

# 岡山県における平成27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 (大気科)

## 【資 料】

## 岡山県における平成 27 年度酸性雨調査結果

Acid rain survey result in Okayama Prefecture in 2015

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 27 年度の調査結果をまとめた。平成 27 年度における美作局の pH 年平均値は 4.86 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 5.21 であり、全国平均値よりも高い傾向にあった。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。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、 $nss-SO_4^{2-}$  が  $nss-Ca^{2+}$  の対イオンとなっている可能性が考えられた。

[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 (SO<sub>x</sub>) や窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) が大気中で酸化されて硫酸や硝酸となり、これらが溶け込むことによって強い酸性を示す降雨をいい、一般的に pH5.6 以下のものを指す<sup>1, 2)</sup>。昭和 30 年頃から欧米において酸性雨の影響による湖沼の酸性化及び森林被害が国際問題になり始め、日本では昭和 49 年頃には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、平成 23 年度及び平成 26 年度の酸性雨調査結果を既報<sup>4, 5)</sup>にて報告している。本報では、平成 27 年度に実施した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。) は岡山県南西部の広島県との県境付近 (笠岡市六番町 25) 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 27 年度における採取期間を示す。なお、美作局における 8 月採取分は美作局屋上での防水工事に伴い、降水量以外の項目を欠測、井笠事務所における 10 月前半採取分は鳥のふん混入の可能性が考えられたため、降水量以外の項目を欠測とした。また、10 月後半採取分については 2 地点とも貯水無しであった。

表1 平成27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	~ 4/9	3/19	~ 4/9
	4/9	~ 4/23	4/9	~ 4/23
5	4/23	~ 5/7	4/23	~ 5/7
	5/7	~ 5/21	5/7	~ 5/21
6	5/21	~ 6/4	5/21	~ 6/4
	6/4	~ 6/18	6/4	~ 6/18
7	6/18	~ 7/2	6/18	~ 7/2
	7/2	~ 7/16	7/2	~ 7/16
8	※1 7/16	~ 8/6	7/16	~ 8/6
	※1 8/6	~ 8/20	8/6	~ 8/20
9	8/20	~ 9/3	8/20	~ 9/3
	9/3	~ 9/24	9/3	~ 9/17
10	9/24	~ 10/8	※1 9/17	~ 10/8
	※2 10/8	~ 10/22	※2 10/8	~ 10/22
11	10/22	~ 11/5	10/22	~ 11/5
	11/5	~ 11/19	11/5	~ 11/19
12	11/19	~ 12/3	11/19	~ 12/3
	12/3	~ 12/17	12/3	~ 12/17
1	12/17	~ 1/7	12/17	~ 1/7
	1/7	~ 1/21	1/7	~ 1/21
2	1/21	~ 2/4	1/21	~ 2/4
	2/4	~ 2/18	2/4	~ 2/18
3	2/18	~ 3/3	2/18	~ 3/3
	3/3	~ 3/17	3/3	~ 3/17

※1 降水量以外の項目は欠測 ※2 貯水無し

### 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ィルター（ADVANTEC製13HP045AN、孔径0.45 μm）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。

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:堀場製作所製 F-71)
EC	電気伝導率計法 (東亜ディーケーケー製 CM-30R)
イオン成分濃度	イオンクロマトグラフ法 (日本ダイオネクス製 ICS-1600)
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>	

### 3 結果及び考察

平成27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。

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

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

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

\*  $\text{pH}_i$ : 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して仮定した上で、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27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3、10月以外の月において、井笠事務所よりも美作局の方が多かった。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方が多かった。美作局については7、8、9、11月、井笠事務所については8、9月の降水量が多く、梅雨（平成27年6月2日～7月24日）<sup>9)</sup>及び台風（11号（7月）、12号（7月）、15号（8月）、18号（9月））<sup>9)</sup>の影響が大きいと考えられる。また、美作局の11月については気圧の谷や寒気、低気圧や前線、湿った空気の影響で雨の日が多く、7、8、9月と同程度の降雨日が観測されたことに加え、50mm以上の日降

