

## (2) 調査・事例

1) 久住地域における乾性沈着物中のイオン成分の特性について (2012年度) .....	53
2) 大分県における大気中の硫酸イオン濃度調査 (2012年度) .....	62
3) 大分県における温泉の泉質について	
- 鉱泉の定義と分類から見た温泉の地域ごとの特徴 - .....	67

# 久住地域における乾性沈着物中のイオン成分の特性について (2012年度)

安東 大悟、酒盛 早美<sup>1</sup>、鈴木 龍一、入江 久生

## Ion Components Property in the Dry Deposition at Kuju Area, 2012

Daigo Ando, Hayami Sakamori, Ryuichi Suzuki, Hisao Irie

Key word : 乾性沈着 Dry deposition, フィルターパック法 Filter Pack Method, 粒子状物質 Particulate

### 要 旨

アジア地域からの汚染物質の移流状況を調査するために、県内の大気環境上のバックグラウンド地点と考えられる久住地域において、乾性沈着物の調査を行った。

汚染物質の移流イベントと考えられている黄砂や煙霧が観測された期間は、カルシウムイオンや硫酸イオンが通常よりも高濃度に検出されており、久住地域が越境移流の影響を受けている可能性が示唆された。

### はじめに

近年、アジア地域において、急速な経済成長に伴い大気汚染物質の排出量が増加している。季節風の影響により、アジア地域で排出された汚染物質が日本へ移流し健康被害等を引き起こしている。一般に、アジア地域の汚染物質は、黄砂や煙霧とともに日本に移流すると考えられており、本県はアジア地域に比較的近い位置にあるため、汚染の影響を受けやすいと推察される。

国設大分久住酸性雨測定所は、周囲に人為的な発生源が少ないため、本県における大気環境上のバックグラウンド地点とすることができる。これまで、アジア地域からの移流と高濃度硫酸イオンの観測には相関があるという報告<sup>1)</sup>があり、バックグラウンド地点において高濃度事例があった場合、人為的な発生源に近い都市地域に比べて、移流の可能性の判断材料になりやすいと考えられる。

今回、フィルターパック法により大気中の粒子状物質及びガス状物質である乾性沈着物の調査をおこなったので、その結果を報告する。

### 調 査 方 法

#### 1 調査期間

2012年4月9日～2013年3月25日

#### 2 調査地点

久住町：竹田市久住町大字久住平木

国設大分久住酸性雨測定所

北緯33°02' 東経131°15' 標高約560m

久住町は、九州のほぼ中央部に位置し、北部一帯は久住山を中心とするくじゅう火山群が占め、南に久住高原が広がっている。久住山の北西斜面には硫黄山があり、少量の火山性ガスを噴出している。

当測定所は久住山の南麓にあり、周囲には牧草地帯が広がり、キャンプ場などの保養施設がある。約30m南方に国道442号が通っているが、交通量はあまり多くない。

#### 3 試料採取方法及び分析方法

4段式フィルターパック法（以下、FP法という）により、大気中の粒子状物質及びガス状物質を毎分1Lの流速でろ紙上に捕集した。ろ紙は、粒子状物質捕集用として1段目にPTFEろ紙を、ガス状物質捕集用ろ紙として2段目に硝酸ガスを中心に捕集するポリアミドろ紙、3段目に硫酸ガス及び塩素ガスを捕集する6%炭酸カリウム、2%グリセリン水溶液含浸セルロースろ紙、4段目にアンモニアガスを捕集する5%リン酸、2%グリセリン水溶液含浸セルロースろ紙を使用した。それぞれ超純水または過酸化水素水中に抽出したのち、イオンクロマトグラフを用いて測定した。測定対象成分は、硫酸イオン（以下「 $\text{SO}_4^{2-}$ 」という。）、塩化物イオン（以下「 $\text{Cl}^-$ 」という。）、硝酸イオン（以下「 $\text{NO}_3^-$ 」という。）、ア

<sup>1</sup> 生活環境部環境保全課

ンモニウムイオン（以下「 $\text{NH}_4^+$ 」という。）、ナトリウムイオン（以下「 $\text{Na}^+$ 」という。）、カリウムイオン（以下「 $\text{K}^+$ 」という。）、カルシウムイオン（以下「 $\text{Ca}^{2+}$ 」という。）及びマグネシウムイオン（以下「 $\text{Mg}^{2+}$ 」という。）の8成分である。イオン成分のうち、粒子状物質は (p)、ガス状物質は、(g)と表す。

黄砂及び煙霧の観測記録は、大分地方気象台の発表する大分県気象月報（観測地点：大分市）を使用した<sup>2)</sup>。

四季は、3~5月を春季、6~8月を夏季、9~11月を秋季、12~2月を冬季と分類した。

## 結 果

### 1 粒子状物質の濃度について

粒子状物質の濃度を表1及び図1に示した。表1における非海塩性成分 (nss-non sea salt) とは各成分の測定値から海塩由来成分量を差し引いた値である。<sup>3)</sup>

粒子状物質の総イオン量は3月がもっとも多く、夏季に減少し、秋季から春季にかけて上昇する傾向にあった。黄砂を観測した期間に捕集した試料（4月23日~5月7日）では、比較的高濃度のnss- $\text{Ca}^{2+}$ (p)が検出された。

粒子状物質に占める各成分の割合は、年間をとおしてnss- $\text{SO}_4^{2-}$ (p)の割合がもっとも高く、次いで $\text{NH}_4^+$ (p)が高かった。3月はnss- $\text{Ca}^{2+}$ (p)の占める割合が他の月と比較して高かったが、これは黄砂の主成分である炭酸カルシウムによるものと考えられる。8月は $\text{Na}^+$ (p)の占める割合が他の月と比較して高かった。(図2)

### 2 ガス状物質の濃度について

ガス状物質の濃度を表2及び図3に示した。年間をとおして $\text{SO}_2$ (g)濃度が高かった。 $\text{NH}_3$ (g)は、春季から夏季にかけて高く、冬季に低下し、 $\text{HNO}_3$ (g)は冬季から春季に上昇した。

$\text{SO}_2$ (g)濃度の最高値は、8月27日~9月10日に捕集した試料の258.2nmol/m<sup>3</sup>であった。 $\text{NH}_3$ (g)濃度の最高値は、煙霧を観測した期間に捕集した試料（6月4日~6月18日）の175.7nmol/m<sup>3</sup>であった。

### 3 粒子状物質及びガス状物質の総濃度について

全硫酸 ( $\text{SO}_2$ (g) + nss- $\text{SO}_4^{2-}$ (p))、全硝酸 ( $\text{HNO}_3$

(g) +  $\text{NO}_3^-(p)$ )、全塩化物 ( $\text{HCl}$ (g) +  $\text{Cl}^-$ )、全アンモニア ( $\text{NH}_3$ (g) +  $\text{NH}_4^+(p)$ )濃度及びそれぞれの粒子化率の月平均値を図4及び図5に示した。粒子化率は、「(粒子状成分濃度) / (粒子状及びガス状成分の総濃度) × 100」としてとめた。

全硫酸濃度及び全アンモニア濃度は、夏季に低くなる傾向があった。また、全硝酸濃度及び全塩化物濃度も、夏季に若干低くなる傾向がみられた。

全硝酸及び全アンモニアの粒子化率は、夏季に低く、冬季に高かった。夏季に粒子化率が低くなる要因としては、気温が高い時期には、硫酸アンモニウムや塩化アンモニウムなどの解離が起こりやすいためや土壌から放出されるアンモニアの影響などが考えられる。<sup>3) 4)</sup>

### 4 各成分の相関関係について

各成分間の相関関係を表3に示した。nss- $\text{SO}_4^{2-}$ (p)と $\text{NH}_4^+(p)$ の相関係数は0.95と高く、また、 $\text{NH}_4^+(p)$ とnss- $\text{SO}_4^{2-}$ (p)のモル比は、おおむね1~2の間にあり、硫酸塩を含む粒子の大部分は、アンモニアで中和された硫酸アンモニウムや硫酸水素アンモニウムとして存在していると考えられた。<sup>3)</sup>(図6)

$\text{Mg}^+(p)$ とnss- $\text{Ca}^{2+}$ (p)の相関係数は0.80と高いが、これは、黄砂中の土壌粒子に、 $\text{Ca}^{2+}$ (p)及び $\text{Mg}^+(p)$ が多く含まれるためと考えられる。黄砂飛来時を除いても他の成分よりも高い相関関係にあるため、黄砂飛来時以外にも土壌の巻き上げの影響を受けていると考えられる。

