

第5章 地球環境

第1節 地球の温暖化

1 地球温暖化のしくみ

大気中の微量に存在する二酸化炭素、第2-5-1図 温室効果の概念

メタン、フロン、一酸化二窒素等は、地表面から反射される赤外線を吸収する性質があり、大気のを温度を上昇させる。この働きがちょうど温室に似ていることから、このような効果を持つ気体を温室効果ガスという。

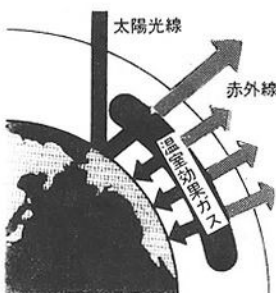
温室効果は、大気に元来備わっているもので、これがないと地球の地表面温度は -18°C と推計されている。

しかし、人間活動の活発化にともなって温室効果ガスの濃度が増加することにより地球の平均気温が上昇してきており、これを地球温暖化と呼んでいる。

この地球温暖化に対する寄与が大きいのが二酸化炭素で、その寄与率は64%となっている。

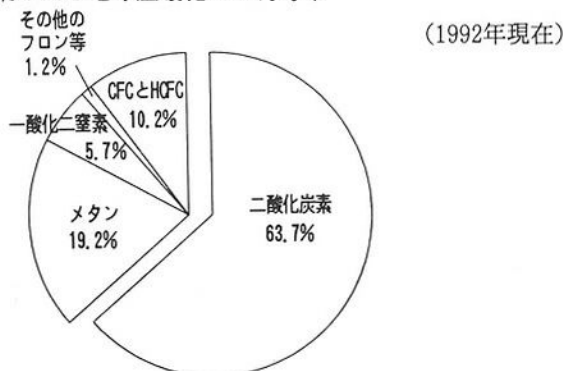


地表面から反射された赤外線エネルギーの一部は大気中の温室効果ガスに吸収され地表を適度な温度に保っている。



人間活動により、大気中の温室効果ガスの濃度が増え、宇宙に逃げるエネルギーが減り、地球が暖くなる。

第2-5-2図 温室効果ガスの地球温暖化への寄与率



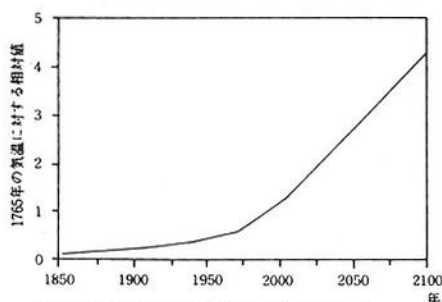
(資料) IPCC第二次報告書

2 地球温暖化の影響

二酸化炭素がどのような速度で増えていくのかは、将来の石油、石炭などの燃料の使用量によって異なるが、平成7年12月のIPCC（気候変動に関する政府間パネル）第2次報告によると、温室効果ガス排出抑制策がほとんどとられなかったとすると、21世紀末には約2℃の平均気温上昇、約50cmの海水位の上昇、極端な高温等の気象変動の極端化が予測されている。

こうした温度上昇のため、海面水位上昇による土地の喪失、豪雨や干ばつなどの異常気象の増加、生態系への影響や砂漠化の進行、農業生産や水資源への影響、マラリアなど熱帯性の感染症発生数の増加など、私たちの生活にも様々な影響が出ると予測されている。

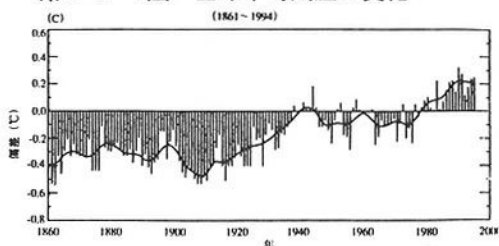
第2-5-3図 気温上昇予測



温室効果ガスの排出抑制対策がほんの少ししかとられないか、全くとれない場合の気温上昇予測

出典：「IPCC報告書（1990年資料）」

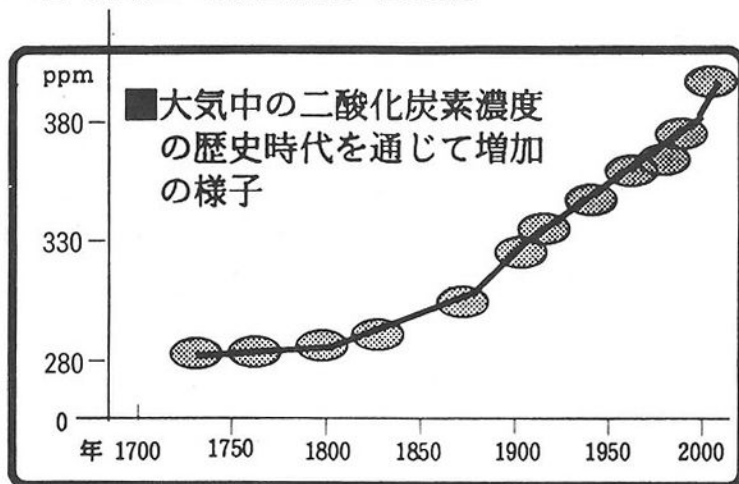
第2-5-4図 全球平均気温の変化



1861～1994年の陸上気温と海面水温を結合したもの（全球平均）の1961～90年の平均値からの偏差（℃）

出典：IPCC（1995）；気象庁訳

第2-5-5図 大気中の二酸化炭素濃度の歴史変化



出典：「環境シリーズパンフレット№45 地球規模の大気汚染を考える」
(財)日本環境協会

3 二酸化炭素排出状況

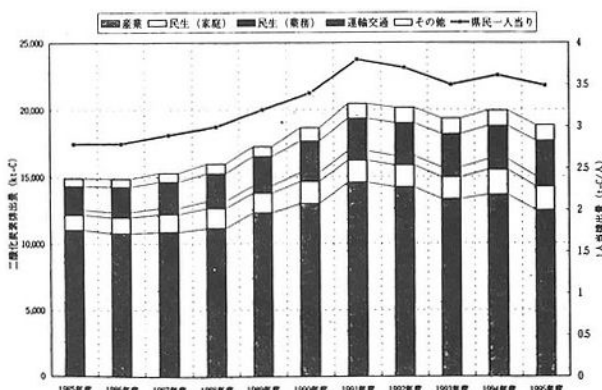
平成7年度（1995年度）における二酸化炭素の排出量は、兵庫県で18.8百万トン（炭素換算）と推定され、全国排出量332百万トンの5.7%を占めている。

