

# 全公研、東海・近畿・北陸支部での 酸性雨共同調査10年の歩み\*

玉置元則<sup>1)</sup>・平木隆年<sup>1)</sup>・田口圭介<sup>2)</sup>  
西川嘉範<sup>2)</sup>・松本光弘<sup>3)</sup>

**キーワード** ①酸性雨②全公研③共同調査

## 1.はじめに

全公研、東海・近畿・北陸支部の酸性雨共同調査は16機関の参加の下、平成元年6月にスタートした。そして平成10年度までの10年間に最大41地点で、およそ5,000の降水試料に関するデータを蓄積してきた。測定地点の中には、石川県・三方岩、岐阜県・高山、奈良県・十津川など、全国的にみてもきわめて興味ある地点も含まれている。同時に金属腐食調査、乾性沈着調査ならびに酸性雨情報交換会も実施してきた。

この間、全公研・全国調査も行われるようになり<sup>1)</sup>、支部の大多数の機関が全公研第3次調査にも参加したため、ひとまず支部調査は平成10年度をもって終了し、酸性雨調査は全国調査で肩代わりすることとなった<sup>1)</sup>。平成11年度からは全国調査の支部内のデータを解析するとともに、情報交換の場として、「酸性雨情報交換会」を継続して開催している。ここでは、この10年間の支部酸性雨共同調査の歩みを整理した。

## 2.本支部の地域的特性

本支部の地域は東海、近畿と北陸地方である。本地域の森林は紀伊半島など太平洋側と北陸地域などの日本海側両者の海岸部から、中部山岳地域の3,000mを越える高山までを含み、ある意味に

おいては日本列島の森林生態系の縮図ともいえる。低地のカシやシイなどの照葉樹林、モミなどの中間温帯林、標高700m以上のブナ林から亞寒帯性針葉樹林まで、標高と温度の変化にしたがつて多様な森林生態系が形成されている。また、独自の森林生態系を持っている地域も多く、例を挙げれば、立山、乗鞍岳、白山、伊吹山、芦生の森、大台ヶ原、金剛山、葛城山、六甲山、氷ノ山など、枚挙にいとまがない。

一方、本地域は古代から大和を中心として文化が発達したこともあり、神仏に守られた寺社林と周辺の里山も多い。典型的な例は奈良・春日山、室生寺、三輪山や和歌山・高野山である。また、森林の保護、育成や生産の点でも特徴があり、吉野杉や北山杉など見るべきものは多い。

気候的には瀬戸内、中部山岳、日本海側など5～6種類に区別されるが、酸性雨の側からは、冬季に豪雪のある北陸など日本海側と、それ以外の地域の区分で十分である。大台ヶ原や尾鷲のような特異的な多雨地域にも興味が持たれるが、森林と降水を結ぶキーワードは豪雪、酸性霧と大気の質的変化である<sup>2)</sup>。

## 3.調査開始のきっかけ

日本での酸性雨調査は自治体研究者の手に支え

\*Joint Monitoring of Acid Deposition by Tokai, Kinki and Hokuriku Branch of Environmental Laboratories Association

1) Motonori TAMAKI, Takatoshi HIRAKI (兵庫県立公害研究所) The Hyogo Prefectural Institute of Environmental Science, 2) Keisuke TAGUCHI, Yoshinori NISHIKAWA (大阪府公害監視センター), Environmental Pollution Control Center, Osaka Prefecture, 3) Mitsuhiro MATSUMOTO (奈良県衛生研究所) Nara Prefectural Institute of Public Health

表1 活動記録（平成元年～2年の例）

年 度	月 日	場 所	会議などの名称
平成元年 (1989)	1月26日	大阪市	第4回支部研究会(合意形成)
	3～4月		実施の確認。幹事の選出
	5月8日	石川県	支部共同調査の打合せ会議
	5月15日	大阪府	近畿ブロック打合せ会議
	5月23日	大阪府	(第2回)近畿ブロック打合せ会議
	5月24日	愛知県	東海ブロック打合せ会議
	5月26日	石川県	北陸ブロック打合せ会議
	6月19日		梅雨期調査(～7月17日)
	9月7日	大阪府	支部総会(概要の報告)
	10月2日		秋期調査(～10月30日)
	10月16日	奈良県 ～17日	関東地方公害対策推進本部大気汚染部会との意見交換、大台ヶ原視察
	11月27日	岐阜県	第5回支部研究会(主テーマ：酸性雨)
	3月7日	石川県	北陸ブロック打合せ会議(他会議の中で)
	3月8日	愛知県	東海ブロック打合せ会議
	3月19日	大阪府	近畿ブロック取りまとめ会議
	3月22日	兵庫県	支部共同調査拡大幹事会(10機関)
2年 (1990)	5月8日	名古屋市	東海ブロック打合せ会議
	5月15日	大阪府	近畿ブロック打合せ会議
	6月18日		梅雨期調査(～7月16日)
	9月5日	大阪府	支部幹事会
	9月11日	富山県	北陸ブロック打合せ会議(他会議の中で)
	9月26日		秋期調査に関する事務連絡
	10月1日		秋期調査(～10月29日)
	10月30日	石川県	第1回全国酸性雨調査研究連絡会議
	11月29日		冬期調査に関する事務連絡
	1月7日		冬期調査(～2月4日)
	1月28日	京都府	第6回支部研究会(酸性雨中間報告)
	2月12日		共同調査まとめ等事務連絡
	3月26日	大阪府	支部拡大幹事会(まとめ、幹事引継ぎ)

られて実施されてきた<sup>1,3)</sup>。そのもっとも大きなきっかけとなったのは、1970年代に関東地方で酸性雨による被害が出たため、環境庁は汚染状況の把握の目的で関東1都6県に委託した「湿性大気汚染調査」と銘打った酸性雨調査を開始したことであった。人体や植物への被害発現当初から、この調査を担ったのは東京都を中心とした全公研の仲間であった。本調査終了後も、このグループは周辺の自治体の協力を得ながら、自主的に酸性雨調査を継続し、多くの有益な成果をもたらすとともに、他のブロックでの酸性雨共同調査を誘発することとなった。

