

14. 陸水環境に及ぼす酸性雨の影響に関する研究

前川勉，田川専照，沢田稔之佑
日吉三郎，有賀紀

I 緒 言

雨水の酸性化は，北アメリカやヨーロッパで著しく，森林を枯らし，湖沼の生物を殺すなど，生態系に大きな影響を及ぼしている¹⁾²⁾ わが国においても，雨水の酸性化に関する報告が数多く見られるが³⁾ 森林等の生態系に対する被害に関する報告は，一部の報告を除いて見られていない⁴⁾

本県においても，酸性雨についての調査が続けられているが，これらの結果では，少なくとも平野部や都市部の雨水は酸性化していることが示されている⁵⁾⁶⁾

そこで，酸性雨が陸水および土壌等の環境に及ぼす影響について，調査研究を実施している。本報では，陸水における実態調査結果と，アルカリ度を指標とした酸性雨に対する陸水環境の容量について報告する。

II 調査方法

調査は，人為汚濁源の少ない地域のバックグラウンド調査と，主要河川における実態調査に別けて実施した。

1. 調査場所と調査日時

a) バックグラウンド調査

真名川上流の支川・雲川及び笹生川，および，広野ダムと武周ヶ池，敦賀半島の小河川について調査した。調査場所は図-1に示したとおりである。

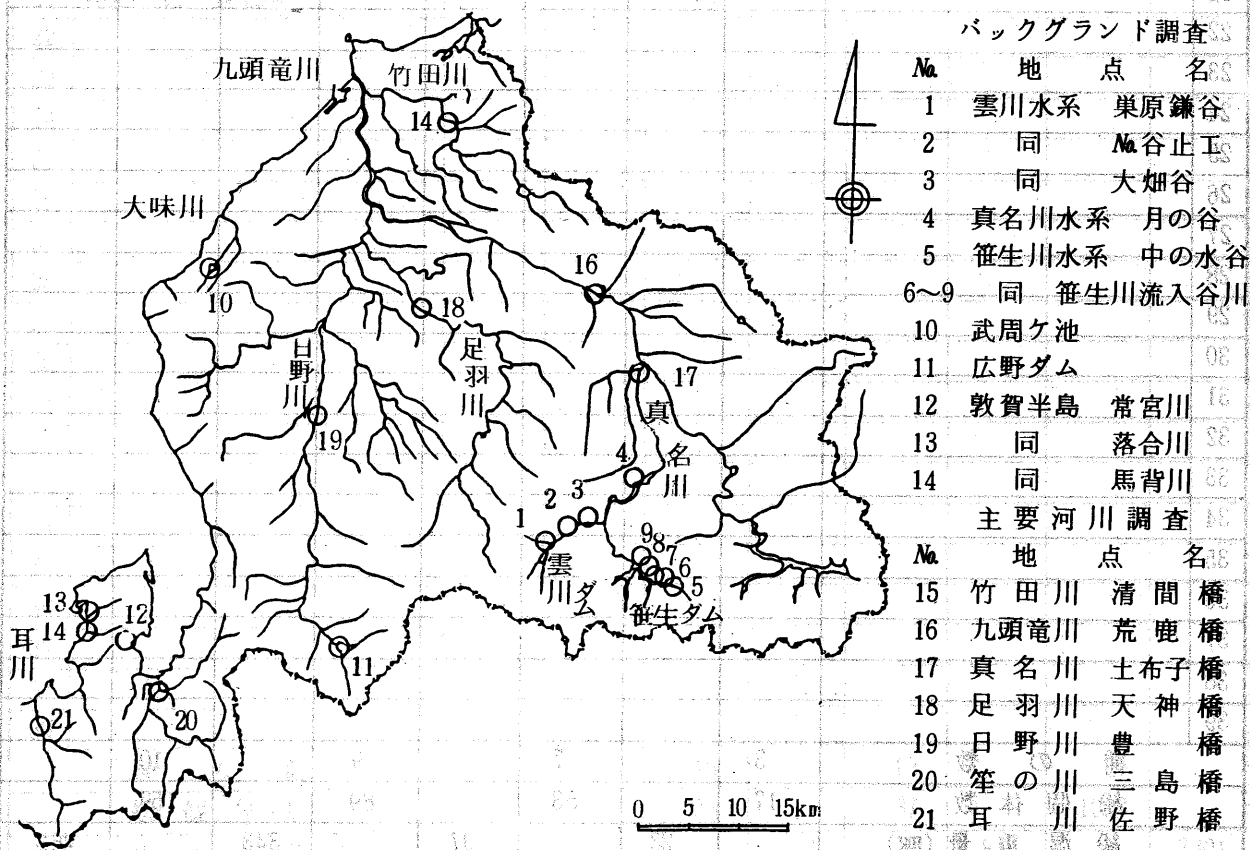


図-1 調査場所

雲川水系 真名川水系 地図上№1～4

調査日 昭和60年10月16日, 11月5日, 11月18日

笹生川水系 地図上№5～9

調査日 昭和60年9月20日

武周ヶ池, 広野ダム 地図上№10, 11

調査日 昭和60年10月14日

敦賀半島 常宮川, 落合川, 馬背川 地図上№12～14

調査日 昭和60年11月27日

尚, 雲川水系と真名川水系の調査は, 降雨水の調査も同時に実施した。降雨水の調査結果については, 山田らが報告している⁶⁾

b) 主要河川における実態調査

県の常時監視地点のうち, 比較的人為汚染源の少ない地点について, 実態調査を行った。調査地点は図-1に示すとおり。

