

歴史的な酸性雨観測データとなる1935-1961年の 気象要覧「降水分析」の記録について

石 川 百合子*

1. はじめに

酸性雨は、産業革命を発端とする工業活動によって生じた環境問題である。自然環境と人間活動の関係を明らかにするためには、現在に至るまでの酸性雨の変化を調べる必要がある。日本では、最近20年間で地球環境問題が注目されてきたことから、酸性雨に関する調査研究は進んできたが、それ以前の酸性雨についてはほとんど知られていない。過去の酸性雨の状況を把握するためには、既存の観測データから推定する以外に方法はないが、世界でもこの資料となるべき酸性雨の歴史的記録は少ないのである。

1935年から1961年に、中央气象台および気象庁が降水成分を分析し、その結果を気象要覧の「降水分析」欄に報告した記録がある（中央气象台・気象庁、1935-1962）。この記録は、我が国において、第2次世界大戦前から高度経済成長の直前までの激動した時期に降水ごとの降水成分を系統的に分析した歴史的に貴重なものである。この観測データから、未だ明らかにされていない日本の過去の酸性雨に関する情報を導き出すことができる。しかし、1990年を過ぎるまで、このデータの解析結果は、主に1930年代後半から1940年代前半にかけて長くても2年間の降水を対象としたものしかなかった（松平、1937；加藤、1939；三宅、1939；平澤、1941；松平・加藤、1943；矢吹、1951；松平・川本、1953）。最近では、酸性雨研究の歴史的な観点から、藤田（1993）や丸山ら（1993、1994）が本記録について紹介し、著者らは、この記録から最も長く観測が行われた神戸海洋气象台における1935年から1961年までの降水のpHについて経年変化を解析した（Ishikawa and Hara, 1997）。今後、さらに、本記録によって日本

の酸性雨の歴史的変化に関する研究の展開を期するため、ここで、気象要覧の「降水分析」欄に記載されている全データの概略について報告することにした。

降水の捕集方法や化学分析の測定法は時代とともに変遷している。過去の降水分析に関しては、当時の方法や状況などの情報が不足しているために、データの信頼性を明らかにすることは不可能に近い。Hansen and Hidy (1982) は、過去の降水分析では観測方法や分析方法が現在と違うことや初期降水や短時間の降水などが欠落していることを指摘し、過去の降水観測データは、長期変動を示すには質や精度が不十分であるものの、降水の酸性化を大局的に見ることはできることを示した。現在のより精確な測定データと、信頼性の不確かな過去のデータを直接比較することは困難であるが、測定値の出現範囲や年平均値などある程度の数量で長期変動を定性的に見ることは可能であり、その意義は高いといえる。

酸性雨の問題は、降水がpH5.6以下の酸性を示すこと自体にあるのではなく、石油や石炭の燃焼によって排出された二酸化硫黄や窒素酸化物が、大気中で硫酸や硝酸に変わり、風によって運ばれたり雨に溶けたりして地上に沈着し、生態系を酸性化して森林、湖沼などに影響を与えることが問題である（原、1999）。硫酸や硝酸などの酸が沈着するメカニズムには、雨や雪などの降水によって地上に到達する湿性沈着と、ガスやエアロゾルの乱流拡散によって地上に沈着する乾性沈着の2つがある。酸性雨問題を調べるためには、乾性沈着と湿性沈着の両方を測定する必要があるが、乾性沈着は沈着面の性状や大気の状態によって沈着量が異なるため、現在でも観測が困難である。したがって、降水分析データから酸性雨を調べることは、湿性沈着のみを対象とすることになる。

* お茶の水女子大学大学院人間文化研究科。

—1999年6月14日受領—

—1999年12月27日受理—

2. 降水分析の歴史的記録

世界で最も古く長期にわたる降水分析は、1850年代からイギリスのローザムステッド農事試験場で行われたものである (Brimblecombe and Pitman, 1980). これを除くと、1950年代以前から降水分析を継続していた報告はほとんどない。世界的にも、大部分の降水分析データは最近50年間に蓄積されたといえるだろう。なお、世界の酸性雨研究の歴史については Cowling (1982) の紹介がある。