県民一人あたりの排出量は3.49トン（炭素換算）であり、全国平均値2.65トンを約32%上回っている。

発生源別にみると、産業系が66.1%、運輸交通が14.2%、民生（家庭系）が9.5%、民生（業務系）が4.0%となっており、産業部門からの排出比率が全国値と比較して高いのが特徴となっている。

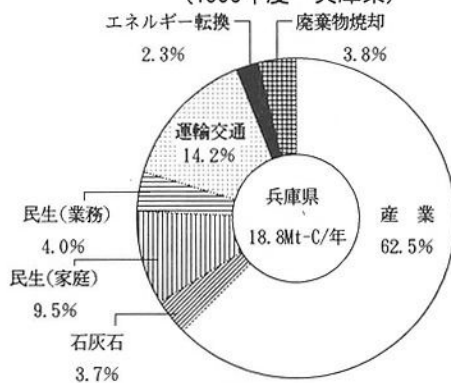
兵庫県の排出量の経年変化は第2-5-6図のとおりである。平成7年度は前年度より減少となったが、阪神・淡路大震災の影響が考えられる。

第2-5-6図 兵庫県における二酸化炭素排出量の推移



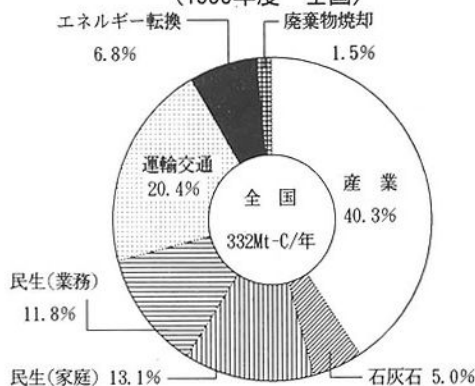
第2-5-7図 二酸化炭素排出量

(1995年度 兵庫県)



第2-5-8図 二酸化炭素排出量

(1995年度 全国)



第2節 オゾン層の破壊

1 フロンとオゾン層の破壊

冷媒、洗浄剤、発泡剤、エアゾール噴射剤等に使用される特定フロン（フロン11、フロン12、フロン113、フロン114、フロン115）や消火剤に使用される特定ハロン（ハロン1211、ハロン1301、ハロン2402）等が大気中に放出されると、対流圏内ではほとんど分解されず、徐々に成層圏に達し、強い太陽光により分解され、塩素が放出される。この塩素が成層圏内のオゾンを連鎖的に破壊する。1985年イギリスのファーマン博士が1980年以降、南極の成層圏オゾンが毎年春先に著しく減少することを発見し、前後して日本、アメリカの研究者によりこの現象が確認され、これを「南極オゾンホール」と呼んでいる。

2 オゾン層破壊による影響

太陽から降り注ぐ紫外線のうち、波長の短い紫外線（UV-B）は成層圏オゾンに吸収されるため、オゾンの減少は地表に到達する紫外線（UV-B）の増加をもたらすこととなる。紫外線（UV-B）の増加は生物に悪影響を及ぼすことから、人の皮膚がんや白内障の増加等の健康被害が心配される。さらに、海洋生態系の基礎となる動植物プランクトンに壊滅的な打撃を与えるほか、穀物等農業生産の減少も懸念される。

3 オゾン層保護に向けての国際的取り組みとオゾン層保護法

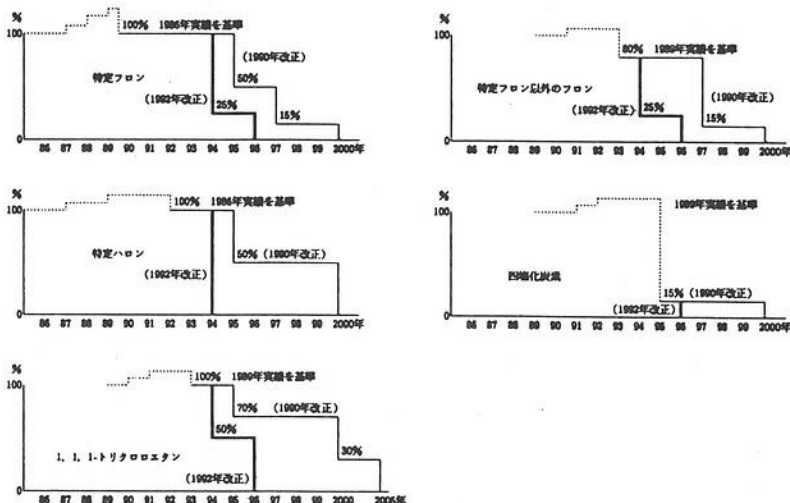
- (1) 成層圏オゾンが破壊され、地表に降り注ぐ有害紫外線が増加することにより、人の健康に影響があるのではないかと指摘から、昭和62年9月16日フロン規制のための国際的取り組みを進めるべく「モントリオール議定書」が採択された。

我が国でもこの議定書の内容を実施に移すため、環境庁、通商産業省共管の「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律」（オゾン層保護法）が昭和63年5月20日に公布された。

- (2) 昭和64年1月4日に特定フロンの生産量・消費量の基準限度及び排出抑制・使用の合理化指針が告示され、平成元年7月から生産量・使用量の削減がスタートした。
- (3) 平成4年11月に開催された「第4回モントリオール議定書締約国会議」では、

特定フロンの全廃時期を1996年までに早めること等の既存規制物質の削減スケジュールの前倒し（第2-5-9図）並びにHCFC、HBFC及び臭化メチルの新規規制物質への追加等の規制強化等が採択された。

