
青江区公民館 (津久見市)	N.D.	N.D.	N.D.	7.2	208.2	12.1	11.6	10.0	11.0	11.4	57
竹田市役所 (竹田市)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	808.2	45.7	36.6	38.2	31.8	44.6	84
第二号御玉児童公園 (豊後高田市)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	627.3	51.3	18.2	42.2	15.6	44.9	59
杵築城山公園 (杵築市)	N.D.	N.D.	0.8	N.D.	478.5	16.6	10.2	13.1	8.7	13.9	53
宇佐市総合運動公園 (宇佐市)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	680.7	39.6	24.4	31.9	21.1	36.6	69
豊肥保健所 (豊後大野市)	N.D.	N.D.	1.7	N.D.	325.5	31.8	16.0	26.6	14.1	28.2	49
ゆふいんふれあい広場 (由布市)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	749.1	51.2	26.4	43.1	24.8	51.9	69
国東高校 (国東市)	N.D.	N.D.	N.D.	8.8	725.1	39.3	20.0	31.2	16.2	35.7	51
姫島村フェリー乗り場横広場 (姫島村)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	551.1	27.8	13.4	22.3	10.5	24.3	49
町営エアライフル射撃場 (日出町)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	757.3	51.2	14.8	42.8	13.3	48.9	58
九重町役場 (九重町)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	726.6	43.7	26.0	34.5	21.2	39.9	67
かよし公園 (玖珠町)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	660.4	38.2	24.5	31.6	20.2	35.6	67

表2 各地点での放射能濃度の検出下限値

採取場所	核種別放射能 検出下限値 (Bq/kg)									
	人工放射性物質			自然放射性物質						
	核種名: I-131	核種名: Cs-134	核種名: Cs-137	核種名: Be-7	核種名: K-40	核種名: Pb-212	核種名: Pb-214	核種名: Tl-208	核種名: Bi-214	核種名: Ac-228
衛生環境研究センター (大分市)	6.4	0.75	0.67	8.2	9.9	2.4	1.6	2.4	1.6	3.0
佐賀関小学校 (大分市)	44.0	0.69	0.75	9.7	8.9	2.4	1.6	2.0	1.4	2.6
北石垣公園 (別府市)	42.6	0.65	0.72	9.3	9.2	1.3	1.6	2.1	1.4	2.5
豊陽公園 (中津市)	5.7	0.71	0.76	7.9	9.7	2.6	1.6	2.2	1.5	2.8
西部保健所 (日田市)	5.5	0.78	0.83	8.6	10.9	2.7	1.8	2.6	1.7	3.2
佐伯豊南高校 (佐伯市)	47.8	0.79	0.88	11.0	11.2	2.8	1.9	2.5	1.6	2.9
中部保健所 (白杵市)	55.8	0.87	0.95	12.3	12.4	3.5	2.0	2.8	1.9	3.5
津久見市役所 (津久見市)	23.5	0.59	0.56	8.8	7.7	2.3	1.4	2.0	1.3	2.5
徳浦公園 (津久見市)	21.9	0.56	0.59	6.8	7.5	1.9	1.3	6.8	1.1	1.9
入船公園 (津久見市)	34.9	0.51	0.51	8.3	7.4	1.8	1.2	1.8	1.1	2.1
青江区公民館 (津久見市)	35.4	0.57	0.48	7.1	6.6	1.0	1.2	1.6	1.1	2.0
竹田市役所 (竹田市)	34.5	0.82	0.80	10.3	9.4	2.7	1.7	2.4	1.6	3.1
第二号御玉児童公園 (豊後高田市)	6.1	0.75	0.77	7.6	9.6	2.5	1.7	2.2	1.5	2.8
杵築城山公園 (杵築市)	33.1	0.59	0.59	8.2	8.0	2.0	1.3	1.7	1.2	2.1
宇佐市総合運動公園 (宇佐市)	7.8	0.89	0.88	8.6	11.8	2.9	2.0	2.7	1.8	3.1
豊肥保健所 (豊後大野市)	60.3	0.97	0.95	14.1	13.7	3.2	2.4	3.2	2.3	4.0
ゆふいんふれあい広場 (由布市)	27.5	0.77	0.81	9.6	10.4	2.7	1.7	2.4	1.6	3.0
国東高校 (国東市)	7.0	0.74	0.81	7.3	9.5	2.5	1.6	2.2	1.5	2.9
姫島村フェリー乗り場横広場 (姫島村)	6.7	0.72	0.78	8.6	10.9	2.6	1.8	2.4	1.6	2.8
町営エアライフル射撃場 (日出町)	42.7	0.76	0.76	11.4	8.9	2.5	1.6	2.3	1.5	2.9
九重町役場 (九重町)	10.6	0.69	0.71	8.3	9.3	2.5	1.6	2.1	1.4	2.6
なかよし公園 (玖珠町)	22.6	0.73	0.77	9.9	9.6	2.5	1.6	2.2	1.5	2.8