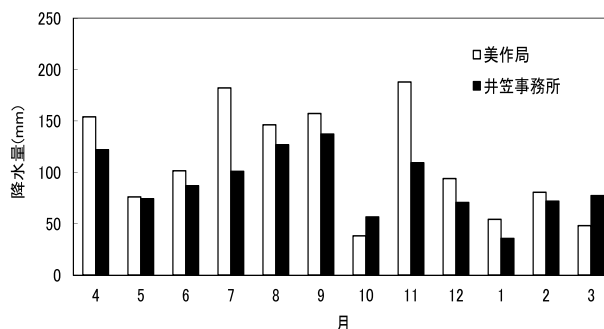


図2 降水量の経月変化

表3 平成27年度調査結果

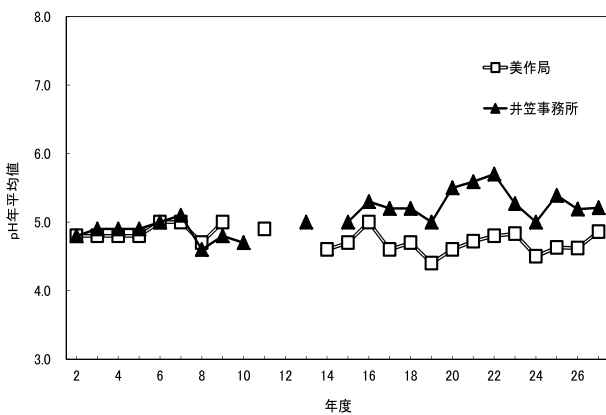
調査地点	年間降水量 (mm)	pH	EC (mS/m)	イオン成分濃度(μeq/L)										
				Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	ss-Ca <sup>2+</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
美作局	1320.4	4.86	1.37	16.4	21.1	1.6	4.9	0.7	13.3	13.9	19.3	19.0	2.0	26.6
井笠事務所	1069.9	5.21	1.57	14.7	21.2	1.7	9.4	0.6	48.6	6.1	19.7	28.1	1.8	44.4

水量が観測された日があったことなどが影響したと考えられる<sup>9)</sup>。

### 3.2 pH

表3から、平成27年度における美作局のpH年平均値は4.86であり、環境省酸性雨調査(平成26年度)<sup>8)</sup>での全国平均値4.78及び全国環境研協議会全国酸性雨調査(平成25年度)<sup>10)</sup>での全国平均値4.84と近い値であったが、井笠事務所のpH年平均値は5.21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27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。



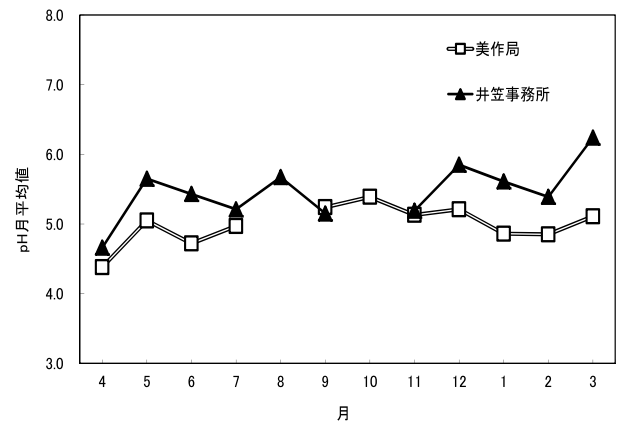
\*平成10,12,13年度の美作局及び平成11,12,14年度の井笠事務所は未測定

図3 pH年平均値の経年変化

平成27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4月が低かったが、5月以降はほとんど横ばいであった。井笠事務所も同様に4月が低く、5月以降はほぼ横ばいであったが、3月が高かった。これらの傾向は、既報<sup>5)</sup>で報告した平成26年度の調査結果とは異なる傾向であった。

### 3.3 イオン成分濃度

表3に平成27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4倍も高くなっており、既報<sup>4,5)</sup>で報告した平成23年度及び平成26年度と同様の傾向を示していた。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



\*8月の美作局及び10月の井笠事務所は欠測

図4 pH月平均値の経月変化

であり、酸性雨を中和する性質がある。よって、平成27年度の井笠事務所における降雨のpH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、美作局と井笠事務所を比較すると、nss-Ca<sup>2+</sup>濃度以外にもMg<sup>2+</sup>、nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度が美作局よりも井笠事務所の方が1.5倍以上高くなっていった。この傾向も平成23年度及び平成26年度と同様であり、井笠事務所におけるMg<sup>2+</sup>については、既報<sup>5)</sup>にて非海塩由来のものも含まれている可能性を報告した。井笠事務所におけるnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は、nss-Ca<sup>2+</sup>同様に美作局よりも濃度が高いことから、nss-Ca<sup>2+</sup>の対イオンとなっている可能性が考えられた。

## 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) 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)
- 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) 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
- 5) 間野遼太，喜多真帆，中野温朗，野村茂，信森達也，鷹野洋：岡山県における平成26年度酸性雨調査，岡山県環境保健センター年報，39，21-24，2015

- 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：平成26年度酸性雨調査結果について  
<http://www.env.go.jp/air/acidrain/monitoring/h26/index.html>
- 9) 岡山地方気象台：岡山県の気象年報 平成27年（2015年）  
<http://www.jma-net.go.jp/okayama/guide/geppo/nenpo27.pdf>
- 10) 堀江洋佑，岩崎綾，濱村研吾，木戸瑞佳，遠藤朋美ら：  
第5次酸性雨全国調査報告書（平成25年度），全国環境研会誌，40，98-142，2015