本調査期間は, 9月から翌年2月までの秋から冬にかけての短期間の調査結果であるが, 雨水の成分調査結果において, 季節変化はあまりないか, 又はむしろ, この時期に酸性化が強くなる傾向があることから, 陸水への影響を論ずる場合には好都合であると思われる。

2. 分析方法

分析方法の概略は次のとおりである。

PH ; ガラス電極法

アルカリ度 ; M-アルカリ度 ; N/50塩酸による滴定 (指示薬 : メチルレッド混合指示薬)

硬度 ; N/100 EDTA 滴定法

Ca, Mg, Na, K ; 原子吸光光度法 (フレイム法 : 日本ジャーレルアッシュ社 AA855型)

Al, Fe, Mn ; フレイムレス原子吸光光度法 (日本ジャーレルアッシュ社 AA8500型)

ケイ酸イオン ; モリブデン黄法

硫酸イオン ; クロム酸バリウム法 (雨水の分析 : 角皆ら)

塩素イオン ; 硝酸銀滴定法 (モール法)

硝酸イオン ; サリチル酸ナトリウム法 (衛生試験法)

III 結果と考察

1. 県内の雨水のPHの実態

県内の雨水の調査は, 昭和42年からダストジャー法で, 昭和52年から分別採取法で主として, 福井・坂井地区で実施されているが⁵⁾⁶⁾ そのうち, 公害センター (福井市原目町 ただし昭和47年度以前は旧庁舎所在地・福井市文京1丁目) のデータを図-2に示した。

ダストジャー法のPHは, 昭和

49年と51年にやや高い値が見られ, 変動の大きい年も見られるが, PH

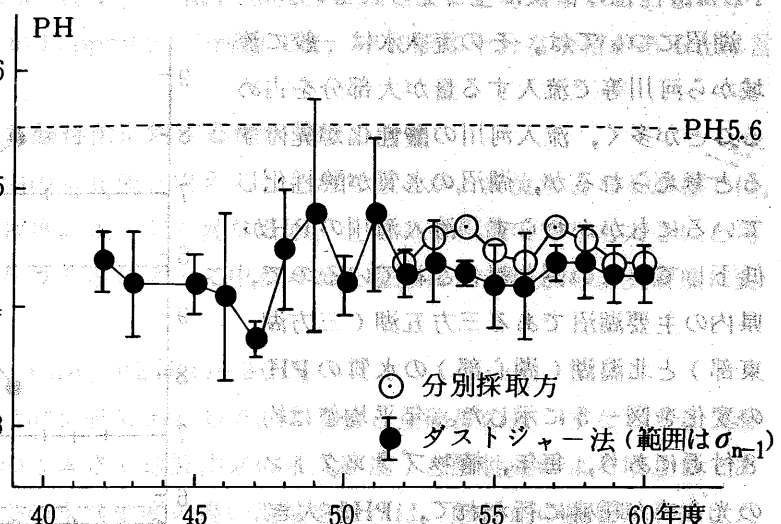


図-2 公害センターにおける雨水のPH(年平均)の変化

注) 昭和47年までは, 旧庁舎 (旧市内) での測定結果

約4～5の狭い範囲で変化していることが認められる。ダストジャーの方法は、雨水の蒸発や変化等の問題があるが、分別採取法の年平均値と比較すると、PHが0.1～0.3低く示され、このことを考慮すれば降雨水のPHの平均的な値を反映していると考えられる。