3 自然放射性物質について

自然放射性物質ではK-40の割合が大きく、津久見市内の136.4Bq/kgから竹田市の808.2Bq/kgの範囲で、平均526.9Bq/kgであった。これは、土壌中のKの割合が多いためと考えられる。また、放射能濃度が地点毎に大きく異なっているのは、植物が土壌中のKを吸収したか、植物の肥料としてKが投下されたためと考えられる。

Be-7は一部の地域でのみ検出された。

Pb-212は津久見市内の8.9Bq/kgから豊後高田市内の51.3Bq/kgの範囲で平均34.7Bq/kg、Tl-208は津久見市内の7.3Bq/kgから由布市内の43.1Bq/kgの範囲で平均28.1Bq/kg、Ac-228も津久見市内の9.2Bq/kgから由布市内の51.9Bq/kgの範囲で平均32.1Bq/kgであった。これらの放射性物質はトリウム系列の放射性壊変系列であるため、地点毎でほぼ同じ放射能濃度になるといわれており²⁾、今回も同様の傾向が見られた。

また、Pb-214も津久見市内の10.7Bq/kgから竹田

市内の36.6Bq/kgの範囲で平均19.4Bq/kg、Bi-214も杵築市内の8.7Bq/kgから竹田市内の31.8Bq/kgの範囲で平均16.8Bq/kgであった。これらの放射性物質はウラン系列の放射性壊変系列であり、トリウム系列と同様の傾向が見られた。

4 空間放射線量率と放射能濃度の相関について

空間放射線量率と土壌中の放射能濃度の相関を表3に示す。今回相関を見たのは全地点で測定できた自然放射性物質のみである。この結果、特にPb-214とBi-214で比較的高い相関があった。このことから空間放射線量率の地域差は土壌中の自然放射性物質の放射能濃度の差によることが示唆された。これは1993年度の調査³⁾と同様の結果であった。また、今回の調査で各市町村の土壌の放射能濃度のデータをより多く得ることができた。今後、原子力災害が発生した場合平常時の放射線レベルとして今回のデータを活用することができる。

表3 空間放射線量率と土壌中の放射能濃度の相関係数表

	K-40	Pb-212	Pb-214	Tl-208	Bi-214	Ac-228
相関係数	0.63015	0.64617	0.75713	0.65358	0.74547	0.66453

謝 辞

土壌採取にご協力いただきました大分県生活環境部環境保全課、各保健所、市町村の皆様に深謝いたします。

参 考 文 献

1) 岡本英子 他：「大分県におけるモニタリング強化

時の環境放射能水準調査」、大分県衛生環境研究センター年報、39、84-91 (2011)

2) 飯田博美 安齋育郎 共編：「放射能のやさしい知識」、p.85-89 (1997)、オーム社

3) 岡本盛義 他：「大分県における空間線量率等調査」、大分県衛生環境研究センター年報、21、70-71 (1993)