第2-5-9図 特定フロン等の削減スケジュール



- (4) 上記の国際的合意を受け、これに対する国内措置として「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律に基づく告示の一部改正」が平成5年9月22日に公布され、特定フロン等の1995年末全廃が決定した。

また、「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律の一部を改正する法律」が平成6年6月29日に公布され、HCFC等の新規規制物質が特定物質に追加され、既存規制物質と同様、製造数量の規制等が行われることとなった。

- (5) 平成7年12月にウィーン（オーストリア）において「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書第7回締約国会合」が開催され、HCFCの全廃時期が2030年から2020年に早められ、臭化メチルに係る全廃スケジュールの設定等が合意された。

また、平成9年9月にモントリオール（カナダ）において開催された「第9回締約国会合」では、臭化メチルの全廃時期が先進国については、2010年から2005年に早められ、開発途上国についても新たに2015年までに全廃することとなった（第2-5-1表）。

第2-5-1表 新規規制物質の削減スケジュール

物質名		削減スケジュール			
附属書C グループI (HCFC) (2)		1996年以降	基準量 比	100%	以下
		2004年	(1)	65%	以下
		2010年		35%	以下
		2015年		10%	以下
		2020年	全 廃		
附属書C グループII (HBCFC)		1996年以降	全 廃		
附属書E グループI (臭化メチル)	先進国	1999年以降	1991年比	75%	以下
		2001年		50%	以下
		2003年		30%	以下
		2005年	全 廃		
			(必要不可欠な農業用途を除く。)		
附属書E グループII (臭化メチル)	開発途上国	2005年 2015年	1995～98年の平均比	80%以下	
			全 廃		

(1) 基準量=HCFCの1989年消費量算定値

+CFCの1989年消費量算定値×0.028

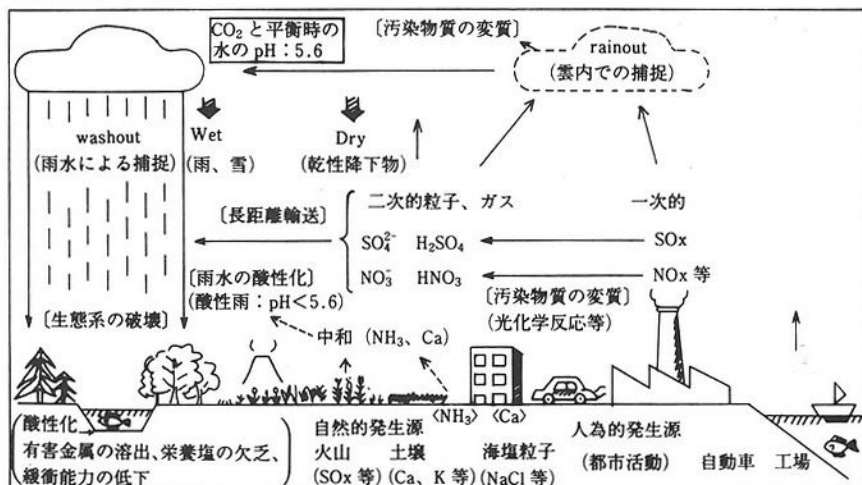
(2) HCFC-21, 22, 31, 121, 122, 123, 124, 131, 132, 133, 141, 142, 151, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 231, 232, 233, 234, 235, 241, 242, 243, 244, 251, 252, 253, 261, 262, 271

第3節 酸性雨

1 酸性雨発生の仕組みと被害

酸性雨は、工場や自動車から出された硫黄酸化物(SOx)や窒素酸化物(NOx)等の大気汚染物質が大気中で硫黄や硝酸などに変化し、これを取り込んで生じると考えられるpHの低い雨のことであるが、広義には、雨のほか霧や雪などの湿性沈着(wet deposition)及び雨などに取り込まれずに粒子の状態で降下する乾性沈着(dry deposition)の両者をあわせたものである。

酸性雨発生の仕組み



雨は空気中の炭酸ガスを含んでおり、通常でもpH5.6程度の酸性を示すため、一般的にpH5.6以下の雨を酸性雨という。

酸性雨については、

- ・湖沼や河川等陸水が酸性化し、魚類等へ影響を与えること
- ・土壌が酸性化し、森林等へ影響を与えること
- ・酸性雨が直接樹木や文化財等に沈着することにより、これらの衰退や崩壊を助長すること

などの広範な影響が懸念されているが、欧米においては、既に酸性雨によると考えられる湖沼の酸性化や森林の衰退等が報告されている。

2 世界の動向

酸性雨はSO_x、NO_x等の発生源から数千キロも離れた地域にも沈着する性質があり、国を越えた広域的な現象であることに一つの特徴があるが、欧米諸国では、酸性雨を防止するため、1979年「長距離越境大気汚染条約」を締結し、関係国がSO_x、NO_x等の酸性雨原因物質の削減を進めるとともに、共同で酸性雨のモニタリングや影響の解明などに努めている。

また、近年、開発途上国における目ざましい工業化の進展により、大気汚染物質の排出量は増加しており、地球サミットで採択された「アジェンダ21」では、開発途上国を含め、今後、酸性雨等広域的な環境問題への取り組みを強化すべきであるとしている。

3 我が国における酸性雨の状況

我が国の酸性雨問題は、欧米と異なり、人体への影響に端を発している。昭和48年～51年の梅雨時を中心に、関東地方で霧雨により目の痛み皮膚の刺激を訴える被害者が3万人以上にのぼった。この現象は「湿性大気汚染」と命名され、この現象の解明のため、環境庁では昭和50年～54年度の5年間、実態把握を中心とした調査を実施している。

さらに、我が国でも欧米並みの酸性雨が観測されていることや生態系への影響に着目していく必要があることなどを背景に、昭和58年に検討会が設置され、昭和58年～62年度に第1次、昭和63年度～平成4年度に第2次酸性雨対策調査が実施され、平成5年度からは5か年計画で第3次調査が実施されているところである。

