

# 岡山県における平成26年度酸性雨調査結果

間野遼太, 喜多真帆, 中野温朗, 野村 茂, 信森達也, 鷹野 洋

【資 料】

## 岡山県における平成 26 年度酸性雨調査結果

Acid rain survey result in Okayama Prefecture in 2014

間野遼太, 喜多真帆, 中野温朗, 野村 茂, 信森達也, 鷹野 洋(大気科)

Ryouta Mano, Maho Kita, Atsurou Nakano, Shigeru Nomura,

Tatsuya Nobumori, Hiroshi Takano(Atmosphere Section)

### 要 旨

岡山県では平成 2 年度から酸性雨に関する調査を実施しており, 平成 26 年度の調査結果をまとめた。平成 26 年度における美作局の pH 年平均値は 4.62 であり, 全国平均値と近い値であったが, 井笠事務所の pH 年平均値は 5.19 であり, 高い傾向にあった。また, pH 年平均値は美作局, 井笠事務所ともに例年と同程度の値であり, 大きな変化は見られなかった。イオン成分に関する検討から, 井笠事務所における降水の pH が高い要因の 1 つとして, 土壌粒子, 道路粉じん及び工場排ガス等に由来する  $nss-Ca^{2+}$  濃度が高いことが考えられた。また, 井笠事務所における降水には非海塩由来の  $Mg^{2+}$  が含まれていると考えられた。

[キーワード: 酸性雨, バルク式捕集, イオン成分]

[Key words: Acid Rain, Bulk Sampling, Ion Component]

### 1 はじめに

酸性雨とは, 化石燃料の燃焼等により発生した硫黄酸化物(SOx)や窒素酸化物(NOx)が大気中で酸化されて硫酸や硝酸となり, 強い酸性を示す降雨又は乾いた粒子状物質として降下する現象をいい, 一般的に pH5.6 以下のものを指す<sup>1, 2)</sup>。この酸性雨によって森林が枯れたり, 湖にすむ生物が死んだり, また目や喉の刺激といった人体への影響が懸念されたりしている<sup>1), 3), 4)</sup>。日本では昭和 49 年頃に関東地方に酸性度の強い雨が降り, 多くの人に目の痛みなどの健康被害が発生した<sup>1)~3)</sup>。その後, 多くの自治体で酸性雨調査が行われてきた経緯がある<sup>1)</sup>。

本県においては, 酸性雨の実態及び長期的影響を把握することを目的として, 平成 2 年度から酸性雨に関する調査を実施しており, 当センター年報(平成 23 年度)に平成 23 年度の酸性雨調査結果を報告している<sup>5)</sup>。本報では平成 26 年度の調査結果について報告する。

### 2 調査方法

#### 2.1 調査地点

調査地点を図 1 に示す。調査地点は 2 地点あり, 美作県民局(以下「美作局」という。)は岡山県北部にある津山

盆地の中央付近(津山市山下 53)に位置し, 井笠地域事務所(以下「井笠事務所」という。)は岡山県西部の広島県との県境付近(笠岡市六番町 2-5)に位置している。また, 2 地点とも周辺は商業地域となっている。

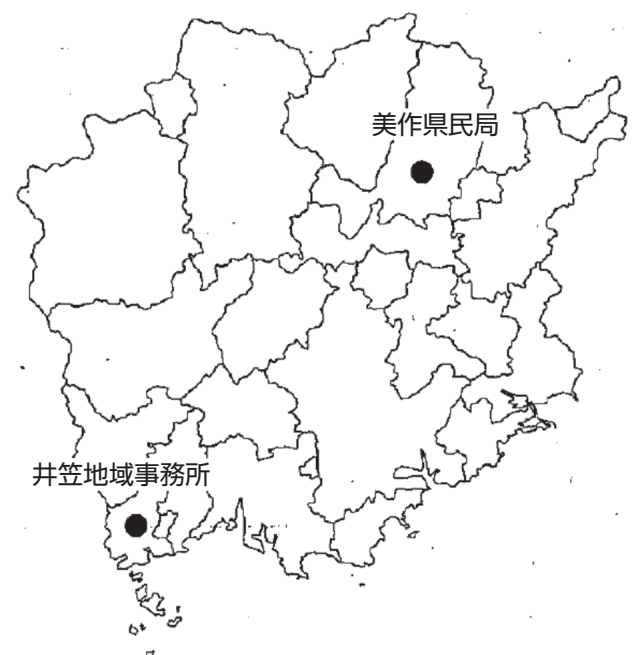


図 1 調査地点

## 2.2 試料採取

美作局及び井笠事務所の屋上に常時開放型ろ過式バルクサンプラー（非冷蔵保存）を設置して、降水（降雪を含む。）の捕集を行った。常時開放型ろ過式バルクサンプラーに捕集された降水を月に2回、約2週間ごとに採取した。表1に平成26年度における採取期間を示す。

