

三嶺山頂における酸性雨環境影響調査について

徳島県保健環境センター

細川 晴美・牛川 務・林 修三
濱口 智亘・平井 裕通・岸本 和之

Study on the Effect of Acid Rain on environment at the summit of Mt. Sanrei in Tokushima

Harumi HOSOKAWA, Tsutomu USHIKAWA, Syuzo HAYASHI, Hiromichi HIRAI, Kazuyuki KISHIMOTO

Tokushima Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences

I はじめに

酸性雨については、既にヨーロッパや北米においては森林や湖沼への影響が大きな問題となっている。わが国においても、現時点においては酸性雨による生態系への影響は顕在化してないものの、欧米と同レベルの酸性雨が観測されており、現在のような酸性雨が今後も降り続くと、将来、土壌・植生等への影響が現れることが懸念される。人為的汚染のない地点での調査は酸性雨の影響を予測する上で大変有効であると考えられる。また、酸性雨の原因物質は国内に起因するものと、国外からの長距離輸送によるものがあり、このような地点での調査では主に長距離輸送による汚染の状況を知ることができる。

これまでに当センターは酸性雨の陸水への影響を調査する目的で人為的汚染が比較的少ないと考えられる剣山系の三嶺山頂にある池において非定期的に pH 及びその他項目について調査を行ってきたが、その結果は環境庁において実施された「第3次酸性雨対策調査」¹⁾の調査対象湖沼と比較して(火山性の湖沼を除いた)低 pH (pH 5 付近) という結果が得られてきた。今回、平成 15 年において三嶺山頂の池と降水について調査を行ったので報告する。

II 調査方法

1 調査期間

平成 15 年 4 月から 11 月

2 調査地点

徳島県剣山系・三嶺山頂 (標高 1,893 m) 図-1, 2

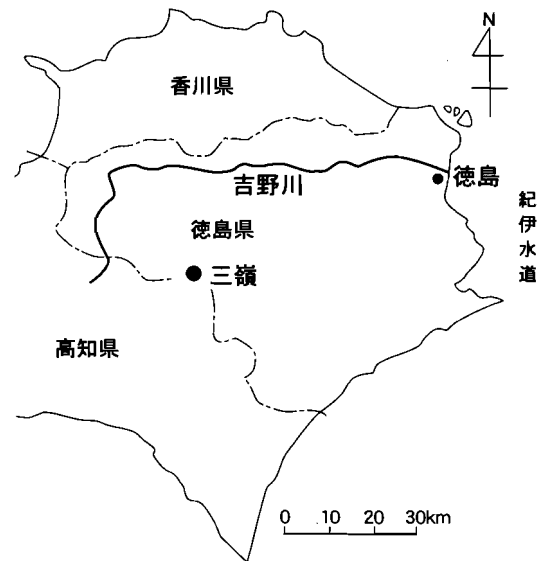


図-1

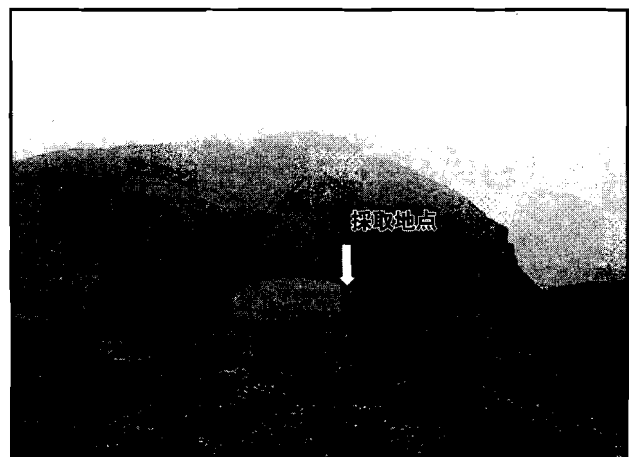


図-2

3 調査池の概要

三嶺は徳島、高知両県にまたがる山岳でコマツツジとミヤマクマザサの植生地帯である。この山頂付近に小規模(約20m×15m)であるが天然の集水域があり、流入および流出河川が見られない人為的汚染の比較的少ない池である(以下、山頂池という)。