平成9年4月に発表された第3次酸性雨対策調査の中間取りまとめ結果（平成5

これらを勘案すると、現状程度の酸性雨が継続した場合、将来的には生態系への影響が顕在化するおそれは否定できない。

環境庁では、この中間取りまとめを受け、第3次調査の最終取りまとめに向けて、さらに調査・検討を進め、酸性雨対策の一層の推進を図っていくこととしている。

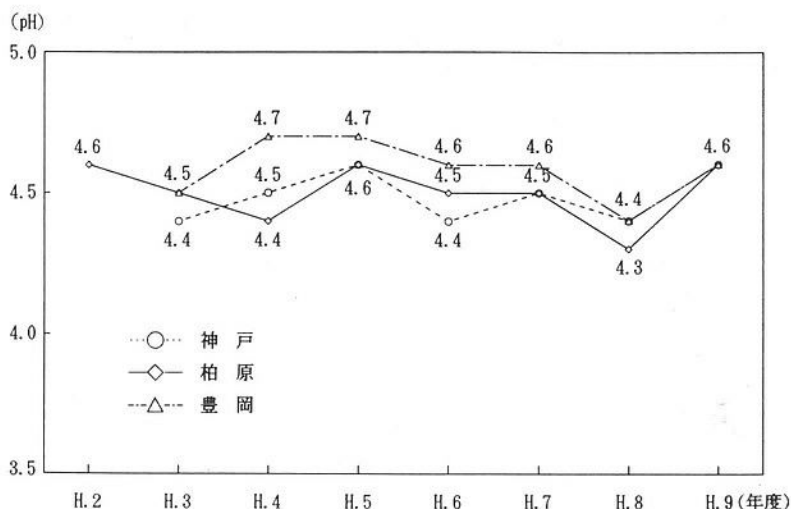
4 本県における酸性雨の状況

平成元年度柏原町、平成2年度神戸須磨・豊岡に設置した酸性雨自動採取測定機による平成9年度の測定結果の年平均値は全地点共4.6で、例年並の値に戻った。これは、環境庁の第3次調査中間報告における全国の測定結果4.4～5.9とほぼ同程度である。

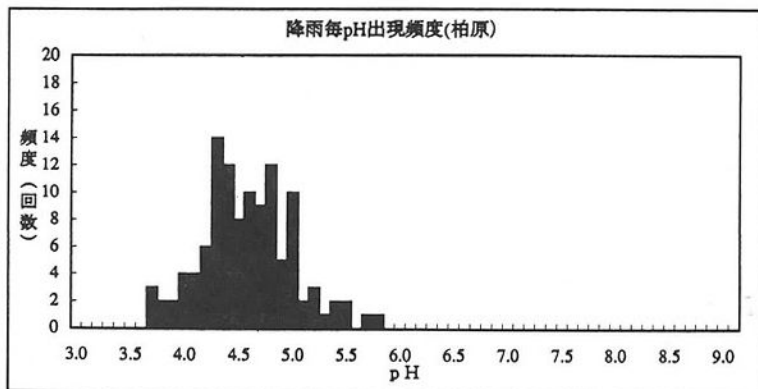
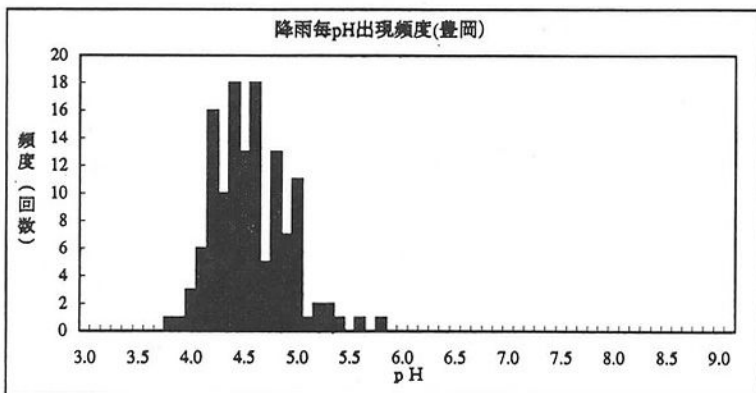
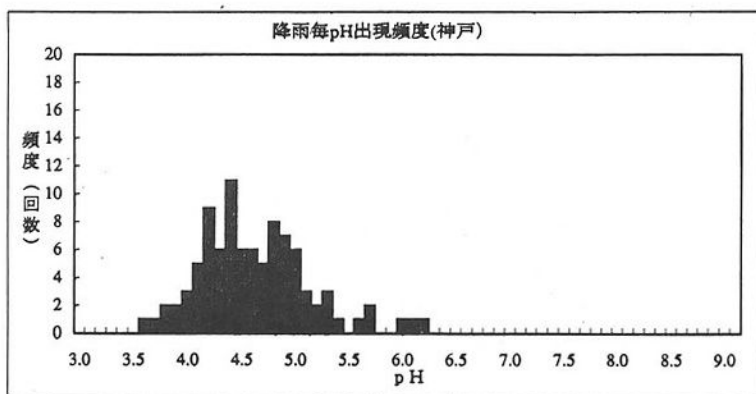
各降雨ごとのpHの平均値は、神戸須磨で3.6～6.2、豊岡で3.8～5.8、柏原で3.7～5.7とpH4.0未満の降雨も観測されている。また、第2-5-12図に示すように、神戸須磨では94回の降雨のうちpH4.0未満の降雨は6回(6.4%)、豊岡では129回の降雨のうち2回(1.6%)、柏原では112回の降雨のうち7回(6.3%)であった。

さらに、降雨0.5mmごとのpHをみると、第2-5-13図に示すように、総降雨量に占めるpH4.0未満の降雨量は神戸須磨で5.9%、豊岡で2.3%、柏原で4.2%であった。

