

## 鹿児島市周辺に降った pH 2.5 の特異的酸性雨について

鹿児島県環境センター 宝来 俊一

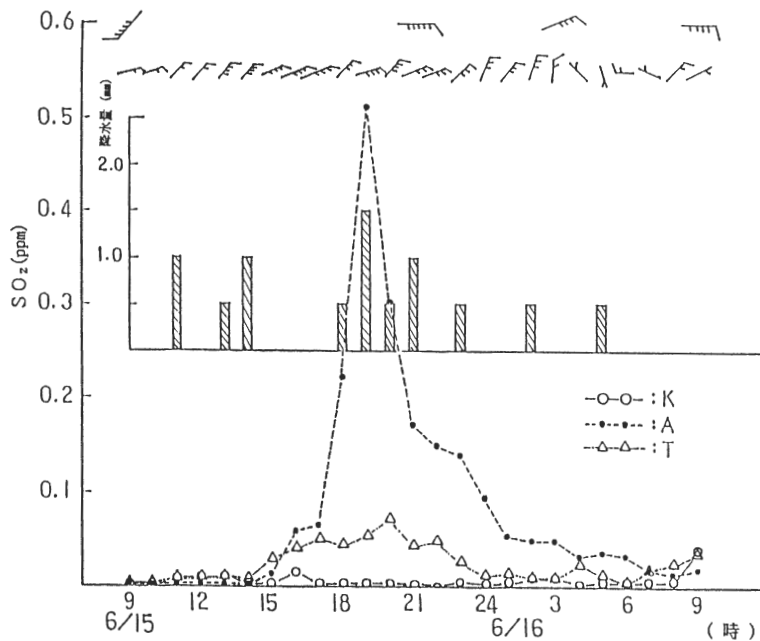
今回図らずも pH 2.5 という雨を経験したわけですが、原因が桜島ということでローカルな話にな



写真 1

りますが、こういった雨はしょっちゅう経験するのではないとはいえ、こういう雨が降った場合に植物を中心にどういったことが起こるかということは非常に興味を呼ぶわけです。今日はその時の雨の分析結果と植物の可視被害を中心にお話したいと思います。

ご承知かもしれませんが、桜島は昭和40年代の後半から活発な活動を継続しておりまして、火山灰は年間1千万トンを超える量が放出されております。また、酸性のガスをたくさん噴出しておりまして、たとえば、二酸化硫黄ですと1日当たり数百トンから3千トンという多量のガスが出ております。勿論二酸化硫黄以外に塩化水素とかフッ化水素、そういったガスも出ているわけでございます。そういうことで一種の環境汚染のような現象を引き起こしているのですけれども、今回の話は急性的な植物被害として一つのエピ

図1 SO<sub>2</sub>濃度、降水量の経時変化

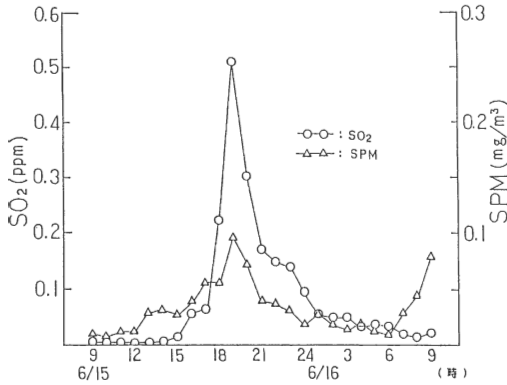


図2 SO<sub>2</sub>, SPM濃度の経時変化(測定地点A)

ソードになるんじゃないかという気がいたします。

それでは早速スライドをお願いします。

これは爆発した時、多量の火山灰を噴き上げている状態です。

これはガスだけが出ている時のものです。ほとんどは水蒸気ですが、さきほど申しましたように、この中に酸性のガスも含まれているということです。

これは火山灰と共にガスも含んで、私共の環境センターがある鹿児島市側に流れて来ている状態であります。(写真1) 今回の雨はどちらかといいますと、こういう状態の時に降ったのではないかという気がしております。

