

# 琉球大学学術リポジトリ

## [論文] 沖縄島北部における酸性雨の分布

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄地理学会 公開日: 2018-11-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 糸嶺, 三春, 廣瀬, 孝 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002017752">http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002017752</a>

## 沖縄島北部における酸性雨の分布

糸嶺三春\*・廣瀬孝\*\*

(\*インフォテクノ朝日, \*\*琉球大学法文学部)

### I はじめに

近年、地球温暖化、オゾン層破壊、大気汚染、酸性雨など、様々な地球規模の環境問題が重要な課題として取り上げられている中で、本研究においては酸性雨を取り上げる。酸性雨とは大気汚染物質の窒素酸化物や硫黄酸化物が溶け込んで降る酸性の雨であり、一般的に pH5.6 以下の雨である。人間活動によって大気中に放出された窒素酸化物や硫黄酸化物は、大気中で太陽光、酸素、水分などの働きにより硝酸や硫酸に変化する。大気中に発生したそれらの物質は、雲に取り込まれて雨になったり、雨水により吸収されたりして酸性雨となって地上に降りてくる。酸性雨は、森林の枯渇、土壌の酸性化、河川・湖沼の酸性化、建造物の風化など、様々な影響をもたらしている（たとえば、日本化学会・酸性雨問題研究会、1997）。

日本各地において降水のモニタリング調査がなされ、酸性雨が確認されている。沖縄県においても、旧大里村や国頭村においてモニタリングが行われており、低いときには pH4 程度の酸性雨が確認されている。また、名城(1996)は、1995年に沖縄島内の東村から知念村までの10ヶ所で酸性雨に関する調査を行っている。その結果、pHが最も低い値を示したのは、北谷町で採水された試料で、pH4.8であり、最も高い値を示したのは沖縄市で pH8.2であった。東田ほか(2006)は、石垣島の1地点において、1997年12月から1年間に渡り毎日の降水を調査し、降

水の pH の範囲が、pH4.1~6.9 の範囲であることを示している。

日本における酸性雨の特徴として、日本海側（西海岸側）と太平洋側（東海岸側）の差異があげられる。特に、日本海側の各地においては、北西の季節風が卓越する冬季に硫酸イオンの降水量が増加しており、大陸起源の硫酸イオンが長距離輸送されてきていることが知られている（たとえば、鶴田、1989；北村ほか、1993）。西海岸側と東海岸側における降水の差異に関しては、屋久島、対馬など、より小さな規模である島嶼においても調査がなされている。たとえば、三浦・中野(2004)による、長崎県対馬の堆積岩地域における、河川水の各元素濃度の地理的分布の調査(2002~2003)では、島の西側で硝酸イオン濃度、非海塩起源のカルシウムイオン、マグネシウムイオン、硫酸イオン濃度が高い傾向が認められ、大陸起源の硫黄酸化物や窒素酸化物の影響が示唆されている。このような、西海岸側と東海岸側の酸性雨の分布などの差異には、地形(山地)が大きく影響していることが指摘されている。

沖縄の山地は標高400~500mであり、日本本土や屋久島と比較すると低く、このような地形(低い山地)での西海岸側と東海岸側の酸性雨の違い、さらに分布の状況は明らかになっていない。そこで本研究では、沖縄島北部における酸性雨の分布状況を把握し、西海岸側と東海岸側では酸性雨の程度に違いがみられるかどうかを明らかにすることを目的とする。

## II 研究対象地域と観測地点

西海岸側と東海岸側における酸性雨の分布状況の違いがみられる可能性を考慮し、山地がよく発達している沖縄島北部を研究対象地域とした。酸性雨の観測は、西海岸側で辺野喜ダム、与那フィールド、国頭村森林公園、多野岳、羽地ダ

ムの5ヶ所、東海岸側で普久川ダム、安波ダム、新川ダム、福地ダムの5ヶ所の合計10ヶ所の地点で行った(第1図)。観測地点の選択においては、海塩の影響を出来る限り受けないように海岸付近を避けて、また上空が開けた場所であるかということを考慮し、ダムサイトを中心として選定した。