わが国最初の降水分析は、1883年11月に東京の駒場農学校で始まり、1886年1月まで続いた。欧米諸国では降水中の植物栄養分に関する研究を進めており、日本でも降水中の窒素成分を分析したのである (Kellner, 1887; ケルネルほか, 1894)。

1913年に、農商務省農事試験場が農作物の肥料となる降水中の窒素成分を調査するため、東京の西ヶ原にあった農事試験場で降水分析を開始した(農事試験場, 1914-1942)。この降水分析は大阪、熊本、秋田でも行われたが、東京では最も長く1940年まで続いた。この東京の農事試験場の降水分析データについては、著者が湿性沈着量の経年変化という観点から解析を行っている (石川, 投稿中)。

それまで、気象学の分野では降水の化学成分の調査や研究は少なかったが(倉茂, 1934), 1930年頃から降水化学や大気汚染などの研究対象の重要性が指摘され始め、降水分析が行われるようになった(泉, 1928, 1930, 1931; 松平, 1933, 1934; 松平・加藤, 1933; 朝比奈・喜多, 1934, 1935; 倉茂・影井, 1935)。

このような経緯から、1935年6月に中央気象台が化学課の業務として、降水のpHや化学成分の分析を中央気象台(東京)で開始し、1930年代後半から1940年代前半にかけて、神戸、浜松、大阪などの気象台や測候所がそれに続いた。その多くは第2次世界大戦前に終了したが、神戸海洋気象台では1961年12月まで最も長く降水分析を行った。それらの分析結果が、本稿で詳細に述べる気象要覧の「降水分析」欄に掲載されたのである。

その後、系統的な降水分析は行われていなかったが、世界的な地球環境問題に対する関心の高まりから、1983年に環境庁による全国規模の第1次酸性雨対策調査が開始され現在に至り、報告書の形で公表されている(環境庁酸性雨対策検討会, 1994, 1997; 酸性雨対策検討会大気分科会, 1990)。

降 水 分 析

昭和 10 年 6 月 21 日より降水の化学分析を開始した。採水は中央気象台構内コン

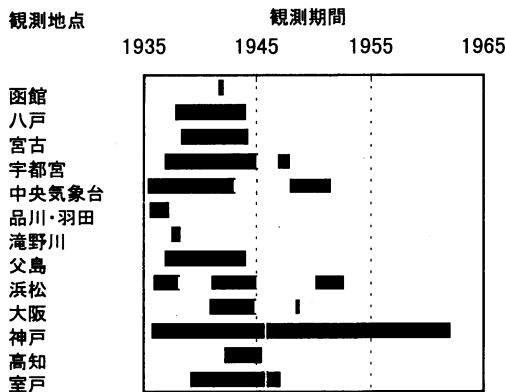
降水 期間	降 水 量	pH	NH ₄ ⁺ N	NO ₃ ⁻ N	NO ₂ ⁻ N	SO ₄ ²⁻ S	Cl ⁻
21. 14—22. 7	59.3	...	...	...	...	...	...
23. 11—23. 13	48.8	...	30.5	...	0.73	81.1	62.5
24. 4—25. 3	...	...	...	...	...	...	...
27. 16—27. 18	3.1	5.2	...	...	...	4.9	8.1
28. 4—28. 13	...	...	...	...	...	...	...
29. 16—29. 17	1.4	...	...	...	...	...	...
30. 1—30. 12	...	...	...	...	...	...	...

