

弓削島に降った雨水の pH 測定 II

稲岡 紀子生*・友田 進**

Measurement of pH on rain water at Yuge island II

Kimio Inaoka* and Susumu Tomoda**

1. はじめに

最近、酸性雨に関する記事が新聞やテレビで取り上げられることが少なくなった。それは、酸性雨が少なくなったためではなく、記事として注目されなくなったからであろう。2003年3月16日からの京都、滋賀、大阪での“第3回世界水フォーラム”開催に際して、「命の源はいま」と題して上、中、下と「水の危機」の五話が朝日新聞に掲載された。それらによると、日本の「水輸入」量が琵琶湖の2.3個分に相当する。これは日本が輸入している農畜産物や工業製品を国内で生産しようとするれば大量の水が必要で、その分の水は輸入して使っているのと同じ、と考える仮想水の輸入量が640億トンとなることを指している。「水が価値を持つ背景には自然破壊」があるという。バングラデシュでは「雨水を貯水槽に貯め、雨を飲む。空気が汚れていないので、雨もきれいです。ヒ素で汚染された井戸水を飲むよりずっといい」などが記載されていた。その後、世界水フォーラムが開かれたが、米国等によるイラクへの攻撃の報道などによって、水の話はほとんど見られなかった。

地球は、太陽のエネルギーを受け、海から水を蒸発し、空に雲をつくる。雲は雨を降らせ、地上に降り注がれる。集まって湖や河となり、地上の生物や我々人間に恵みを与えつつ、やがて海に戻る。一部は大地にしみ込み、地下水となる。やがて、地上に出て海に戻る。このような水の循環の中で、人間は産業活動のための水や飲料水などを湖や河や井戸などから利用している。大気や地下水の汚染は人間にとって命の源に関わってくる大切な問題である。酸性雨は大気汚染の一つの指標であり、これを観測することは、水のみならず地球環境の問題へ発展する。われわれは、酸性雨の観測を通して、本校学生に、産業活動と地球環境の問題を身近なものとして捉える意識を育てたいという目的がある。

このような観点から、瀬戸内海のほぼ中央に位置する弓削島に降った雨水や池の水、そして海水の pH を測定している。ここでは、1997年から2002年までの観測結果を中心に、前報¹⁾の観測結果と合わせて報告する。

2. 実験方法

雨水の採取は前報とほぼ同じ方法である。海水と池の水は測定当日に採取したものである。pH の測定には東亜電波工業株式会社製のイオンメータ (IM-40S) で複合電極 (GST-5311C) を用いた。あらかじめ、市販の標準液 (pH4.00と pH6.88) を用いてイオンメータを校正した後、試料の測定を行った。それゆえ、本報告の測定値の誤差は1%程度と考えている。pH の値は、各試料に対して3回測定し、その平均を示した。

3. 結果と考察

雨水の pH 測定結果とそのときの温度、雨量を、年度ごとに表1から表6に示す。表には、測定日、採取日および海水と池の水の pH を併記した。表中の空白部は測定値がないものである。海水は弓削島の東海岸 (通称、松原：夏には海水浴場となる) と西海岸 (本校浮き桟橋付近) から採取したものである。池の水は、本校中庭の池 (大きさ10m×6m、深さ0.6m) の水で、1999年4月から測定した。

1997年度は8月に雨が少なかったが、表1に示すように台風が6月に二つと9月に一つ接近し、風と雨をもたらした。台風7号は主に風で、雨量が2mmと少なかった。このときの pH は7.14であった。台風8号と19号では風も強く、雨量も多かった (80mm, 250mm)。そのときの pH は6.35と6.51であり、台風時には比較的高い値を示した。1998年度は7月、8月に雨が少なかった。表2に示したように10月の台風時の pH は5.66と酸性雨と言われる pH に近い値が測定された。1999年度は表3に示したように台風が7月に二つと9月に二つが接近した。それぞれの pH は5.73, 6.10と6.52, 6.47であった。1月から3月に降った雨の pH (4.14~4.73) と比べて高いことがわかる。表4は2000年度のものである。7月、8月はほとんど雨が降らず、台風の接近もなかった。2月、3月は pH 4 のオーダーの雨であった。2001年度の結果が表5である。2001年度は台風が8月に接近し、pH