第1図 降雨採水地点と気象観測地点

(基図は、沖縄GIS研究室渡邊康志氏作成の地上開土図を使用(第4図~第8図も同様))

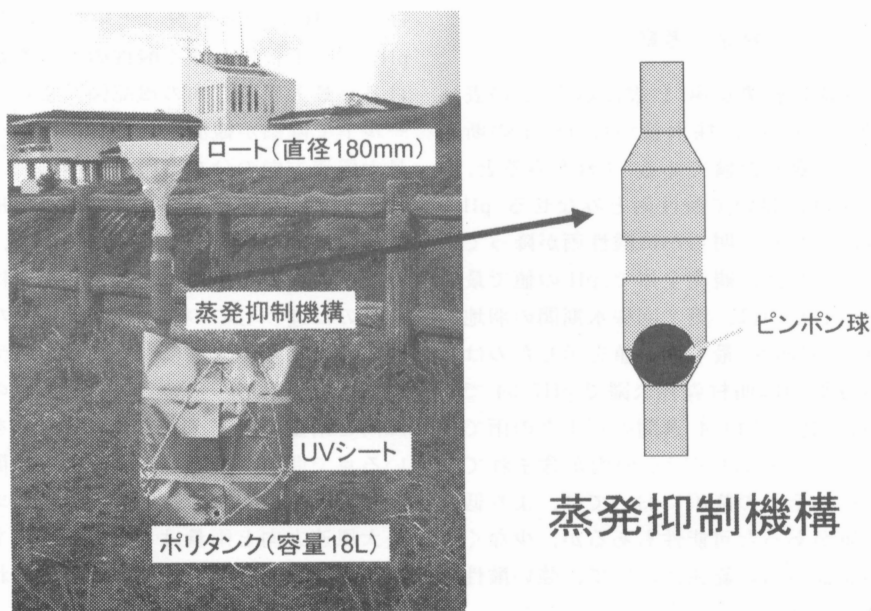
### Ⅲ 研究方法

酸性雨の測定は、各降雨採水地点に第 2 図のような降雨採水装置を設置して行った。この装置は、20ℓのポリタンクに直径 180mm のロートを取り付けたものである。タンクとロートの間には、ピンポン球を利用して、蒸発を抑制するような仕組みを作成して取り付けた。これは、雨水が入るとピンポン球が浮いてタンクに水が入り、通常はピンポン球が蓋の役割をなす仕組みになっている。また、タンクの周囲は UV シートを巻きつけ、ロートの口には、落ち葉などの混入を出来る限り防ぐためにナイロンメッシュを張った。この降雨採水装置は、台風などで飛ばないように、各調査地点に 1 個ずつ合計 10 地点に杭とロープで地面などに固定した。

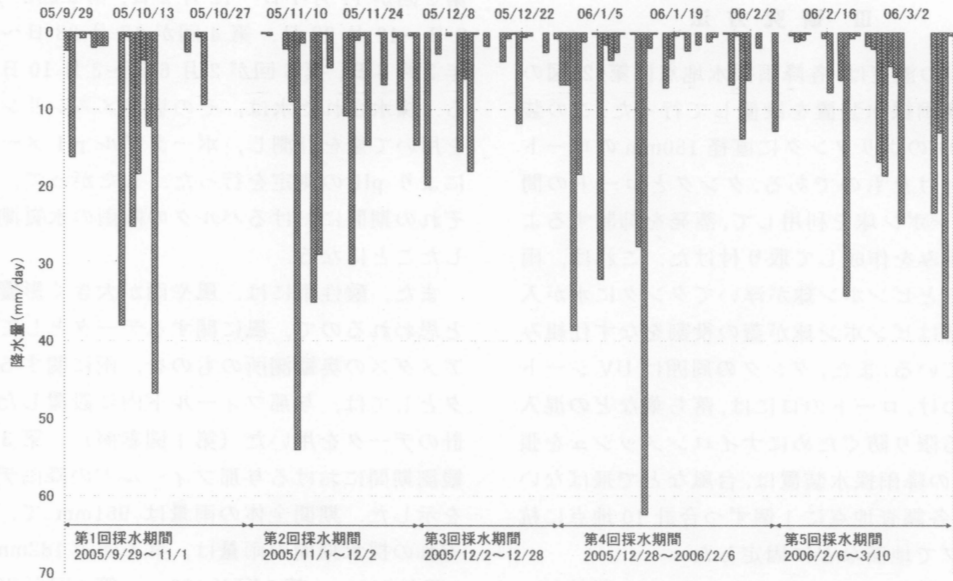
降雨の採水は 2005 年 9 月 29 日から開始し、約 1 ヶ月間隔で計 5 回行った。それぞれの採水期間は、第 1 回が 2005 年 9 月 29 日～11 月 1 日、