クリート二階建物の屋上中央に高さ 38 横、長さ 67 横 × 38 横の蓋を置き、内径 16 横、深さ 16 横の磁製ポットを蓋の表面一杯に並べ(8 個)之に降水を受けて行つた。此の蓋の側に雨量計を縛りつけて降水量を計つた。

採水ポットは塵埃等で汚濁されぬ様注意し、毎日の検報により降水の検報される時には退避前蒸溜水を以て洗滌し、登陸時間中は降水開始を認むる時直ちに蒸溜水を以て洗滌した。

上表中降水期間は時の端数を四捨五入して時に止め(降水の起終時は測候所に観測せるものを参照し、降水微量にして分析に供する量に達せざる場合は之を省略した)。降水量は重量単位、pH は其の期間の降水につき数回に分けて観測せるものの平均、他は其の期間中全降水 1 平方米當中に含まるゝ量(重量単位)である。(化学検調査)

第 1 図 気象要覧430号の「降水分析」欄。



第 2 図 気象要覧「降水分析」の観測地点および観測期間。

3. 気象要覧「降水分析」の記録

気象要覧430(1935年6月)号(第1図)から748(1961年12月)号には、「降水分析」欄に降水成分の化学分析結果が掲載されている。ただし、535(1944年3月)号、552-554(1945年8-10月)号、738(1961年2月)号の気象要覧には、「降水分析」欄はない。

3.1 観測地点、観測期間および観測項目

観測は東京、神戸、大阪など全国14地点の気象台や測候所で行われた。観測期間は地点によって大きく異なっており、ほとんどの地点で1945年以前に観測が終了したが、神戸においては、1935年10月から1961年12月まで最も長く観測が行われた(第2図)。観測項目は、表示されている降水期間の降水のpH、Cl⁻(塩化物イオン)、SO₄²⁻-S(硫酸イオン)、NH₄⁺-N(アンモニウムイオン)、NO₂⁻-N(亜硝酸イオン)、NO₃⁻-N(硝酸イオン)と降水量であるが、第1表に示すように地

第1表 気象要覧「降水分析」の観測項目.

観測地点	観測項目						
	降水量	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ -S	NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N
函館	●	●	●	○	○	●	
八戸	●	○	●				
宮古	●	●	●	●	●	●	○
宇都宮	●	●	●	●	●	●	○
中央気象台	●	●	●	●	●	●	○
品川・羽田	●	●	●	●	●	●	
滝野川	●	●	●	●	●	●	
父島	●	●	●				
浜松	●	●	●	○	○	○	
大阪	●	●	●	●	●	●	
神戸	●	●	●	●	●	●	○
高知	●	●	●				
室戸	●	○	●				

- ：欠測または非表示が観測期間の30%未満である項目
○：欠測または非表示が観測期間の30%以上である項目

点によって異なっている。すべての地点で観測されていた項目は降水量とCl⁻であり、次に多かったのはpHであった。一方、NO₃⁻-Nは、どの地点においても観測期間の30%以上が欠測や非表示であった。これは、NO₃⁻-Nの存在量が少なく、分析方法も煩雑で困難であったことが要因と考えられる(三宅, 1938; 松居, 1942)。

気象要覧430号によると、pHの値は降水を数回に分けて測定した平均値である。さらに、同432号には、中央気象台においては降水を数回に分けて測定したpHの平均であるが、品川および羽田の記録は一降水ごとに測定したpHであることが説明されている。

なお、気象要覧431(1935年7月)号から452(1937年4月)号までの「降水分析」欄には、雨や雪などを記載する降水の形状の項目が付け加えられている。

3.2 データの表示内容

「降水分析」の記録は、降水期間における降水量(mm)、pH、各降水成分の沈着量(mg/m²)および濃度(mg/l)で示されている(第1図)。ただし、NO₂⁻-NとNO₃⁻-Nの沈着量および濃度には、μg/m²とμg/lの単位が使われている。

各地点のデータの最後には、月平均pH、各イオンの月間の合計沈着量と月降水量も掲載されている。

表中の「…」及び「～」は、気象要覧431号によれば、「何らかの理由により測定不可能のもの」及び「試水少量にして分析不可能であったもの」を示すものである。この他、説明がない表示記号も見られる。「—」は、おそらく上記の内容と同様のものである。「t」「tr」「Tr」

「t₀」「t₁」等の表示はトレース(痕跡量)を意味するものと思われる。

また、pHの表示には、「4.6<_{5.8}>」「4.6<PH<5.4」となっているものがある。これらの説明も気象要覧にはないが、pHが「pH4.6から5.8の間」や「pH4.6から5.4の間」を意味するものであると推測される。