この酸性雨が降った時は雨水の採取を定期的にやっていませんでしたが、実は放射能の観測をやっており

表1 降水成分分析結果

項目	昭和62年 6月15日	昭和58年度				
		平均值	最大値	最小値	標準偏差	検体数
pH	2.45	4.54	6.22	3.38	0.695	24
EC (μs/cm)	1640	113	330	8.5	90.5	24
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (μg/ml)	14.9	12.9	82.1	2.46	16.5	23
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μg/ml)	2.97	1.03	2.96	<0.05	0.818	23
Cl <sup>-</sup> (μg/ml)	164	15.3	60.1	1.17	14.9	23
F <sup>-</sup> (μg/ml)	13.0	0.86	5.24	0.03	1.48	24
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (μg/ml)	0.69	0.21	1.03	0.02	0.240	23
Ca <sup>2+</sup> (μg/ml)	6.06	7.69	32.2	0.50	7.31	23
Mg <sup>2+</sup> (μg/ml)	0.12	0.79	3.26	0.12	0.844	22
K <sup>+</sup> (μg/ml)	0.70	0.46	2.06	0.05	0.472	22
Na <sup>+</sup> (μg/ml)	3.46	5.40	26.7	0.60	7.22	22
Fe <sup>3+</sup> (μg/ml)	1.09	0.12	0.77	<0.10	0.216	22
Mn <sup>2+</sup> (μg/ml)	<0.10	<0.10	0.17	<0.10	0.041	22
Al <sup>3+</sup> (μg/ml)	9.33	<1.0	9.6	<1.0	2.11	22
イオンバランス* (%)	90.8	—	—	—	—	—

\* 各イオンを当量単位で表した時の、陽イオン合計当量/陰イオン合計当量

表2 火山灰中の可溶性成分\*

試料	採取年月日	pH	成分濃度 (μg/g)											
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>
火山灰-A	昭和58.10.17	4.49	2100	<5	1300	490	37	1850	54	44	253	<1	<1	290
火山灰-B	昭和58.11.26	4.83	1490	<5	345	500	11	1080	29	16	128	<1	<1	426
火山灰-C	昭和59.1.23	4.73	360	<5	186	230	9	270	12	11	61	<1	<1	184
火山灰-D	昭和58.10.25	4.69	3970	<5	2320	360	17	3240	126	77	300	<1	<1	55

\*降下直後の火山灰10gを100mlの蒸留水に懸濁し、一昼夜放置後そのろ液について成分分析を行い、火山灰1g中に含まれている可溶性成分として換算した。

まして、この時の雨が取られていまして、この雨は6月15日の9時から次の日の9時まで降ったものでございます。

図1はその時の二酸化硫黄濃度と雨の状況を書いたものです。Aという地点(位置は図3参照)は、桜島の島内にありますが、ここで15日の18時から24時位にかけて二酸化硫黄の濃度が非常に高くなっております。鹿児島市南部の地点T(位置は図3参照)でも僅かながら二酸化硫黄濃度の上昇がみられます。そして雨の降り具合ですが、全体としては7.5 mmしか降ってないですが、18時頃におよそ2.5 mmの雨が降っています。

図1の風向のうち下の方が私共の所で観測している地上風の状況です。18時頃には東からやや北の風が吹いておりまして丁度風下になります。図1の上の方の風向は、鹿児島上空の高層風でありまして1000 m位のところの風です。やはりほぼ東のかなり強い風が吹いているという状況であります。ですから15日から16日にかけて18時から21時をピークにして火山ガスが少なくとも鹿児島市側に流れており、その時に多少の雨が降ったというようなことがいえるかと思えます。

図2は桜島島内のA地点で同時に測定しているSPMのデータですが、この時はガスだけではなくてSPMも若干高くなって、時間帯としてもほぼ一致しているということでもあります。ですからガス単独の噴出ではなくて、両方混ざっていたと考えられます。(注：不溶解性成分として1.00 g/m<sup>2</sup>/日測定された。)

デボジットゲージで採取した雨の一部をいただきまして分析したわけですが、その結果は表1に示すとおりです。表題はpH 2.5となっておりますが、正確にはpH 2.45です。ご覧のとおり特異的な雨でありまして、ECも非常に高いです。細部については要旨集に書いたとおりですが、たとえば、アニオンですと塩素イオンが非常に高く、これが82%位を占めておりまして、あとフッ素或いは硫酸イオンが高く、この3種で99%位になります。これは私共のところではみられない特異的な現象じゃないかと思えます。