第 2 回が 11 月 1 日～12 月 2 日、第 3 回が 12 月 2 日～12 月 28 日、第 4 回が 12 月 28 日～2006 年 2 月 6 日、第 5 回が 2 月 6 日～3 月 10 日である。採水された水は、その場でメスシリンダーを用いて量を計測し、ポータブル pH メーターにより pH の測定を行った。したがって、それぞれの期間におけるバルクの降雨の水質測定をしたことになる。

また、酸性雨には、風や雨が大きく影響すると思われるので、風に関するデータとしては、アメダスの奥観測所のものを、雨に関するデータとしては、与那フィールド内に設置した雨量計のデータを用いた（第 1 図参照）。第 3 図に観測期間における与那フィールドの降雨データを示した。期間全体の雨量は 961mm で、それぞれの採水期間の雨量は、第 1 回が 182mm、第 2 回が 211mm、第 3 回が 100mm、第 4 回が 252mm、第 5 回が 216mm であった。



第 2 図 降雨採水装置とその設置状況



第 3 図 観測期間中の与那フィールドの降雨データとそれぞれの採水期間

#### IV 結果と考察

降雨の水質測定結果を第 1 表に示す.この表で、降水量 (mm) は、採水量からロートの断面積を用いて換算した値である.これを見ると、ほとんどの測定において酸性雨とみなせる pH の値が示されており、明らかに酸性雨が降っていることが示された. 観測全体で、pH の値で最も低い値を示したのは、第 2 回採水期間の羽地ダムで pH3.77 であり、最も高い値を示したのは、第 4 回採水期間の国頭村森林公園で pH7.34 であった. 今回の測定は約 4 週間のバルクの雨で行っており、その中には何回かの雨が含まれているため、それぞれの降雨においては、より低い値や高い値があった可能性もあるが、少なくとも沖縄島北部の広い範囲において、強い酸性の降雨が認められる.

第 4 図～第 8 図に、それぞれの採水期間にお

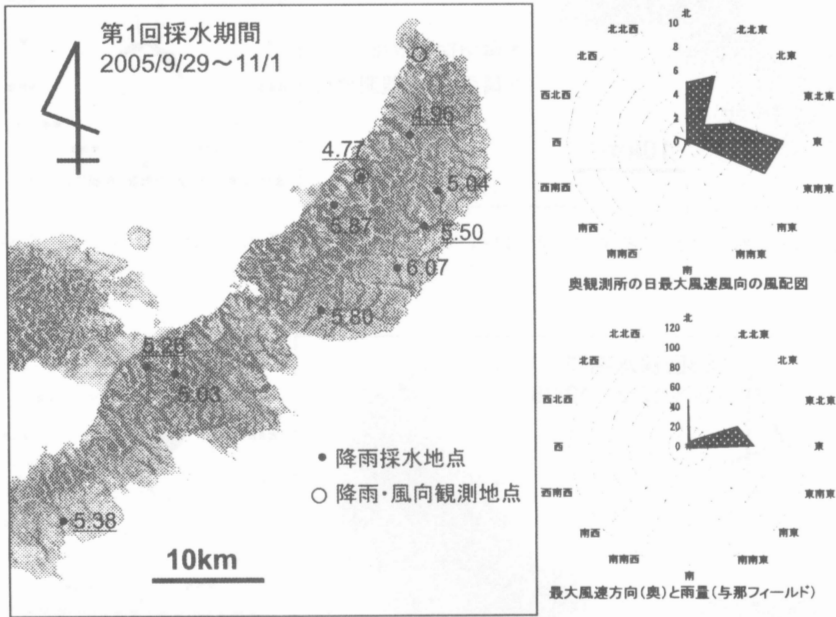
ける、pH の分布状況 (下線のついた数値は、pH5.6 以下のいわゆる酸性雨)、奥観測所における日最大風速方向の風配図、また、与那フィールドで降雨が観測された日のみについての日最大風速方向の分布と雨量を示した. ここで雨量データは与那フィールドのものを用いたが、与那では風の観測をしていないので、風向は奥観測所のものを用いた. 奥と与那では降水量そのものは違うものの、降水があるかないかについて、また量の大小については、日データにおいてはほぼ対応している. また、解析の都合上、風向と雨量のデータとして日データを使用している点で問題が残るが、風配図は期間全体を通してどの方向からの強い風が卓越しているか、最大風速方向と雨量はどの方向からもたらされた雨かをおおむね表していると思われる.