このことに刺激され、本支部でも1980年代から各機関が個別で行っていた調査の限界性を打破し、新たな調査を準備する環境が整備してきた。具体的には兵庫県立公害研究所の小林稔所長が呼びかけ人となり、当時の全公研支部長であった、石川県衛生公害研究所（現石川県保健環境セン

資料1 支部酸性雨共同調査への呼びかけ文

近年、大気汚染の広域化とともに、フロンガスによる成層圏オゾン層の破壊、炭酸ガスによる地球の温度上昇、ならびに酸性雨現象による生態系破壊など、地球規模による環境破壊への関心が強まっています。とりわけ「酸性雨」については、都市部のみならず清浄地でも雨水pH値の低下が報告されるとともに、関東地方では杉枯れの可能性が指摘されるなど、我々にとっても身近な問題として対応が求められています。自治体の研究機関においては、ともすれば、都市部周辺での地域汚染の調査・研究が優先されがちですが、それとともに、行政の枠を越えた共通の課題に目を向け、共同の調査・研究、共同の解析により解決をはかることも重要であると思われます。「酸性雨」問題は、まさに、このような調査・研究対象として格好のものであり、同時に研究機関相互の技術交流、情報交換の推進のためにも、おおいに役立つと思われます。全公研、東海・近畿・北陸支部では、他支部の状況もかんがみ、今回、支部内での酸性雨共同調査研究を計画しています。貴研究機関での積極的な参加を期待します。

ター）石田宗治所長が全面的にバックアップすることで実施への道筋が作られた。1989年（平成元年）5月に石川県に兵庫県および愛知県がそれぞれブロックを代表して参集し、調査内容がまとめられた（表1）。ここで一番議論されたことはデータの公表方法であったが、資料1の内容で各機関に参加を呼びかけることになった。これを受けて同年5月に大阪府で、調査の中核となるべき近畿ブロックの打合せ会議を開き、当面事務局的な作業は近畿ブロックが担うことになった。ここで確認された内容は資料2のとおりである。これに引き続き東海、北陸ブロックでも打合せ会議が開催された。

#### 4. 調査活動の開始

1989年6月19日から記念すべき共同調査がスタートした。その時の私達の決意はつぎのようなものであった。

「酸性雨はフロンガスによるオゾン層破壊や二酸化炭素などによる地球の温暖化とともに、地球規模の環境破壊の典型的な例であり、近年一層社会問題化しつつある。しかし、酸性雨は他の二者と異なる点が2つある。一つはすでに欧米などでは酸性雨による生態系の破壊という被害が顕著になっていることであり、もう一つは程度の差はあ

## 資料2 支部調査開始時の近畿ブロック打合せ会議、メモ

日 時	平成元年5月15日、13:00~17:00
場 所	大阪府公害監視センター、4階研修室
参加機関	6府県3市の9機関
議 事	小林兵庫県立公害研究所所長挨拶および経過報告、兵庫県が議長。酸性雨共同調査について兵庫県(玉置)から、調査内容について説明した
確認事項	<p>実施細則案に基づき調査する        [グループ名称] 全公研支部、共同調査研究会(酸性雨)        [幹事機関] 初年度は兵庫県、次年度は大阪府、以下持ちまわり        [調査地点] 1機関は最低1地点、経験のある機関は2地点程度、大阪府と大阪市のような隣接地点は協議して決定する。        [調査方法] 雨水採取はろ過式採取装置とする。(自動採取装置のある地点ではそのデータも提供する)        [調査期間] 梅雨期に調査する。秋期については10月実施を目標とする(注:その後冬期調査も追加された)        [データの信頼性確保] クロスチェックや個々のデータチェックを行う        [他のデータ] 気象月報を各気象台から入手する        [データのやりとり] フロッピィー・ディスクで行う        [データ解析] 今年度は兵庫県が中心となり、他機関の協力を得て行う        [報告書の作成] 代表幹事機関(原則として近畿ブロック)の責任で作成する        [データの公表] データは調査機関の共同の財産である。基本的には公表するが、時期を配慮して行う        [全国調査との関係] 基本的には、呼びかけがあれば提供する。</p>

るが、地域汚染の影響を受けることである。とくに後者については、わずか数km離れた地点間でも雨水のpHが大きく異なる事例がよく見られる。これは、雨や雪のような降水による大気汚染物質の洗浄作用にはrainout(雲内洗浄)とwashout(雲底洗浄)の二通りがあるためであり、washoutの作用が大きい場合にこのようなことが起こる。ここに酸性雨の複雑さがあり、同時に日本でも多地点で降水を常時監視する必要のある根拠ともなっている。

従来、日本では降水の成分については初期降水の濃度把握が中心であったが、欧米での生態系破壊の実態が明らかにされるにつれ、大気から土壤・水域への汚染物質の降下量(濃度×降水量)による評価へと移りつつある。一方、関東地方での杉枯れは酸性雨による被害ではないかとの指摘もある。しかし日本では酸性雨による被害と降下量との関係の解明はやっと研究の緒についたばかりである。

日本で全国規模の酸性雨調査が本格的に取り組まれるようになったのは、昭和58年度から5カ年の環境庁による第一次酸性雨対策調査からである。それは昭和63年から国設大気測定所23局での自動測定へと引き継がれている。しかし、日本の酸性雨の全容を的確に把握し適切な対策を講じるために、この体制のみで十分とはいいがたい。