$\text{Cl}^-(p)$ が海塩粒子を起源とする場合、 $\text{Na}^+(p)$ と高い相関関係にあると考えられ、相関係数は0.86と高かった。全塩酸 ( $\text{Cl}^-(p) + \text{HCl}(g)$ )と $\text{Na}^+(p)$ の相関係数も0.96と相関関係は高かった。これは、粒子としてフィルターに捕集された塩化ナトリウム粒子が、2週間の捕集期間中に大気中の $\text{HNO}_3$ と反応して、硝酸ナトリウム(粒子)と塩酸ガスになったと考えられる。

### 5 黄砂及び煙霧現象との関係について

黄砂飛来時に捕集した試料は1検体、煙霧発生時に採取した試料は7検体であった。黄砂時、煙霧時及び非黄砂・非煙霧時(18検体)の3区分に分類し、粒子状物質の各イオン成分の総イオン濃度に占める割合を図7に示した。

黄砂時には、黄砂中の土壌粒子に由来していると考えられるnss- $\text{Ca}^{2+}$ 濃度がもっとも高かった。

非黄砂・非煙霧時と比較して、煙霧時の方が $\text{nss-SO}_4^{2-}$  (p) 濃度が高く、これは、アジア地域からの移流と高濃度硫酸イオンの観測とが相関関係にあるという報告<sup>1)</sup>と一致しており、本調査地点が越境移流の影響を受けている可能性が示唆された。

$\text{nss-SO}_4^{2-}$  (g) の最高濃度を示した期間 (5月7日～5月22日) では、3日間 (5月7日～9日) 大分市において煙霧が観測された。煙霧観測時の気塊の移動状況を国立環境研究所の提供する後方流跡線データ<sup>5)</sup>により調査地点上空500mを起点とした5日間の後方流跡線解析を行った。(図8)  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  (p) 高濃度現象時に観測された煙霧の気塊は、大陸上空を通過し、久住地域に到達していることがわかった。

## 参 考 文 献

- 1) 国立環境研究所・地方環境研究所C型研究：「光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究」, 国立環境研究所研究報告 第203号, p179-191
- 2) 大分地方气象台：大分県気象月報 (2012年4月～2013年3月)
- 3) 国立環境研協議会酸性雨調査研究部会：全国環境研会誌, 35 (3), 2010
- 4) 国立環境研協議会酸性雨調査研究部会：全国環境研会誌, 36 (3), 2011
- 5) 国立環境研究所地球環境研究センター：トラジェクトリ (流跡線) 計算 (NIES-CGER)  
[Hp.hppt://db.cger.nies.go.jp/metex/trajectory.jp.html](http://db.cger.nies.go.jp/metex/trajectory.jp.html)

表1 粒子状物質の測定結果

月	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	ss-Ca <sup>2+</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
	nmol / m <sup>3</sup>											
4月	44.3	0.6	43.7	14.1	1.1	9.9	2.2	9.1	0.2	8.9	2.5	69.1
5月	83.4	0.8	82.7	11.5	1.2	12.9	3.7	10.9	0.3	10.6	2.8	128.1
6月	24.8	0.4	24.5	6.6	1.4	6.2	2.6	2.5	0.1	2.4	1.5	43.6
7月	28.6	0.4	28.2	1.2	0.7	6.0	0.9	2.0	0.1	1.8	1.3	47.5
8月	2.5	0.2	2.3	0.4	1.2	3.3	0.4	1.3	0.1	1.2	0.8	2.9
9月	45.9	0.7	45.1	6.4	1.1	12.4	1.8	3.7	0.3	3.4	2.3	66.0
10月	45.4	1.5	43.9	17.3	3.0	24.9	2.5	4.7	0.5	4.2	3.3	77.4
11月	48.2	2.1	46.1	30.8	15.8	35.6	3.3	8.8	0.8	8.0	6.1	73.5
12月	39.8	1.4	38.4	22.6	6.6	23.2	1.9	5.6	0.5	5.0	3.4	75.5
1月	51.8	1.1	50.6	30.9	4.9	19.0	3.1	6.8	0.4	6.4	3.1	99.3
2月	47.2	0.8	46.4	28.1	4.0	14.0	3.1	4.9	0.3	4.6	2.8	104.4
3月	53.8	1.4	52.5	52.1	8.2	23.0	4.9	36.8	0.5	36.2	6.7	99.1

表2 ガス状物質の測定結果

月	HNO <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	HCl	NH <sub>3</sub>
	nmol / m <sup>3</sup>			
4月	16.0	129.3	13.8	50.0
5月	30.8	76.0	14.0	67.7
6月	9.6	34.8	12.2	175.7
7月	5.9	82.4	9.2	36.7
8月	1.2	15.4	6.5	72.8
9月	10.9	141.7	20.3	45.4
10月	14.0	43.3	23.6	44.4
11月	8.5	103.5	25.4	23.4
12月	7.1	61.3	17.1	16.8
1月	9.4	107.1	20.3	18.8
2月	7.8	104.0	11.4	30.5
3月	11.8	92.4	19.8	67.0

