

## 環境教育の資料作成

— 阿蘇火山灰の影響 —

佐藤成哉・正元和盛・吉田和親\*・河内敏博\*\*

### Teaching Materials for Environmental Education

Influence of Volcanic Ash from Aso Volcano

Shigeya SATO, Kazumori MASAMOTO,  
Kazuchika YOSHIDA\* and Toshihiro KAWACHI\*\*

(Received May 25, 1992)

Data obtained ion-analysis of natural waters around Aso volcano and influence of volcanic ash on the growth of plants were summarized, in order to prepare a teaching materials for an introduction to environmental education. The waters of rivers and springs around the Aso volcano were categorised into two groups depending on the contents of chloride and sulfate ions. Although the Aso ashes inhibit the growth of seedlings, the effect can be weakened substantially after daily rainfall.

**Key words:** Volcanic Ash, Aso Volcano, Ion Analysis, Natural Water, Environmental Education

#### 1. はしめに

地球規模の環境問題を発端として、学校教育においても環境教育の重要性が認識されてきている。環境教育は、地球規模の環境問題から身近な環境問題まで、現状や原因を正しく認識するとともに、環境保全に配慮した行動がとれるような人々の育成をめざしている。しかし、学校現場においては、何を、どのように指導するのか情報が不足していることが指摘されている（一井，1989）。

熊本県には、世界にも有数な阿蘇カルデラがある。中学校における「大地の変化と地球」の学習では、地表にみられるさまざまな事物・現象を時間・空間と関連づけてみる見方や考え方を養うとともに、生物を含めた人間の生存の場としての地球について総合的に考察させることを目標としている（文部省，1989）。火山を形や噴出物だけでなく、自然の中の一つの要素として、水質との関わり、あるいは周辺に生息する植物との関わりなど総合的に考察することは、自然界のつり合いを認識し、環境との関わりを考える上からも重要であろう。そこで、阿蘇の火山灰に着目し、火山灰が水質・土壌・植物にどのような影響を与えているのかに目を向け、環境教育教材としての資料作りを試みた。

本報では、阿蘇カルデラ内の湧水・池、河川水の水質、土壌によるイオン吸着能、植物の生育に及ぼす火山灰の影響について述べる。

---

\* 熊本市立武蔵中学校

\*\* 熊本市立長嶺中学校

## 2. 阿蘇カルテラ内の水質

阿蘇カルテラ周辺の温泉水については、継続的な観測が行われており、CO<sub>2</sub>濃度や、CO<sub>2</sub>/Re比が阿蘇火山の活動状況を表す目安となり得ることが報告されている(太田, 1984)。しかし、湧水や河川水については、単発的な水質調査があるのみで、年間を通じて継続観測した報告はない。そこで、阿蘇カルテラ周辺の湧水・池・河川水を継続観測し、水質を明らかにすることの意義は大きいと考え、湧水・池(14地点)および河川(4地点)のイオン組成を調べ、表1及び表2に示す。なお、各試料の分析法としては、陰イオン(F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)濃度の測定には、イオンクロマトグラフ(東亜電波製ICA-3000)を、pHはコンパクトpH計(堀場-CARDY)を用いた。また、硬度はキレート滴定法で、CODは過マンガン酸-吸光光度法を採用した。

火山灰中の水溶性付着成分の[Cl<sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]値は、そのときの火山カス組成を反映しており(小坂・小沢, 1975, 平林ら, 1991)、阿蘇火山の影響を日夜受けている阿蘇カルテラ内の湧水・池、河川水の水質にも、Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の影響が表れるであろうことは十分推察される。そこで、2種の

表1 湧水・池の水質分析 [ppm]