* 電子機械工学科

** 商船学科

表5 2001年度雨水の pH

年	測定月日 月/日	採取月日 月/日 - 月/日	雨量 (mm)	雨水 pH	温度 RT ()	海水 pH		池の水 pH
						東海岸	西海岸	
2001	4 / 2	3 / 25 - 3 / 31	20	4.54	10.3			8.86
	5 / 9	5 / 1 - 5 / 8	50	4.28	24.5	8.26	8.30	9.61
	6 / 6	5 / 22 - 5 / 24	60	4.96	23.3	8.13	8.18	9.01
		6 / 5 - 6 / 6	20	4.46	23.3			
	7 / 4	6 / 18 - 6 / 20	200	5.17	27.7	8.15	8.19	9.07
	8 / 22	8 / 20 - 8 / 21台風11号		6.12	27.2			9.01
	10 / 10	8 / 30 - 9 / 3	40	6.15	25.1	8.07	8.04	
		9 / 30 - 10 / 1	50	5.77	25.1			
	10 / 9	10 / 9	60	4.45	24.3			
		9 / 6 - 9 / 7	100	6.31	23.2	8.07	8.09	
	10 / 16 - 10 / 17	10 / 16 - 10 / 17	50	4.71	23.2			
		10 / 17	10	5.73	23.3			
10 / 21 - 10 / 22	10 / 21 - 10 / 22	30	4.67	22.9				
11 / 21	11 / 3	20	5.81	24.1	8.20	8.18	8.35	
12 / 12	11 / 29	20	5.18	21.8	8.09	8.14	8.54	
	12 / 5		5.98	22.2				
2002	1 / 16	1 / 16	10	5.37	21.3	8.08	8.06	8.51
	1 / 30	1 / 20 - 1 / 22	20	5.17	19.5	8.13	8.10	8.29
		1 / 26	20	5.22	19.4			
	2 / 28	2 / 27 - 2 / 28	25	3.86	16.4			
合計			805	103.91	448.1	73.18	73.28	79.25
平均			45	5.20	22.4	8.13	8.14	8.81

表6 2002年度雨水の pH

年	測定月日 月/日	採取月日 月/日 - 月/日	雨量 (mm)	雨水 pH	温度 RT ()	海水 pH		池の水 pH
						東海岸	西海岸	
2002	4 / 17	3 / 5	40	4.67	19.2	8.16	8.12	
		3 / 29 - 3 / 31	50	5.43	19.2			
		4 / 11	20	5.16	19.2			
		4 / 16 - 4 / 17	60	4.69	19.3			
	5 / 8	4 / 30 - 5 / 6	50	5.93	22.0	8.14	8.16	8.53
	5 / 29	5 / 9 - 5 / 10	50	4.52	23.6	8.18	8.15	9.38
		5 / 14 - 5 / 15	100	4.64	23.7			
	5 / 15 - 5 / 16	5 / 15 - 5 / 16		4.60	24.1			
		5 / 17 - 5 / 19	10	4.15	23.9			
	6 / 19	6 / 7	20	6.73	25.8	8.07	8.10	8.61
	9 / 18	6 / 24 - 6 / 25	60	6.26	26.8	7.78	8.00	8.29
		6 / 29 - 7 / 1	50	4.83	27.0			
7 / 8 - 7 / 9	7 / 8 - 7 / 9	20	5.42	26.9				
	9 / 16	20	5.83	27.1				
10 / 16	9 / 27	20	6.69	24.7	8.13	8.14	8.12	
10 / 6	10 / 6	10	6.56	24.4				
	10 / 19 - 10 / 20	20	8.07	17.9	7.99	7.91	7.70	
11 / 20	9 / 30 - 10 / 1	30	4.55	17.8	8.05	8.04	8.01	
12 / 18	12 / 4	20	6.25	20.7	8.11	8.10	7.90	
	12 / 17	3	5.40	16.2				
2003	1 / 24	1 / 23	10	4.58	12.9			8.02
	1 / 27	1 / 26 - 1 / 27	15	4.15	13.4			8.09
	2 / 10	2 / 5 - 2 / 8	30	4.62	14.9			8.27
	2 / 12	2 / 11	10	3.97	15.4			8.25
	2 / 19	2 / 16	20	4.23	21.4			8.35
	2 / 25	2 / 22 - 2 / 24	10	3.74	13.4			8.32
	3 / 3	3 / 1 - 3 / 3	30	4.28	14.6			8.41
	3 / 7	3 / 6 - 3 / 7	10	3.98	13.7			8.27
	3 / 20	3 / 15 - 3 / 16	15	4.18	17.9			8.58
	3 / 26	3 / 25	15	5.92	18.8			8.88
合計			818	154.03	605.9	72.61	72.72	149.98
平均			27	5.13	20.2	8.07	8.08	8.33

時に降る雨の酸性が弱いということは、薄まるという効果と、台風の発生から進む進路にあたる地点の大気汚染が少ないためであると推測する。

海水の pH は理科年表²⁾によると7.8~8.6で、海産動植物が生存するとある。測定した海水の pH は平均が8.19であった。これは海産動植物の生存する pH 範囲のほぼ中央の値である。世界の海洋は有毒物質によってど