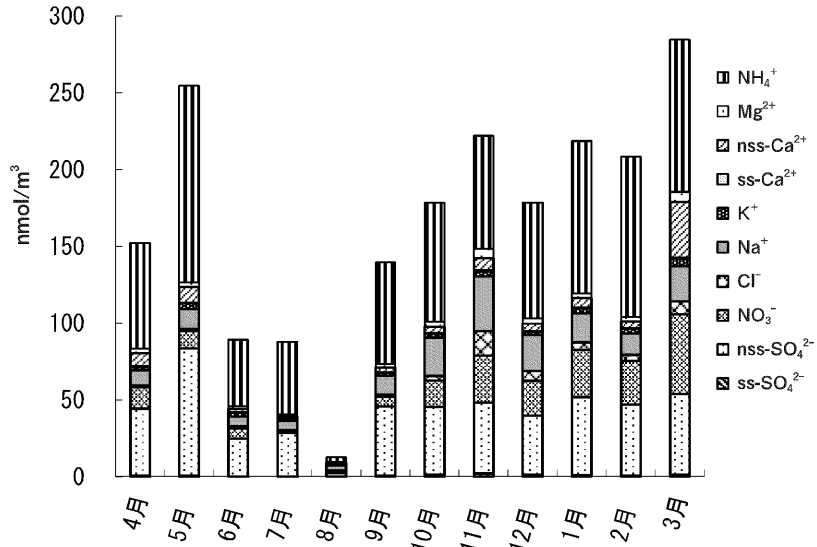


図1 粒子状物質濃度の月変動

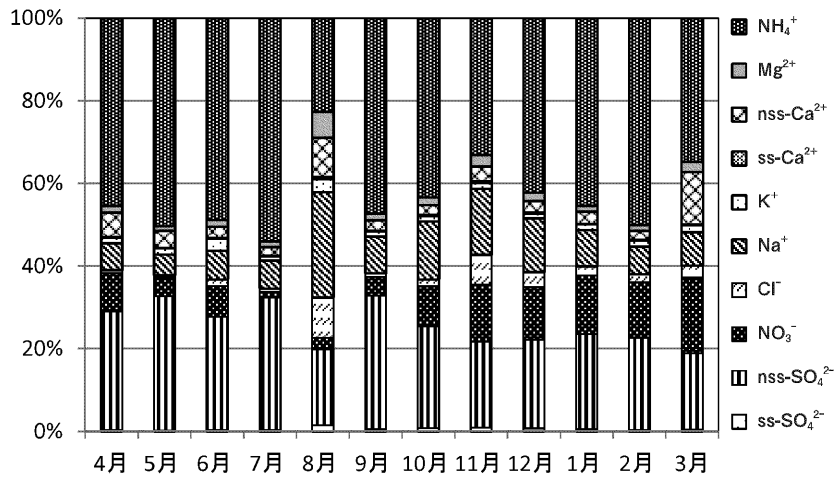


図2 粒子状物質成分比率の月変動

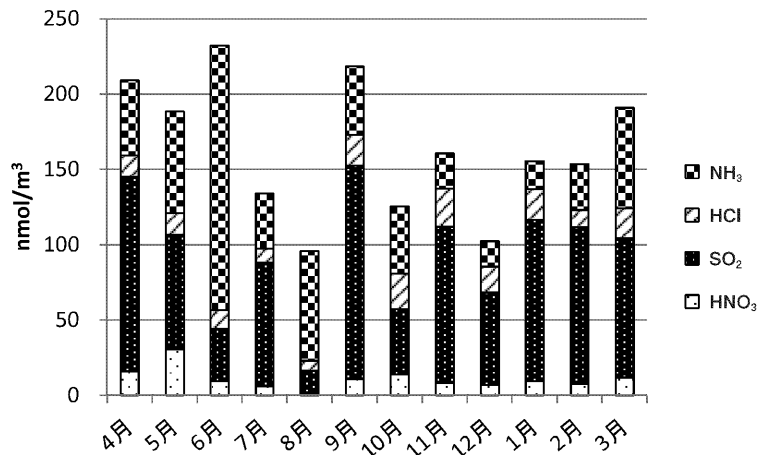


図3 ガス状物質濃度の月変動

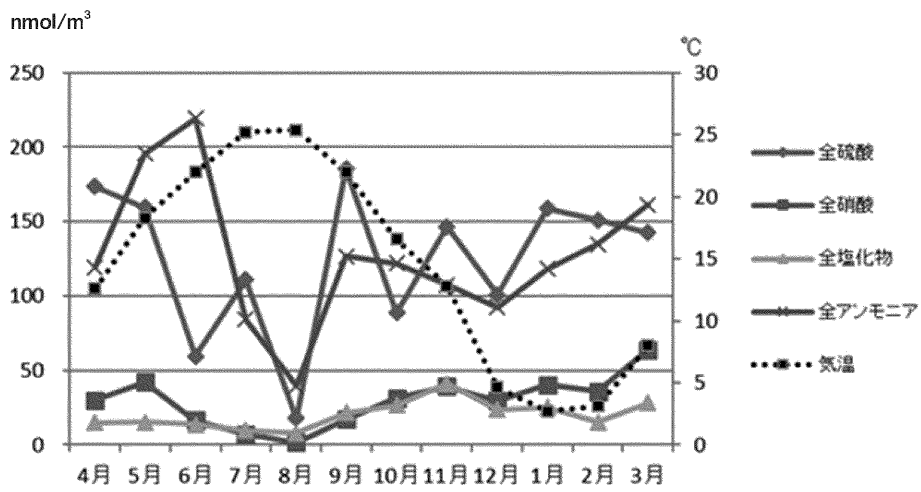


図4 粒子状物質及びガス状物質の総濃度の月変動

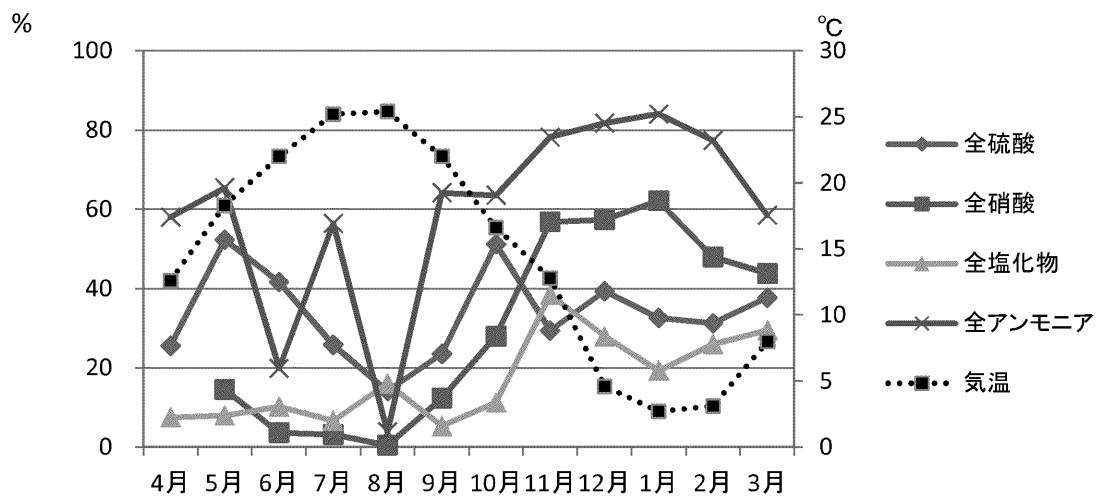


図5 粒子化率の月変動

表3 各成分間の相関係数

	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>-</sup>	nss-Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NHO <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	HCl	NH <sub>3</sub>	全硫酸	全硝酸	全塩化物	全アノモニア
nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1															
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.62	1														
Cl <sup>-</sup>	0.29	0.66	1													
Na <sup>-</sup>	0.48	0.68	0.86	1												
K <sup>-</sup>	0.80	0.90	0.59	0.68	1											
nss-Ca <sup>2+</sup>	0.57	0.80	0.47	0.46	0.82	1										
Mg <sup>2+</sup>	0.59	0.87	0.84	0.87	0.88	0.80	1									
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.95	0.73	0.41	0.55	0.83	0.55	0.64	1								
NIIO <sub>3</sub>	0.55	0.16	0.09	0.15	0.41	0.23	0.19	0.47	1							
SO <sub>2</sub>	0.24	0.08	- 0.06	- 0.04	0.18	0.08	0.05	0.25	0.02	1						
HCl	0.47	0.59	0.47	0.53	0.52	0.46	0.54	0.56	0.30	0.18	1					
NH <sub>3</sub>	0.13	- 0.19	- 0.14	- 0.11	- 0.04	0.12	- 0.04	0.02	0.16	- 0.19	- 0.07	1				
全硫酸	0.74	0.39	0.18	0.31	0.50	0.35	0.38	0.78	0.48	0.94	0.44	- 0.46	1			
全硝酸	0.74	0.90	0.54	0.66	0.94	0.83	0.86	0.79	0.46	0.35	0.58	- 0.23	0.57	1		
全塩化物	0.32	0.69	0.88	0.96	0.55	0.39	0.82	0.45	0.03	0.30	0.93	- 0.39	0.36	0.63	1	
全アノモニア	0.56	0.19	- 0.08	0.00	0.68	0.33	0.19	0.50	0.63	0.07	0.14	0.61	0.26	0.44	0.05	1



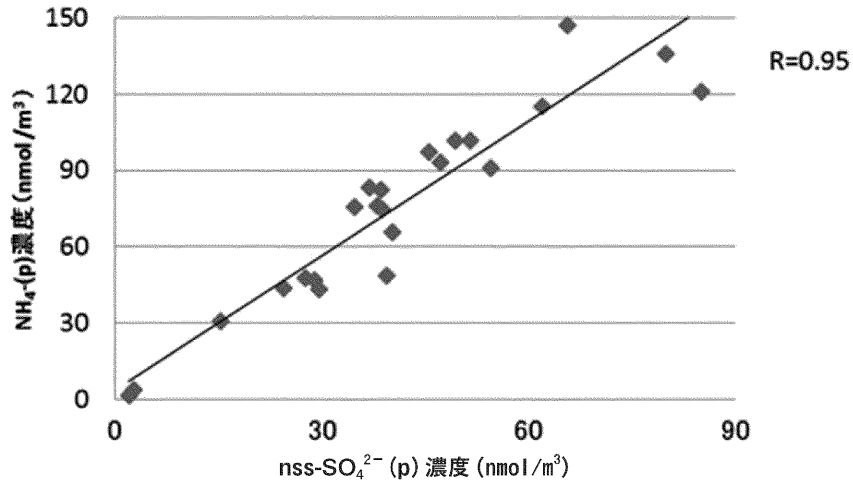


図6  $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$  濃度と  $\text{NH}_4^+(\text{p})$  濃度の関係