第 1 回採水期間の pH の分布状況 (第 4 図) をみてみると、7 地点で pH5.6 以下の酸性雨の

沖縄島北部における酸性雨の分布

第1表 各採水地点における降雨観測結果のまとめ

地点	標高 m	2005/9/29~11/1			11/1~12/2			12/2~12/28			12/28~2006/2/6			2/6~3/10		
		採水量 cc	降水量 mm	pH	採水量 cc	降水量 mm	pH	採水量 cc	降水量 mm	pH	採水量 cc	降水量 mm	pH	採水量 cc	降水量 mm	pH
辺野喜ダム	160	3410	134.0	4.96	2840	111.6	4.51	2710	106.5	4.49	7060	277.4	4.90	1980	77.8	4.97
与那フィールド	60	4990	196.1	4.77	5090	200.0	4.46	2350	92.3	4.40	6210	244.0	4.80	4880	191.8	4.67
国頭村森林公園	200	4550	178.8	5.87	4560	179.2	4.45	1940	76.2	4.53	6620	260.1	7.34	4400	172.9	6.08
羽地ダム	80	1900	74.7	5.26	3180	125.0	3.77	1470	57.8	4.38	5190	204.0	5.37	2880	113.2	4.71
多野岳	380	5340	209.8	5.03	3650	143.4	4.32	1500	58.9	4.30	8180	321.5	5.16	4400	172.9	4.60
普久川ダム	150	3120	122.6	5.04	5390	211.8	4.39	2880	113.2	4.32	3620	142.3	5.43	5390	211.8	4.64
安波ダム	120	3010	118.3	5.50	2320	91.2	4.16	1720	67.6	4.31	8680	341.1	5.15	4300	169.0	4.87
新川ダム	180	3390	133.2	6.07	5250	206.3	4.34	1580	62.1	4.36	7980	313.6	5.10	4200	165.0	4.82
福地ダム	100	3640	143.0	5.80	4170	163.9	4.35	1600	62.9	5.10	8390	329.7	6.10	3600	141.5	6.80
漢那ダム	50	2610	102.6	5.38	1420	55.8	4.58	1200	47.2	5.06	7360	289.2	5.86	2015	79.2	6.92