別府市における泉質の分布状況について

平原 裕美、首藤 弘樹^{*1}、甲斐 正二

Distribution of hot springs by their quality in Beppu city

Yumi Hirabaru, Hiroki Shuto, Syoji Kai

Key words : 温泉 hot springs, 分布 distribution

要 旨

別府市は全国でも有数の温泉地であり、多種多様な泉質があるとされている。別府温泉における研究は盛んに行われているが¹⁻³⁾、行政として情報の裏付けが少なく、また、平成26年7月1日付けで療養泉の定義の見直しが通知され、新しい定義における現況を把握することが「おんせん県おおいた」として温泉を適正に利用していくうえで求められる。そのため、県内登録分析機関が発行する開示可能な温泉分析書を集約した「温泉情報データベース」を活用し、泉質の分布状況及びその特徴を把握するためのデータ整理を行った。データを表現する際に地図ソフトを使用し、泉質、泉温、pH、温泉を定義する成分ごとに情報をまとめた。

目 的 結 果

本調査は別府市における温泉の適正利用を行うための最新の基礎資料とするため、直近10年間(2004~2013年度)に分析された温泉のデータを整理し、その特徴及び泉質の分布状況を把握することを目的とする。

別府市における泉質の分布状況として、直近10年間では、二酸化炭素泉、含よう素泉、放射能泉を除く10種類中7種類の泉質が確認された。また、別府市北部の亀川地区・鉄輪地区には塩化物泉が多く、別府市南部の別府駅周辺地区では炭酸水素塩泉が多いという特徴が見られた。成分を詳細に見てみると、同じ塩化物泉でも鉄輪地区は炭酸水素イオンが少ない、あるいは存在しないものが多いのに対し、亀川地区では塩化物泉と炭酸水素塩泉、硫酸塩泉が混合したような泉質を示している。過去の調査結果と比較するとサンプル数の少ない浜脇地区を除いて、ほとんど同様の状況であった。また、別府市は高温泉が非常に多く、調査可能であった310地点のうち295地点が高温泉に該当した。地区別に見ると、別府駅周辺地区は40~60℃の泉温が多いのに対し、鉄輪地区・明礬地区では70~100℃以上の泉温を示す温泉が大半であった。

方 法

大分県内の登録分析機関が分析した開示できる温泉分析書を集約した「温泉情報データベース」を活用し、地図ソフト上に必要な情報(泉質、泉温、pH、メタけい酸、メタほう酸、メタ亜ひ酸等)を色分けしたポイントを用いて表示させ、視覚的にわかりやすく各情報における分布状況を表現した。

また、各源泉をヘキサダイアグラム、トリリニアダイアグラムを用いて各地域における溶存イオンのバランスによる分類や温泉の科学的相対割合による主要溶存成分の各場所における違いについての分類を行った。

考 察

1 泉質

別府市における泉質の分布状況について、今回

^{*1} 福祉保健部東部保健所

の調査結果の全体を見ると塩化物泉が約37%を占めており、次いで単純温泉と炭酸水素塩泉が約26%となっている。(表1) 分布の特徴として、鉄輪地区・亀川地区など別府市北部に塩化物泉が多く、別府駅周辺・浜脇地区など別府市南部に炭酸水素塩泉が多いという特徴が見られた。(図1、2) 硫黄泉は明礬地区や堀田地区など鶴見山周辺に存在しているものがほとんどであった。また、同じ塩化物泉であっ

ても鉄輪地区は弱酸性の液性を示す温泉が多いことから炭酸水素イオンを有しないものがほとんどであるのに対し、亀川地区の塩化物泉は炭酸水素イオン、硫酸イオンが混在するものが多かった。別府地区北浜公園周辺の塩化物泉は陽イオンのバランス等から、海水が混入している可能性が示唆された。(図3)

過去、別府駅周辺の旅館等に二酸化炭素泉がいくつかあったが、この10年間に分析を行った泉源では該当がなかった。

表1 別府市の泉質存在状況

	別府	浜脇	鉄輪	亀川	明礬	堀田	観海寺	柴石	その他	総数
単純温泉	43	0	9	18	2	2	5	1	4	84
二酸化炭素泉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
炭酸水素塩泉	73	0	1	1	1	6	1	0	1	84
塩化物泉	17	1	49	31	3	0	5	4	9	119
含よう素泉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
硫酸塩泉	1	0	0	0	3	0	0	0	1	5
含鉄泉	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
硫黄泉	0	0	2	0	11	2	2	0	2	19
酸性泉	0	0	1	0	4	0	0	1	0	6
放射能泉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
総数	134	1	62	50	25	11	13	6	17	319