3.3 観測方法および分析方法

気象要覧の430号と昭和10年臨時増刊号に記述されている観測方法は次のとおりである。

中央気象台構内のコンクリート二階建物の屋上中央に、高さ36 cm、面積67 cm×36 cmの台を置き、内径16 cm、深さ16 cmの磁製ポット8個を台の表面一杯に並べて降水を捕集した。さらに、この台の側に雨量計を備え付け、降水量を測定した。降水の捕集ポットは、塵や埃などで汚れないように注意し、毎日の予報で降水が予想される場合は職員が退庁前にポットを蒸留水で洗浄し、登庁時間中は降水開始時にポットの洗浄を行った。降水の開始および終了時刻は、測候係が観測した降水を参考にし、降水が微量で分析不可能な場合はこの降水試料を省いた。

以上の内容は気象要覧430号のものであるが、昭和10年臨時増刊号には、次の内容も加えられている。すなわち、降水の捕集は、6月21日から12月19日の期間については、中央気象台構内コンクリート二階建物の屋上中央で行われた。それ以後は暖房用ストーブ煙突の煙を避けるために、同じ建物の東方に移動し、高さ0.4 mの台上を南北方向にポットを一列に並べて行われた。降水量を測定するために、雨量計と雪量計を並置した。ただし、「降水分析」欄に記載されている降水量は、公式に測定されている降水量とは異なるものである。

分析方法に関する情報は、気象要覧「降水分析」欄に具体的な記述はないが、気象要覧昭和10年臨時増刊号によると、「降水分析」の分析方法は以下に示す気象要覧「陸水観測」欄のものとほぼ同様であった。

NH₄⁺-N：ネスラー法(降水試料と純塩化アンモニウムから作られた標準液のそれぞれにネスラー試薬を加えて比色定量する方法)

NO₃⁻-N：ブルシン法(降水試料を純濃硫酸と混合し、ブルシン溶液を加えて比色定量する方法)

NO₂⁻-N：スルファニル酸-α-ナフチルアミン法(降水試料と純亜硝酸カリウムから作られた標準液のそれぞれにグリースーロミン試薬を加えて比色する方法。グリースーロミン試薬とは、α-ナフチルア

ミンとスルファニル酸と粉末酒石酸を混ぜたものである.)

Cl⁻: 改良モール法(降水試料に既知濃度の塩水を入れてクロム酸カリウム溶液を加えたものを1/100規定硝酸銀液で滴定し、その滴定値に対し補正を施す方法、三宅(1936a)によると、この方法はモールの銀滴定法といわれ、塩化物イオンの分析法として一般に用いられた。「改良モール法」とは、この方法に何らかの改良を施したものと思われる。)

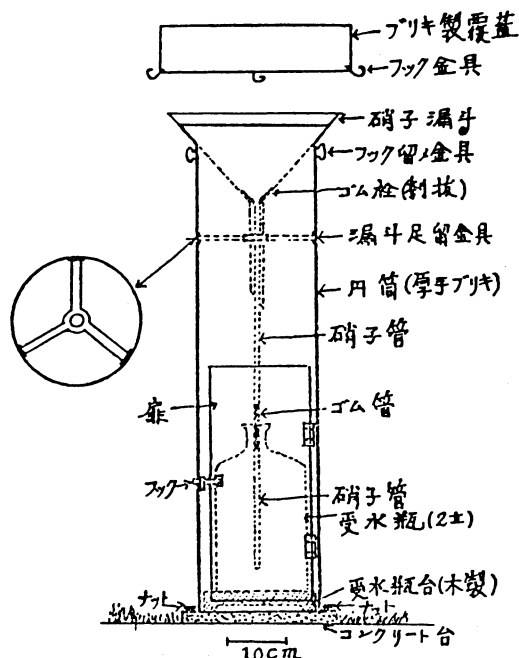
SO₄²⁻-S: 硫酸バリウムの混濁比較法(降水試料に塩化バリウム溶液を加えて硫酸バリウムの白色沈殿を生じさせ、疎水ゾルとなって水中に混濁した硫酸バリウムの白濁の程度を比濁計によって定量する方法、三宅(1936c)によると、この方法は比濁法といわれ、微量の硫酸イオンを簡単に定量できるものであった。)

pH: クラーク・ルッブスの比色法(クラークとルッブスによって改良された標準緩衝混合液を用いる比色法、降水のpHは緩衝作用が少ないことから、液量を増やして指示薬の量を減少して比色測定した。)

