解説

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 －

丸山 浩*・玉置 元則**・正賀 充**・平木 隆年**

4. 降水pHの経年変化

4. 1 pH5.5から4.6への低下

図－8に降水pHの経年変化を示す。この図はきわめてドラマチックなpH変化を示している。それは、昭和27～28年（1952～53年）にかけて急激なpHの低下が見られることである。それに対して、昭和20年以後に阪神地域はじめ全国的に重工業的生産が壊滅的な打撃を受けたことはこのデータには反映されていない。

この図の通りであれば、測定が開始された昭和10年以降昭和27年まではpH5.5前後の蒸留水なみの高いpH値を示し、昭和27年以降は現在の神戸のpH値4.5程度に近い4.7程度に低下したことになる（表4）¹⁰⁾。

なお、当時は同一人（岡本夏生氏）の測定で、岡本氏は昭和23年頃から昭和36年まで測定を継続されたが、氏が中部大学（現中部工業大学）へ転出されたため、降水分析は中止された¹¹⁾。

4. 2 pH低下の要因

昭和27年のpH低下について、現時点での考察を行った。データ評価において、主に考慮されるべき点は①降水の測定精度、②1降水ごとのpH解析、③本測定における他の成分の挙動、④他の地域での降水データ、⑤降水以外の大気汚染に関するデータ、⑥エネルギー消費量や社会情勢の変化、についてである。

(1) 降水の測定精度

他の成分の分析法もそうであるが、当初の吸光光度法によるpHの測定法は現在ではほとんど使用されていない。それは1つには能率的な理由もあるが、主な問題点は共存する測定妨害物の除去と感度であり、特に低濃度域でのデータの信頼性は低い。pH測定に関

しては今日のガラス電極法でも未解決の点があり、蒸留水のような導電率値の小さい試料の測定は困難をき

図－8 降水pHの経年変化⁵⁾表4 神戸海洋気象台および兵庫県立公害研究所で測定した湿性沈着量^{5, 10, 21)}

測定期間 (1900年代)	pH	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ (A)	nss-SO ₄ ²⁻ (B) ^{a)}	(B)/(A) %
(g/m ² ・年)							
36～40	5.3	0.0010 ^{b)}	0.62	2.4	6.2	5.1	84
41～45	5.6	0.0041	0.97	1.8	2.1	1.3	64
46～50	5.7	0.0045	0.53	4.7	1.3	ND	0
51～55	4.9	0.0081	0.50	4.2	2.3	0.56	24
56～61	4.7	0.019	0.61	1.6	2.1	1.4	67
76～77 ^{c)}	4.4	0.043	0.54	2.0	—	—	—
84 ^{d)}	4.4	—	—	—	—	—	—
85	4.3	—	0.31	1.6	2.3	2.1	90
86	4.3	—	0.31	1.4	2.4	2.2	88
87	4.4	—	0.29	1.3	2.1	1.9	88
88	4.5	—	0.41	1.2	2.9	2.8	83
89	4.6	—	0.34	1.6	3.0	2.7	87
90	4.6	—	0.32	1.4	2.0	1.8	90
85～90	[4.5]	—	[0.33]	[1.4]	[2.5]	[2.3]	[88]

^{a)} 通常のnss-SO₄²⁻量はNa⁺量を基準にして算出するが、海洋気象台での一連のデータではNa⁺量が求められていないので、ここではCl⁻量を基準にして算出した。^{b)} 1936年のデータの一部は除外して計算した。^{c)} この期間は通年のデータとして得られていないので、成分濃度と年降水量の積から算出した。^{d)} 1984～90年のデータは6月～翌年5月の1年間単位のものである。例：84年は1984年6月～85年5月。

* 元神戸海洋気象台（現姫路測候所）
Hiroshi MARUYAMA

** 兵庫県立公害研究所 Motonori TAMAKI,
Mitsuru SHOGA, Takatoshi HIRAKI

わめる。

本データにおける他の成分の濃度も低く、pH 5～6の試料の測定は現在の技術でも困難な点が多く正確には測定できない可能性がある。それに対して、pH 5以下の測定はこのような吸光光度法（比色法）でもそれなりの信頼性があると思われる。