図1 塩化物泉の分布



図2 炭酸水素塩泉の分布

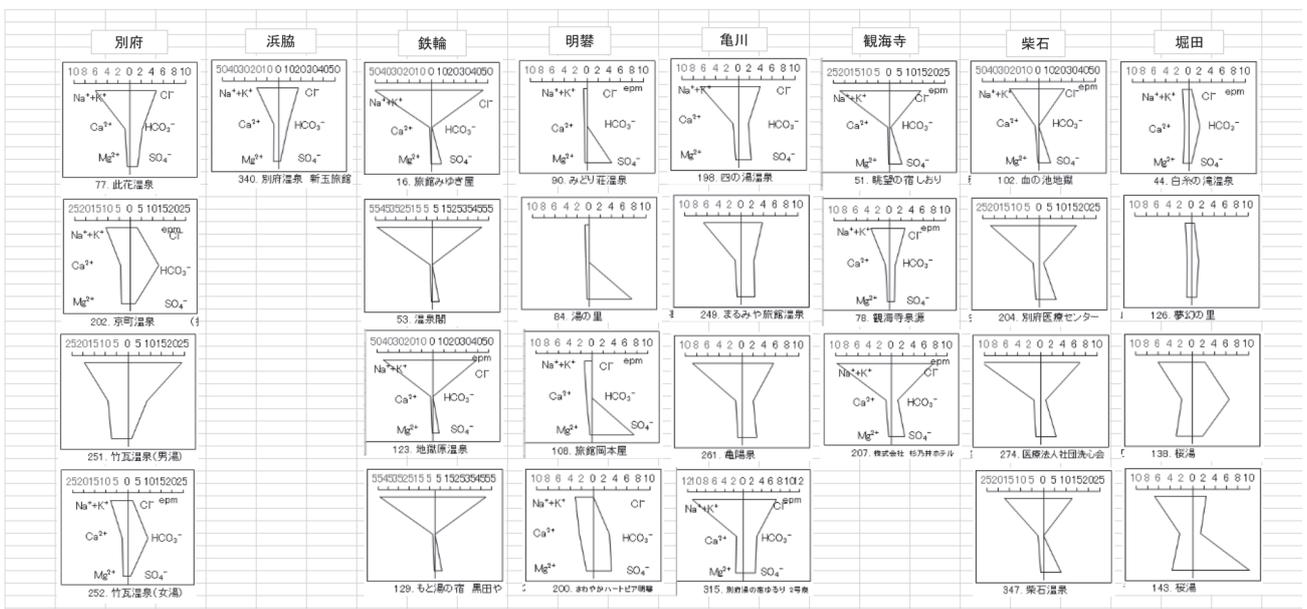


図3 別府八湯地区ごとにおけるヘキサダイアグラム

2 泉温

泉温について別府市の温泉は高温泉がほとんどであり、別府市北部、特に小倉地区～鉄輪地区、観海寺地区では80～100℃の非常に高温の温泉が集中し

ていた。別府駅周辺の別府地区では高温泉の中でも比較的温度的の低い40～60℃の泉温が多く分布している。(表2)

表2 泉温別存在状況*2

泉温(℃)	別府	浜脇	鉄輪	亀川	明礬	堀田	観海寺	柴石	その他	総数
<42.0	6	0	0	3	2	2	0	0	2	15
42.0～50.0	53	1	1	7	3	2	1	0	3	71
50.1～60.0	68	0	3	19	3	4	1	1	1	100
60.1～70.0	6	0	2	14	3	0	2	2	1	30
70.1～80.0	0	0	8	7	0	1	2	0	2	20
80.1～90.0	0	0	15	0	2	0	2	2	3	24
90.1～100.0	1	0	32	0	6	0	4	0	5	48
100.0<	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
総数	134	1	62	50	19	10	12	5	17	310