採集日, 平成3年9月17日

NO	採集場所	水温(C)	pH	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	COD
1	妻子ヶ鼻	20.0	6.2	2.5	1.8	0.9	4.0	1.5	1.3	7.7
2	一宮中学	14.5	6.9	-	4.9	6.2	34.8	20.0	8.7	0.3
3	年の神	15.0	6.8	-	12.7	18.6	75.3	31.8	10.5	1.4
4	折戸の堤	20.0	7.0	-	5.7	0.7	41.6	10.7	7.0	1.4
5	市ノ川	16.5	6.8	-	5.1	1.4	36.1	15.1	6.0	1.6
6	的 石	14.0	7.0	-	1.1	1.1	2.1	10.7	3.3	2.3
7	別所の堤	14.0	7.4	-	1.9	0.9	4.5	14.7	6.2	0.9
8	白川水源	13.9	7.0	-	6.0	5.7	38.6	20.8	6.3	0.2
9	中二子石	14.0	7.3	-	2.1	1.9	4.3	10.1	3.8	0.1
10	垂 玉	15.8	7.4	-	3.6	1.1	32.3	18.0	3.0	0.1
11	長陽の堤	20.0	7.9	-	6.1	5.5	19.5	16.4	4.8	3.5
12	揺ヶ池	14.9	7.4	-	1.4	-	2.2	7.5	2.5	1.7
13	潮井水源	16.9	7.4	-	2.4	4.3	3.8	9.1	4.0	0.4
14	江津湖			-	7.0	9.2	10.2			

表2 河川水の水質分析 [ppm]

採集日, 平成3年9月17日

NO	採集場所	水温(C)	pH	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	COD
15	片隅橋	17.5	7.5	-	6.1	7.4	35.3	23.7	8.0	3.6
16	皆瀬川橋	18.0	7.4	0.2	7.0	7.4	68.1	31.2	7.2	0.6
17	内の牧橋	19.0	7.0	-	8.2	4.7	73.2	27.1	10.4	1.7
18	小碓橋	22.5	8.0	-	9.5	5.6	67.8	25.2	10.9	0.8

イオン濃度に着目し、ユークリッド平方距離によりウォード法で凝集型階層別クラスター分析を行った結果、阿蘇カルテラ内の水質は、湧水・他、河川水でそれぞれ2つの型に分類できることがわかった。すなわち、湧水・他に関しては、両イオン共に低濃度なC2型地下水(阿蘇外輪山側)と逆に高濃度なC1型地下水(阿蘇五岳側)に、一方河川水は、 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度の低いD1型と高濃度なD2型に二分され、熊本を横断する白川本流の水質は、阿蘇白川の影響をかなり強く受けているように思われる(図1参照)。