なお、現在の分析方法は、pHは起電力から求めるガラス電極法、その他の降水成分はイオン種の分離定量にイオン交換クロマトグラフィーの1つであるイオンクロマトグラフ法が用いられている。これらの方法は、測定の精度が高く、操作が簡単で効率的である(酸性雨調査法研究会, 1993)。

気象要覧の「降水分析」欄に示されている観測方法や分析方法是、中央气象台における観測開始当初のものであると思われる、この情報だけでは、各地点における観測方法や分析方法が同じであったのか、観測期間中に変更はあったのか否かはわからない。三宅(1939)は、硫酸イオンの分析方法が東京(中央气象台)で比濁法、神戸では当時「アンドリウス法」と呼ばれていたクロム酸バリウム-ヨウ素滴定法(降水試料を塩酸性にして粥状クロム酸バリウム試薬を加え、硫酸バリウムを沈殿させる。さらに、溶液を中性に戻してクロム酸バリウムを沈殿させた後、濾液中のクロム酸イオンをヨウ素滴定法で定量する方法(三宅, 1936b))、浜松ではクロム酸バリウム-比色法(降水試料に粥状クロム酸バリウム試薬を加え、クロム酸イオンの量を比色定量する方法(三宅, 1936b))であったことから、これら3地点で分析方法が異なっているために硫酸イオンの値を直接比較できないことを指摘している。

筆者は、文献調査や聞き取り調査によって神戸海洋



第3図 神戸海洋气象台における降水捕集装置(海洋气象台化学掛, 1939)。

气象台における降水分析の関連情報を得ることができた。神戸海洋气象台の観測方法および分析方法是、気象要覧の「降水分析」欄に記載された中央气象台のものとは異なっていた。

観測方法に関しては、海洋气象台化学掛(1939)が次のように説明している。降水の捕集装置は、観測開始当時はごく簡単なもので行っていたが、1936年8月には、第3図に示したような装置を作成し、露場内で比較的建物および樹木の影響が少ないと思われる南西の隅に固定した。平常は、塵埃が降水捕集装置や漏斗面に付着しないようにカバーをしており、降雨開始直前にカバーを取り除くようにした。降水は、分析可能な量が得られたとき、その度に捕集びんを取り替え、一降水でも数回に分けて捕集した。降水量が少ないときには、pH、Cl⁻、SO₄²⁻-S、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-Nの順に分析した。

また、分析方法については、松平(1941)によると、南洋庁气象台刊行の「降水、潮風の簡易化学分析法」(南洋庁气象台, 1939)を参考にしていた。分析方法は、以下の硫酸イオンを除き、前述した気象要覧昭和10年臨時増刊号によるものと同様であった。

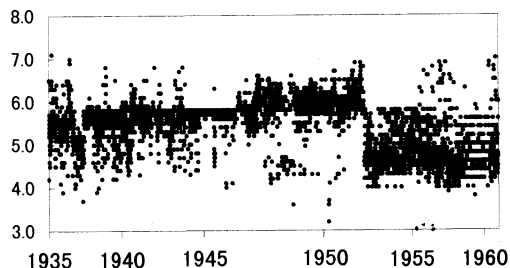
硫酸イオンの分析は、クロム酸バリウムー比色法で行っていたが、低濃度の試料については誤差が生じるため、薄い既知濃度の硫酸塩の溶液をいくつか作り、これらを分析してその実験誤差を測定しておき、降水試料の分析結果にその補正を行った(松平・加藤, 1943)。この方法は、前述の三宅(1939)の記述にあるクロム酸バリウムーヨウ素滴定法とは異なっているが(三宅, 1936b)、これについては後で考察する。