表1 平成26年度における採取期間

月	採取期間			
	美作局		井笠事務所	
	開始日	終了日	開始日	終了日
4	3/19	~ 4/10	3/19	~ 4/10
	4/10	~ 4/24	4/10	~ 4/22
5	4/24	~ 5/8	4/22	~ 5/8
	5/8	~ 5/22	5/8	~ 5/22
6	5/22	~ 6/5	5/22	~ 6/5
	6/5	~ 6/23	6/5	~ 6/19
7	6/23	~ 7/3	6/19	~ 7/3
	7/3	~ 7/18	7/3	~ 7/17
8	7/18	~ 8/7	7/17	~ 8/7
	8/7	~ 8/21	8/7	~ 8/21
9	8/21	~ 9/4	8/21	~ 9/4
	9/4	~ 9/18	9/4	~ 9/18
10	9/18	~ 10/2	9/18	~ 10/2
	10/2	~ 10/16	10/2	~ 10/16
11	10/16	~ 11/6	10/16	~ 11/6
	11/6	~ 11/21	11/6	~ 11/20
12	11/21	~ 12/4	11/20	~ 12/4
	12/4	~ 12/18	12/4	~ 12/18
1	12/18	~ 1/8	12/18	~ 1/8
	1/8	~ 1/22	1/8	~ 1/22
2	1/22	~ 2/5	1/22	~ 2/5
	2/5	~ 2/19	2/5	~ 2/19
3	2/19	~ 3/5	2/19	~ 3/5
	3/5	~ 3/19	3/5	~ 3/19

## 2.3 分析項目及び分析方法

分析項目はpH、電気伝導率（以下「EC」という。）、イオン成分濃度とし、分析方法を表2に示す。pH及びECの測定には採取した試料をそのまま使用したが、イオン成分濃度の測定には採取した試料をメンブレンフ

表2 分析方法

分析項目	分析方法
pH	ガラス電極法 (pH測定器:株式会社堀場製作所製F-71)
EC	電気伝導率計法 (東亜電気工業株式会社製CM-60S)
イオン成分濃度	Na <sup>+</sup>
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
	K <sup>+</sup>
	Mg <sup>2+</sup>
	Ca <sup>2+</sup>
	Cl <sup>-</sup>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
	イオンクロマトグラフ法 (日本ダイオネクス株式会社製ICS-1600)

ルター（ADVANTEC製13HP045AN、孔径0.45μm）でろ過したものを使用した。なお、分析項目及び分析方法は環境省の「湿性沈着モニタリング手引き書（第2版）」<sup>6)</sup>に準拠した。

## 3 結果及び考察

平成26年度における各調査地点の調査結果（年間降水量、pH年平均値、EC年平均値及びイオン成分濃度年平均値）を表3に示す。各項目における平均値は、降水量で重み付けした加重平均値として算出した。なお、加重平均値は次式により求めた。

$$\text{pH加重平均値} = -\log \frac{\sum (10^{-pH_i} \times Q_i)}{\sum Q_i}$$

$$\text{EC加重平均値} = \frac{\sum (EC_i \times Q_i)}{\sum Q_i}$$

$$\text{イオン成分濃度加重平均値} = \frac{\sum (C_i \times Q_i)}{\sum Q_i}$$

\*  $pH_i$ : 各測定時のpH,  $EC_i$ : 各測定時のEC,  $C_i$ : 各測定時のイオン成分濃度,  $Q_i$ : 各測定時の降水量

また、Ca<sup>2+</sup>及びSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は海塩由来(ss)と非海塩由来(nss)のものが存在する。本報ではNa<sup>+</sup>を全て海塩由来のものと仮定した上で、海塩中におけるそれぞれのイオンの存在割合<sup>7)</sup>から海塩由来及び非海塩由来の濃度を算出し、海塩由来のものにss、非海塩由来のものにnssをつけて結果を示している<sup>8)</sup>。