一方、地方自治体においては、関東地方を中心にして、昭和50年頃から酸性雨の現状把握と対策に資する資料提供のための先駆的な調査が行われてきた。そして近年その調査は各ブロックごとの共同調査へと移行しつつある。各自治体とりわけその研究機関が蓄積してきた独自の酸性雨の調査研究の内容が、共同調査によりさらに大きく前進しようとしている。今のところ、共同調査は調査地点、調査期間あるいは採取法などの点から、十分な体制で実施されているとはいがたい。しかし、多数の測定点を有しているし、とりわけ情熱を持った多数の経験豊かな研究者を有している。

本支部の各研究機関も、従来からそれぞれ独自の酸性雨調査・研究に多大の成果をあげてきた。遅れ馳せながら、その成果をもとに、スクラムを組んだ共同の作業として、酸性雨現象解明の一翼を担うときがきたようである(元年度報告書より)。表2に各年度の幹事機関名、表3に調査開始時の担当者名(および現在の担当者名)を示す。

共同調査は多数の機関が参加するため、同等の信頼度で互いのデータを比較するためには、データの質の管理が重要である。そのため、最初に各分析機関の分析精度の確認とデータの質の管理ならびにその向上のため、同一の標準試料を用いたラウンドロビン法によるクロスチェックを参加16機関で行った。

表2 各年度の幹事機関

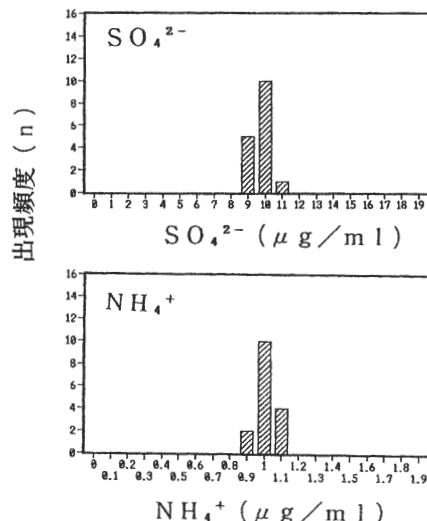
年 度	近畿	東 海	北 陸
平成元	兵 庫 県	愛 知 県	石 川 県
2	大 阪 府	名 古 屋 市	富 山 県
3	京 都 府	三 重 県	福 井 県
4	奈 良 県	岐 阜 県	石 川 県
5	滋 賀 県	愛 知 県	富 山 県
6	和 歌 山 県	名 古 屋 市	福 井 県
7	大 阪 府	三 重 県	石 川 県
8	兵 庫 県	岐 阜 県	富 山 県
9	京 都 府	愛 知 県	福 井 県
10	奈 良 県	名 古 屋 市	石 川 県
11	滋 賀 県	三 重 県	富 山 県
12	和 歌 山 県	岐 阜 県	福 井 県

表3 酸性雨調査担当者

府県市	平成元年度の担当者	平成12年度の担当者
富山県	鳥山, 荒川, 高田	宮本, 橋本, 近藤, 神保
石川県	北村	藤澤, 横江, 清水, 湯浅
福井県	前川, 植山	石田, 青山
岐阜県	加藤, 角田	加藤, 角田
愛知県	都築, 原	木村, 鈴木, 原, 小川, 大塚
三重県	塚田, 吉岡	川上, 鳥居, 山下
滋賀県	大野, 山中, 前畠	木下, 井上
京都府	江阪, 谷尾	筒井, 日置, 堀口, 中西, 水本
大阪府	田口, 西川	厚井, 田口, 井上, 吉村, 西川
兵庫県	玉置, 平木	玉置, 平木, 藍川
和歌山県	二階, 坂本, 大谷	辻澤, 上平, 山本
奈良県	松本	北田, 下村, 吉岡
名古屋市	伊藤英, 酒井, 北瀬, 大場	伊藤和, 酒井, 北瀬, 大場, 山神, 鬼頭
大阪市	山岡, 薫科	薰科, 板野
神戸市	今井, 伊東, 田中	今井, 鈴木, 植木
京都市	橋本, 小畠	橋本, 松本, 友膳, 三輪, 山本

用いた試料は、神戸市内での実際の降雨を採取したもので、比較的低pH、高導電率の降雨を数個の受器で約5l採取し、それを均質になるように混合した。幹事機関（兵庫県）で分析した後、それぞれ250mlずつをポリプロピレン製容器に入れ、各機関に配布した。その当時は冷蔵宅配便のようなシステムがなかったため、近畿地方のほとんどの機関に対しては幹事機関から試料を持参して配布した。また、各機関で分析終了後、ただちに試料の残量を幹事機関に返却した。

試料の配布ならびに返却は郵送あるいは手渡しの方法で行ったが、輸送途中での試料の変質の懸念もある。そのため、配布前ならびに返却後に各試料を分析した（配布前は同一試料であるため、一括分析）。その結果、往復で2回の輸送途中で

図1 標準試料のクロスチェック結果の一例  
(各機関での分析値)

の変質はほとんど認められなかった。したがって、各機関での分析は同一試料を用いて行ったと考えて妥当である。

各機関での分析結果の一例を図1に示す。いずれの項目についてもよい一致が見られ、機関間の標準偏差もきわめて小さい。このことから、本調査で得られた実測データは同等の信頼性を持って、解析に供し得ると考えられた。

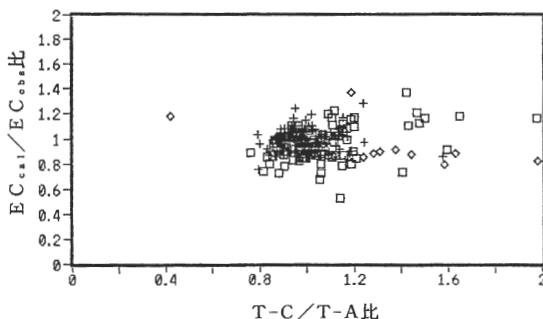
そして、次の2方法で測定データの検定を行った。

### ① アニオンとカチオンのイオンバランスによる検定

降水中に含まれる主なイオンはアニオンではSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>とCl<sup>-</sup>, カチオンではH<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>とNa<sup>+</sup>である。これらについて、次式によりトータルカチオン(T-C)とトータルアニオン(T-A)の比を求めた。