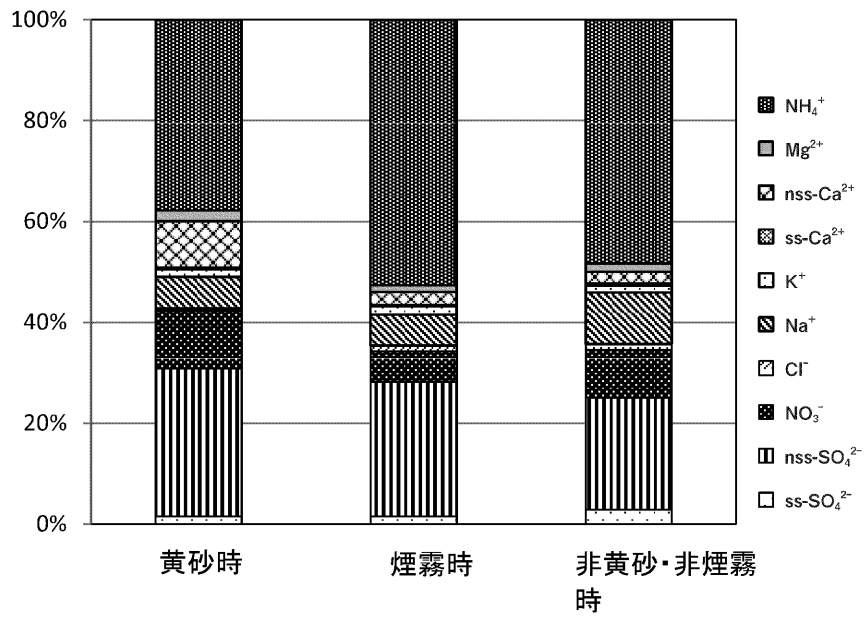
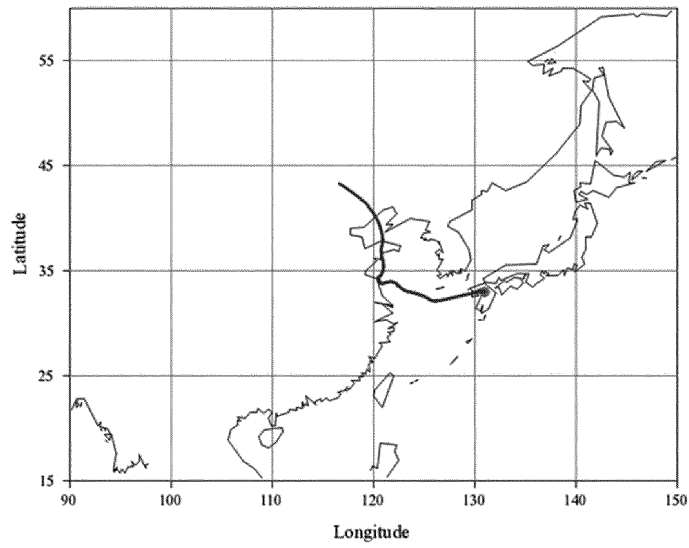
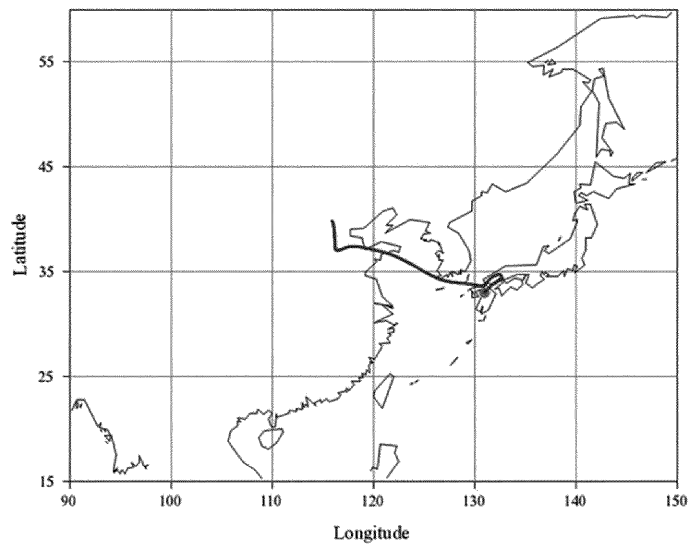


図7 黄砂、煙霧の有無で分類した粒子状物質のイオン成分比率



2012年5月7日0時



2012年5月9日15時

図8 120時間の気塊の移動状況

## 大分県における大気中の硫酸イオン濃度調査 (2012年度)

松田 貴志、安東 大悟、酒盛 早美<sup>1</sup>、鈴木 龍一、入江 久生

### Survey of Sulfate Ion in the Atmosphere at Oita Prefecture, 2012

Takashi Matsuda, Daigo Ando, Hayami Sakamori, Ryuichi Suzuki, Hisao Irie

Key words : 硫酸イオン sulfate ion, 粒子状物質 particulate, 光化学オキシダント photochemical-oxidants

#### はじめに

近年、全国的に光化学オキシダント（以下「Ox」という。）濃度が上昇し、注意報発令地域が広域化する傾向にあり、本県においても、2007年5月に初の注意報が発令された。

これはアジア地域の急速な経済発展に伴う大気汚染物質の排出量の増大によるものと懸念されている。Ox濃度の上昇が大陸からの移流であるか地域発生によるものかを判断する指標の1つとして、大気中の硫酸イオン（以下「SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>」という。）濃度による方法がある。

硫黄成分は、大気中では、二酸化硫黄（ガス状物質）（以下「SO<sub>2</sub>」という。）や硫酸ミスト（粒子状物質）などの状態で存在しており、これらは溶液に抽出して測定した場合、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>として検出される。2011年度の大気中のSO<sub>2</sub>の全国平均値は0.002ppmであり、近年はほぼ横ばいで推移している。このため、国内で排出される二酸化硫黄由来のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度は低濃度であると考えられる。しかし、アジア地域から排出された大気汚染物質が季節風により移流する際、Ox濃度の上昇とともに、国内のSO<sub>2</sub>濃度からは考えられないほど高濃度の粒子状SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>を検出することがある。移流によるOx高濃度と粒子状SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度には相関があると考えられており、粒子状SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度は移流の判断材料として利用できる<sup>1)</sup>。

今回、当センターにて、大気中の硫酸イオン濃度の調査を行ったので、その結果を報告する。

#### 調査方法

##### 1 調査期間

2012年4月1日～2012年6月30日  
(2010年度及び2011年度と同じ時期に実施した。)

##### 2 調査地点

大分県衛生環境研究センター：大分市高江西2-8  
北緯33°09′ 東経131°36′ 標高約90m

大分市は、約48万人の人口を抱える県下随一の都市である。北部には臨海工業地帯（当センターから北北東に約14km）があり、鉄鋼や石油化学等の工場が立地している。

当センターは、市の中心から南約10kmに位置している。周囲は閑静な住宅地域である。

##### 3 試料採取方法及び分析方法

2段に組み立てたろ紙にローボリュームサンプラーを用いて、9時半～翌9時半までを1日とする24時間の大気試料採取を行った<sup>1)</sup>。ろ紙は、粒子状物質捕集用として前段にPTFEフィルターを、ガス状物質捕集用として後段にナイロンフィルターを装着した。ナイロンフィルターはガス状物質のうち、硝酸ガスの捕集には適しているが、二酸化硫黄、アンモニアガス及び塩酸ガスは一部しか吸着しないため、本方法による評価は難しい。

試料の分析は、各フィルターを超純水にて抽出した液についてイオンクロマトグラフで測定した。測定したイオン成分は、2012年度は、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、塩化物イオン（以下「Cl<sup>-</sup>」という。）、硝酸イオン（以下「NO<sub>3</sub><sup>-</sup>」という。）、アンモニウムイオン（以下「NH<sub>4</sub><sup>+</sup>」という。）、ナトリウムイオン（以下「Na<sup>+</sup>」という。）、カリウムイオン（以下「K<sup>+</sup>」という。）、カルシウムイオン（以下「Ca<sup>2+</sup>」という。）及びマグネシウムイオン（以下「Mg<sup>2+</sup>」という。）の8成分である。

なお、2010年度及び2011年度も同条件での調査を行っている<sup>2, 3)</sup>。

\*1 生活環境部環境保全課

## 調 査 結 果

### 1 イオン成分濃度について

イオン成分のうち、粒子状物質は (p)、ガス状物質は (g) と表す。

2012年度の測定結果を表1に、日変動を図1に示す。図中の縦線はOx高濃度日(県内常時監視測定局において日最高値が0.100ppm以上)を表す。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (p) 濃度の最高値は、5月8日の36.2μg/m<sup>3</sup>であった。10~20μg/m<sup>3</sup>以上が移流の指標として考えられているが、県内常時監視測定局において、Ox注意報発令基準<sup>4)</sup>である0.120ppmに達した測定局はなく、当日の県内のOx濃度最高値は、0.092ppm(5月8日13時、豊肥保健所局)であった。

測定期間中、20μg/m<sup>3</sup>を超過した日数は、3日であった(4月は1日、5月は2日)。

また、10μg/m<sup>3</sup>を超過した日数は、14日であった(4月は5日、5月は9日)。超過した5月7日及び5月29日はOx高濃度日だった。

なお、2012年度は、Ox注意報等の発令はなかった。

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (p) 濃度の最高値は12.3μg/m<sup>3</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (p) 濃度の最高値は6.9μg/m<sup>3</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (g) 濃度の最高値は6.3μg/m<sup>3</sup>、Ca<sup>2+</sup> (p) 濃度の最高値は1.6μg/m<sup>3</sup>であり、いずれも5月8日に最高値となり、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の高濃度日と一致した。

5月7日~5月9日、5月26日、5月30日、6月13日には煙霧、4月23日~4月25日には黄砂が観測されており<sup>5)</sup>、このときのSO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (p)、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (p)、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (p)、NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (g)、K<sup>+</sup> (p) 及びCa<sup>2+</sup> (p) の高濃度は大陸からの移流による影響が考えられる。

Na<sup>+</sup> (p) 濃度の最高値は、4月3日の4.4μg/m<sup>3</sup>であった。4月3日は、Cl<sup>-</sup> (p) 濃度及びMg<sup>2+</sup> (p) 濃度も高濃度であった。

K<sup>+</sup> (p) 濃度の最高値は、5月8日の0.6μg/m<sup>3</sup>であった。

### 2 粒子状物質中のイオン成分の相関について

2012年度の粒子状物質のイオン成分の相関を表2に示す。

#### 2.1 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (p) と SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (p)