んどん汚染されているという指摘がある³⁾。弓削島の周りではサザエやひじきなどが採れ、魚も豊富で、釣り人もよく来島する。pH の測定結果がこれらの裏付けとなることがわかる。

池の水は、pH5.6以下の酸性雨がしばしば降っているにもかかわらず、4年間の平均が pH8.52とアルカリ性を示した。池の中には鯉が泳いでおり、スイレンやホテイソウが生えている。池の生態系や土などが pH に影響を与えていると考えられる⁴⁾。

表1から表6までと前報¹⁾のデータを、1991年度から2002年度までについて月ごとの pH をグラフにしたものが図1である。各月の pH は3.5から7.5の範囲にばらついているが、酸性雨の目安となる pH5.6以下のものがデータの半分以上を占めている。また、比較的雨量の多い夏場は高く、雨量の少ない冬場は低いという傾向を読み取ることができる。図2は、1991年度から2002年度までの各月の平均をグラフにしたものである。6月から11月までの pH は比較的高く、酸性雨の目安となる pH5.6以上であった。1月、2月、3月では pH5.0以下を示し、冬場に強い酸性の雨が降っているということがわかる。つまり、pH の値が、夏場高く、冬場低い傾向がはっきりと現れている。

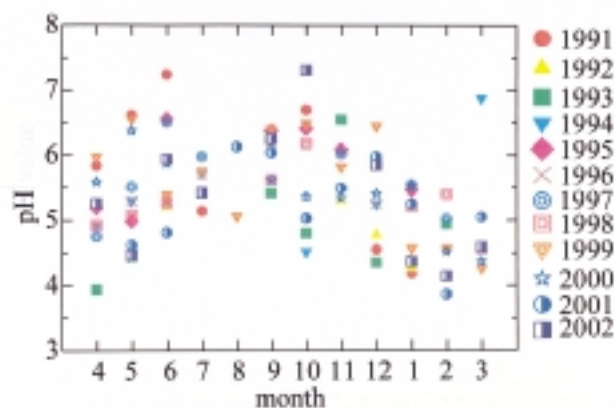


図1 pH in each month (1991 to 2002)

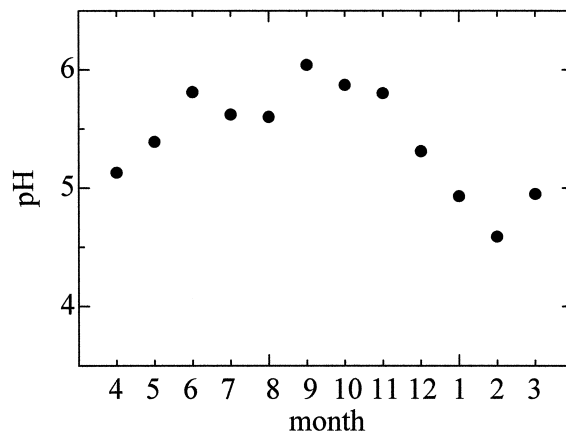


図2 pH in each month (mean value 1991 to 2002)

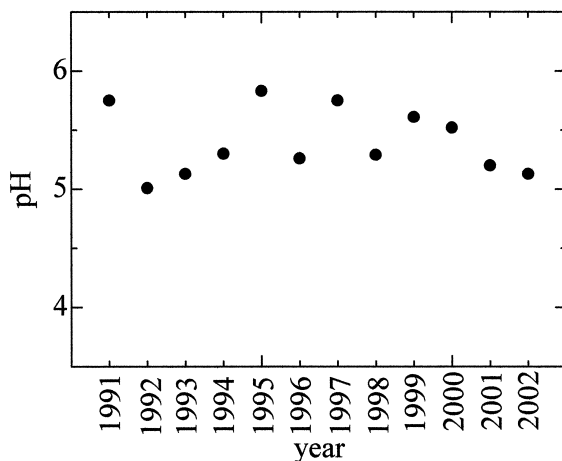


図3 pH in each year (1991 to 2002)

酸性雨はイギリス産業革命以降、産業活動の発展に伴って発生してきた。弓削を中心に見ると、南に四国、北に中国、西には九州、東に関西、東海、さらには関東など多くの工業地帯が存在する。西の風、東の風や冬の北風によって汚染物質が運ばれてくる。