3 pH

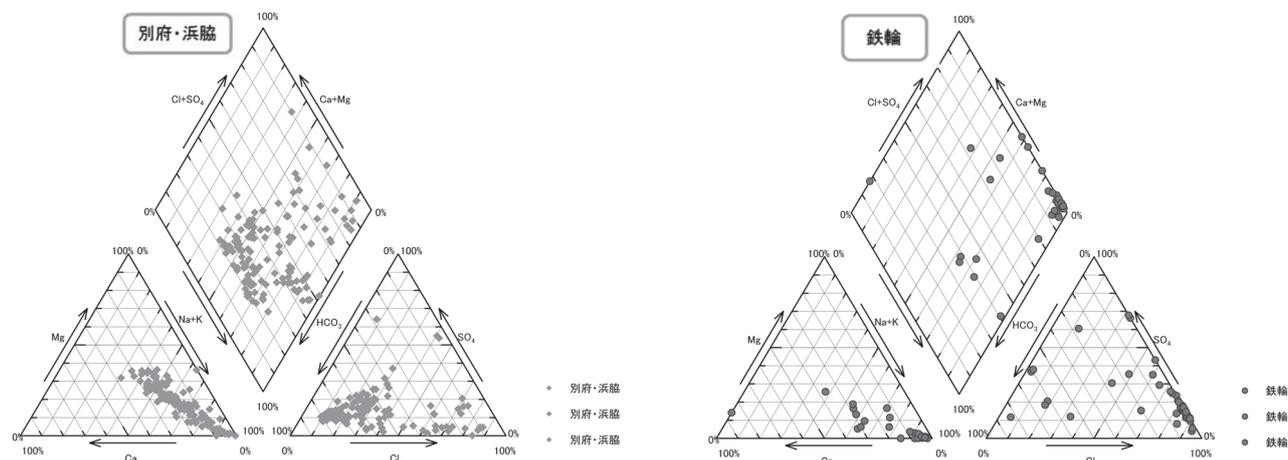
pHについては明礬地区に酸性泉、鉄輪地区・柴石地区には弱酸性泉が集中し、その他の地区は中性～アルカリ性泉が広く分布しており、最も多いのは弱アルカリ性の温泉であった。(表3) また、図3のヘキサダイアグラムから、酸性及び弱酸性の温泉では炭酸水素イオンが存在しないことが見て取れる。

また、明礬地区において、酸性泉が集中する地域のすぐ下である小倉地区では弱アルカリ性やアルカリ性の温泉が分布している。図4のトリリニアダイアグラムを見ると、明礬地区では硫酸イオンを主成分とするⅢ型のアルカリ土類非炭酸塩型が多いのに対し、小倉地区ではⅣ型のアルカリ非炭酸塩型が多く、違う起源の水であることが示唆される。

表3 液性別存在状況*2

pH	別府	浜脇	鉄輪	亀川	明礬	堀田	観海寺	柴石	その他	総数
酸性	0	0	1	0	4	0	0	1	0	6
弱酸性	0	0	37	0	5	0	1	2	1	46
中性	26	0	12	8	3	5	4	1	4	63
弱アルカリ性	100	1	7	39	4	5	2	1	8	167
アルカリ性	8	0	5	3	3	0	5	0	4	28
総数	134	1	62	50	19	10	12	5	17	310