次にカチオンですが、水素イオン濃度が非常に高いわけですからこれが最も多くを占めるのですが、特異的なものとしてはアルミニウムが高いということでもあります。

そして各イオンの水溶液中の極限当量電導度を用いて計算したECは、1.76 mS/cmで実測値に対してほしい107%とおおむね合っています。イオンバランスにつきましても90%位ということでほしいとれていると思えます。

表1の横の方の、昭和58年度に私共が環境庁の委託で濾過式採取装置で取った雨の分析結果と比較しましても、たとえば、最大値レベルでみましても、今回の雨の方がpHは勿論低いですが、成分としてもさきほど申したような特異的な成分が高いということがいえるかと思えます。

それで測定した成分がどこから来たのかという由来ですけれども、表2は火山灰中の可溶成分を表の下に書いているような条件で分析した結果で、やはり硫酸イオンはじめ塩素、フッ素イオンこういったものかなり含まれています。カチオンでみましてもアルミニウムが高い、或いはカルシウムが高いということが判っています。ですから先程の分析値には火山灰からの寄与もあるということがいえるかと思えます。

では実際どういう現象が起きたかということを植物の状態以下見てもらいたいと思えます。

これは、鹿児島市の中央に位置する気象台にウメの標準木というのがあるのでありますが、そのウメの葉が一夜にして変色して焼けたみたいになっているというものです。(写真2)これはトマトですが、や



写 真 2



写 真 3

はり植物の先端部ですが、大きな被害をうけています。(写真3)これはネギですが、やはり先端部がやられています。

シソ、トマト、ネギなどの農作物ですが、鹿児島市を中心にしまして、公式発表されたところでは3千万円位の被害が出たということになっております。

これはアジサイですが、葉の方は顕著な被害はみられなかったのですが、花の方がこのようにまったく変色してしまうという現象がみられました。(中略)

これはホルトの木ですが、街路樹として市内の到る所に植えてあるのですが、相当の被害が出ていて、何日か経ちますと葉が落ちて裸の状態です。(写真4)左側がホルトの木で、右側がケヤキですが、ホルトは落葉して、ケヤキは黄葉したかのように見えます。向かいに見えるのが桜島です。

これはアメリカフウですが、褐色状に変色しています。これはハナズオウですが、やはり葉の縁の辺りを中心に焼けただれています。イチヨウも葉の先端がやられています。イヌマキについても可視被害がみられ



写真 4

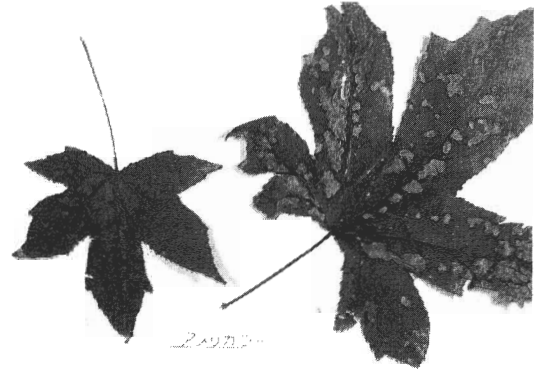


写真 5 アメリカフー

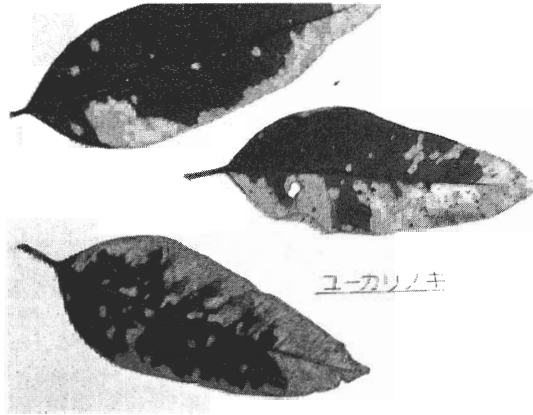


写真 6 ユーカリノキ

ました。カキについても葉の異常が認められました。これはサツキですが、市内の各地に植えてあるのですが、かなりの被害が出ていて、このように全体的に褐色に変色しています。

これはおもしろい現象でありまして、鹿児島大学に植えてあるラクウショウという松の一種かと思いますが、通常緑の綺麗な形をしているのですが、赤く見えます。ところが、トキハララクウショウというんですけど、こちらの方は同じ大学内にあるのですが、こちらも、異常が認められない。さきほどののは落葉して、こちらの方は落葉しないという特徴があるわけですが、木の種類によっても随分被害の現れ方が違うというようなことがみられました。