一方、中国からの越境酸性雨の指摘がある⁵⁾。瀬戸内の春にしばしば見られる黄砂現象は黄河流域の黄砂が日本まで飛来する現象であり、空気中の汚染物質も偏西風によって運ばれるから、冬場から春にかけての酸性雨は西からの風（大陸からの偏西風）による影響がその原因の一つと考えられる。しかし、黄砂そのものは、pHの中和機能があるという指摘もある⁶⁾。

自然現象では長崎普賢岳、熊本阿蘇山、鹿児島桜島、東京三宅島などの火山活動も風の向きによって考慮する必要がある。

インターネットで酸性雨を調べた一部を引用する。学研(<http://kids.gakken.co.jp/sanseiu/96akekka.html>)の1996年のデータによると、年平均のpHが全国的に5.3から5.6の間に入っていることや、大きな道路の近くの測定ではより強い酸性を示すことなどが指摘されている。日本海側の福井県衛生環境研究センター(<http://www.erc.pref.fukui.jp/ame.html>)の報告では2001年度一年間の平均が福井市で、pH4.5であり、四国徳島では徳島酸性雨を測る会(<http://www.nmt.ne.jp/sanseiu/cgi/jprecord.cgi?word=2002>)によると、年間値4.36が記録されている。つまり、全国的にpH5.6以下の酸性雨が降っているということがわかる。

1991年度から2002年度について弓削の各年のpH平均値をグラフにしたものが図3である。pHは5から6の範囲にばらついており、1991年度、1995年度、1997年度の3年を除き、多くの年がpH5.6以下であることがわかる。

自動車の排気ガスに関しては、弓削島の人口約3000人と関係し、都市に比べて排気ガス量は少ないと言える。弓削島の近くには1999年5月に開通した“しまなみ海道”がある。しまなみ海道は尾道から、弓削の北に位置する

因島を通り、生口島を渡り、今治まで島を橋で結ぶ“海の道”である。開通の前後におけるpHに顕著な差を認めることはできないので、自動車の公害対策の効果にもよるであろうが、道路上の交通量による影響は比較的小さいと推測する。

酸性霧という言葉もある。瀬戸内には年に数回の濃霧が発生する。今回霧のpHは測定していないが、広島県の三次の霧が、pH3.05~4.85であったと報告されており⁷⁾、霧のpHも測定する必要がある。

ここ弓削は、おおらかに見える瀬戸内の小さな島である。しかし常に酸性雨が降っているという事実は測定に参加した学生たちも驚いていた。風光明媚な瀬戸内海の白砂青松の風景が松枯れや埋め立てなどによって失われてきているが、松枯れの原因が松くい虫によるだけでなく、酸性雨もその原因の一つと考えられるのではなかろうか。弓削でも松原の松くい虫の駆除のための農薬散布が定期的に行われている。本校内でも雑草対策のために除草剤などの薬剤散布が行われる。石弘之は農薬の雨として農薬中毒や食品汚染を指摘している⁸⁾。ここでは、厳密な相関関係を確認していないが、雨水のpH8.07(2002年10月)や池の水のpH10.2(1999年7月)などはこれらの薬剤散布に関係するのではないかと考える。

雨水のpH測定を続けることを通して、学生と共に地球環境に関連して人間の生活と自然現象や産業活動との関係を考える機会を持つことができた。

4. まとめ

雨水などのpH測定によって以下のことがわかった。

- 1) 各月のpHは7.5から3.5まで、ばらついてしたが、半分以上は5.6以下であること。
- 2) 夏場は酸性が弱く、冬場は酸性が強い雨が降ること。
- 3) しばしば酸性雨が降っているが、池の水はpH平均値が8.52であったこと。
- 4) 海水はpH平均値が8.19であった。
- 5) しまなみ海道の開通が雨水のpHに顕著な影響を与えていると認められないこと。

謝 辞

pH測定に参加してくれた本校学生に感謝の意を表するとともに、グラフの作成にあたって、協力していただいた村上知弘氏と湯田紀男氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 稲岡, 友田: 弓削商船高等専門学校 紀要 第20号 平成10年 p. 65
- 2) 国立天文台編: 理科年表(丸善株式会社, 2002年)

p. 863

- 3) 正田誠, 小林孝彰訳: 環境の科学 (学会出版センター, 1990年) p. 131
- 4) 岩田進午: 「土」を科学する (NHK 市民大学, 1989年) p. 18
- 5) 石弘之: 酸性雨 (岩波新書, 1997年) p. 204
- 6) 村野健太郎: 酸性雨と酸性霧 (裳華房, 1998年) p. 79
- 7) 村野健太郎: 酸性雨と酸性霧 (裳華房, 1998年) p. 134
- 8) 石弘之: 地球環境報告 (岩波新書, 1997年) p. 239