T-C/T-A = (H<sup>+</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>) / (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + Cl<sup>-</sup>) [μequiv/l]。この値が0.8以下または1.2以上(±20%)のものについては再分析することとした。ただし、トータルイオン(=T-C+T-A)が100μequiv/l程度以下の試料ならびにpH3.5程度以下の試料については、分析操作以外の原因も考えられるため、別途考慮することとした。

### ② 導電率の実測値と理論計算値による検定

図2 降水のEC<sub>cal</sub>/EC<sub>obs</sub>とT-C/T-Aとの関係

□：梅雨期，+：秋期，◇：秋期洗浄水

次式により導電率(EC)の理論計算値(EC<sub>cal</sub>)を算出した。

$$EC_{cal} = \sum \lambda_i \cdot C_i \cdot |Z_i|$$

$\lambda_i$ : 各イオンの極限当量イオン伝導率(25°C),  
 $C_i$ : 各イオンの当量濃度,  $|Z_i|$ : 各イオンの電荷の絶対値

この値とECの実測値(EC<sub>obs</sub>)との比が0.8以下または1.2以上(±20%)のものについて、原因が明らかなものについては、その理由についてのコメントをつけ、それ以外のものについては再分析することとした。

初年度のデータについて、EC<sub>cal</sub>/EC<sub>obs</sub>とT-C/T-Aとの関係を図2に示す。導電率による検定では、ほとんどの試料が±20%の範囲内に入っていた。この範囲を越える値は、マイナス側の方がやや多かった。一方、イオンバランスによる検定では、-20%を越える値はほとんどなかったが、+20%を越える値は多かった。これは高pH試料では、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)を含むため、その補正が行われていないことに基づいていると思われた。全体として、本調査のデータはかなり高い信頼性を持っていた。

## 5. 初期のデータのとりまとめ

初年度の調査結果の概要は次のようであった。16機関が参加し、ろ過式採取装置を用い、27地点(秋期28地点)で梅雨期と秋期の2度各4週間、酸性雨調査を行った。梅雨期は集中豪雨型で4週とも50mm以上のまとまった降水があった。秋期は全般に降水量は少なかったが、北陸地方は冬型気圧配置になることがあった。主な結果は以下の

とおりである。

1) pHは3.92~6.76の範囲に出現し、出現幅は秋期に大きかった。調査全地点の加重平均値は梅雨期4.66、秋期4.44で、秋期に低い値であった。梅雨期の地域的傾向は明確ではなかったが、秋期は日本海側でやや低い値であった。

2) 導電率は4~98μS/cmの範囲に出現し、秋期に大きい値であった。梅雨期は日本海側の値は小さかったが、秋期は日本海側の値が大きかった。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は0.3~13.4μg/mlの範囲に出現し、梅雨期、秋期とも地域的特性は見られなかつた。一方、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は0.2~11.4μg/mlの範囲に出現し、東海・近畿地方の大都市周辺でやや濃度の高い傾向が見られた。Cl<sup>-</sup>とNa<sup>+</sup>濃度は梅雨期に低く、瀬戸内・太平洋側でやや濃度が高く、秋期には日本海側で濃度が高かつた。

3) NH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度はいずれの季節もやや都市部で高い値であったが、背後地域でも濃度変動の大きい地点があった。また、Ca<sup>2+</sup>濃度は秋期に高い値であり、都市部でやや高い値であった。Mg<sup>2+</sup>とK<sup>+</sup>濃度は秋期に高い値であり、都市部でやや高い値であった。

4) 降下量は瀬戸内・太平洋側で梅雨期に多く、日本海側は秋期に多かつた。降下量に占める割合はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が大きいが、秋期の日本海側ではCl<sup>-</sup>ならびにNa<sup>+</sup>を含めた海洋起源による成分の寄与が大きかつた。nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>降下量は梅雨期には地域差が少なかつたが、秋期は日本海側で多かつた。

5) バックグラウンド地域として設定されたほとんどの地点で、それに相当する低濃度の値が得られた。

このような調査結果から、次のような検討課題が示され、順次検討し解決されていった。

### 1) 調査目的

濃度をもとにして解析するのか、降下量をもとにして解析するのかという評価法と調査法の関係を整理する。また、国の調査と自治体の調査の目的の違いを整理するとともに、適切な役割分担を考える。このことは、今後の全国調査への移行を考えた場合、とくに重要である。

### 2) 調査方法全般

基本的には初年度の方法を継続する。調査過程

でいくつかの問題点は指摘されたが、毎年調査方法を変更するのはよくない。

### 3) 調査地點

地図上の空白地點の補充ならびに再配置は必要である。とくに、能登半島と紀伊半島での充実の希望は強い。しかし、すでにかなり無理をして地點を設定している機関もあり、それ以外の地域では現状の地點でもやむをえない。

### 4) 調査期間

梅雨期調査は現状の期間でよい。しかし、各期間での調査単位は1月（月末に終了）であり、本調査のような月半ばでの終了は煩わしいとの意見も強い。また、全国調査に移行した場合は、もう少し長い調査期間が必要となる。一方、秋期調査は降雨量が少ない（週単位では降雨の無い地點が多く見られた）こともあり、調査の位置付けが明確にはならなかった。

### 5) 試料採取法

全機関が参加でき、しかも多地点で同時調査する目的から、沪過式採取法を用いた。しかし、本装置はバルク法であり得られるデータの質も制限を受ける。将来的にはウェットオンリー法の採用を考えるべきではあるが、当面は数地点で両法を並行運転し、沪過式のデータを検定する必要がある。