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (p) 濃度とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (p) 濃度の相関係数は、0.99であり高い相関関係にあった。NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (p) とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (p) は大気中で硫酸アンモニウムなどの硫酸塩を形成していると考えられる<sup>6)</sup>。

#### 2.2 Na<sup>+</sup> (p) と Cl<sup>-</sup> (p)

Na<sup>+</sup> (p) 濃度とCl<sup>-</sup> (p) 濃度の相関係数は0.93であり高い相関関係にあった。Na<sup>+</sup> (p) とCl<sup>-</sup> (p) の比は0.96であり、海塩中の比<sup>7)</sup>である0.85より高く、海塩由来成分の影響が大きいと考えられる(図2)。

#### 2.3 Na<sup>+</sup> (p) と Mg<sup>2+</sup> (p)

Na<sup>+</sup> (p) 濃度とMg<sup>2+</sup> (p) 濃度の相関係数は0.83であり高い相関関係にあった。Na<sup>+</sup> (p) とMg<sup>2+</sup> (p) の比は0.11であり、海塩中の比<sup>7)</sup>である0.12とほぼ一致するため、これらは海塩由来成分であると考えられる(図2)。

### 3 イオン成分の月変動について

各イオン成分の月平均濃度の変動を図3に示す。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (p) は、5月がもっとも高く、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (p) 及びNO<sub>3</sub><sup>-</sup> (g) も同じ変動を示した。

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (p)、Cl<sup>-</sup> (p)、Na<sup>+</sup> (p)、K<sup>+</sup> (p)、Ca<sup>2+</sup> (p)、Mg<sup>2+</sup> (p) は4月に最も高く、6月にかけて徐々に低下した。

## 参 考 文 献

- 1) 国立環境研究所・地方環境研究所C型研究：「光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究」, 国立環境研究所研究報告 第203号, p179-191
- 2) 大分県衛生環境研究センター年報第38号：「大分県における大気中の硫酸イオン濃度調査(2009、2010年度)」
- 3) 大分県衛生環境研究センター年報第39号：「大分県における大気中の硫酸イオン濃度調査(2011年度)」
- 4) 大分県生活環境部：「大分県大気汚染緊急時等対策実施要綱」(2012)
- 5) 大分地方気象台：「大分県気象月報」  
[http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/cgi-bin/chosa/geppou\\_past/oita.cgi](http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/cgi-bin/chosa/geppou_past/oita.cgi)
- 6) 国環境研協議会編集委員会：「第4次酸性雨全国調査報告書(平成20年度)(1)」, 全国環境研会誌, VOL.35, p107-116 (2010)
- 7) 酸性雨調査法研究会編集：「酸性雨調査法」, (株)ぎょうせい, 267-268

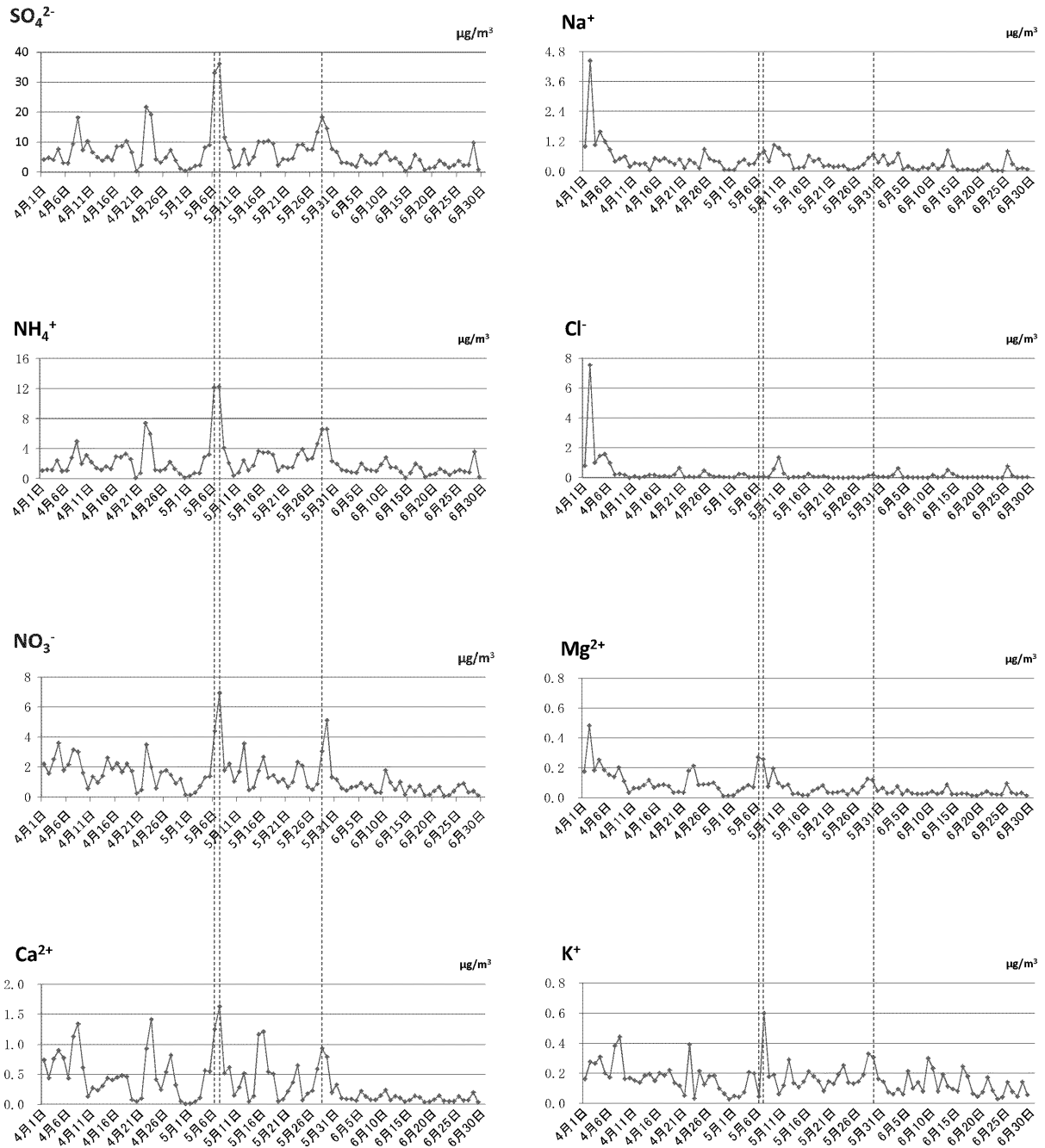


図1 粒子状物質の日変動

表1-1 イオン成分測定結果 (2012年4月)

単位 (μg/m<sup>3</sup>)

採取開始日	粒子状物質								ガス状物質			
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
4月1日	37	26	14	12	02	06	02	13	01	07	09	03
4月2日	43	22	08	10	02	07	02	11	01	12	10	04
4月3日	48	16	76	44	03	04	05	12	01	05	11	02
4月4日	42	25	10	11	03	08	02	12	01	13	11	04
4月5日	77	36	15	16	03	09	03	24	01	13	12	05
4月6日	32	18	16	12	02	08	02	10	01	08	08	02
4月7日	30	22	10	09	02	04	02	11	01	08	09	03
4月8日	95	32	02	04	04	11	01	28	03	22	10	07
4月9日	183	30	03	05	04	13	02	50	02	25	08	07
4月10日	74	16	02	06	02	06	01	20	01	16	12	05
4月11日	103	06	00	02	02	01	00	31	01	08	07	01
4月12日	67	14	01	03	02	03	01	22	04	19	08	04
4月13日	50	10	00	03	01	02	01	14	02	16	08	02
4月14日	39	14	01	03	02	03	01	12	03	09	07	03
4月15日	52	26	02	01	02	04	01	16	01	25	09	05
4月16日	41	19	02	05	02	04	01	13	01	23	09	05
4月17日	85	23	01	04	02	04	01	29	02	28	07	05
4月18日	88	17	01	05	02	05	01	29	01	33	07	04
4月19日	104	22	01	04	02	05	01	33	01	25	10	04
4月20日	66	17	02	03	01	01	00	26	01	13	08	03
4月21日	04	02	07	05	01	01	00	01	01	02	06	01
4月22日	24	05	00	01	01	01	00	08	02	07	06	02
4月23日	218	35	01	05	04	09	02	75	01	29	08	07
4月24日	193	20	01	03	00	14	02	60	01	37	05	10
4月25日	44	06	01	01	02	04	01	12	01	06	05	02
4月26日	32	17	05	09	01	02	01	11	01	09	09	03
4月27日	49	18	02	05	02	05	01	13	-	-	-	-
4月28日	74	15	01	04	02	08	01	22	03	29	07	07
4月29日	40	09	01	04	01	03	01	13	01	08	07	01
4月30日	12	12	01	01	01	01	00	07	01	06	06	02
4月平均	68	18	06	07	02	05	01	21	01	16	08	04
最大	218	36	76	44	04	14	05	75	04	37	12	10
最小	04	02	00	01	00	01	00	01	01	02	05	01