吸光光度法でのpH測定については、昭和18年に松平*と加藤は次のように記述している。「pHは比色法ではたして正しい値が得られるかどうかは疑問であるが、キンヒドラン電極法によって測定した値はBCG（ブローム・クレゾール・グリーン）の指示薬によって得た値とほとんど一致したので、この方法を用いた時には念のためBCP（ブローム・クレゾール・パープル）を使用して再検測した。――雨のpH測定にはなお研究の余地があると思う」¹²⁾

なお、pHの指示薬としては、pHの範囲によって、BCG以外にもBCPやBPB（ブローム・フェノール・ブルー）も使用されていたようである¹³⁾。このことに関連して、石川らは指示薬を用いる吸光光度法でのpH測定の精度の点から、この測定値について興味ある考察をしている¹⁴⁾。

気象要覧には、この間に些細な変更をも含めて測定法の変化は記載されていない。

また、測定法については、海洋気象台の復命書に相当する昭和25年以降の「海洋時報」にも、気象要覧に記載されている以上のことは記述されていない¹⁵⁾。降水のpH測定は海水測定に準じて行われたが、これらの測定法については、①海洋観測法（昭和19年）¹⁶⁾、②海洋観測法（昭和24年）¹⁷⁾、③海洋観測指針（昭和30年）¹⁸⁾および④海洋観測指針（昭和45年）¹⁹⁾に記載されている。①と②におけるpH測定の内容はまったく同一である。後述のように、③と④との間でpH測定の変更があったが、どこで変更されたかの記載がない。昭和30年過ぎにガラス電極法が採用されたが、その間にはこの種の指針は出されていない。

一方、試薬のロットや使用装置の変更も気になるが、これらに関する情報も今となっては得るすべがない。したがって、これらの点については、あれこれ推測することではなく、他の検討結果から逆に判断する事柄かもしれない。

(2) 1降水ごとのpH解析

図-9にpHの経月変化を示す。このデータからも

* 松平康男：後の神戸海洋気象台長、昭和13～28年を中心に降水化学の論文を多数著している。

昭和27年頃にpH値に大きな変化があったことしか読み取れない。しかし、詳細に見ると（図-10）、昭和27年の10月までは高い値であり、11月から急に低下している。

図-11にpHの1降水ごとの変動を示す。また、表5に昭和27年11月の1降水ごとの生データを示す。表5からは11月4日に事件が起きたことになる。すなわち、4日の13～17時に降った2.8mmの降水（降水(a)）のpHは5.7であるが、4日の17時～翌5日9時の降水（降水(b)）は66.1mmもあり、pHは4.6に急激に下がっている。4日の17時は退庁時であり、5日の9時は登庁時であるため、この雨は1降水を時間的に分割したものに他ならない。さらに降水は5日の13時まで継続し、一時中断（試料取りかえ）の後15時にやっと降り止んだ。5日のその後の2試料のpHは4.6～4.7で昨夜来の降水とほぼ同じ値である。なお、その次の12日には4.2という当時としては例のない低いpHの降水が

図-9 降水pHの経月変化⁵⁾

図-10 降水pHの月平均値の変動（昭和27～28年）⁵⁾

図-11 一降水ごとの降水pHの変動(昭和27~28年)⁵⁾

表5 昭和27年11月の降水データ⁵⁾

神戸(神戸海洋気象台)									
採水 日時	期間 日時	降水量 mm	pH	塩化物 Cl mg	硫酸 S mg	アンモニア N mg	硝酸 N mg	亜硝酸 N mg	亜硝酸 N mg
1,00~1,07	6.1	5.7	m ² 17.3	10.95	1.91	11.86			
			L 2.8	1.79	0.31	1.94			
4,13~4,17	2.8	5.7	5.0	3.94	0.37	9.14			
			1.9	1.40	0.13	3.26			
4,17~5,09	66.1	4.6	8.32	25.11	0.72	53.34			
			1.2	0.38	0.01	0.80			
5,09~5,13	8.2	4.6	12.3	5.15	0.16	14.68			
			1.5	0.62	0.02	1.79			
5,13~5,15	3.1	4.7	3.8	1.01	0.04	5.55			
			1.2	0.32	0.01	1.79			
12,10~12,17	0.6	4.2	2.1	—	—	1.43			
			3.6	—	—	2.39			
12,17~12,18	0.1	4.6	0.3	—	—	—			
			3.9	—	—	—			
14,15~15,09	4.3	4.5	16.5	4.49	1.87	11.24			
			3.8	1.04	0.43	2.61			
15,19~16,24	1.0	5.0	5.0	—	0.87	2.78			
			5.0	—	0.87	2.78			
28,00~28,08	0.8	5.4	5.3	—	1.26	7.26			
			6.7	—	1.58	9.08			
28,08~28,17	0.8	5.4	1.2	—	—	3.89			
			1.5	—	—	4.86			
28,17~29,08	3.7	4.8	4.7	3.85	1.91	9.26			
			1.2	1.04	0.51	2.50			
合 計		97.6	平均 4.7	m ² 156.7	54.50	9.11	130.43		