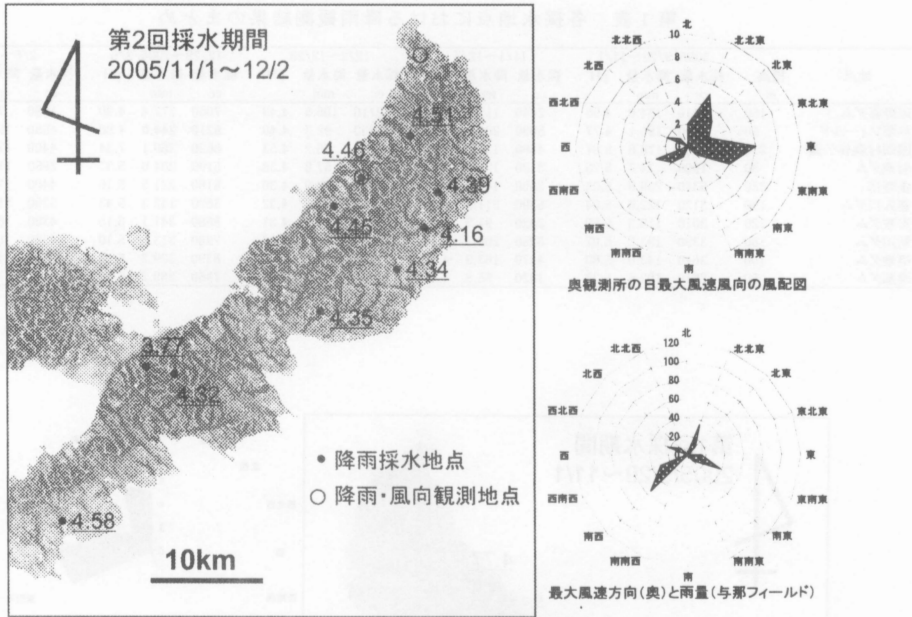


第4図 第1回採水期間(2005/9/29~11/1)における降雨のpHの分布と風向と雨量

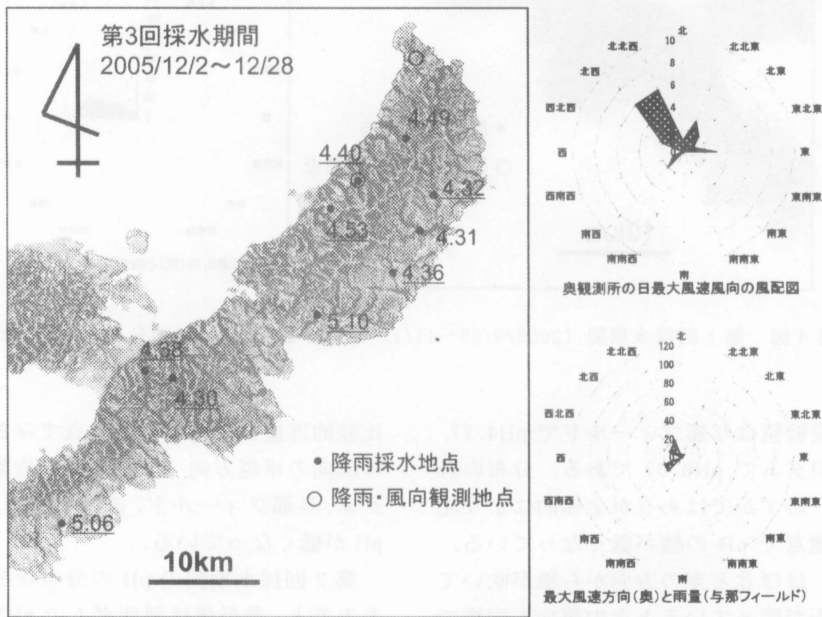
値を示し、最低値は与那フィールドでpH4.77、最高値は新川ダムでpH6.07である。分布の特徴をみると、わずかではあるが全体的により北に位置した地点でpHの値が低くなっている。この期間は、ほぼ北と東の方向から風が吹いており、また、雨が降っているときの風向も同様である。羽地ダム、多野岳、漢那ダムを除いた、