4 調査項目及び測定方法等

(1) 陸水調査

山頂池において表層水を採取し、pH、電気伝導度(EC)、各種イオン成分の調査を行った。

① pH: ガラス電極法

EC: 導電率計による方法

② Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}

: イオンクロマトグラフ法

(2) 降水調査

山頂(ヒュッテ横)にろ過式採雨器(遮光)を設置し、ほぼ1ヶ月ごとに回収し、pH、電気伝導度(EC)、各種イオン成分の調査を行った。ただし、比較に用いた徳島市は1週間ごとに採取したものであり、ろ過式採雨器を使用している。

III 調査結果と考察

1 陸水調査

山頂池の調査結果を表-1に示す。

< pH >

山頂池水のpHの範囲は4.80~6.87であり、4月26日に最高値(6.87)を示し、5月27日(4.80)に最低値を示したが、pH5台の酸性で推移していた。測定回数9回の平均pHは5.57であった(図-3)。環境省の全国調査ではpHの範囲は2.5~9.0で、pH=6.5~7.0にピークがあり、pH=4.5~5.0にも小さなピーク分布を示す²⁾が、山頂池水のpHはこの酸性寄りのピーク群に近い値といえる。山頂池は人為的汚染源が少なく、栄養度も低い水面標高の高い池であり貯水量も少ないた

め流入物質の影響を受けやすく、酸性化の現象が顕在化しやすい環境にあることも原因している可能性があると考えられる。
< EC >

山頂池のECの範囲は0.5~1.8mS/mであり、平均は0.86mS/mであった。環境省の全国調査では0.7~1370mS/mであり²⁾、山頂池のECは低い傾向にあるといえる。一般にECの低い水は溶存イオンが少なく、酸緩衝能が小さいため酸性物質の付加によりpHが低下しやすい。

< イオン成分濃度 >

山頂池水のイオン成分の濃度は全体的に低い値を示した。酸性化に寄与する NO_3^- 、 SO_4^{2-} では、 NO_3^- 濃度は低い濃度レベルで推移しているが、 SO_4^{2-} 濃度においては測定日によって変動した。また、陰イオン成分の割合については NO_3^- より SO_4^{2-} の割合が大きかった(図-4、5)。

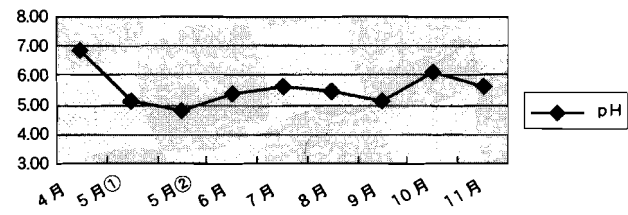


図-3 三嶺池のpH

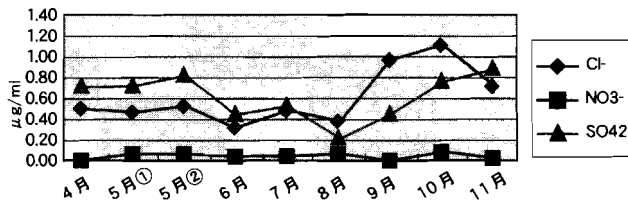


図-4 三嶺池水イオン濃度(アニオン)

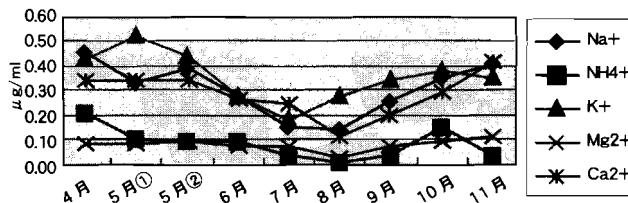


図-5 三嶺池水イオン濃度(カチオン)