観測されている。

1975年以降の測定では、通常、1降水を初期降水と後続降水に分割した場合、神戸ではやや初期降水のpHの方が低い値の場合が多い²¹⁾。11月4~5日の雨ではこの逆になっている。降水(a)の成分濃度にはきわだった特徴はないが、降水(b)の成分濃度は異常に高く、 $\text{SO}_4\text{-S}$ は $25.11\text{mg}/\ell$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ は $53.34\mu\text{g}/\ell$ となっている。しかしながら、その後もpHは低くなったものの、成分濃度は従来の値に戻っている。

図-11で1降水ごとにpHの変化を見ると10月と11月は不連続データのように見えるが、その後の12月~翌2月まででは滑らかな減少のようにも見える。この変化は一見降水量の多い雨に低いpHが多く出現したよ

うにも思われる。

(3) 本測定における他の成分の挙動

次章に示すように、同時に測定された他の成分では、この昭和27年のドラマチックな変化は見られていない。ただ、 SO_4^{2-} にわずかに変化の兆候があるのみである。

(4) 他の地域での降水データ

酸性雨現象は地球規模の環境破壊の中では比較的汚染物質の輸送距離は短く、せいぜい大陸間程度の問題である。したがって、欧米のデータはこの際は関係ないことになる。また、東アジア地域でのこの種のデータも見当たらない。残るは日本国内のデータであるが、年平均値までの比較となると東京の中央気象台のデータしか存在していない。それも昭和27年までにデータは途切れている。

なお、図-12にグリーンランドの氷床コア中の NO_3^- と nss-SO_4^{2-} (非海洋由来:主に人為的発生による)測定の結果を示す²⁰⁾。1760~1900年頃までは低い値で、その後、1930年頃からある程度一定の割合で増加しているように見える。

(5) 降水以外の大気汚染に関するデータ

この時期における大気汚染のデータは降下はいじんに関するものが唯一である。図-13に大阪市の降下はいじん量の経年変化を示す²²⁾。これから見ると、終戦直後の1945~46年頃が最低値で、その後増加に転じ、1950年過ぎには再び高い値を示している。しかし、1952年~53年(昭和27~28年)は、そのピークも過ぎ、やや下がり傾向にある。

山岡らは同じ大阪市のデポジットゲージ貯留水のpH経年変化を示している(図-14)²³⁾。昭和2年のデータは直径20cmのシャーレに採取し、比色法により測定

図-12 グリーンランドの氷床コア測定から得られた NO_3^- と nss-SO_4^{2-} 濃度変化

(1)~(3)は火山噴火に基づくものである。

.....: nss-SO_4^{2-} , —: NO_3^-

図-13 大阪市における降下ばいじん量の経年変化²²⁾ 図-14 大阪市での降下ばいじん貯留水のpH経年変化²³⁾

したものである。4～11月に各月1～5回降水を測定し、pH5.4～6.6、平均値6.4の値であった。デポジットゲージ貯留水のpHは昭和38～39年はpH5.6であったが、その後低下し昭和41年はpH4.7となり、横ばい状態であった。昭和60年はpH5.2、昭和64年はpH5.7とやや高い傾向を示している。

同じように、熊本市でも昭和38年（1963年）以来、長期的に降下ばいじん量を測定している²⁴⁾。デポジットゲージ貯留水のpH値の推移では1972年頃にpH5.6を切って以来、ずっと下りっぱなしのようである。昭和38年頃のpHは7程度であり、それ以前もこのような値であったと推定される。

(6) エネルギー消費量や社会情勢の変化

図-15に藤田により推定された日本におけるSO₂とNO_xの発生量の推移を示す²²⁾。これから、産業活動が活発になり、汚染物質が大量に排出されるのは昭和40年代の中頃（1970～75年）と推定される。