また、pHの比色法については、使用した指示薬およびその呈色範囲も示されている。ブロム・フェノール・ブルー(B. P. B.): pH3.0~pH4.6, ブロム・クレゾール・グリーン(B. C. G.): pH3.2~pH5.8, ブロム・クレゾール・パープル(B. C. P.): pH5.2~pH6.8。これらの指示薬には、いずれも淡水用のものを用いた。

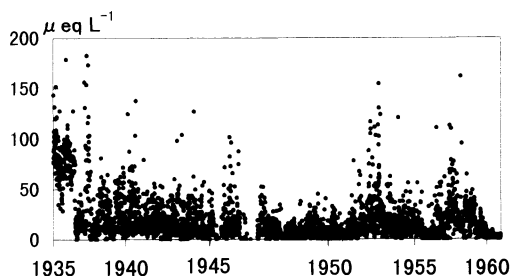
さらに、1940年代後半から神戸海洋気象台で降水分析に携わっていた北村弘行氏に、1993年10月に聞き取り調査を行ったところ、降水分析の担当者でなければわからないような以下の貴重な情報が得られた。

1) 1961年まで降水のpH測定は比色法で行われた。
2) 当初は、市販の指示薬を使用していたが、第2次世界大戦でそれらの入手が困難となったため、戦前から保管していた市販品を利用するようになった。戦後は、その市販品が尽きたので気象研究所の三宅氏が作成した指示薬を使用した。従来の指示薬は冷暗所での保管が必要であったのに対し、三宅氏が作成した指示薬はその必要がなかった。
3) 指示薬の色の変化は、昼は太陽光、日没後は白熱電球によって調べていたが、戦後、夜間は、蛍光灯が普及したので色調が認識しやすくなった。
4) 1950年頃に、pH 4前後の降水が出現して降水の酸性化の原因について議論したが、その究明は出来なかった。
5) 降水分析は担当者が転出したために終了した。なお、これらの情報は、北村(1996)によっても紹介されている。

このような情報をもとに、神戸海洋気象台における一降水ごとのpHを見ると、1947年と1952年の前後で不連続に変化したようすがみられた(第4図)。このような変化は自然現象では起こり得ないことから、筆者らは、この変化が分析方法に起因することを明らかにした。すなわち、pHが比色法で測定されており、その指示薬にはそれぞれ呈色範囲があったため、降水のpHがその範囲を越えた場合には、呈色範囲の上限値または下限値を示してしまったのである。したがって、pHの測定データは、そのままでは使用することができないことがわかった。筆者らは、一降水ごとのpHの



第4図 神戸海洋気象台で観測された一降水ごとのpHの経年変化。ただし、本観測データは、pHについて大まかな変化を見るために一降水ごとに順番に並べたものであり、横軸目盛間隔は測定試料の多寡により一定ではない。図中の丸が各サンプルを表わす。



第5図 神戸海洋気象台で観測された一降水ごとの硫酸イオン濃度(μeq L⁻¹)の経年変化。ただし、本観測データは、硫酸イオンについて大まかな変化を見るために一降水ごとに順番に並べたものであり、横軸目盛間隔は測定試料の多寡により一定ではない。図中の丸が各サンプルを表わす。

頻度分布を年別に吟味し、その分布からpHの出現範囲を復元するような指標を導入して、pHの経年変化を得ることができた(Ishikawa and Hara, 1997)。

酸性雨で主要となる硫酸イオンの一降水ごとの濃度を降水化学でよく用いられる当量基準のイオン濃度(μeq L⁻¹)で表わすと、観測開始当初から1937年8月まで30 μeq L⁻¹以下の濃度はまったく出現していない不自然な変動がみられた(第5図)。これも硫酸イオンの分析方法に何らかの原因があったことが推測される。先に述べたとおり、三宅(1939)は1936年の神戸における硫酸イオンの分析はクロム酸バリウムーヨウ素滴定法と記しているが、1939年3月発行の南洋庁気象台(1939)の文献にはクロム酸バリウムー比色法が示されている。1937年に濃度が不連続に変化したこと