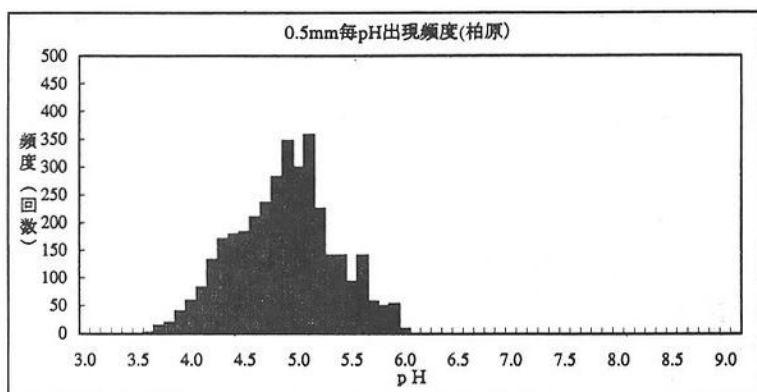
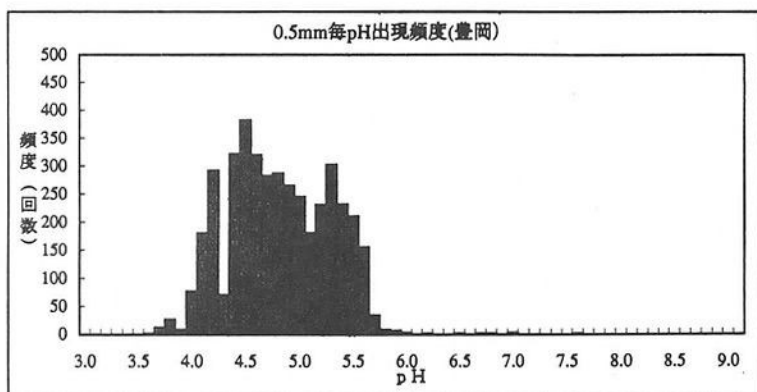
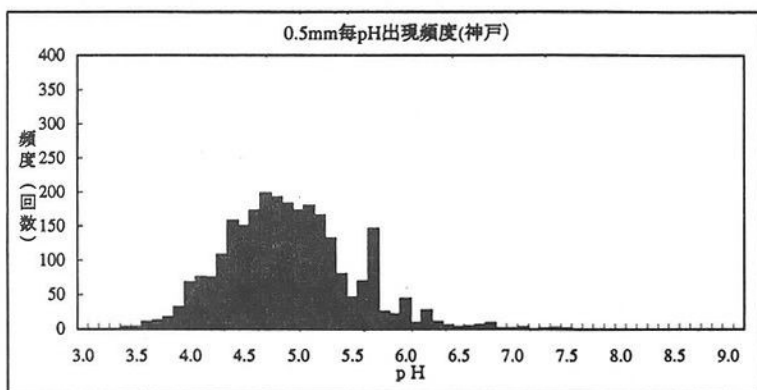
第2-5-11図 酸性雨自動採取測定機による監視測定結果



第2-5-12図 一降雨毎のpHの出現状況 (平成9年度)