昭和27年頃は朝鮮戦争の軍需景気はあったものの、

図-15 日本におけるSO₂とNO_xの発生量の推移²²⁾

それ自体は昭和40年代の重工業の隆盛とは比べものにならず、それもすでに時期的にはピークを越えている。

4. 3 pHデータの評価

昭和27～28年頃に特にエネルギーの消費量の増大ならびにエネルギー変換はなかったようである。また、それに伴う大気汚染の変化を示す兆候も見られない。さらに、降水中の他の成分のドラマチックな変化もない。一方、測定法については開始時の昭和10年は吸光光度法であり、終了時の昭和36年はガラス電極法（pH計）との併用であった。この間、どこかでpH計が導入されていることになる。ガラス電極法の装置は昭和25年頃までに米国・B社のものが日本にも輸入されていたようであるが、国産1号機は昭和25年に登場し、本格的に大量生産・販売されたのは昭和28年からである。メーカー側の調査では、昭和27年11月までに購入されていたのは、日本で高々500台（200～300台）程度のものである。それが気象台に納入されていたかどうかは不明である。しかし、きわめて微妙な時期には違いない。

その後、海洋気象台の帳簿（物品簿）を調べたところ、昭和32年にpH計が納入されていることがわかった（昭和36年には2台納入）。この装置のメーカー名も型式も不明である。また、この装置が最初のpH計の購入か更新かも不明である。

海洋課では導入したpH計を主に洋上調査のために、年4回（それぞれ1か月程度）観測船に搭載して使用していたが、それ以外の時期には降水測定にも使用していたようである。また、当時の電極は太く、少量の降水ではpHの測定ができなかったとのことである。導入当時の評価としては、分析時間がきわめて短く、簡便ではあるが、精度がもう一つよくなく、交換部品の入手も困難なため、あまり便利な装置でもないとき

れていた¹⁾。

昭和27年10～11月のデータ変化はどちらかという測定法に起因するようにも思われる。しかも、それは吸光度法からガラス電極法への変化に伴うものでもないようである。しかし、それを推測するだけが本稿の目的ではない。とりあえず、本稿では昭和27～28年の間を不連続として処理しておく。このことにより、けって本データの価値が低くなるものではない。

5. 各成分沈着量の変化

5. 1 亜硝酸塩の挙動

図-16に亜硝酸塩沈着量の経年変化を示す。本分析法はGR試薬を用いるジアゾカップリング反応に基づく方法で感度はきわめて良好である。したがって、他の項目の濃度より2桁程度低い値であっても、本項目のデータの方がはるかに信頼性は高い。

図-16の変化では、昭和11年の高い値は気になるが、それを除けばずっと増加傾向にある。表4中に1976～77年の神戸の値と比較して示す²⁾。1941～50年の値はその1/10程度の濃度である。

5. 2 硫酸塩の挙動

図-17に硫酸塩沈着量の経年変化を示す。本分析法

図-16 NO₂⁻沈着量の経年変化⁵⁾

図-17 SO₄²⁻沈着量の経年変化⁵⁾

はきわめて感度が悪いので、記載されているような分析値を算出するためには、かなりの濃縮操作を必要としたものと思われる。それでもデータの信頼性は低いと推定される。なお、三宅により、昭和10～12年当時の測定値に疑問があると、1939年（昭和14年）にすでに指摘されている²⁵⁾。表4中に硫酸塩、塩化物ならびにアンモニアの沈着量をその後の神戸での測定値と比較して示す。

硫酸塩沈着量は昭和10年過ぎに高い値であり、戦後昭和26年頃より増加傾向にあるが、その傾向は一定ではない。通常、人為的なSO₄²⁻量評価の指標として、非海洋由来のnss-SO₄²⁻が用いられる。これは、Na⁺量を基準にして算出されるが、ここではNa⁺量が求められていないので、Cl⁻をすべて海洋起源と仮定して、nss-SO₄²⁻を算出した（表4）。1946年からの10年程度はCl⁻が多いため、nss-SO₄²⁻はほとんど認められていない。1956～61年は平均値ではnss-SO₄²⁻はSO₄²⁻全量の2/3程度を占めている。しかし、Cl⁻の分析精度と、これを基準にした算出法の妥当性の問題から、現在のnss-SO₄²⁻量と同等に比較できるかはまだ検討の余地がある。