表1-2 イオン成分測定結果 (2012年5月)

単位 (μg/m<sup>3</sup>)

採取開始日	粒子状物質								ガス状物質			
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
5月1日	05	02	01	01	00	00	00	02	04	05	05	02
5月2日	11	01	00	01	00	00	00	04	01	04	05	01
5月3日	21	03	03	04	00	00	00	08	01	04	07	01
5月4日	24	07	03	05	01	01	01	08	01	05	08	01
5月5日	82	13	00	03	02	06	01	29	02	23	06	06
5月6日	91	14	01	03	02	06	01	32	01	12	06	03
5月7日	331	44	01	07	00	13	03	122	01	38	05	08
5月8日	362	69	01	08	06	16	03	123	02	63	08	14
5月9日	117	18	00	04	02	05	01	41	02	25	04	04
5月10日	75	22	06	11	02	06	02	21	03	24	06	07
5月11日	16	11	14	09	01	02	01	04	02	04	05	01
5月12日	24	17	03	07	01	03	01	09	02	09	04	02
5月13日	76	36	00	07	03	05	01	25	03	21	05	07
5月14日	27	05	01	01	01	00	00	12	01	09	02	02
5月15日	51	07	00	01	01	01	00	18	02	12	02	03
5月16日	103	17	00	02	01	12	00	37	03	19	03	04
5月17日	101	27	03	06	02	12	00	35	06	19	04	07
5月18日	106	13	01	04	02	05	00	35	02	15	04	03
5月19日	96	15	01	05	01	05	01	32	02	23	04	06
5月20日	24	10	01	02	01	01	01	11	02	05	02	00
5月21日	45	12	00	02	01	01	00	17	03	16	02	03
5月22日	42	07	00	02	01	02	00	15	11	20	03	07
5月23日	47	10	00	02	02	04	00	15	06	18	02	05
5月24日	90	23	00	02	03	07	00	32	03	33	04	09
5月25日	93	21	00	01	01	01	00	39	03	24	02	04
5月26日	76	07	00	01	01	02	01	25	10	24	03	09
5月27日	76	05	00	02	01	02	00	27	09	23	04	06
5月28日	134	09	00	03	02	06	01	47	09	29	02	08
5月29日	184	31	01	05	03	09	01	66	05	57	05	10
5月30日	146	51	02	07	03	08	01	67	04	36	05	09
5月31日	78	13	01	04	02	02	00	23	05	30	05	09
5月平均	89	17	01	04	02	05	01	32	04	21	04	05
最大	362	69	14	11	06	16	03	123	11	63	08	14
最小	05	01	00	01	00	00	00	02	01	04	02	00

表1-3 イオン成分測定結果 (2012年6月)

単位 (μg/m<sup>3</sup>)

採取開始日	粒子状物質								ガス状物質			
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
6月1日	68	12	01	06	01	03	01	20	02	02	06	04
6月2日	33	06	00	03	01	01	00	12	04	08	02	02
6月3日	31	04	02	04	01	01	00	11	06	18	04	05
6月4日	27	06	06	07	01	01	01	09	01	03	03	01
6月5日	19	07	00	01	01	01	00	08	11	11	02	05
6月6日	56	09	00	02	02	02	00	20	07	18	03	05
6月7日	34	06	00	01	01	01	00	13	05	28	04	07
6月8日	27	08	00	01	01	01	00	11	02	09	01	02
6月9日	31	03	00	02	01	01	00	10	07	11	03	03
6月10日	58	03	00	01	03	01	00	19	04	13	03	03
6月11日	67	18	02	03	02	02	00	28	-	-	-	-
6月12日	41	10	00	01	01	01	00	15	08	22	03	02
6月13日	47	05	01	02	02	01	00	15	01	35	03	04
6月14日	31	10	05	08	01	01	01	09	02	13	05	02
6月15日	04	02	03	02	01	00	00	01	01	02	01	00
6月16日	16	07	01	00	01	01	00	08	03	06	02	01
6月17日	58	04	00	01	02	01	00	20	03	18	03	03
6月18日	41	08	00	01	02	01	00	15	02	21	03	03
6月19日	07	01	00	01	01	00	00	02	02	03	01	01
6月20日	14	02	00	00	00	00	00	06	01	07	02	01
6月21日	17	04	01	02	01	01	00	07	04	05	01	01
6月22日	39	07	01	03	02	01	00	13	05	13	04	03
6月23日	27	01	00	00	01	01	00	10	04	05	01	01
6月24日	16	01	00	00	00	01	00	05	02	07	01	00
6月25日	24	04	00	00	00	01	00	10	03	06	00	01
6月26日	38	08	08	08	01	01	01	12	03	18	04	04
6月27日	23	09	01	03	01	01	00	10	03	04	02	01
6月28日	25	03	00	01	00	01	00	09	24	14	03	09
6月29日	98	04	00	01	01	02	00	36	05	29	03	04
6月30日	08	01	01	01	01	00	00	03	06	04	02	01
6月平均	34	06	01	02	01	01	00	12	05	12	03	03
最大	98	18	08	08	03	03	01	36	24	35	06	09
最小	04	01	00	00	00	00	00	01	01	02	00	00

表2 粒子状物質のイオン成分濃度の相関 (2012年4月~6月)

	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1							
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.761	1						
Cl <sup>-</sup>	-0.084	0.108	1					
Na <sup>+</sup>	0.110	0.351	0.933	1				
K <sup>+</sup>	0.598	0.722	0.163	0.318	1			
Ca <sup>2+</sup>	0.785	0.809	0.095	0.310	0.652	1		
Mg <sup>2+</sup>	0.489	0.633	0.706	0.832	0.505	0.636	1	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.988	0.762	-0.111	0.074	0.558	0.738	0.436	1

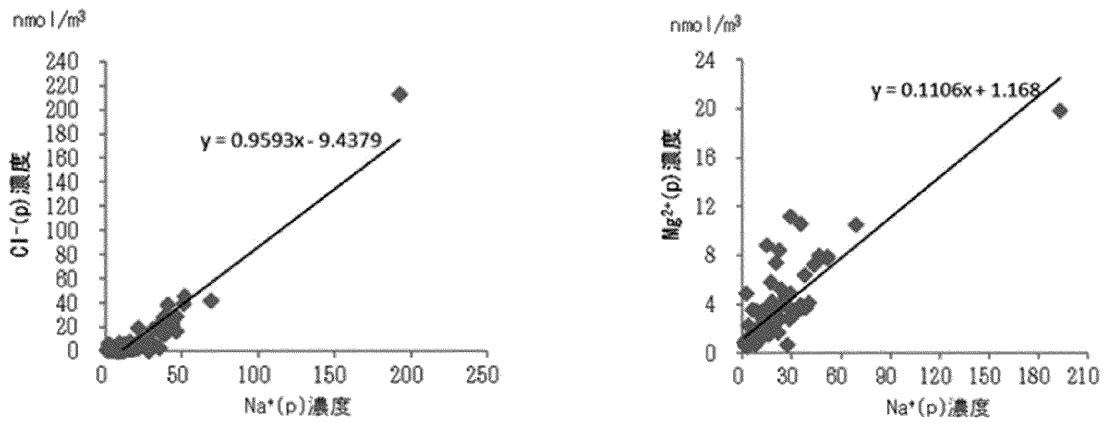


図2 Na<sup>+</sup> (p)、Cl<sup>-</sup> (p) 及び Mg<sup>2+</sup> (p) 濃度の関係

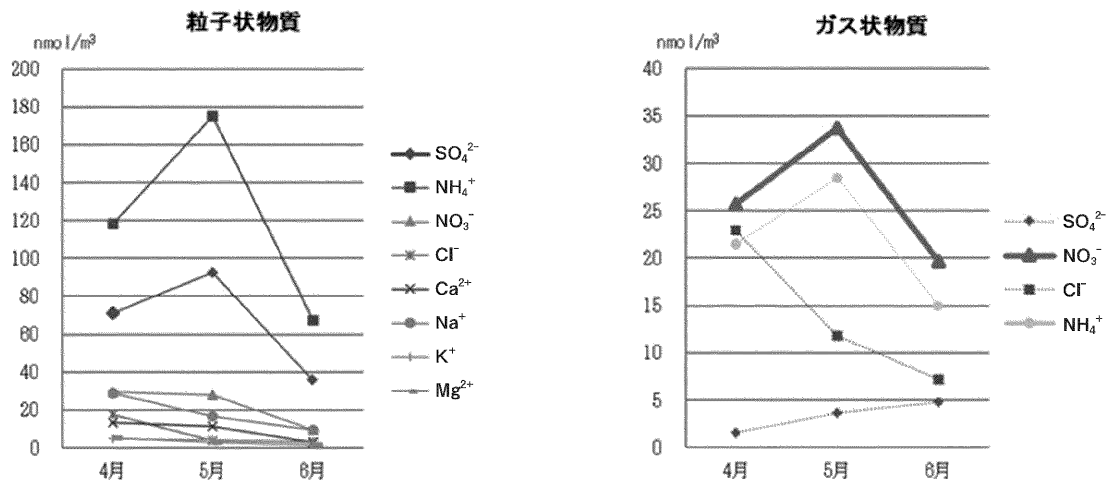


図3 粒子 及びガス状物質の月変動

# 大分県における温泉の泉質について —鉱泉の定義と分類から見た温泉の地域ごとの特徴—

佐藤 洋子<sup>1)</sup>

## For Nature of Hot Spring in Oita Prefecture —Characteristics of each Region's Spa as Seen from the Definition and Classification of Hot Spring—