### 3.1 降水量

平成26年度における各調査地点の降水量の経月変化を図2に示す。図2から、降水量は4月以外の月において、井笠事務所よりも美作局のほうが多かった。このことが影響し、表3に示した年間降水量は井笠事務所よりも美作局のほうが約1.5倍多かった。美作局については6、7、8月、井笠事務所については7、8、10月の降水量が多く、梅雨（平成26年6月2日～7月20日）<sup>9)</sup>及び台風（8号（7月）、11号（8月）、18号（10月）、19号（10月））<sup>9)</sup>の影響が大きいと考えられるが、井笠事務所については梅雨時にも関わらず6月の降雨日は少なかった。また、8月については2地点とも台風の影響だけでなく、他の月に比べて降雨日自体が多かったことも影響していたと考えられた<sup>9)</sup>。

表3 平成26年度調査結果

調査地点	年間降水量 (mm)	pH	EC (mS/m)	イオン成分濃度(μeq/L)										
				Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	ss-Ca <sup>2+</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
美作局	1506.7	4.62	1.72	21.0	27.2	1.7	5.5	0.9	11.5	24.0	23.8	20.5	2.5	34.0
井笠事務所	1027.7	5.19	1.68	18.7	27.7	2.0	11.3	0.8	56.0	6.4	24.4	26.8	2.2	52.7

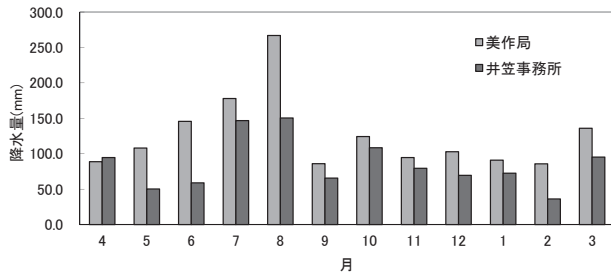


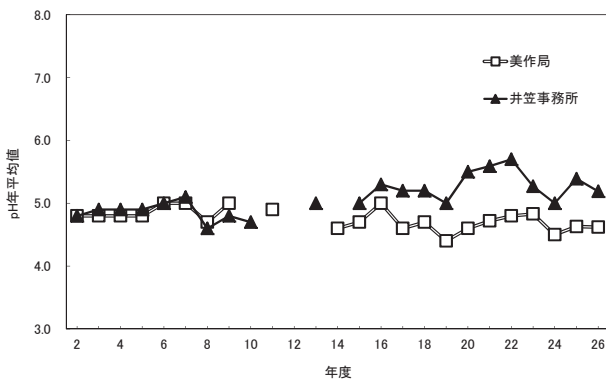
図2 降水量の経月変化

### 3.2 pH

表3から、平成26年度における美作局のpH年平均値は4.62であり、環境省越境大気汚染・酸性雨対策調査(平成20～24年度)<sup>8)</sup>での全国平均値4.72及び全国環境研協議会全国酸性雨調査(平成24年度)<sup>10)</sup>での全国平均値4.81と近い値であったが、井笠事務所のpH年平均値は5.19であり、これらよりも高い傾向にあった。

pH年平均値の経年変化を図3に示す。なお、平成10、12、13年度の美作局及び平成11、12、14年度の井笠事務所については測定を実施していない。美作局におけるpH年平均値は、測定を開始した平成2年度から4.7前後で、井笠事務所におけるpH年平均値は平成16年度以降、5.2前後で推移していた。平成26年度の結果も例年と同程度の値であり、大きな変化は見られなかった。

平成26年度における各調査地点のpH月平均値の経月変化を図4に示す。美作局におけるpH月平均値は1年の間、ほとんど変化は見られなかったが、井笠事務所におけるpH月平均値は下降傾向にあり、美作局との差が小さくなっていった。