は、この期間の前後で分析方法が変更された可能性を示唆するものである。また、1952～53年と1957～58年に硫酸イオン濃度が上昇する傾向は、前述のpHの経年変化でpHが低下した時期と一致していた。これは、当時の二酸化硫黄の排出量が増加したことが推測できる。

4. おわりに

最近の酸性雨問題に関する研究成果は着実に蓄積されつつある。しかし、現在の酸性雨の状況に至るまでに、降水の酸性化がいつ起きたのか、また、過去の降水と比べてどのくらい酸性化したのかという情報は、日本のみならず世界においても少ない。このような酸性雨の長期的変化を明らかにすることは、環境問題の解決のために不可欠である。

過去の酸性雨の状況を把握するためには、残されている降水分析データの記録を入手し、時間的に空間的に限られてはいても、それらの関連情報をもとに推定するしかない。過去の観測に関する状況や精度は不明なことが多く、そのようなデータを解釈するには限界があるが、実測データに基づくことの意義は大きい。

本稿で紹介した気象要覧「降水分析」の記録は、日本の第2次世界大戦前から終戦、そして高度経済成長を迎える直前までの酸性雨の状況を推測することを可能にする唯一の貴重な情報源である。今後、この記録から未だ明らかになっていない過去の酸性雨に関する情報を可能な限り導き出していく試みが必要である。

謝 辞

神戸海洋気象台の降水分析に関する大変貴重な情報を提供して下さいた北村弘行先生と、神戸海洋気象台の図書室で当時の資料を探して下さいた滝本弘子さんに厚く御礼申し上げます。

本観測データの収集に際しまして、電力中央研究所の藤田慎一先生には大変お世話になりました。また、過去の化学分析法について、おふたりの査読者の方々とお茶の水女子大学の藤枝修子先生にいろいろとご教示していただきました。深く感謝申し上げます。

気象要覧の「降水分析」の記録について紹介するように数々のご助言を頂きましたお茶の水女子大学の田宮兵衛教授と、酸性雨に対する研究姿勢を御教示下さった国立公衆衛生院の原 宏先生に心より御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 朝比奈貞一、喜多豊一、1934：昭和9年9月21日の台風の際の雨水の塩素イオン濃度、測候時報，5，326-328。
 朝比奈貞一、喜多豊一、1935：昭和9年9月21日の台風の際の雨水の塩素イオン濃度、中央気象台彙報，9，124-126。
 Brimblecombe, P. and J. Pitman, 1980：Long-term deposit at Rothamsted, southern England, Tellus, 32, 261-267。
 中央気象台・気象庁、1935-1962：気象要覧，430-748。
 Cowling, E. B., 1982：Acid precipitation in historical perspective, Environ. Sci. Technol, 16, 110A-123A。
 Hansen D. A. and G. M. Hidy, 1982：Reviews of questions regarding rain acidity data, Atmospheric Environment, 16, 2107-2126。
 原 宏、1999：酸性雨—イオン組成を読み解く、化学と教育，47，124-127。
 平澤健造、1941：宮古に於ける降水分析結果に就いて、気象集誌II，19，395-400。
 藤田慎一、1993：酸性雨研究百年の歴史とその変遷—1872年から1972年の降水の化学—，資源環境対策，29，689-695，798-804。
 泉 末雄、1928：雪の調査(第1報)，気象雑纂，5，103-117。
 泉 末雄、1930：雨水の成分に就て，気象集誌II，8，95-100。
 泉 末雄、1931：雪の調査(第1報)，気象雑纂，6，27-39。
 石川百合子、投稿中：1913-1940年の農事試験場における降水分析データから推定した酸性雨成分の湿性沈着量について、地理学評論(投稿中)。
 Ishikawa, Y. and H. Hara, 1997：Historical change in precipitation pH at Kobe, Japan：1935-1961, Atmospheric Environment, 31, 2367-2369。
 海洋気象台化学掛、1939：海洋気象台に於ける降水観測、測候時報，10，325-327。
 加藤威夫、1939：1937年11月5日(A)及1938年11月11日(B)の台風に於ける降水成分に就て(予報)，海と空，19，26-29。
 Kellner, O., 吉井豊造抄訳、1887：東京雨水中ノアンモニア及硝酸ノ量，東京化学会誌，8，161-180。
 ケルネル, O., 澤野 淳，吉井豊造，奥 健蔵，1894：雨水中ノアンモニア及硝酸ノ量，農科大学学術試験彙報，1，28-42。
 環境庁酸性雨対策検討会、1994：第2次酸性雨対策調査結果報告書。
 環境庁酸性雨対策検討会、1997：第3次酸性雨対策調査中間取りまとめ。
 北村弘行、1996：松平康男先生の面影，海と空，72，42-