表-1 三嶺池水

採水日	4月26日	5月10日	5月27日	6月26日	7月29日	8月28日	9月28日	10月29日	11月25日
天候	晴	晴	曇り	曇り	雨	晴	晴	晴	晴
pH	6.87	5.15	4.80	5.36	5.61	5.48	5.16	6.09	5.60
EC mS/m	0.53	0.72	0.88	0.66	0.74	0.52	1.76	1.06	0.83
Cl^- $\mu\text{g/ml}$	0.55	0.50	0.56	0.33	0.51	0.40	1.02	1.19	0.75
NO_3^- $\mu\text{g/ml}$	0.00	0.06	0.06	0.04	0.04	0.07	0.00	0.09	0.03
SO_4^{2-} $\mu\text{g/ml}$	0.76	0.77	0.88	0.47	0.56	0.21	0.46	0.81	0.94
Na^+ $\mu\text{g/ml}$	0.46	0.33	0.39	0.27	0.16	0.14	0.25	0.35	0.41
NH_4^+ $\mu\text{g/ml}$	0.21	0.10	0.10	0.10	0.03	0.01	0.04	0.15	0.04
K^+ $\mu\text{g/ml}$	0.43	0.52	0.44	0.28	0.19	0.28	0.34	0.38	0.36
Mg^{2+} $\mu\text{g/ml}$	0.09	0.08	0.10	0.07	0.07	0.03	0.08	0.10	0.12
Ca^{2+} $\mu\text{g/ml}$	0.35	0.34	0.34	0.26	0.25	0.11	0.20	0.29	0.42

2 降水調査

三嶺山頂の降水（以下、山頂降水という）調査結果を表-2に示す。

<pH>

標高が高い山頂は、都市部と比較し地域的発生源の影響が小さく、大陸からの長距離輸送の影響を受けやすい。また、雲粒の生成過程で取り込まれる部分（レインアウト）と地上まで落下する過程で取り込まれる部分（ウォッシュアウト）では、平地に比べウォッシュアウトの影響が小さいと予想される。山頂降水の値はこのような性質をもっていると考えられる。山頂降水のpHは4.72～5.34であった。これは徳島市（平地都市部）の降水のpHと比較すると、9月は三嶺が低かったが、それ以外は徳島市よりやや高かった（図-6）。

<イオン成分濃度>

山頂降水中のイオン成分は徳島市（都市部）よりも低濃度を示すことが多かったが、期間やイオン種によっては、平地と同レベルの濃度を示すこともあった（図-7, 8, 9, 10）。

Ca²⁺、Mg²⁺などの土壌起源成分、Na⁺、Cl⁻に代表される

表-2 三嶺降水

採取開始日	7月12日	7月29日	8月28日	9月28日	10月29日
採取終了日	7月29日	8月28日	9月28日	10月29日	11月25日
天候	雨	晴	晴	晴	晴
降水量 mm	150.1	519.5	249.4	148.1	228.6
pH	5.21	5.34	4.72	5.11	5.12
EC mS/m	0.8	0.4	1.7	2.6	0.7
Cl ⁻ μg/ml	0.13	0.17	0.64	0.31	0.34
NO ₃ ⁻ μg/ml	0.30	0.18	0.20	0.65	0.44
SO ₄ ²⁻ μg/ml	0.98	0.33	0.98	1.78	0.72
Na ⁺ μg/ml	0.10	0.10	0.38	0.33	0.35
NH ₄ ⁺ μg/ml	0.36	0.09	0.20	0.28	0.13
K ⁺ μg/ml	0.12	0.05	0.06	0.12	0.14
Mg ²⁺ μg/ml	0.02	0.01	0.04	0.04	0.04
Ca ²⁺ μg/ml	0.13	0.06	0.07	0.18	0.22