第2 - 5 - 13図 降雨0.5mm毎のpH出現状況（平成9年度）



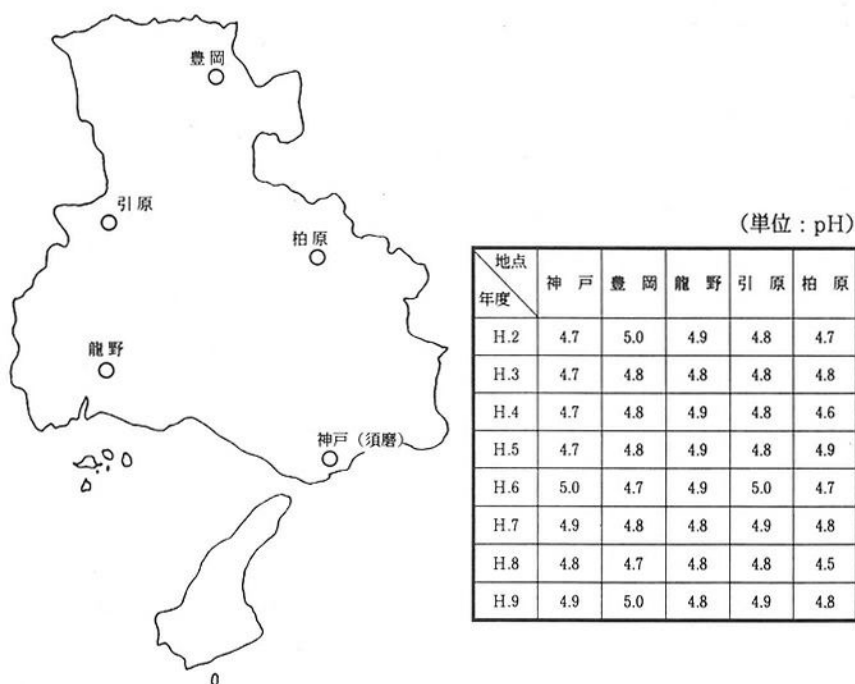
第2-5-2表 酸性雨自動採取測定機による測定結果

地点	測定項目	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6	H.7	H.8	H.9
神戸須磨	降雨回数		93	79	107	50	66	75	94
	各降雨毎の降水量の範囲(mm)		0.5~76	0.5~97.5	0.5~102.5	0.5~30.5	0.5~198.5	0.5~80	0.5~161
	総降水量(mm)		1,127	1,042	1,453	392	1,053	942	1,312
	各降雨毎の平均値の範囲		3.4~5.9	3.5~6.6	3.6~5.9	3.7~5.9	3.5~6.6	3.8~8.1	3.6~6.2
	月平均値の範囲		4.1~4.9	4.1~4.9	4.3~4.9	4.1~4.9	3.9~4.8	4.1~4.8	4.2~5.0
	年平均値		4.4	4.5	4.6	4.4	4.5	4.5	4.6
	EC 年平均値($\mu S/cm$)		25	25	23	25	26	31	22
	SO ₄ ²⁻ 年平均値($\mu g/ml$)		2.31	1.79	2.04	2.30	2.29	2.08	1.12
	NO ₃ ⁻ 年平均値($\mu g/ml$)		1.61	1.55	1.59	2.80	1.93	1.85	2.08
豊岡	降雨回数		125	128	123	102	128	132	129
	各降雨毎の降水量の範囲(mm)		0.5~115	0.5~103	0.5~102	0.5~137.5	0.5~121	0.5~106	0.5~154
	総降水量(mm)		1,991	1,908	1,965	1,478	1,757	1,839	2,069
	各降雨毎の平均値の範囲		3.4~6.6	3.8~6.3	3.5~6.7	3.7~6.1	3.4~6.0	3.7~6.5	3.8~5.8
	月平均値の範囲		4.1~4.8	4.2~5.0	4.5~5.4	4.1~5.2	4.3~5.1	4.2~4.7	4.3~4.9
	年平均値		4.5	4.7	4.7	4.6	4.6	4.4	4.6
	EC 年平均値($\mu S/cm$)		27	29	30	32	32	38	28
	SO ₄ ²⁻ 年平均値($\mu g/ml$)		2.35	2.55	2.32	2.12	2.52	2.60	1.11
	NO ₃ ⁻ 年平均値($\mu g/ml$)		1.70	1.52	1.58	2.21	2.11	2.69	1.58
柏原	降雨回数	108	115	130	118	105	104	113	112
	各降雨毎の降水量の範囲(mm)	0.5~165	0.5~84.5	0.5~97.5	0.5~100.5	0.5~80.5	0.5~171	0.5~119	0.5~106.5
	総降水量(mm)	2,015	1,504	1,437	1,701	984	1,495	1,403	1,750.5
	各降雨毎の平均値の範囲	3.5~5.8	3.5~6.0	3.3~6.3	3.5~6.2	3.6~6.1	3.5~5.5	3.3~7.3	3.7~5.7
	月平均値の範囲	4.4~4.8	4.2~4.9	3.7~4.8	4.1~4.8	4.3~4.6	4.2~4.9	4.2~5.0	4.2~5.3
	年平均値	4.6	4.5	4.4	4.6	4.5	4.5	4.3	4.6
	EC 年平均値($\mu S/cm$)	15	15	19	15	18	17	25	13
	SO ₄ ²⁻ 年平均値($\mu g/ml$)	0.98	1.60	1.59	1.53	1.69	1.87	2.88	1.29
	NO ₃ ⁻ 年平均値($\mu g/ml$)	0.93	1.65	1.89	1.08	2.16	1.56	2.52	1.3

※ EC:電気伝導度 SO₄²⁻:硫酸イオン NO₃⁻:硝酸イオン

また、簡易測定法(ろ過式)により雨水のpHを測定している県下5地点の平成9年度のpHの年平均値は4.8~5.0の範囲で、過去5年の測定結果と同程度である。

第2-5-14図 簡易測定法（ろ過式）による県下の雨水の状況



5 洋上における酸性雨の状況

近年、地球規模の環境問題として、汚染物質の長距離移流の影響等による酸性雨が大きな問題となっており、発生源から直接影響を受けない地域（バックグラウンド）での酸性降水等の実態を把握することは、今後の対策を構築するうえで極めて重要である。

そこで、本県では、平成4年度から「洋上における地球大気環境等の実態把握調査」を実施してきた。

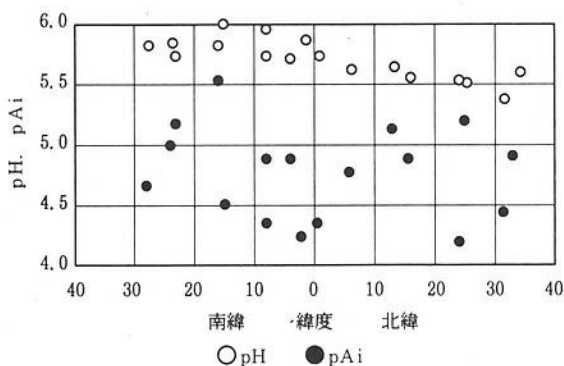
平成9年度は、大学洋上セミナーに使用される客船上に調査機材を設置し、第2-5-16図に示すように、同船の航路上において、8月11日から9月9日までの30日間調査を行った。

この結果、湿性沈着物（降水）のpHは4.3～5.8の範囲にあり、平均値は4.8であった。平均値は、非汚染地域の平均pH（4.8～5.0）及び、平成8年度県下5地点の平均値（4.5～4.8）と同程度であった。海域別にみると、北緯21度～22度で採取