すなわち、公害センターでは、昭和42年にすでに、雨水は酸性化し、その後約20年間、大きな変化は見られず、その年平均値は、4.5前後である。福井市内や坂井郡の各地のダストジャーの値も、測定期間はそれほど長くないが（坂井郡 昭和50年度より11年間 4地点）、同様な傾向を示している。県内の都市部での昭和59年度の調査結果でも、各測定地点の雨水の酸性化が認められている⁶⁾

2. 県内の水域の水質のPH

福井県内の水域の水質に、酸性雨の影響があったかどうかを見るために、主要な水域と人為的な水質汚濁の負荷の少ない水域および湖沼の水質のPHについて検討する。

県内で最も大きく、嶺北地方のほとんどを流域とする九頭竜川は、布施田橋で、9割以上の水を集めるが、この布施田橋の水質は、嶺北地方の全体の状況を反映していると考えられる。

この布施田橋の水質のPHは、図-3に示したように、昭和45年以来ほとんど変化がなく、年平均値は、7.1～7.3で、年間の測定値の変動は標準偏差で0.3程度である。

次に、布施田橋では、工場排水も多く流入しているので、水質常時監視地点のうち人為的な汚濁負荷の小さい足羽川-天神橋と耳川-佐野橋の水質のPHを図-4に示した。いずれも、変化は布施田橋より大きい、PHの年均値は天神橋で7.5、佐野橋で7.4であり、その年間の測定値の変動は標準偏差で0.5以下である。従って、人為的汚濁負荷の小さい地点でも、水質のPHは酸性化の徴候は全く見られない。

湖沼については、その流入水は一般に流域から河川等で流入する量が大部分を占めることが多く、流入河川の酸性化が先行すると考えられるが、湖沼の水質が酸性化しているにもかかわらず、流入河川のPHが低下していない例も報告されているので、県内の主要湖沼である三方五湖（三方湖東部）と北潟湖（湖心部）の水質のPHの変化を図-5に示した。年平均値は約8付近にあり、毎年、植物プランクトンの光合成が旺盛に行われて、PHが大きく変動しており、河川同様に全く、酸性化の徴候が認められない。