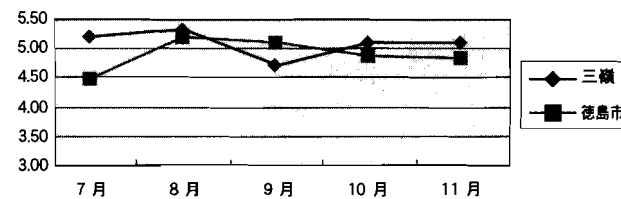


図-6 pH（降水三嶺と徳島市の比較）

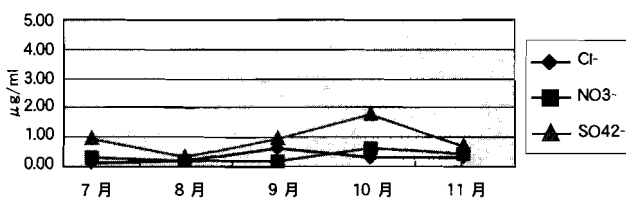


図-7 三嶺降水イオン濃度（アニオン）

海塩起源成分、酸性化に寄与するSO₄²⁻、NO₃⁻が含まれていた。NO₃⁻は全測定期間において徳島市より低い値を示した。それに比べてSO₄²⁻は徳島市と同レベルが高いこともあったが、これは、大気中に放出されたSO₂ガスは化学反応によってSO₄²⁻に酸化されるが、気相での酸化速度はNO₂がHNO₃に酸化される速度に比べて約1/10と遅く、また生成したSO₄²⁻は乾性沈着速度がHNO₃に比べて遅いため長時間滞留し、長距離輸送されやすい性質³⁾のためと考えられる。