### 6) 分析項目

可溶性成分については現状のままでよい。不溶性成分については、分析の必要性について意見が分かれている。有用論は不溶性成分そのものによる評価の必要性、Ca降下量算出に不可欠などの点であり、不要論は分析が大変で、NaとKの意味が不明であり、値もきわめて低く、解析ができないなどの点である。

### 7) 洗浄方法

降下量算出のために装置の洗浄はきわめて重要である。とくに今回の秋期調査のように最終週に降水のない場合は、洗浄水中の成分は降下量に大きな割合を占める。洗浄における作業手順の統一が必要である。

### 8) データの質

多機関が参加する共同調査では信頼性あるデータ確保の保証が必要であり、クロスチェックやイオンバランスによる検定を欠かすことはできな

い。

9) 大都市周辺で降下量が多いが、pHは必ずしも低くない。この原因解明が必要である。

10) 日本海側のデータはきわめて重要である。冬期にpHが低くなること、 $\text{SO}_4^{2-}$  ( $\text{nss-SO}_4^{2-}$ も含め) 降下量が増大する原因を明らかにすべきであり、そのために冬期に広域的な共同調査をする必要がある。

## 6. 中期的なデータの取りまとめ

若干の軌道修正を行い、実施した平成元年からの5年間の調査結果はつぎのようであった。

- ・梅雨期：平均（全地點の平均値）降水量は114～247mmの範囲にあり、平成4年度がもっとも少なく、平成元年度がもっとも多かった。平均pHは4.65～4.91、平均導電率（EC）は13～17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲内にあったが、平成4、5年度に若干pHが高く、ECが小さい傾向が見られた。なお、各イオン成分の平均濃度には明確な傾向は見られなかった。各イオン成分の平均降下量については平成4、5年度に $\text{H}^+$ と $\text{SO}_4^{2-}$ がと

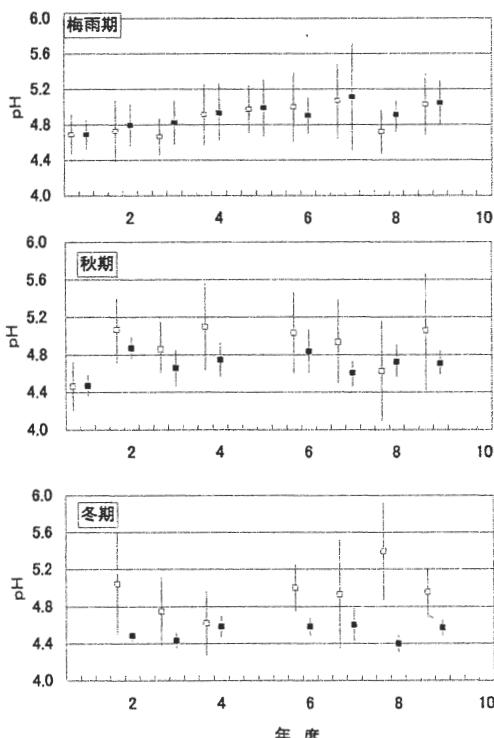


図3 pH平均値の経年変化 □: 太平洋側, ■: 日本海側

表4 酸性雨共同調査の報告書

	発行	題名	発行年、等
1	全公研、東海・近畿・北陸支部 共同調査研究会（酸性雨）	平成元年度酸性雨共同調査研究報告書	全公研支部（1991）
2	同	平成2年度酸性雨共同調査研究報告書	全公研支部（1992）
3	同	平成3年度酸性雨共同調査研究報告書	全公研支部（1993）
4	同	平成4年度酸性雨共同調査研究報告書	全公研支部（1994）
5	同	平成元年～5年度酸性雨共同調査研究報告書	全公研支部（1995）
6	同	平成6年度酸性雨共同調査研究報告書	全公研支部（1996）
7	同	平成7年度酸性雨共同調査研究報告書	全公研支部（1997）
8	同	平成8年度酸性雨共同調査研究報告書	全公研支部（1998）
9	同	平成9年度酸性雨共同調査研究報告書	全公研支部（1999）
10	同	平成10年度酸性雨共同調査研究報告書	

表5 全公研・東海・近畿・北陸支部研究会での口頭発表

	支部研究会	題名	発表者
1	第5回（岐阜市、1990）	支部共同調査、雨水成分の統計的解析、主成分分析	松本光弘（奈良県）
2	第5回（岐阜市、1990）	地域代表性和近接2地点間の雨水データ	田口圭介（大阪府）
3	第5回（岐阜市、1990）	日降水及び過式採取法による降水量推定	江阪忍（京都府）
4	第5回（岐阜市、1990）	支部酸性雨共同調査について	北村守次（石川県）
5	第5回（岐阜市、1990）	低pH降雨と気象因子	平木隆年（兵庫県）
6	第5回（岐阜市、1990）	低pH降水とイオン成分との関係	玉置元則（兵庫県）
7	第5回（岐阜市、1990）	兵庫県におけるバックグラウンド地域の降水	平木隆年（兵庫県）
8	第6回（京都府、1991）	酸性雨ろ過式採取器による雪採取について	鳥山成一（富山県）
9	第6回（京都府、1991）	名古屋市における酸性雨の経年変化について	酒井哲男（名古屋市）
10	第6回（京都府、1991）	平成2年度梅雨期酸性雨支部共同調査結果	西川嘉範（大阪府）
11	第7回（福井県、1992）	酸性雨共同調査中間報告	江阪忍（京都府）
12	第8回（京都府、1993）	酸性雨共同調査報告	井上秀敏（奈良県）
13	第9回（名古屋市、1994）	共同調査研究（酸性雨）について	大野達雄（滋賀県）
14	第10回（兵庫県、1996）	平成6年度支部金属腐食調査について	松本光弘（奈良県）
15	第10回（兵庫県、1996）	平成6年度支部共同調査（酸性雨）について	前川勉（福井県）
16	第10回（兵庫県、1996）	酸性雨支部共同調査の5年間のまとめ	大野達雄（滋賀県）
17	第11回（富山県、1997）	平成7年度支部共同調査（金属腐食）について	北瀬勝（名古屋市）
18	第12回（大津市、1998）	酸性雨情報交換会の成果と今後の課題	玉置元則（兵庫県）
19	第13回（伊勢市、1999）	全公研支部共同調査、4段ろ紙法	松本光弘（奈良県）
20	第14回（奈良市、2000）	全公研支部共同調査（乾性沈着量）2年間	松本光弘（奈良県）