Yoko Sato

Key words : 大分県 Oita Prefecture 温泉 Hot Springs 泉質 Characteristics

### 要 旨

大分県の温泉は、その状況について、淵らが昭和57年<sup>1)</sup>、小野らが平成4年<sup>2)</sup>に取りまとめているように地域ごとに泉質の違いがあることが知られている。また平成23年度の調査研究において、同一泉源で経年変化している温泉があることがわかり、地域ごとの温泉泉質の変化が想定された。

そこで、最近10年間（平成14年度～平成23年度）の分析結果を用い、県内温泉の地域ごとの特徴を利用者、所有者及び行政に提供するため整理した。

### 1 目的

最近10年間（平成14年度～平成23年度）の大分県内の温泉の分析結果から、地域ごとの特徴を、利用者、所有者及び行政に提供し、温泉の有効な利用をすすめる。

泉分析結果<sup>3)</sup>のうち、温泉台帳、温泉利用台帳から湧出地、掘削深度が特定できた416箇所とした。

地域ごとの特徴を把握するため、別府、湯布院、大分等の温泉地ごとに、鉱泉（広義の温泉）の物質、泉温、液性（pH）、浸透圧、療養泉の泉質による分類、および源泉の状況（源泉の採湯方法、掘削深度）を調査した。以下に地域ごとの調査対象源泉数を示す。

### 2 方法

調査対象は、最近10年間（平成14年度～平成23年度）に大分県内の分析機関が行った県内温泉の温

表1 調査対象地域別源泉数

地域	調査箇所	地域	調査箇所	地域	調査箇所
《東部・国東》		由布市庄内町	6	《西部》	
別府市	80	由布市挾間町	8	日田市（天瀬町以外）	9
杵築市	7			日田市天瀬町	14
速見郡日出町	2	《南部》		玖珠町	21
国東市	2	佐伯市	2	九重町	51
姫島村	1			《北部・豊後高田》	
《中部・由布》		竹田市直入町	25	宇佐市	13
大分市	38	竹田市荻町	1	中津市	14
臼杵市	1	竹田市久住町	12	豊後高田市	4
由布市湯布院町	103	竹田市（上記以外）	2		

\*1 福祉保健部業務室



### 3 結果及び考察

#### 3.1 鉱泉の定義について

温泉法はその第2条別表で、常水と区別する限界値を定め、鉱泉（広義の温泉）として定義している。鉱泉の定義は温度と物質の2つの定義から成る。温度が25℃以上または、特定の物質を一定以上含むものが鉱泉（広義の温泉）となる。

#### 3.2 物質定義

物質定義の各項に該当する地域ごとの源泉数を表2に示した。なお、調査対象が10箇所以下の温泉地については、表中のその他の地域に示した。最もよく定義を満足する項目はメタケイ酸で、全県下95.4%に達する。遊離二酸化炭素、リチウムイオン等は分布する地域に特徴がある。鉱泉の定義と療養泉の定義にかかる項目のうち、マンガン（Ⅱ）イオン、ヒ酸水素イオン、銅イオンについては今回の調査では該当する温泉がなかった。

#### 3.3 泉温による分類

鉱泉分析法指針<sup>4)</sup>の規定によれば、鉱泉は泉温によって冷鉱泉と温泉の2つに分けられ、温泉はさらに低温泉、温泉、高温泉に細分される。この分類結果を表3に示す。本県の温泉は、高温泉が70%以上を占めていた。この高温泉の多さは図1に示した全国の42℃以上の源泉数（水蒸気・ガスを除く）上位10都道府県<sup>5)</sup>からもわかるように、大分県の温泉の特徴の1つである。さらに高温泉を60℃境に分類してみた。すると泉温60℃以上の高温泉は高温泉全体の約30%であった。今回の調査結果では、別府、湯布院、天瀬、九重、宇佐に60℃以上の高温泉が存在し、その他の地域の高温泉はすべて60℃未満であった。この結果と図3を合わせてみると、大分県では松山－伊万里構造線と大分－熊本構造線の間の地域に60℃以上の温泉が多く分布していることが分かる。

表2 鉱泉の物質定義（常水と区別する限界値）各項に該当する源泉数

物質名	限界値	別府	大分	湯布院	直入	久住	天瀬	玖珠	九重	その他	合計
	(mg/kg)	80	38	103	25	12	14	21	51	72	416
溶存物質	1000	54	33	12	23	10	4	2	18	30	186
遊離二酸化炭素	*1000	0	2	0	5	1	0	0	1	2	11
	250	1	6	0	21	7	0	0	6	9	50
リチウムイオン	1	34	12	8	8	2	1	1	6	10	82
ストロンチウムイオン	10	0	4	0	0	0	0	0	0	1	5
バリウムイオン	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
総鉄イオン	*20	1	0	1	1	0	0	0	1	1	5
	10	1	0	2	1	2	0	0	1	1	8
臭化物イオン	5	2	9	0	0	0	0	0	0	2	13
ヨウ化物イオン	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	4
フッ化物イオン	2	7	11	9	0	0	9	0	5	17	58
メタ亜ヒ酸	1	7	0	0	0	0	0	0	2	0	9
総硫黄 (S)	*2	3	0	1	0	1	2	0	1	0	8
	1	3	0	1	0	1	3	0	1	1	10
メタホウ酸	5	52	23	30	14	3	9	1	25	22	179
メタケイ酸	50	77	37	101	25	12	13	21	47	64	397
炭酸水素ナトリウム	340	28	31	5	25	9	2	4	15	18	137
アルミニウムイオン	*100	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

\*印は、療養泉の定義による限界値

表3 鉱泉の分類（泉温）各項に該当する源泉数

温泉地		別府	大分	湯布院	直入	久住	天瀬	玖珠	九重	宇佐	中津	その他	合計	
冷鉱泉	25℃未満	0	2	2	2	2	0	0	3	0	1	5	17	
温泉地	低温泉	25℃以上 34℃未満	0	3	2	5	1	0	0	2	0	8	8	29
	温泉	34℃以上 42℃未満	1	4	6	5	1	2	5	5	9	3	12	53
	高温泉	42℃以上 60℃未満	43	29	51	13	8	7	16	26	3	2	20	218
		60℃以上	36	0	42	0	0	5	0	15	1	0	0	99
計		80	38	103	25	12	14	21	51	13	14	45	416	

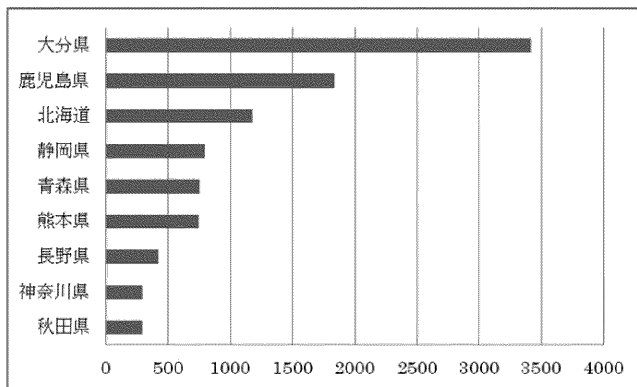


図1 全国の42℃以上の源泉数（水蒸気ガスを除く）上位10都道府県<sup>5)</sup>

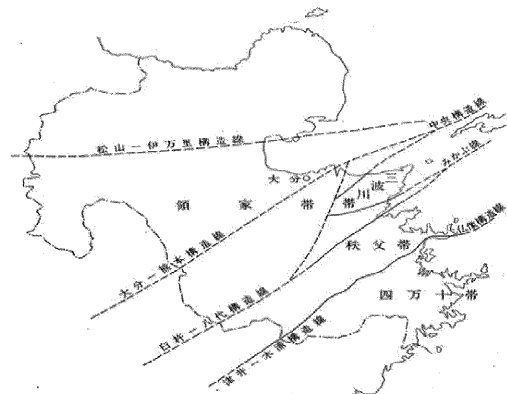


図2 大分県の地体構造図<sup>6)</sup>

### 3.4 液性（pH）による分類

鉱泉分析法指針では、水素イオン濃度（pH）によって、温泉の液性を酸性からアルカリ性までの5段階に分類している。この分類方法による結果を表3に示す。県内の温泉の液性を温泉地別にみていくと、別府、湯布院は酸性～アルカリ性まで広く分布