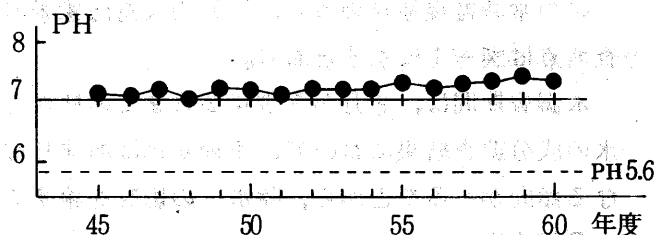


図-3 布施田橋の水質のPHの経年変化

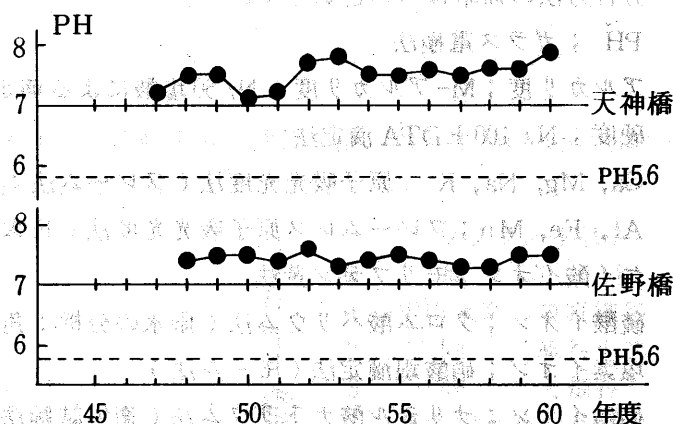


図-4 人為負荷の少ない河川水の水質のPHの経年変化

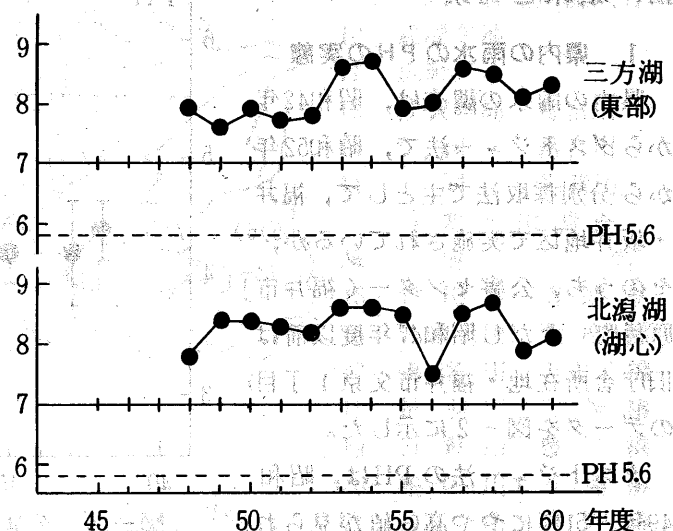


図-5 県内の湖沼水の水質のPHの経年変化

3. バックグラウンドレベルの表流水のPHとアルカリ度

従来の水質や雨水の調査は、何らかの人為負荷のある地域ばかりであったが、酸性雨が広い範囲に及ぶことが指摘されており、県内においても、人為的負荷源の全くない地域での雨水や表流水のPHの実態を把握するために、雲川水系で調査を行った。この時の雨水の調査結果は、山田らが報告しているが、採雨できた5回(約120mm)の調査(一降雨採取…降りはじめから降り終りまで)で、3回がPH5.6を下回り、最も低値は、4.8であり、分別採取法で、PH4.2の雨が降っている⁶⁾。この時の雲川水系の谷川の水のPHは、すべて7以上であり、酸性化は見られなかった。アルカリ度も、本邦の一般的な値であり、酸性雨を中和している緩衝機能を果たしているためである。

その他の地点でも、酸性化は認められない。

しかし、敦賀半島では、水のPHが、やや低い傾向があり、これは、この地域が、花崗岩地帯で土壌の中和力が小さいことによると考えられ、アルカリ度も他の地域よりも低い値である。

アルカリ度は、一般には、そのほとんどが炭酸塩によるものと考えられるので、このアルカリ度による酸の中和能は

アルカリ度 10 ppm

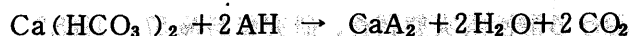
$$= 10 \text{ mg CaCO}_3 / \ell$$

$$= 2 \times 10^{-4} \text{ eq} / \ell$$

であり、これは、鉍酸 $2 \times 10^{-4} \text{ eq} / \ell$ に相当し、酸性雨PH約3.7に相当すると考えられる。したがって、敦賀半島のように、アルカリ度が10 ppm以下の河川では、中和能に十分な余裕があるとは言えないと思われる。

4. 水のアルカリ度と全硬度から見た酸性雨に対する陸水環境の容量

上述のように、アルカリ度は、酸性雨の中和能と考えることができるが、表流水となる過程では、降雨から流出するまでの時間の遅延の程度によっても異なるが、土壌の中和能の寄与も大きいと考えられる。したがって、土壌や水のアルカリ度によって中和された鉍酸は、表流水の永久硬度に変わる。



アルカリ度は、一般に炭酸硬度とほぼ同じ値であるので、この値と全硬度の差、すなわち永久硬度の大きさは、本来の水系の永久硬度の大きさ(地質由来の永久硬度)と酸性雨による増加量であり、永久硬度の割合の増加は、地質由来の永久硬度の高い流域を除けば、酸性雨の影響が進行したことを示すので、将来の酸性雨の影響の予知のために、有効な方法であると考えられる。