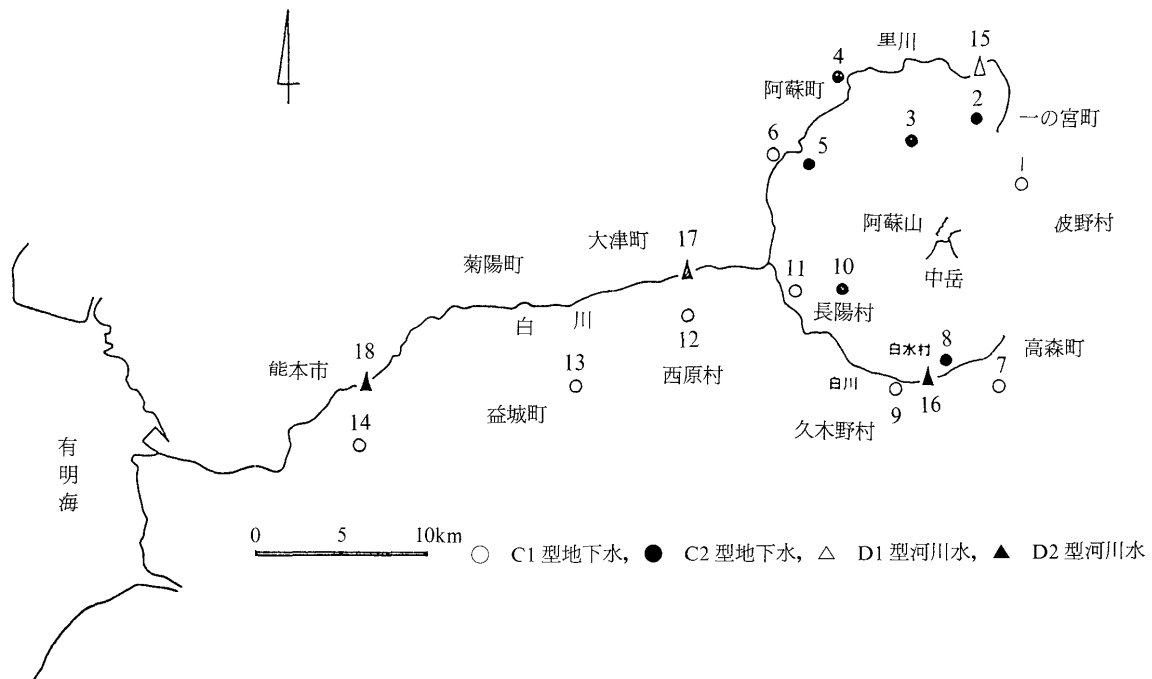


図1 阿蘇周辺の水質分布

表3には、湧水地における $[\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}]$ の月別変化を示すが、C1型では、各イオン濃度の変化が観測されるにもかかわらず、 $[\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}]$ 値はほとんど一定値を示している。ところが、C2型では、 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度は数~10数ppmと低く、わずかな違いでも $[\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}]$ 値に大きく影響を与えている。

昭和55年1月の噴火が治まってから火口底にたまった阿蘇中岳火口湖の $[\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}]$ 値は0.24~0.26と報告されている(小坂ら, 1984)。火口底に水がたまると、火山ガス中の成分が水中に溶脱されるため、火山活動の影響を強く受けた水質の $[\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}]$ 値はそれに近い値(0.24~0.26)をとるであろうと推測される。今回の調査では、C2型地下水の値は、0.1~0.3であり、火山活動が治まってまもなく火口底にたまり始めた頃の火口湖と類似の結果が得られた。

以上のことから、阿蘇カルテラ内にある湧水の中でも、C2型地下水は、火山活動の影響を強く受けていることが予想されるので、阿蘇白川・異川の含有陰イオン濃度を他の河川(熊本県内)の値と比較してみたところ、表4に示されるように、他の河川に比して $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度が非常に高いことがわかり、阿蘇火山は白川水流にも多大な影響を与えていることがこれからも推測される。

表3 地下水中のイオン濃度

採集日	[ppm]					
	白川水源 (C1型)			中二子石 (C2型)		
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup> /SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup> /SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
4 27	6 5	32 1	0 2	2 7	30	0 9
6 18	3 0	16 0	0 2	3 1	7 3	0 4
8 01	4 5	17 6	0 3	3 0	4 2	0 7
10 18	7 1	40 8	0 2	2 6	4 2	0 6
12 02	6 2	31 1	0 2	2 9	3 0	1 0
1 20	6 5	33 8	0 2	2 2	1 0	2 2
3 13	8 5	38 5	0 2	2 8	3 8	0 7

表4 河川水中のイオン濃度

河 川	pH	[ppm]		
		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup> /SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
阿蘇黒川	7.5	61	353	0.2
阿蘇白川	7.4	71	681	0.1
白 川	8.0	95	678	0.1
菊池川	6.9	42	41	1.0
緑 川	8.0	15	12	0.8

### 3. 降灰の水質への影響

阿蘇火山灰に含まれる各種イオン濃度を調べるために、火山灰 5g を蒸留水 25ml 中で 1 時間攪拌し、抽出液中の陰イオン濃度を測定してみた。その結果、表 5 に示されるように SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> が非常に多く含まれていることがわかった。

次に、火山灰中の水溶性付着成分は、降雨により土壤中に浸透していくために、火山灰中のイオン濃度の減少が期待される。そこで、図 2 のような装置を用い、250ml の蒸留水で土壤を洗浄後、100ppm に調製した Cl<sup>-</sup> と SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 標準液 50ml を滴下し、土壤通過後の最初の溶出液 10ml 中のイオン濃度を測定し土壤の吸着能（吸着される割合）を算出してみた。

得られた結果を表 6 に示すが、Cl<sup>-</sup> は吸着されることなくそのまま流出されてしまうが、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> は土壤に吸着され溶出しにくいことが分かった。

したがって、大量の降灰があった場合には、河川水中の SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 濃度が著しく増加することが予想される。一方、降雨により火山灰中の水溶性付着成分が土壤を浸透しても、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> は土壤に吸着されやすいため、湧水中の SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 濃度の増加が観測されるまでにはかなりの時間が必要であるように思われる。これに対し、大部分の Cl<sup>-</sup> は吸着されずに土壤を浸透していくため、Cl<sup>-</sup> 濃度の増加は比較的早く水質検査などにより観測されることが推察される。

表5 火山灰中の水溶性付着成分

	[ppm]					
	pH	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
阿蘇火山灰	5.2	-	820	-	-	2400