こういった観察結果をもとに、その被害の範囲を調べたわけですが、図3のIのところは、農作物は勿論ですがいろんな植物に相当の被害が出た地域として区分しました。IIというのは、Iよりも程度は小さいがたくさんの種類の植物に被害がみられたという地域です。IIIというのは、特定の種類の植物に被害がみられたところですが、IVというのは、個々には詳しくは分か



図 3 植物被害の範囲

表3 植物の可視被害の状況

植物の種類		可視被害の出現の仕方	図3において可視被害の確認された地域
樹木等	ウメ、ナンテン、バラ(ノイバラ)、イロハモミジ、クローバー、クレオメ、アジサイ(花)、ゼニゴケ	(1)	I II III
	ホルトノキ、タイワンフー、アメリカカフー、トウカエデ、ハナズオウ、メタセコイヤ、サツキ、シダレヤナギ、イヌマキ、ユーカリノキ、ケヤキ、トベラ、アメリカデイゴ、ラクウショウ、タイワントネリコ、ウバメガシ、クチナシ、キンモクセイ、センリョウ、ツツジ、ハマユウ、イチョウ(葉)、ホテイアオイ、ヒナタノイノコズチヨモギ、ホシダ、ザクロ、サルスベリ	(2)	I II
	クスノキ、カキ、イチョウ(実)	(3)	I II
	ヤマモモ、タイサンボク	(4)	I II
	ヤブツバキ、クロガネモチ、センダン、マテバシイ、カイヅカイブキ、サクラ、フヨウ、ニセアカシア、トキワラクウショウ、ナンキンハゼ、アコウ、ムクノキ	(5)	
農作物	シソ、トマト、ネギ	(1)	I II III
	ピーマン、ナス、キュウリ、サツマイモ、インゲンマメ、ミカン、ピワ	(2)	I, IIの一部の地域

らないのですが、何らかの影響があった地域ということで区分しました。さきほどガスが降下している写真がありましたけれども、風向きが東からやや北向きでしたので、鹿児島市の中でも海岸部からやや南の方が被害が大きかったということがいえるかと思えます。

以下のスライドは、植物の葉にどういふ感じで被害が出ているかというのをお見せしたいと思います。

これはシソですが、一夜にしてこういう状態になったということです。これはウメですが、やはり葉の周辺部に異常がみられます。

ホルトの木については、一応葉は落ちたのですが、その後新葉が出まして、8月の初めの頃には復活したわけです。酸性雨が降った後に新しい芽を吹くというのは非常におもしろい現象かと思われました。

これはアメリカフウですが、特徴的な被害がみられます。(写真5)(中略)

鹿児島にコアラがきておりまして、街路樹の中にもユーカリの木が植えてあるのですが、かなりの被害が出ています。(写真6)(中略)

ヤマモモは当初あまり被害はみられなかったのですが、だいぶ日数を経てこのように赤くなっています。クスは酸性雨が降ってから2、3日して葉が落ちましたが、葉そのものにはあまり異常は認められませんが、

した。(中略)

こういった可視被害の状況を踏まえて表3にまとめてみたわけです。(1)というのは、降雨後1日程度以内に植物の葉とか花或いは実、そういったものに異常が観察されたもの。(2)というのは、降雨後すぐには明らかに変化はみられなかったが、数日を経て葉の異常が観察されたもので、タイワンフーとかホルトの木、そういったものです。(3)というのは、降雨後数日間可視被害はみられなかったのが、その後に落葉、落実が観察されたものでクスとかイチョウです。それから(4)というのは、降雨後約10日以上を経て、次第に可視被害が観察されたもの。(5)というのは、植物の可視被害がまったく観察されなかったもの、たとえば、ヤブツバキ、クロガネモチです。(6)番目として、表には示していませんが、一応葉の異常は観察されたのですが、さきほど申しましたホルトの木などは数週間後に新しい葉が観察されました。

以上、可視被害をスライドを使ってお見せしましたが、とにかく pH 2.45 位の雨が降った場合にどういったことが起こるかというのはエピソードとして記録されるべきものじゃないかと考えておりまして、こういう機会をいただきましたのでお話ししました。どうもありがとうございました。