しているのに対し、大分、天瀬、玖珠、宇佐、中津は今回の調査では、中性～アルカリ性のもののみであった。また、直入は中性～弱アルカリ性、久住は弱酸性～弱アルカリ性、九重は弱酸性～アルカリ性の温泉が分布していた。

表4 鉱泉の分類（pH）各項に該当する源泉数

温泉地		別府	大分	湯布院	直入	久住	天瀬	玖珠	九重	宇佐	中津	その他	合計
酸性	pH3未満	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
弱酸性	pH3以上 pH6未満	20	0	1	0	2	0	0	3	0	0	1	27
中性	pH6以上 pH7.5未満	15	11	7	24	8	2	1	22	5	1	12	108
弱アルカリ性	pH7.5以上 pH8.5未満	38	16	58	1	2	9	19	12	7	8	24	194
アルカリ性	pH8.5以上	6	11	36	0	0	3	1	14	1	5	8	85
計		80	38	103	25	12	14	21	51	13	14	45	416

### 3.5 浸透圧による分類

浸透圧による分類結果を表5に示す。調査対象のうち低張性温泉が405源泉とほとんどであり、等張性温泉が1源泉、高張性温泉が10源泉であった。今

回の調査では、温泉の多い別府、湯布院には高張性温泉の存在は確認できなかった。一方、大分市とその他の杵築市、豊後高田市に高張性温泉が存在していた。

表5 鉱泉の分類（浸透圧）各項に該当する源泉数

温泉地		別府	大分	湯布院	直入	久住	天瀬	玖珠	九重	宇佐	中津	その他	合計
低張性	8g/kg未満	80	30	103	25	12	14	21	51	13	14	42	405
等張性	8g/kg以上 10g/kg未満	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
高張性	10g/kg以上	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10
計		80	38	103	25	12	14	21	51	13	14	45	416

### 3.6 療養泉質の分類

県内温泉の療養泉質による分類を表6に示す。今回の調査対象は塩化物泉、炭酸水素塩泉、硫酸塩泉、単純温泉、アルカリ性単純温泉、硫黄泉（特殊成分を含む療養泉）の6つに分類できた。県下全体では単純温泉が最も多く、次いで炭酸水素塩泉、塩化物泉であった。

一方地域別にみていくと、以下のとおり分布する

泉質に差異がみられた。別府、九重では今回分類した6つの泉質（塩化物泉、炭酸水素塩泉、硫酸塩泉、単純温泉、アルカリ性単純温泉、硫黄泉）すべてが存在していた。大分市では塩化物泉と炭酸水素塩泉が多かった。湯布院では単純温泉（約3分の1はアルカリ性単純温泉）が多かった。直入、久住では炭酸水素塩泉が多かった。

表6 療養泉の各泉質に該当する源泉数

泉質	別府	大分	湯布院	直入	久住	天瀬	玖珠	九重	宇佐	中津	その他	合計
塩化物泉	36	17	7	0	0	2	0	4	3	0	9	78
炭酸水素塩泉	17	16	2	23	8	2	2	13	4	1	6	94
硫酸塩泉	1	0	2	0	2	0	0	1	0	0	7	13
単純温泉	22	3	62	2	1	8	18	22	5	8	17	168
アルカリ性単純温泉	1	2	30	0	0	1	1	10	1	5	6	57
硫黄泉	3	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	6
計	80	38	103	25	12	14	21	51	13	14	45	416

### 3.7 源泉の状況について

県内温泉の源泉の採湯方法による分類を表7に示す。今回の調査対象の温泉は動力によるくみ上げが最も多く全体の70%以上を占めていた。自噴も約20%存在していた。自然ゆう出についても、存在が確認できた。地域別でみると、直入で自噴の割合が多かった。

地域ごとの源泉の掘削深度を表8に示す。平均掘削深度が300m以下でこのうち調査対象が10箇所

上の地域は、別府、湯布院、直入、天瀬であった。これらの地域は古くから知られる温泉地である。一方、杵築、湯布院、挾間、萩、久住、日田、玖珠、九重、宇佐、中津、豊後高田には、最高掘削深度が1000m以上の温泉が存在した。これを瀧らの報告<sup>1)</sup>「源泉の掘削深度」や小野らの報告<sup>1)</sup>「市町村別掘削深度」と比較すると温泉掘削の技術が進んでいることが分かる。

表7 源泉の採湯方法

温泉地	別府	大分	湯布院	直入	久住	天瀬	玖珠	九重	宇佐	中津	その他	合計	
自然ゆう出	2	1	2	3	1	0	0	2	0	0	3	14	
掘削	自噴	26	4	13	13	1	3	0	12	1	7	3	83
	動力	52	33	88	9	10	11	21	37	12	7	39	319
計	80	38	103	25	12	14	21	51	13	14	45	416	

表8 源泉の掘削深度

温泉地	別府	杵築	日出	国東	姫島	大分	臼杵	湯布院	庄内	挾間	佐伯
平均深度	210	759	750	714	0	691	278	289	517	728	125
最高深度	750	1505	800	883	0	900	278	1000	800	1000	250
最低深度	0	150	700	600	0	0	278	0	0	323	0
調査地点数	80	7	2	2	1	38	1	103	6	8	2

温泉地	直入	萩	久住	竹田	日田	天瀬	玖珠	九重	宇佐	中津	豊後高田
平均深度	241	1600	476	701	716	300	617	411	711	481	700
最高深度	600	1600	1000	901	1000	650	1000	1200	1000	1500	1200
最低深度	0	1600	0	500	200	100	300	0	500	0	400
調査地点数	25	1	12	2	9	14	21	51	13	14	4

#### 4 まとめ

大分県下の22の地域、416源泉について、物質、泉温、液性（pH）、浸透圧、療養泉による分類、および源泉の状況（源泉の採湯方法、掘削深度）を調査した結果、次の点が県内温泉の特徴と考えられる。

- ① 鉱泉の物質定義に該当する割合は温泉地間に差違がみられた。
- ② 全国でも高温泉が多い大分県では、60℃以上の比較的高温の温泉が存在する地域が一定の地域に偏在していた。
- ③ 県内温泉のpHは中性からアルカリ性が多いが、別府、湯布院では酸性からアルカリ性まで幅広い液性の温泉が存在していた。
- ④ 浸透圧については、県下全体では低張性温泉が多いが、大分市、杵築市、豊後高田市の特定の地域で高張性温泉の存在が確認できた。
- ⑤ 泉質については、県下全体では単純温泉が最も多く、次いで炭酸水素塩泉、塩化物泉であった。一方地域別にみえていくと、以下のとおり分布する泉質に差異がみられた。別府、九重では今回分類した6つの泉質（塩化物泉、炭酸水素塩泉、硫酸塩泉、単純温泉、アルカリ性単純温泉、硫酸黄泉）すべてが存在していた。大分市では塩化物泉と炭酸水素塩泉が多かった。湯布院では単

純温泉（約3分の1はアルカリ性単純温泉）が多かった。直入、久住では炭酸水素塩泉が多かった。

- ⑥ 採湯方法については、動力によるくみ上げが最も多く、全体の70%以上を占めていた。一方で、自噴が約20%存在していた。自然ゆう出についても、存在が確認できた。地域別でみると直入で自噴の割合が多かった。
- ⑦ 掘削深度については、別府、湯布院、直入、天瀬といった古くから知られる温泉地は比較的浅かった。一方、掘削深度が1000m以上の温泉の存在する地域も確認できた。

#### 謝 辞

今回の温泉情報の収集においては、関係保健所、生活環境企画課の皆様にご指導、ご協力をいただき深く感謝いたします。

#### 参 考 文 献

- 1) 瀧祐一、安藤章夫、山田謙語：大分県下の温泉について（第1報）、大分県公害衛生センター年報,10, (1982)

- 2) 小野文生、久枝和生、恵良雅彰、山下秀門、首藤秀樹：大分県の温泉について,大分県衛生環境研究センター年報,20, (1992)
- 3) 大分県生活環境企画課編：大分県温泉調査報告 温泉分析書
- 4) 環境省自然環境局監修: 鉱泉分析法指針(改訂), 平成14年3月
- 5) 環境省監修：平成23年度温泉利用状況報告
- 6) 大分県工鉱課編：大分県の地質,昭和47年3月31日