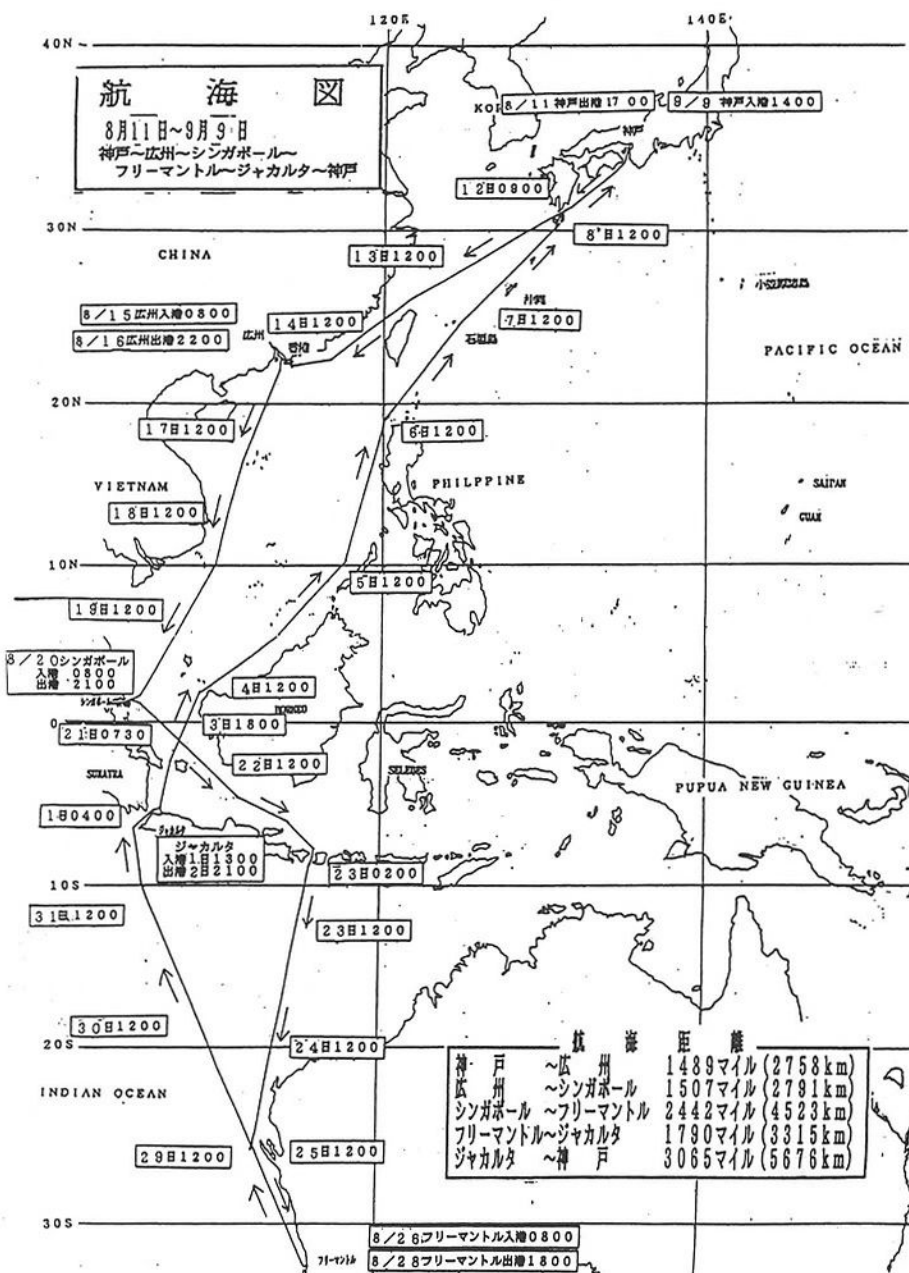
された降水がpH4.3ともっとも低く、オーストラリア西岸を北上時とカリマンタン西岸を北上時の降水がpH5.6より高かった。

また、乾性沈着物をみると、pHは5.4～6.0の範囲（平均値5.7）にあり、南半球で高く、北半球で低い傾向にあった。なお、乾性沈着物のpHが必ずしも酸性化の度合いをあらわしているものではないので、人為的影響の強いといわれるイオン成分から酸性化の度合い（pAi）を検討すると、第2-5-15図に示すように、pAiは南半球に比べ北半球で低くなっており、北半球地域では潜在的に酸性化が進んでいることが明らかになった。

第2-5-15図 乾性沈着物のpHおよびpAi



第2-5-16図 航海図

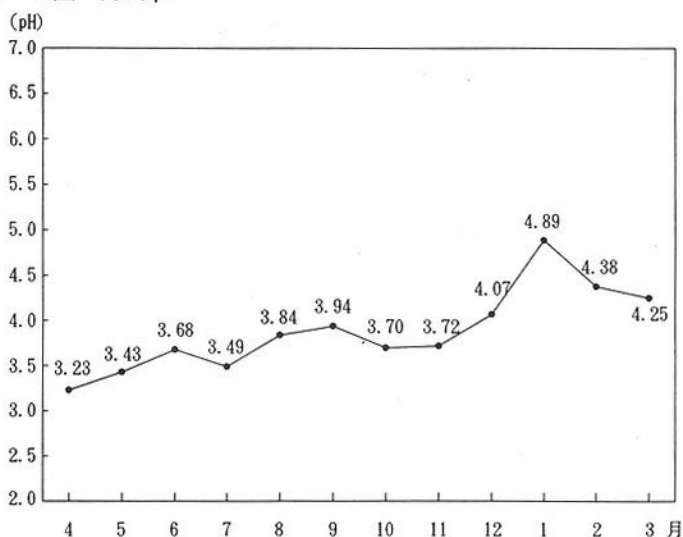


6 本県における酸性霧の状況

雨水より強い酸性を示し、森林等の生態系に与える影響が大きいといわれる酸性霧の実態を把握するために、六甲山自然保護センターに酸性霧自動捕集装置を設置し、酸性霧の発生状況等を監視した。

pHの月平均値は第2-5-17図のとおりで、3.23～4.89の範囲内にあり、おおむね3から4の前半に集中している。これは、ろ過で採取された県内の降水（pH 4.9程度）に比べ、かなり低くなっている。また、pHの季節変化は春から秋にかけて低く、冬季に高い傾向にあった。

第2-5-17図 月別 pH



第4節 その他の地球環境

第1 有害廃棄物の越境移動

有害廃棄物の越境移動とは有害廃棄物の処理費用の上昇や、最終処分場の確保の困難、処理に関する規制の強化、リサイクル費用の増大などを背景として、有害廃棄物が自国内で処理・廃棄されずに処分の容易な国へ運ばれることをいう。

この問題が国際的にクローズアップされた発端は1976年、イタリアのセベソで起きた農薬工場の爆発事故であった。事故に伴って発生した有害物質に汚染された土壌がドラム缶詰めにして保管されていたところ、いつの間にかもち出されて行方不明となり、その後フランスで発見され、その引き取りをめぐって国際問題となった。この事件により、有害廃棄物が越境移動すること及び越境移動しても最終的な責任の所在が明確でないこと等の制度的欠陥が明白となった。

やがて、有害廃棄物が先進国から開発途上国に越境移動される点が認識されるようになり、開発途上国を含めた地球規模の対応が求められるようになった。このため、「有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約」が発効し、我が国においても、この条約への加入等を行った。