44.
倉茂英次郎, 1934: 雨の成分, 天気と気候, 1, 390-393.
倉茂英次郎, 影井剛介, 1935: 東京市内及び郊外に於ける降水の汚濁に就て(第1報), 気象集誌II, 13, 211-216.
松居秀夫, 1942: 水の化学分析法検討(第十一報) 硝酸塩, 気象集誌II, 20, 288-290.
松平康男, 1933: 神戸の雪について, 海と空, 13, 111-113.
松平康男, 加藤威夫, 1933: 神戸に於ける夏の雨水中の二三化学成分に就いて(予報), 海と空, 13, 265-269.
松平康男, 1934: 室戸台風襲来日に於ける潮風及び降水に就て, 海と空, 14, 402-405.
松平康男, 1937: 台風圏内に入った折の神戸に於ける降水の化学成分, 海と空, 17, 420-425.
松平康男, 1941: 降水観測に対する概要, 海洋時報, 13, 19-23.
松平康男, 加藤威夫, 1943: 大阪並びに神戸に於ける降水水中の夾雑成分に就いて, 神戸海洋気象台彙報, 145, 1-18.
松平康男, 川本彊雄, 1953: 気圧配置と降水の化学的性状について, 海と空, 30, 62-66.
丸山 浩, 玉置元則, 正賀 充, 平木隆年, 1993: 酸性雨研究の文化的遺産 (1)—それは昭和10年, 神戸から始まった—, 環境技術, 22, 732-735.
丸山 浩, 玉置元則, 正賀 充, 平木隆年, 1994: 酸性雨研究の文化的遺産 (2)—それは昭和10年, 神戸から始まった—, 環境技術, 23, 106-112.
三宅泰雄, 1936a: 水の化学分析法検討(第二報) 淡水中の塩素イオン分析法, 気象集誌II, 14, 177-184.
三宅泰雄, 1936b: 水の化学分析法検討(第四報) 硫酸塩の定量法(その一), 気象集誌II, 14, 414-419.
三宅泰雄, 1936c: 水の化学分析法検討(第七報) 硫酸塩の定量法(その二), 気象集誌II, 14, 585-587.
三宅泰雄, 1938: 水の化学分析法検討(第九報) 硝酸塩の新比色定量法, 気象集誌II, 16, 1-4.
三宅泰雄, 1939: 雨水の化学, 気象集誌II, 17, 20-37.
農事試験場, 1914-1942: 農事試験場事務功程, 大正元年度—昭和15年度.
南洋庁気象台, 1939: 降水, 潮風の簡易化学分析法, 40 pp.
酸性雨対策検討会大気分科会, 1990: 酸性雨対策調査報告書, 265pp.
酸性雨調査法研究会編, 1993: 酸性雨調査法—試料採取, 成分分析とデータ整理の手引き—, ぎょうせい, 401 pp.
矢吹文太郎, 1951: 颱風“ジェーン”に依る降水中の化学成分について, 海と空, 28, 125-132.

Data on Chemical Analysis of Precipitation Published in Geophysical Review for 1935-1961 in Terms of Historical Records of Wet Depositions

Yuriko Ishikawa*

* Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University, Otsuka 2-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo 112-0012, Japan.

(Received 14 June 1999 ; Accepted 27 December 1999)