比較的近接した北側の7地点でみると、降雨時の風向の卓越方向(北~東)に位置する辺野喜ダム、与那フィールド、普久川ダム、安波ダムのpHが低くなっている。

第2回採水期間のpHの分布状況(第5図)をみると、最低値は羽地ダムでpH3.77、最高値は漢那ダムでpH4.58であり、すべての地点で

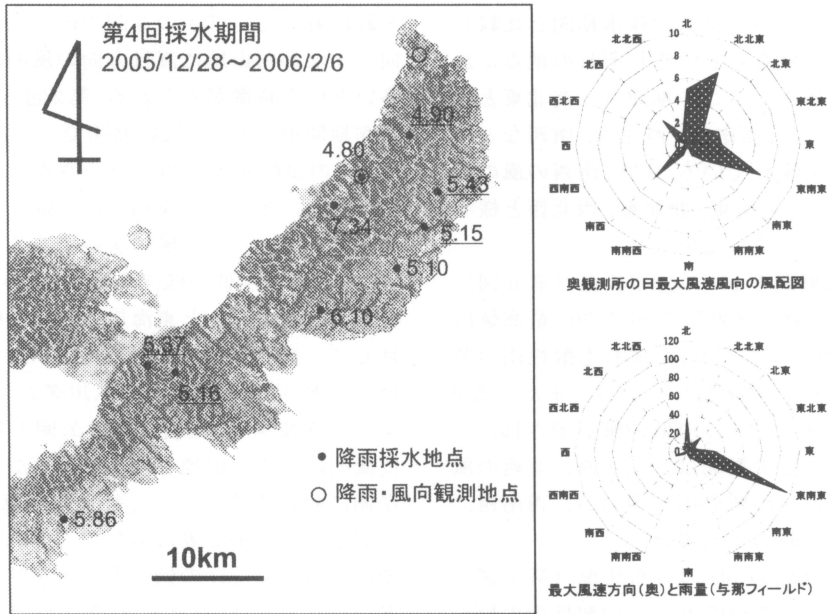


第5図 第2回採水期間(2005/11/1~12/2)における降雨のpHの分布と風向と雨量

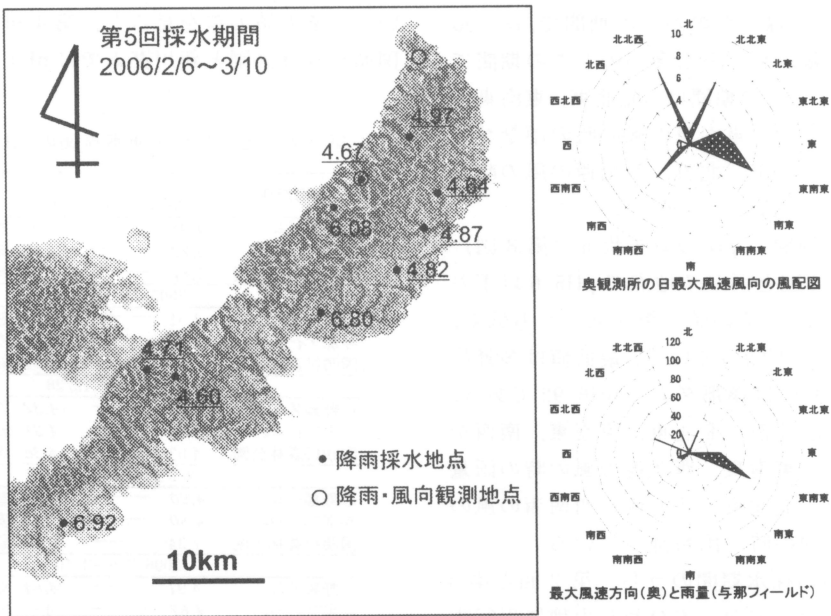


第6図 第3回採水期間(2005/12/2~12/28)における降雨のpHの分布と風向と雨量

沖縄島北部における酸性雨の分布



第7図 第4回採水期間 (2005/12/28~2006/2/6) における降雨のpHの分布と風向と雨量



第8図 第5回採水期間 (2006/2/6~3/10) における降雨のpHの分布と風向と雨量



pH5 を下回っている。ほかの採水期間と比較して全体的に低い値を示し、それぞれの地点における値の差は小さい。この期間は、北北東と東からの風が多いが、西南西、西北西、南西などの西側からの風も現れている。また、南西の風の時の雨量が多いが、東南東、北北東、西北西と様々な風向の時の雨も降っている。

第3回採水期間の pH の分布状況 (第6図) をみると、最低値は多野岳で pH4.30、最高値は福地ダムで pH5.10 であり、いずれも酸性雨の基準値である pH5.6 を下回っている。また、第2回に次いで、多くの地点で低い値が示され、その差も小さい。この期間は、北北西、北西の風が多く、同様な風の時の雨が多いが、西南西、南西からの風の時の雨も多い。