にも少ない傾向が見られた。

- 秋期：平均降水量は71～211mmの範囲にあり、平成元年度がもっとも少なく、他の年度は200mm前後であった。平均pHは4.46～4.87、平均ECは16～37μS/cmの範囲にあった。平成元年度にややpHが低い傾向が見られた。また、同年度にSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>などの濃度が高く、それに伴いECが高い傾向が見られた。
- 冬期：平均降水量は118～133mmの範囲で、各年度とも同程度であった。平均pHは各年度とも4.5前後であり、平均ECは約50μS/cmで変動はきわめて少なかった。各イオン成分の平均濃度および平均降水量も各年度で同程度であつ

た。日本海側の地域で、降水量とすべてのイオン成分降下量が他の地域の数倍～数十倍多かった。

その後のデータの状況は次のようにあった。図3にpH平均値の経年変化を示す。pHの平均値は冬期の日本海側で低く、年平均値で4.4～4.6程度で一定している。梅雨期のpHは平成元年度の約4.7から経年的に徐々に高くなる傾向が見られ、同9年度は約5.0であった。日本海側と太平洋側を比較すると、秋期および冬期は太平洋側の方が日本海側よりもpHが高い傾向が見られた。

これらの成果については、各年度ごとに報告書を作成する（表4）とともに、全公研・支部研究

表 6 大気環境学会での口頭発表

学 会	題 名	発表者
1 第31回(1990, 金沢)	酸性雨調査におけるバックグラウンド地点の選定	平木隆年(兵庫県)他
2 第31回(1990, 金沢)	酸性雨共同調査におけるデータの質の管理	玉置元則(兵庫県)他
3 第37回(1996, 堺)	東海・近畿・北陸地方での酸性雨共同調査 (3), 平成元年~6年度の概要と地域的特性	玉置元則(兵庫県)他
4 第37回(1996, 堺)	同(4), 降水の $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量比について	西川嘉範(大阪府)他
5 第37回(1996, 堺)	同(5), 冬期における酸性沈着の特徴	青山善幸(福井県)他
6 第37回(1996, 堺)	同(6), 降水pHと降水量および酸性度ポテンシャル等の指標との関係について	酒井哲男(名古屋市)他
7 第37回(1996, 堺)	同(7), 統計的解析による雨水成分および降下量の評価	松本光弘(奈良県)他
8 第37回(1996, 堺)	同(8), 海塩粒子の影響	谷尾桂子(京都府)他
9 第37回(1996, 堺)	全公研東海・近畿・北陸地方金属腐食調査	松本光弘(奈良県)他
10 第38回(1997, つくば)	同(9), 平成7年度の概要と地域特性	玉置元則(兵庫県)他
11 第39回(1998, 札幌)	同(10), 平成8年度の概要と経年変化	平木隆年(兵庫県)他
12 第39回(1998, 札幌)	同(11), 4段沪紙法によるガス成分およびエアロゾルのイオン成分の測定とインファレンシャル法による樹木等への乾性沈着	松本光弘(奈良県)他
13 第40回(1999, 津)	4段沪紙法による乾性沈着測定の問題点	玉置元則(兵庫県)他
14 第40回(1999, 津)	同(12), 平成9年度の概要と経年変化	都築英明(京都府)他
15 第40回(1999, 津)	同(13), 4段沪紙法によるガス成分およびエアロゾルのイオン成分の測定とインファレンシャル法による樹木等への乾性沈着,—2年間調査—	松本光弘(奈良県)他
16 第41回(2000, 浦和)	4段沪紙法による乾性沈着測定の問題点(2)	松本光弘(奈良県)他
17 第41回(2000, 浦和)	乾性沈着モニタリングにおける4段ろ紙法の評価	平木隆年(兵庫県)他

会でも概要や主な内容について発表し、討論を行ってきた(表5)。さらに大気環境学会においては、17回にわたる口頭発表を行い(表6)、多くの研究者との議論を積み重ねることにより、内容の向上を図ってきた。

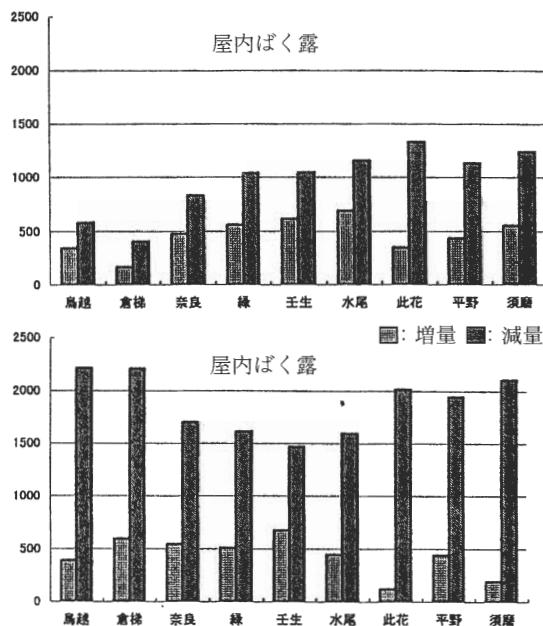
## 7. 金属腐食調査

本支部には京都や奈良をはじめとして古い歴史を持つ文化財などが数多くあるが、近年、環境の変化によると思われる保存状態の悪化が大きな問題となっている。その保存対策を考えるためにも、また逆にそのような状況をもたらす環境を知るためにも、どのような環境要因が金属材料や大理石への腐食あるいは劣化に影響するのか把握しなければならない。