5. 3 アンモニアの挙動

図-18にアンモニア沈着量の経年変化を示す。本分析法は比較的感度は良いので、データの信頼性自体は高いと思われる。経年変化（図-19）はきわめて変動が大きいものの、経年変化では何の変哲もない挙動を示し、ほぼ一定の値で25年が経過している。

5. 4 塩化物の挙動

図-20に塩化物沈着量の経年変化を示す。本分析法は妨害物の影響を受けやすく、また試薬ブランクや蒸留水の質あるいは汗などの不純物を十分排除または考慮して実施する必要がある。塩化物の主なものは海洋起源と考えられ、神戸ではその自然的発生により従来

図-18 NH₄⁺沈着量の経年変化⁵⁾

図-19 NH_4^+ 沈着量の経月変化⁵⁾ 図-20 Cl^- 沈着量の経年変化⁵⁾

から濃度は高かったものと推定されるが、分析精度は悪い。昭和24年頃にピーク値が見られるが、その理由は明白ではない。

5. 5 沈着量の評価

NO_3^- も測定されているが、昭和18年7月までの短い期間の測定なので、ここでは言及しないことにした。

NO_2^- 沈着量は徐々に増加し、1956～61年の平均値は $0.019 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ であり、1976～77年当時の推定値 $0.013 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ と同等の値になっている。 SO_4^{2-} は1951～61年の平均値で $2 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ を超えており、現在の値、 $2.5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ に近い値である。 Cl^- はほとんど自然発生と考えられるが、海洋気象台での測定では $1.6 \sim 4.6 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ 程度の大きな差がある。しかし、低い平均値は現在の値、 $1.5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ と同程度である。 NH_4^+ は $0.5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ 以上ではほぼ一定の値であるが、現在の $0.3 \sim 0.4 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ より大きい値である。

これから見ると、1960年当時すでに現在の沈着量と同程度の値に達していたとも考えられるが、当時の測定法の精度から、やや高めの値として得られていたと評価するのが妥当であろう。

6. ま と め

現在の測定法からみれば、昭和10年代の方法に欠点を見いだしたり、データの不十分さを指摘することはたやすい。しかし、考えてみれば、昭和10年に始まったことに驚嘆せざるを得ない。著者のうち、最年長者にしても、その生まれる10年近くも前に、今で言う「酸性雨調査」が始まっていたのである。

その当時の降水測定は困難をきわめただろうと推測される。簡単な装置1つ手にいれるにしても、同じ品質の試薬を手に入れるにしても、ずいぶんと苦労したことであろう。わずかに1試料の1項目の測定にもずいぶんと時間を要したと考えられる。測定法に問題が生じてはだれも手を貸してくれないし、相談する相手もいなかっただろう。そのことを考えると、今の私たちはいかにぬくぬくとデータを手に入れていることか。

著者のうち、兵庫県公害研究所の研究者が神戸で初めて酸性雨調査を開始したのが、1975年4月2日のことであった。奇しくもその場所は海洋気象台から 1.5 km と離れていないところであった。しかし、それよりも40年も前にすでに降水の成分測定が行われていたのである。

著者ら以外にも神戸や兵庫県下で酸性雨調査・研究を実施している多くの個人やグループがある。多数の自治体で酸性雨モニタリングが行われている。大学の先生方は先進的な研究を行っている。姫路などでは高校の先生がネットワークを作って調査している。高校のクラブ活動として酸性雨を測っている。夏休みの宿題として雨を測定している多くの中学生がいる。生活協同組合の活動の中で調査が行われている。市民運動のなかでは公害をなくす行動の一環として酸性雨調査を行っている人々がいる。

皆んな、自慢してよい。皆んな、胸を張るのがよい。皆んな、自信を持つのがよい。私たちは素晴らしい先達を持っているのだと。その経験と教訓をすべて受け継いで雨を測っているんだと。私たちは、全国のだれにも負けない仕事をしているんだと。何と言っても、神戸は酸性雨測定の発祥の地なんだから。私たちは酸性雨研究の嫡男なんだから。

本稿記載に関し、貴重な情報を提供していただいた元神戸海洋気象台海洋課（元兵庫県立公害研究所）北村弘行氏、資料提供と有益な議論をしていただいた電力中央研究所藤田慎一氏、資料を提供いただいた気象庁海洋課広田道夫氏ならびに佐藤巨男氏はじめ神戸海洋気象台海洋課の皆様へ感謝します。