\*平成10、12、13年度の美作局及び平成11、12、14年度の井笠事務所は未測定

図3 pH年平均値の経年変化

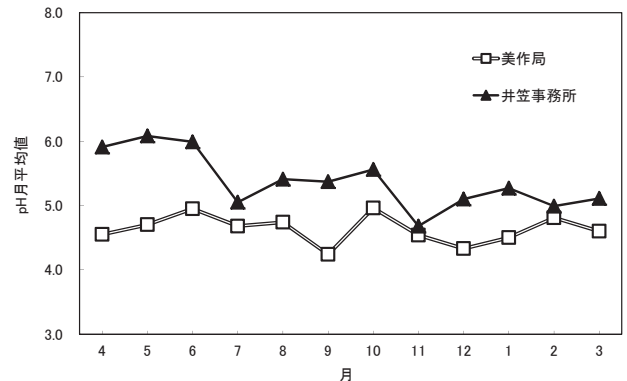


図4 pH月平均値の経月変化

### 3.3 イオン成分濃度

表3に平成26年度におけるイオン成分濃度の平均値を示したが、井笠事務所のnss-Ca<sup>2+</sup>濃度が美作局と比較して約5倍も高くなっており、当センター年報で報告した平成23年度と同様の傾向を示していた<sup>5)</sup>。nss-Ca<sup>2+</sup>は土壌粒子、道路粉じん及び工場排ガス等に由来する成分であり、酸性雨を中和する性質がある<sup>2)</sup>。よって、平成26年度の井笠事務所におけるpH年平均値が美作局に比べ、高い要因の1つとして、nss-Ca<sup>2+</sup>濃度が高いことが考えられた。

また、表4に各調査地点におけるCl<sup>-</sup>/Na<sup>+</sup>濃度比及びMg<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup>濃度比を示す。これらの濃度比を海水組成の濃度比<sup>7)</sup>と比較したところ、美作局におけるCl<sup>-</sup>/Na<sup>+</sup>濃度比、Mg<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup>濃度比及び井笠事務所におけるCl<sup>-</sup>/Na<sup>+</sup>濃度比は海水組成と近い値であったが、井笠事務所におけるMg<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup>濃度比は海水組成よりも2倍以上高い値であった。このことから、美作局におけるCl<sup>-</sup>、Mg<sup>2+</sup>及び井笠事務所におけるCl<sup>-</sup>は海塩由来であると示唆されたが、井笠事務所における降水には非海塩由来のMg<sup>2+</sup>が含まれていると考えられた。

表4 各調査地点におけるCl<sup>-</sup>/Na<sup>+</sup>濃度比及びMg<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup>濃度比

	Cl <sup>-</sup> /Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup> /Na <sup>+</sup>
美作局	1.14	0.26
井笠事務所	1.30	0.61
海水組成	1.18	0.23

## 文 献

- 1) 環境庁地球環境部監修：酸性雨－地球環境の行方－，中央法規出版株式会社，東京，1997
- 2) さいたま市：平成 26 年度酸性雨調査結果  
[http://www.city.saitama.jp/001/009/008/p000124\\_d/fil/H26acid.pdf](http://www.city.saitama.jp/001/009/008/p000124_d/fil/H26acid.pdf)
- 3) 環境庁大気保全局大気規制課監修：酸性雨の科学と対策，社団法人日本環境測定分析協会，東京，1994
- 4) 東アジア酸性雨モニタリングネットワーク：東アジア酸性雨モニタリングネットワークパンフレット  
[http://www.eanet.asia/jpn/publication/eanet\\_jpn.pdf](http://www.eanet.asia/jpn/publication/eanet_jpn.pdf)
- 5) 深見武史，小川登，林隆義，野村茂，中桐未知代，中桐基晴：2011 年度における酸性雨調査，岡山県環境保健センター年報，36，21-23，2012
- 6) 環境省：湿性沈着モニタリング手引き書(第 2 版)  
[http://www.env.go.jp/air/acidrain/man/wet\\_deposi/index.html](http://www.env.go.jp/air/acidrain/man/wet_deposi/index.html)
- 7) 日本海洋学会：海洋観測指針，145，1990
- 8) 環境省：越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング報告書(平成 20～24 年度)  
<http://www.env.go.jp/air/acidrain/monitoring/rep3.html>
- 9) 岡山地方気象台：岡山県の気象年報 平成 26 年(2014 年)  
<http://www.jma-net.go.jp/okayama/guide/geppo/nenpo26.pdf>
- 10) 堀江洋佑，岩崎綾，木戸瑞佳，遠藤朋美，山口高志ら：第 5 次酸性雨全国調査報告書(平成 24 年度)，全国環境研会誌，39，100-146，2014