*2 表1と総数が合わないのは例えば酸性・ナトリウム-塩化物泉などを「酸性泉」「塩化物泉」と2つの泉質として集計しているため。



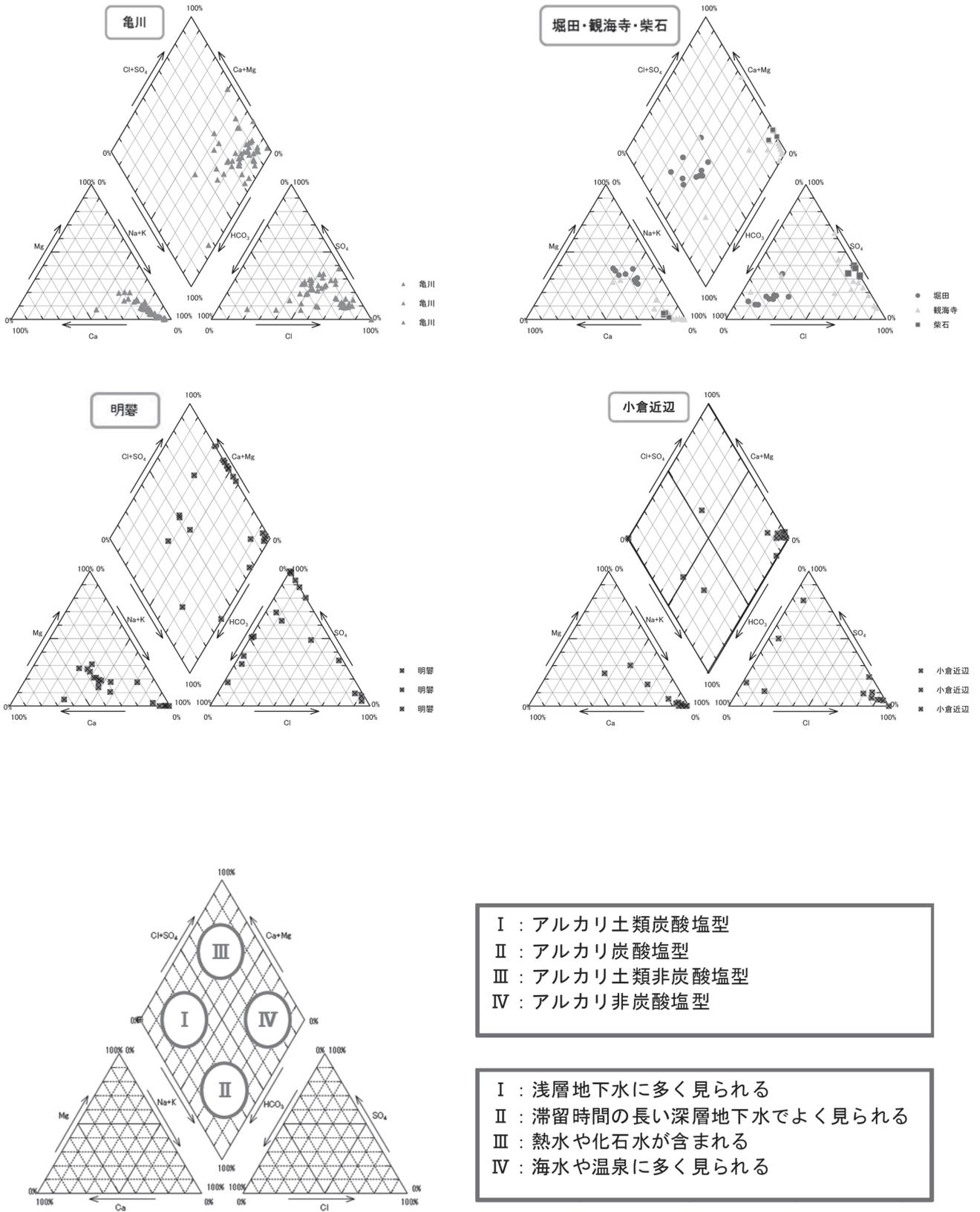


図4 各地区別トリリニアダイアグラム

4 温泉となる定義各項について

メタけい酸について、別府市では温泉の定義を満たす1kgあたり50mg以上を含む温泉がほとんどである。特に高濃度(500mg/kg以上)に含まれている温泉は鉄輪地区およびその周辺に集中しており、最高で751.9mg/kgのものがあった。

メタ亜ひ酸について、鉄輪地区、観海寺地区、別府駅周辺、北浜公園周辺、境川近辺に高濃度のものが集中していた。

参 考 文 献

- 1) 由佐悠紀、大沢信二、北岡剛一：別府温泉における温泉水系の変動,大分県温泉調査研究会報告,53,1-11(2002)
- 2) 星住英夫、小野晃司、三村弘二、野田徹郎：別府地域の地質,地域地質研究報告,75,98-105(1988)
- 3) 由佐悠紀：文化的景観別府の湯けむり景観保存計画(温泉・湯けむりの自然科学的概要),47-67(2012)