第2 海洋汚染

栄養塩類や有害物質（DDTやディルドリン、PCB等）、油、浮遊性廃棄物による海洋の汚染が世界各地で問題となっている。海洋汚染の大部分は、陸上起因汚染であり、工業排水、家庭排水が河川により、あるいは下水道によって直接に海洋に流入する。また、産業廃棄物、し尿等の海洋での投棄・処分や船舶の運航に伴って生じる油などの排出による汚染も問題とされている。さらに、海洋は、自動車の排出ガス中に含まれる鉛などの大気中の汚染物質によっても汚染される。

我が国では、これらの海洋汚染対策についての充実・強化を図るため、「廃棄物その他の物質の投棄による海洋汚染の防止に関する条約（ロンドン条約）」、「1973年の船舶による汚染の防止のための国際条約に関する1978年の議定書（MARPOL 73/78条約）」、「1990年の油による汚染に係る準備、対応及び協力に関する国際条約（OPRC条約）」、「海洋法に関する国際連合条約（国連海洋法条例）」への加入等を行った。

第3 野生生物種の減少

現在、世界中で野生生物種が急速に減少している。野生生物は、食料や衣料、医薬品等の供給源としての価値、遺伝子資源としての価値のほか、文化的価値を有する。また、野生生物種の多様性は、それ自体が健全な生態系の指標となるものである。それゆえ、野生生物種の減少は、これらの価値の減少を意味するだけでなく、健全な生態系の危機を象徴している。

野生生物種の減少の原因としては、熱帯林、珊瑚礁、湿地、島嶼部等の野生生物の生息環境の破壊・悪化、乱獲等があげられるが、その背景には、開発途上国の経済開発の拡大や急速な人口増加、先進国の経済活動の拡大がある。

野生生物種の減少を防止するため、政府、国際機関、非政府機関が中心となって、国際的な取り組みがなされている。非政府機関の1つである国際自然保護連合（IUCN）は、世界自然保護基金（WWF）とともに調査・研究、啓発活動を行い、世界で絶滅に瀕している野生生物に関する情報を集大成した「レッドデータブック」を作成した。我が国では、「特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約（ラムサール条約）」や「絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約（ワシントン条約）」に加入するとともに、ワシントン条約の実効性を確保するため、「絶滅のおそれのある野生動植物の譲渡の規制等に関する法律」を施行した。また、「生物の多様性に関する条約」に基づき、我が国の同条約の実施方針等を示した「生物多様性国家戦略」も決定した。

第4 熱帯林の減少

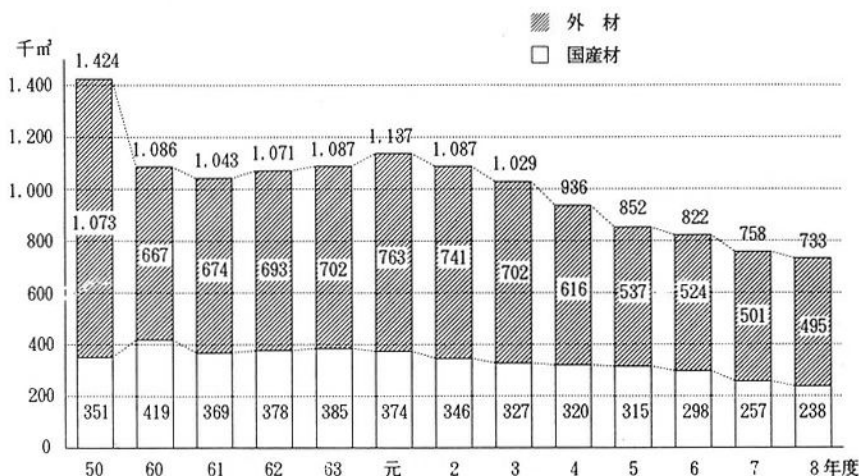
非伝統的な焼畑耕作、薪炭材の過剰採取、過放牧、不適切な商業伐採等により、熱帯林が減少している。

熱帯林は、地球大気形成・維持に重要な役割を果たしているほか、林産資源の供給や生物学的多様性の保全、土壌安定、水系の保護、炭素の貯蔵の機能を有する。そのため、熱帯林の保全は、野生生物種の保護や地球温暖化抑制に重要な意味をもつ。

熱帯林保全のための国際的取り組みとしては、FAOを中心として熱帯林行動計画（TFAP）が進められている。また、熱帯木材輸入の多くを占める我が国は、地域社会の環境保全のためだけでなく、地球環境の保全のためにも木材資源の合理的

な使用や紙製品の節約と再利用に努めることが強く要請されている。

第2-5-18図 県内木材需要量の推移（兵庫県林業の現況と振興、兵庫県）



第5 砂漠化

砂漠化とは、土地のもつ生物生産力の減退ないし破壊であり、最終的には砂漠のような状態をもたらす現象である。砂漠化の原因は、気候的要因と人為的要因に分けることができる。気候的要因とは、地球規模での大気循環の変動であり、下降気流の発生や水分輸送量の減少等に起因するものである。人為的要因とは、過放牧や過耕作、薪炭材の過剰採取等であり、その背景には周辺住民の貧困と人口増加がある。また、塩類濃度の高い地下水を用いてなされた不適切な灌漑も砂漠化の人為的要因である。

なお、我が国における砂漠化に関する取り組みとして、砂漠化の現状把握及び砂漠化メカニズムの解明に向けた調査研究や被影響国・地域において砂漠化防止技術等のハード面及び地域住民参加手法等のソフト面についての調査等を推進している。

第6 開発途上国での公害問題

開発途上国では、前述の熱帯林の減少、野生生物種の減少、砂漠化の問題に加えて、人口の急増、都市化や工業化の進展に伴う大気汚染や水質汚濁等の公害問題が

生じている。開発途上国が貧困から脱却して経済発展を達成するためには、様々な開発が必要となる。しかし、開発途上国では、開発は公害防止対策よりも優先されがちであるし、累積債務を抱えるために公害防止対策に投資する余裕がない。また、環境関連法規の整備も不十分である。このために、深刻な公害問題が生じている。貧困からの脱却と環境保全を同時にすすめるには、先進国の援助が不可欠である。

なお、開発途上国の公害問題に対しては、先進国による公害防止技術者の派遣、研修員の受け入れ、技術協力等が行われている。