火山灰(5g)から抽出された溶液(25ml)中のイオン濃度  
-, 検出されず

表6 土壌のイオン吸着能 [%]

場 所	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
片隅橋	31	77
年の神	64	100
白川水源	49	100
川 砂	28	44
山 砂	30	43

標準液(100ppm)を使用

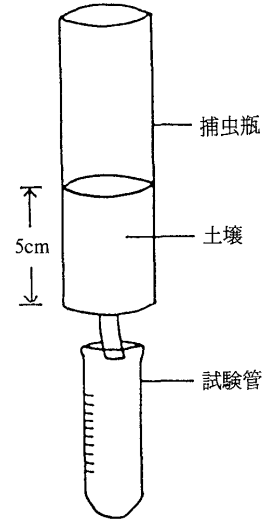


図2 イオン吸着能測定装置

#### 4. 植物におよぼす火山灰の影響

##### ① 発芽・成長への火山灰の影響

カイワレ大根, コマツナ, ツマミナ種子を用い, 火山灰抽出液の濃度を変えて栽培して, 火山灰のおよぼす影響を調べた(表7, 8参照). 火山灰抽出液は, 火山灰 40g を蒸留水 200ml 中で1時間攪拌した後の上澄み液を用いた.

表7 火山灰抽出液の濃度と発芽率 (%)

植 物	播種後	蒸留水	火山灰抽出液 (%)				
			0.01	0.1	1	10	100
カイワレ	3日目	46.7	43.3	46.7	56.7	40.0	30.0
	4日目	70.0	63.3	56.7	80.0	70.0	66.7
	5日目	83.3	80.0	83.3	83.3	90.0	80.0
	7日目	96.7	90.0	90.0	90.0	90.0	80.0
コマツナ	3日目	56.7	63.3	70.0	53.3	53.3	40.0
	4日目	70.0	83.3	83.3	86.7	83.3	63.3
	5日目	70.0	83.3	83.3	93.3	96.7	76.7
	7日目	70.0	83.3	83.3	96.7	96.7	83.3
ツマミナ	3日目	70.0	80.0	56.7	40.0	40.0	26.7
	4日目	83.3	86.7	66.7	80.0	70.0	53.3
	5日目	96.7	96.7	73.3	86.7	86.7	86.7
	7日目	96.7	90.0	76.7	83.3	86.7	86.7

表8 火山灰抽出液の濃度と茎・根の成長

植 物		蒸留水	火山灰抽出液 (%)					
			0.01	0.1	1	10	100	
			[cm]					
カイワレ	茎	Avg	47.6	46.5	46.6	62.0	58.9	19.6
		SD	22.9	18.4	24.8	10.8	21.6	7.0
	根	Avg	37.3	42.5	38.5	45.3	34.7	11.9
		SD	22.3	22.4	22.8	21.2	20.3	7.7
コマツナ	茎	Avg	19.6	23.0	23.7	27.2	22.7	4.8
		SD	5.7	8.1	5.5	9.9	5.7	2.7
	根	Avg	21.0	27.8	30.1	49.2	23.2	3.6
		SD	11.0	15.3	13.8	21.6	9.4	1.5
ツマミナ	茎	Avg	19.4	20.7	22.0	25.3	24.0	4.8
		SD	6.9	6.7	7.0	6.7	4.1	2.8
	根	Avg	23.0	28.1	32.3	45.5	26.8	4.0
		SD	11.9	12.1	10.7	19.0	16.3	1.7

Avg, 平均値 SD, 標準偏差

その結果、火山灰抽出液の100%液で栽培したものは、発芽は一応観察されるが、発芽に要する日数が長く、さらに蒸留水で栽培したものよりも茎や根の伸びが悪かった。これは、根が萎縮して丸まる結果、根からの水分や養分の吸収が阻害されて、茎の成長を妨げるからと考えられる。

### ② 土壌中の含有陰イオンの影響

阿蘇カルテラ内の乾燥させた土壌5gを蒸留水25ml中で1時間攪拌し、その抽出液中に含まれている陰イオン濃度を測定し、得られた結果を表9に示す。

前述した表5と比較してもわかるように、阿蘇カルテラ内の土壌に含まれている $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度は、火山灰抽出液の10%液よりも少ないため、土壌そのものによって起こる植物への影響はないと考えられる。