酸性雨調査を支援するため、平成6年度から10年度まで、支部内の7機関が参加して、炭素鋼、銅、青銅と大理石を用いた調査を開始した。これらを屋外ばく露と屋内ばく露(大理石は屋外のみ)し、腐食量(減量、增量、侵食度)を測定するとともに、腐食生成物の溶出イオンを分析した。平

成7年度の結果の概要は次のようであった。

- ・屋内ばく露腐食增量: 炭素鋼、銅とともに1地点(冬期)以外はバックグラウンド地点が市街地や郊外よりかなり小さかった。また、銅は郊外と市街地が同じような腐食量であった。季節別でも、おおむね各地点とも夏期に大きく冬期に小さくなり、とくに炭素鋼はその差が大きかった。青銅は夏期に大きくなる傾向があった。
- ・屋外ばく露腐食減量: 炭素鋼、銅とともに屋内ばく露と比べて地点差が小さくバックグラウンドが市街地や郊外より大きくなることもあった。屋外ばく露では雨の影響が大きいと考えられた。季節差も屋内ばく露ほど大きくなく、地点により変化が異なった。大理石は京都に比べ奈良で大きい値であった。図4に屋外と屋内ばく露の炭素鋼の腐食量を示す。
- ・屋内ばく露腐食增量と腐食物中および乾式ガーゼ法捕集成分との関係: 銅の增量は両者の全陰イオンとの間に、また炭素鋼の增量は腐食物中の  $\text{NO}_3^-$  以外の陰イオン成分との間に相関がみられた。炭素鋼腐食物の  $\text{NO}_3^-$  はどの試料も非

図4 一年ばく露腐食量の例(炭素鋼) 単位: mg/100cm<sup>2</sup>/年

常に少なかった。

- 屋外ばく露銅試料のFTIR吸収スペクトル：夏期を中心に窒素系物質の吸収がとくに市街地で大きかったのに対し、酸化第一銅の吸収は郊外で大きかった。酸化第一銅の生成量が郊外地点で減量が大きかったことと関係していると考えられた。

#### 8.4段戸紙法による乾性沈着量測定

地表面などに負荷される酸性沈着物は、雨以外にも種々の過程を経てもたらされる。酸性雨調査を補完するため、平成9年度から2年間、6機関で4段戸紙法によるガス成分およびエアロゾルのイオン成分の測定とインファレンシャル法による乾性沈着量の評価を行った。主な結果は次のようにであった(図5)。

- 4段戸紙法によるガスおよびエアロゾルのイオン成分濃度: SO<sub>2</sub>とHNO<sub>3</sub>は梅雨期、HCl、NH<sub>3</sub>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は秋期、Cl<sup>-</sup>は冬期にもっとも濃度が高かった。地域的には大都市周辺で濃度は高かった。
- 各表面に対する乾性沈着量の推定: インファレンシャル法によるガスとエアロゾルのイオン成分濃度から試算した。乾性沈着量は針葉樹>落葉樹>農地>裸地の順に多かった。各成分の表面に対する沈着量は HNO<sub>3</sub>>SO<sub>2</sub>>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の順に多かった。HNO<sub>3</sub>とSO<sub>2</sub>は梅雨期に、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>とNO<sub>3</sub><sup>-</sup>は秋期に沈着量が多かった。
- 湿性沈着量と乾性沈着量との関係: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>では湿性は56%、乾性は44%、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>湿性46%、乾性54%の割合と見積もられた。

#### 9. 酸性雨情報交換会

酸性雨共同調査を効率よくかつ精度よく実施す

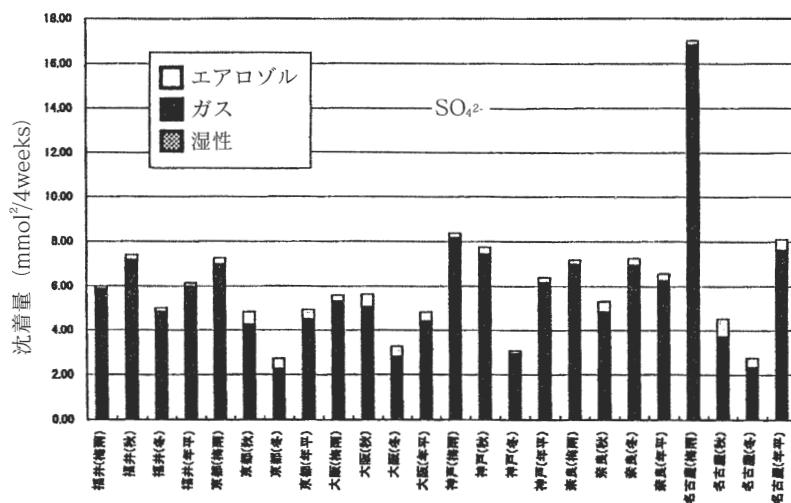
図5 針葉樹に対するSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>沈着量見積り(平成9年度の例)