第4回採水期間の pH の分布状況 (第7図) をみると、7地点で pH5.6 以下の酸性雨の値を示し、最低値は与那フィールドで pH4.80、最高値は国頭村森林公園で pH7.34 であり、全観測中で唯一 pH7 以上の値を示した。多くの地点で pH の最高値を記録したのがこの期間で、ほとんどの地点で雨量がもっとも多いのもこの期間である (第1表)。この期間は、北北東、東南東、北からの風が多い。東南東の風の時の雨量が非常に多いが、北、東、北東、西南西の風の時も 10mm 以上の雨が降っている。

第5回採水期間の pH の分布状況 (第8図) をみると、第4回と同じ7地点で pH5.6 以下の酸性雨の値を示し、その値は第4回よりも低く、いずれも pH5 を下回っている。最低値は多野岳で pH4.60、最高値は漢那ダムで pH6.92 である。この期間は、北北西、北北東、東南東、南西からの風が多い。東南東、西北西の風の時の雨量が多いが、東、北北東、北北西、西南西の風の時と様々な風向の時の雨も降っている。

以上の5回の採水期間のうち、第2回と第3回は、北東-南西方向、すなわち山地に平行する方向 (尾根線方向) の風の時の降雨が多い。

それに対して、ほかの3回では、北西-南東方向、すなわち山地に直行方向の風の時の降雨が多いという特徴がみられる。第2回と第3回は、観測期間中で pH が低い期間で、また、10地点の pH の値の差も 1 以下と小さかった。また、羽地ダム、多野岳、漢那ダムを除く、北側の7地点でみていくと、風の吹いてくる方向に近い方が pH の値が低い傾向が若干認められた。

次に、西海岸側と東海岸側との比較に特に着目して、酸性雨の分布状況をみていく。全10地点の内、辺野喜ダムと普久川ダム、与那フィールドと安波ダム、国頭村森林公園と新川ダムが位置的にみて、山地を挟んでの西海岸側と東海岸側に対応するとし、それらの地点のみの pH の測定結果を第2表に示した。それぞれの採水期間において、pH の低い方をイタリックボールドで示した。これを見ると、第1回は西海岸側、第2回、第3回は東海岸側で、3地点とも小さい値を示している。第4回は西海岸側の2地点、第5回は東海岸側の2地点が小さい値を示している。その値の差を見ると、第4回、第5回の国頭村森林公園と新川ダムでは pH1 以上の差が

第2表 西海岸側と東海岸側の pH の比較

西海岸側	2005/9/29~11/1	東海岸側
辺野喜ダム	<b>4.96</b>	5.04 普久川ダム
与那フィールド	<b>4.77</b>	5.50 安波ダム
国頭村森林公園	<b>5.87</b>	6.07 新川ダム
2005/11/1~12/2		
辺野喜ダム	4.51	<b>4.39</b> 普久川ダム
与那フィールド	4.46	<b>4.16</b> 安波ダム
国頭村森林公園	4.45	<b>4.34</b> 新川ダム
2005/12/2~12/28		
辺野喜ダム	4.49	<b>4.32</b> 普久川ダム
与那フィールド	4.40	<b>4.31</b> 安波ダム
国頭村森林公園	4.53	<b>4.36</b> 新川ダム
2005/12/28~2006/2/6		
辺野喜ダム	<b>4.90</b>	5.43 普久川ダム
与那フィールド	<b>4.80</b>	5.15 安波ダム
国頭村森林公園	7.34	<b>5.10</b> 新川ダム
2006/2/6~3/10		
辺野喜ダム	4.97	<b>4.64</b> 普久川ダム
与那フィールド	<b>4.67</b>	4.87 安波ダム
国頭村森林公園	6.08	<b>4.82</b> 新川ダム