### ③ 火山灰と降水量の関係

平成2年4月20日の噴火により、約100万トンの火山灰が $470 \times 10^6 \text{m}^2$ の広範囲で観測された(渡辺, 1990)。これは $1 \text{m}^2$ あたり2.1kgの降灰があったことになる。今回の実験では、火山灰40gを蒸留水200ml中で攪拌した後の上澄み液を用いたので、火山灰抽出液の100%液は、火山灰2.1kgを10500mlの蒸留水で抽出したものと等しい。この蒸留水量は $1 \text{m}^2$ あたりの高さに換算すると10.5mmとなる。したがって、10%液の蒸留水量は、2.1kg/ $\text{m}^2$ の火山灰に対しては、105mmとなる。

阿蘇地方における月別平年降水量を表10に示すが、降雨による火山灰からのイオンなどの溶出・抽出効率が今回の実験と同様であると仮定すれば、降灰が雨により押し流されることなくその場に堆積し続けた場合でも、105mm以上の雨が降れば、火山灰抽出液の10%液よりも低い濃度となり、カイワレ大根、コマツナ、ツマミナの発芽・成長へはあまり影響を与えないと推測される。

以上のことから、火山灰の降灰があった場合でも、雨量が少なければ植物の発芽・成長を阻害する恐れは認められるが、通常の場合、数カ月後には、火山灰による植物生育への影響はほとん

表9 土壌中のイオン濃度

場 所	[ppm]				
	pH	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
白川水源	6.4	0.1	3.5	11.2	5.0
中二子石	6.0	-	2.9	11.5	6.6
年の神	4.2	4.7	4.2	71.5	18.1

火山灰(5g)から抽出された溶液(25ml)中のイオン濃度

表10 阿蘇地方の月別平均降水量 (mm)

(1961~1990)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
降水量	106	132	205	269	315	585	670	389	250	147	113	78

ど無視できるくらいに小さくなると考えられる。

## 5. ま と め

阿蘇中岳を取り囲むように位置する11地点の湧水・他と白川、黒川の4地点で水質・土壌分析を行った。その結果、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度に基づくクラスター分析により、湧水・他をC1型地下水とC2型地下水の2類型に、また河川はD1型河川水とD2型河川水の2類型にそれぞれ分類できることがわかった。この中でもC1型地下水は火山活動の影響を反映していると思われる。C1型地下水では、各イオン濃度の変動が観察されるにもかかわらず、[Cl<sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]値の変動はほとんど認められなかった。また、白川本流の水質は阿蘇白川の水質に由来していると考えられ、他の県内河川に比してSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度の異常に高い値が観察された。土壌のイオン吸着能に関しては、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は土壌に吸着されやすいが、Cl<sup>-</sup>は比較的早く流出してしまうことがわかった。そのため、大量の降灰があった場合は、[Cl<sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]値が高くなることが予想される。

植物生育への火山灰抽出液の影響を調べた結果、火山灰抽出液の濃度が高いと発芽を遅らせたり、たとえ発芽したとしても根が萎縮して丸まってしまう、正常な発育は認められなかった。このことは、降灰後の降雨量が植物の生育に大きな影響を与えているように思われ、平常通りの降水があれば、数カ月で火山灰中のイオンは流出され、降雨後に播種された植物の発芽や成長への影響はかなり小さくなると推察される。

本研究の一部は、財団法人日本科学協会の笹川科学研究助成によって実施したものです。

## 引用文献

一井武幸, 1989, 学校における理科教育の理論的, 実践的研究 修士論文

文 部 省, 1989, 中学校指導書理科編 学校図書.

太田一也, 1984, 阿蘇火山における温泉観測(1977年~1982年) 阿蘇火山の集中総合観測(第2回1981) 報告89-98.

小坂丈予, 小沢竹二郎, 1975, 桜島火山噴出カスの成分観測と活動状況 桜島火山の総合調査報告書

平林順一ら, 1991, 雲仙岳の活動と火山ガス成分および放出量 日本火山学会1991年秋季大会講演予講集.

小坂丈予ら, 1984, 阿蘇火山の地球化学的観測 阿蘇火山の集中総合観測報告

渡辺一徳, 1990, 阿蘇中岳第一火口1990年4月20日噴火について 日本火山学会1990年秋季大会講演予講集.