表 7 酸性雨情報交換会

回	日 時	場 所	主な目的	協力機関など	参加者
1	平成 6 年 5 月 10 日	神戸市立森林植物園 兵庫県立公害研究所	酸性雨の森林影響調査の現場見学 酸性雨の最新情報、装置の作成法	神戸市立森林植物園 兵庫県立公害研究所	31名
2	平成 6 年 10 月 25 日	京都府周山保健所 京北プレカットセンター	京都府下の森林と酸性雨 酸性雨自動測定機による測定現場 北山杉の生産現場見学	京都府保健環境研究所 本城先生(京都府立大)	21名
3	平成 7 年 7 月 13 日 ～14日	奈良県・大台ヶ原	大台ヶ原の自然観察および酸性雨測定現場 酸性霧の現状と生態系への影響	奈良県衛生研究所 大台ヶ原管理事務所	37名
4	平成 8 年 1 月 19 日	大阪府・金剛山	酸性霧測定現場見学、データ説明 金剛山のブナ林の植生と森林構造	大阪府公害監視センター 大阪府農林技術センター	22名
5	平成 8 年 7 月 17 日 ～18日	岐阜県・高山 岐阜県・乗鞍岳	乗鞍岳での森林観察、高山自然観察 名古屋大学酸性霧観測現場見学 乗鞍岳での酸性雨・霧の森林影響	岐阜県保健環境研究所 石坂先生(名古屋大)	55名
6	平成 8 年 11 月 22 日	京都市・毘沙門堂 山科・安祥寺国有林	酸性雨に係わる土壤調査の実態 土壤調査の現地指導	京都市衛生公害研究所 森林総合研究所	45名
7	平成 9 年 7 月 24 日 ～25日	和歌山県・紀南地方	国設潮岬酸性雨自動測定期見学 熊野古道でのスギやウバメガシの生態系観察	和歌山県衛生公害研究センター、野口先生(国立衛試)	60名
8	平成 9 年 11 月 25 日	京都工芸織維大学付属農場	酸性雨・大気汚染観測システムの見学 森林生態系での物質循環と酸性雨	京都工芸織維大学 徳地先生(京大)	52名
9	平成10年 7 月 16 日 ～17日	滋賀県朽木村 京都大学芦生演習林	芦生演習林などでの原生林の見学 滋賀県の森林被害調査、調査手法	滋賀県立衛生環境センター 片山先生(京大)	57名
10	平成10年10月30日	奈良県・天理・山辺の道	神社林のスギ衰退木現地調査、乾性沈着 山辺の道、黒塚古墳周辺観察	奈良県衛生研究所 西山先生(奈良大学)	34名
11	平成11年 7 月 22 日 ～23日	石川県・白山	三方岩山頂付近ブナ林観察、酸性雨調査地点 見学、白山の植生研修	石川県保健環境センター 野上先生(白山)	40名
12	平成12年 7 月 26 日 ～27日	福井県・夜叉ヶ池	酸性雨による影響が生じている可能性のある 夜叉ヶ池および周辺の植生の観察	福井県環境科学センター 奥野先生(今庄町)	45名
13	平成12年11月 9 日	滋賀県(山門湿原)	奥琵琶湖の湿原に迫る環境変化 滋賀県の酸性雨と生態系の現状	滋賀県立衛生環境センター	31名
14	平成13年 7 月(予定)	三重県・熊野地方		三重県保健環境研究所	

るための情報交換の場、手法・技術の継承、普及、改良・開発の場、森林ならびにその衰退観察の場が求められるようになり、平成 6 年度に酸性雨情報交換会がスタートした。

この間、13回の定例会を開催した(表 7)。最初は講演や実技指導など室内中心の活動で、野外見学は将来の行動を見据えての気分転換程度の位置付けであった。しかし、六甲山、北山杉、大台ヶ原、金剛山さらには乗鞍岳と、山に入り森林を見ていくうちに会員の意識は変化した。その最大の転機は大台ヶ原であり、それを決定的にしたのは乗鞍岳だった。森林枯損の原因はともかくとして、屍の樹林が林立するさまを目にしたとき、都市部での大気汚染や酸性化した降水が脳裏にオーバーラップするのは避けられないことでもあった。

この意識の変化は、より内に閉じこもりがちな研究行動のみからの脱皮を会員に要求せざるを得ない。自ら森林に足を踏み入れ、そこで起きていることを自らの目でしっかりと見据えなければならない。そして、そのことをより多くの人に伝えな

ければならない。このことは研究者として野外に素材を求める、室内実験と理論的整備により科学としての体系化を図り、真実の解明に努め、その成果をもって森林保護の番人、環境保全の実践者の一人となることを義務付けられている<sup>2)</sup>。

京都・山科の山林では土壤調査を体験し、京都工芸大では高度な酸性雨監視システムを、和歌山・潮岬では国設酸性雨局を見学した。芦生演習林では大規模に残された原生林を、白山ではブナの林を観察した。そして、福井県・夜叉ヶ池では神秘的な水面と酸性化した水質を前にかけがえのない雰囲気を体験した。

## 10. 今後の行動

支部調査は全公研の全国調査の中に組み込まれることにより、支部独自の調査はその10年の歩みを止めることとなった。この中で私たちが得た成果は有形・無形を含めてきわめて大きいものがあった。また、全国調査のうち支部に係わるデータについては独自の解析を行う予定である。さらに、情報交換会はその継続の要望が強いため、今

年度の三重県（熊野地方）を含め続けて実施して行きたい。環境問題は地域汚染と地球規模汚染の両者において内容が多様化しており、酸性雨のみに焦点を絞った調査・研究を行うことは困難になっている。しかし、環境庁による東アジア酸性雨モニタリングネットワーク構想（EANET）が正式稼働されたことに見られるように日本と中国を含めた東アジア地域での大気の酸性化、土壤・水質への酸性物質の負荷の増大は今後一層大きな課題となることは明らかである。地方自治体において

ても応分の研究分担はさらに強く求められる。

#### —参考文献—

- 1) 玉置元則、押尾敏夫、福崎紀夫：全公研における酸性雨調査研究の歩み、全国公害研会誌、**21** (4), 239-244 (1996)
- 2) 玉置元則：酸性雨情報交換会のあゆみ、全国公害研会誌、**22** (1), 33-39 (1997)
- 3) 全公研酸性雨調査部会：第2次酸性雨全国調査報告書（平成9年度）、全国公害研会誌、**23** (4), 186-230 (1998)