見られ、続いて第1回の与那フィールドと安波ダムで約0.7の差、第4回の辺野喜ダムと普久川ダムで約0.5の差がみられているが、その他のほとんどは、0.2以下の差である。したがって、沖縄島北部においては、西海岸側と東海岸側の差は小さくなく、また、どちらか一方の降雨の酸性度が大きいということも特に認められない。

## V おわりに

沖縄島北部の10地点における酸性雨の分布を調査した本研究において明らかになった事をまとめると、以下ようになる。

1. 最低pH値3.77(羽地ダム)をはじめとして、ほぼ毎回ほとんどの地点において、pH5.6以下の酸性雨が確認された。特に、11月、12月のpHが低い傾向がみられた。

2. 降雨のpHの値と採水期間の風向(降雨があるときの風向)との関係が若干認められた。降雨時の風上側に位置する地点のpHが低い傾向にあった。

3. 西海岸側、東海岸側の、どちらかの降雨のpHが一方向的に低いという傾向は認められず、観測時期によって酸性雨の分布状況に違いがみられた。沖縄島北部は標高400~500mという低い山地であるため、全期間を通して一貫してみられるような山地の大きな影響はないものと示唆される。しかし、時期によって変化する風向や雨の影響が認められることから、標高400~500mの山地でも分布状況に影響を与えている可能性はある。

本研究においては、酸性雨の指標としてpHのみを用い、また、風向や雨の影響に関しては、1地点の日データを用いて解釈を行っている。また、調査期間も2005年9月29日~2006年3月10日の約半年間であった。本研究では、沖縄島北部の標高400~500mという低い山地地形が酸性雨の分布状況に若干影響を与えているこ

とは示唆されたものの、どのような影響がどの程度およんでいるのかについてなど、残された課題は多い。その解決のためには、酸性雨をより詳細に評価するための水質分析、風・雨の解析地点の追加、季節変動なども視野に入れた長期間におよぶ観測などが必要である。

本研究を進めるにあたり、琉球大学法文学部地理学教室の前門 晃教授には、非常に有意義な助言をいただきました。また、琉球大学理工学研究科COE研究員(現:筑波大学陸域環境研究センター)の青木 久博士、琉球大学法文学部地理学教室の先生方にも貴重なアドバイスをいただきました。また、内閣府沖縄総合事務局北部ダム統合事務所および各ダム管理支所の方々、国頭村役場、いこいの村おきなわの安里 力支配人、琉球大学亜熱帯フィールド科学教育研究センター与那フィールドの方々には、採水装置設置や調査に関して多くの便宜をはかっていただきました。沖縄GIS研究室の渡邊康志氏には、沖縄島の地上開土図の使用を快く承諾していただきました。地理学教室学生の加來友花さん、眞榮喜 弥生さん、宮良 ゆりかさん、銘苅 枝里奈さん、琉球大学教育学部の重見有香さんには現地調査に協力して頂きました。以上の方々に心から感謝いたします。本研究は著者の一人の糸嶺が行った卒業研究を骨子に加筆・修正したものである。

## 文 献

- 東田盛善・隈田昌良・佐竹 洋(2006):石垣島の降水の水素・酸素同位体組成および化学組成の特徴。地球化学, 40, 111-123.
- 北村守次・杉山 実・大橋哲二・中井信行(1993):硫黄安定同位対比からみた石川県の降水中の硫酸イオンの起源の推定。地球化学, 27, 109-118.
- 鶴田治雄(1989):東アジアの酸性雨。科学, 59, 305-315.
- 名城 敏(1996):沖縄の酸性雨に関する研究(第1報)

糸 嶺 三 春・廣 瀬 孝

— 沖縄本島に降る雨の pH および硝酸イオンの含有量について —. 沖縄国際大学商経学部 商経論集, 24, 197-211.

日本化学会・酸性雨問題研究会 (1997) : 『身近な地球環境問題—酸性雨を考える—』コロナ社,

220 ページ.

三浦優太・中野孝教 (2004) : 長崎県対馬における河川水の地球化学—越境汚染物質の影響と岩石風化の寄与—. 日本陸水学会第 69 回大会 (新潟大会) 講演要旨集.