県内のバックグラウンドレベルおよび主要な河川のアルカリ度と硬度の調査結果は、表-2に示し

表-1 バックグラウンドレベルの

河川・湖沼水のPHとアルカリ度

場 所 名	No	回 数	PH	アルカリ度
雲 川 巢原鎌谷	1	3	7.5 ± 0.10	24 ± 4
No谷止工	2	3	7.8 ± 0.12	45 ± 5
大 畑 谷	3	3	7.3 ± 0.20	21 ± 5
真名川 月 の 谷	4	3	7.2 ± 0.10	15 ± 4
笹生川 中の水谷	5	1	7.5	17
谷 川 1	6	1	7.8	29
谷 川 2	7	1	7.8	28
谷 川 3	8	1	7.6	51
谷 川 4	9	1	7.6	21
武 周 ケ 池	10	1	7.2	11
広 野 タ ム	11	1	7.3	24
常 宮 川	12	1	7.1	7
落 合 川	13	1	7.1	8
馬 背 川	14	1	6.9	6

アルカリ度は CaCO_3 としての ppm 土値は標準偏差 σ_{n-1}

たとおりである。

表-2 県内の水域のアルカリ度と硬度

永久硬度の大きさは、竹田川と笙の川が比較的大きい値である。竹田川については、上流でダム工事中であり、コンクリートの排水を硫酸で中和しているの、この影響が考えられる。笙の川については、負荷源は不明であり、今後の検討が必要である。

永久硬度の値は、分析法の感度が十分でなく精度が悪いためにマイナスの値を示すものが多いが、三島橋を除いて、永久硬度率が20%以下である。

特に、負荷源のない水域では、永久硬度は非常に小さいので、酸性雨による影響は、PHのみでなく、中和能に対しても進行していないことが認められる。

アルカリ度による水質の酸性化の予測については、酸性鉱山廃水で酸性化した洞爺湖について、後藤らが、その有効性を報告しているが⁷⁾、分析法の精度を向上して、水域の酸性化の予測方法として続けて行きたい。

IV 結 語

本県においては、酸性雨は昭和42年ごろからすでに降っているが、河川の水質のPHおよび永久硬度から見た結果では、その影響は顕在化していない。しかし、諸外国の例では、その影響は比較的急激に進行することも報告されているので、調査を続けることが必要であろう。

V 参 考 文 献

- 1) 酸性雨対策検討会、酸性雨に係る情報収集整理結果報告書、和年58年7月
- 2) 福井新聞、昭和61年2月17日付
- 3) 環境技術研究会、我が国各地における酸性雨実態調査、研究資料No.57、1985.2
- 4) 関口ら、大気汚染学会 講演要旨 1985(東京)
- 5) 正通ら、本報 3, 1973—14, 1984
- 6) 山田ら、本報 15, 61, 1985
- 7) 後藤ら、日本化学第 秋季年会(金沢)講演要旨集 I p.25, 1985

場 所 名	No.	回数	アルカリ度	全硬度	永久硬度	永久硬度率
雲 川 巢谷鎌谷	1	3	24±4	22±3	<1	<5
No.谷止工	2	3	45±5	47±3	2	4
大 畑 谷	3	3	21±5	20±4	<1	<5
真 名 川 月 の 谷	4	3	15±4	14±4	<1	<7
武 周 ケ 池	10	1	11	8	<1	<13
広 野 ダ ム	11	1	24	22	<1	<5
常 宮 川	12	1	7	6	<1	<17
落 合 川	13	1	8	7	<1	<14
馬 背 川	14	1	6	7	1	14
竹 田 川 清 間 橋	15	2	24	29	5	17
九頭竜川 荒 鹿 橋	16	2	27	24	<1	<5
真 名 川 土布子橋	17	2	32	35	3	8
足 羽 川 天 神 橋	18	2	29	29	1	<5
日 野 川 豊 橋	19	2	21	23	2	9
笙 の 川 三 島 橋	20	2	20	32	12	38
耳 川 佐 野 橋	21	2	19	22	3	14

アルカリ度、硬度は CaCO_3 としての ppm 土値は標準偏差 σ_{n-1}

永久硬度率は永久硬度と全硬度の比の値(%)