<山頂池水と山頂降水>

山頂池水と山頂降水のpHの変化を比較すると、同じような挙動を示した（図-11）。

このことから山頂降水が山頂池水のpHに影響している可能性が考えられる。

<降雨による沈着量>

沈着量は生態系に対する酸性成分の長期的な影響の把握の指標となる。

三嶺と徳島市の降水量と降雨による沈着量（イオン濃度×降水量）を示す（図12, 13, 14）。

降水量においては、三嶺のほうが多い傾向にあった。

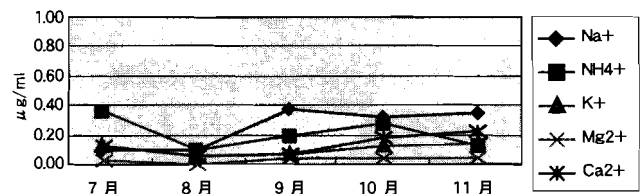


図-8 三嶺降水イオン（カチオン）

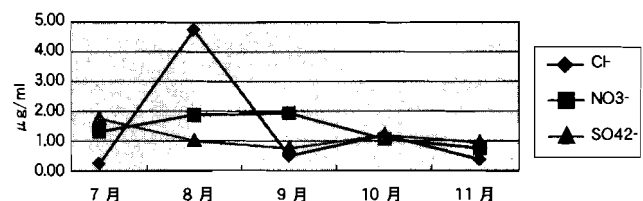


図-9 徳島市降水イオン濃度（アニオン）

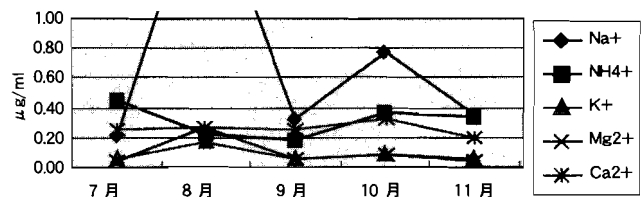


図-10 徳島市降水イオン濃度（カチオン）

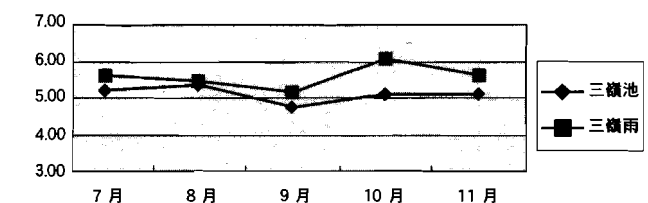


図-11 池と雨pH

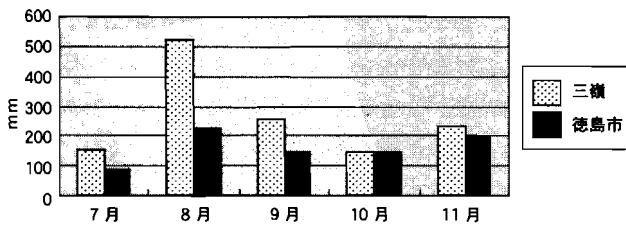


図-12 降水量

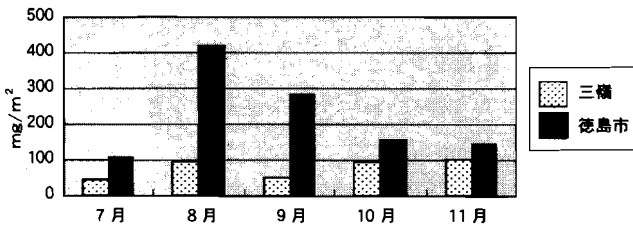


図-13 NO₃⁻沈着量

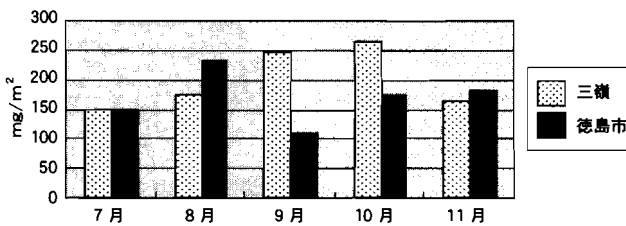


図-14 SO₄²⁻沈着量

沈着量においては、NO₃⁻では徳島市より三嶺のほうが少なかったが、SO₄²⁻では差は小さいものの三嶺が多くなった。これは、降水量が徳島市より三嶺が多いことに起因するものであり、SO₄²⁻の濃度レベルに差がないため、地表面に沈着する量としては三嶺が多くなった。

IV まとめ

酸性雨の陸水への影響を調査する目的で人為的汚染が比較的少ない剣山系・三嶺山頂にある池において調査を行った。その結果、

- (1) 山頂池の測定回数9回のpHは5.57であり、5.5以下の酸性を示すこともあった。ECの平均値は0.86mS/mであり低い傾向を示した。
- (2) 山頂降水のpHは4.72～5.34であった。これは、徳島市(平地都市部)の降水のpHと比較すると、やや高い値を示すことが多かった。イオン成分においては、降水の酸性化に寄与するSO₄²⁻は平地と同レベルの値を示すこともあった。同じく酸性化に寄与し、都市部に多い傾向を示すNO₃⁻においては、平地より低い値で推移していた。山頂降水における汚染は、大陸からの長距離輸送の影響を大きく受け、長距離輸送されやすい性質をもつSO₄²⁻の寄与が大きくなった可能性が考えられた。
- (3) 山頂降水のpHと山頂池のpHの変化を比較すると同じような挙動を示した。このことから、降水が山頂池のpHに影響を与えている可能性があると考えられた。山頂池は貯水量が少なく、ECも低いいため溶存イオンが少なく緩衝能が低い状態にあり、降水による影響が表面化されやすい可能性があると考えられる。

文 献

- 1) 環境庁, (財)日本環境衛生センター酸性雨研究センター: 第3次酸性雨対策調査データ集 (1999)
- 2) 酸性雨対策検討会: 酸性雨対策調査総合とりまとめ, (2004)
- 3) 鹿角孝男: 山の大气環境科学, 108, 養賢堂 (2001)