引用文献

- 1) 工藤 章, 鄭 健成, 東久美子, R. M. コーナー, D. A. フィッシャー, 菅原正孝, 中尾正義, 溝口次夫: 地球環境(気候)の変動と地球規模酸性雨の歴史と将来予測, 環境技術, 22, 489~498 (1993).
- 2) 環境庁オゾン層保護検討会編: オゾン層を守る, NHK ブックス574, 日本放送出版協会 (1989).
- 3) G. I. Pearman, D. Etheridge, F. de Silva, P. J. Fraser: Evidence of changing concentrations of atmospheric CO₂, N₂O and CH₄ from air bubble's in Antarctic ice, Nature, 320, 248~250 (1986).
- 4) 佐藤忠信, 八嶋 厚, 田中 琢: 年輪を用いた長期的気候変動特性の抽出, 「樹木年輪」短期研究会報告書, 昭和62年8月24~25日, 大阪府, 37~48 (1987).
- 5) 中央気象台: 気象要覧, 第430号~第748号, 昭和10年~昭和36年 (1935~1961年).
- 6) 気象庁: 気象百年史 (1975).
- 7) 神戸海洋気象台: 日原簿および月表 (1901~1992).
- 8) 国立天文台編: 理科年表 平成6年版, 丸善 (1993).
- 9) 酸性雨対策検討会: 酸性雨対策調査報告書 (1990).
- 10) 玉置元則, 平木隆年, 正賀 充: 1 降水毎に採取した神戸の降水の化学, 日化誌, 1991, 930~935 (1991).
- 11) 北村弘行: 私信
- 12) 松平康男, 加藤威夫: 大阪ならびに神戸における降水中の夾雑成分について, 神戸海洋気象台集報, No.145 (昭和18年4月), 1~18 (1943).
- 13) 南洋庁気象台: 降水, 潮風の簡易化学分析法, 14~16 (1939).
- 14) 石川百合子, 原 宏: 神戸における降水化学の長期観測データの解析, 第34回大気汚染学会講演要旨集, 464 (1993); および講演内容.
- 15) 神戸海洋気象台: 海洋時報 (昭和25~36年), 第2輯 (1950~1961).
- 16) 神戸海洋気象台: 海洋観測法 (1994).
- 17) 日本気象学会: 海洋観測法 (1949).
- 18) 中央気象台: 海洋観測指針 (1955).
- 19) 気象庁: 海洋観測指針 (1970).
- 20) P. A. Mayewski, W. B. Lyons, M. J. Spencer, M. S. Twickler, C. F. Buck, S. Whitlow: An ice-core record of atmospheric response to anthropogenic sulphate and nitrate, Nature, 346, 554~556 (1990).
- 21) 玉置元則, 平木隆年: 神戸地域における雨水中の硝酸イオンと亜硝酸イオンの挙動, 日化誌, 1980, 1169~1177 (1980).
- 22) 藤田慎一: 酸性雨研究百年の歴史とその変遷, 第2回, 資源環境対策, 29, 798~804 (1993).
- 23) 山岡茂夫, 薬科宗博, 宮崎竹二, 中土井隆: 大阪市における降下ばいじん計雨水pHの長期的傾向, 大阪市立環境科学研究所報告, 調査・研究年報, No.54, 36~41 (1992); および第31回大気汚染学会講演要旨集, 393 (1990).
- 24) 熊本市: 酸性雨, 昭和63年度版熊本市公害白書, 33~38 (1988).
- 25) 三宅泰雄: 雨水の化学, 気象集誌, II, 17, 20~37 (1939).

超低周波音と低周波音

(増補改訂版)

山 田 伸 志 (山梨大学教授)
 渡 辺 敏 夫 (福島高専助教授) 著
 小 坂 敏 文 (東京高専助教授)

A 5 判 121 頁 定価 2,000 円 (送料350 円)

— 主 要 目 次 —

第1章 低周波音と超低周波音	第8章 低周波音の測定方法
第2章 低周波音の物理的性質	第9章 低周波音の防止対策
第3章 低周波音の可聴限界	第10章 低周波音問題の実例
第4章 低周波音の感覚受容器	第11章 最近の低周波音問題の現状と将来
第5章 低周波音による心理的影響	第12章 低周波音の能動的消音
第6章 低周波音による生理的影響	第13章 外国における低周波音問題と基準
第7章 低周波音による物理的影響	

発行 環境技術研究協会/〒530 大阪市北区天満2-1-20 TEL 06-357-7611