

# 東アジアと日本における 酸性雨モニタリングの現状

大歳恒彦

## 1. はじめに

ヨーロッパでは化石燃料の燃焼に伴う大気汚染と酸性雨の環境への悪影響との葛藤の長い歴史があり、特に東欧における森林枯損や北欧の湖沼酸性化のように、被害が顕在化したことに加えて、ドイツなどの工業地帯からの汚染物質が他国に移流して深刻な影響を与えるという国際的な問題としてとらえられた。各国が協調して酸性汚染物質の削減を行うための国際条約が締結される一方、酸性雨モニタリングを実施してその実態を把握している。また、北米地域においても、アメリカの工業地帯から排出された酸性汚染物質が国境を越えてカナダの湖沼酸性化の原因となるような事例があり、ここでも酸性雨のモニタリングが両国の協力のもとに実施されている。一方、日本を含む東アジア地域は、近年の急激な経済成長およびエネルギー使用量の増大に伴って、硫黄酸化物などの排出量が増大することが懸念されており、何らかの対策をとらなかった場合には将来、酸性雨による深刻な環境影響が生じる可能性があることが示唆されている。もちろん、欧米と東アジアにおける自然条件は同じではないので、酸性雨に対する感受性も異なることが予想されるが、欧米の経験に基づき、被害を未然に防止することが重要であり、そのためにも酸性雨のモニタリングを行って現状を把握する必要がある。ここでは、日本を含む東アジア各国の酸性雨の概要を述べるとともに、東アジア地域の各国が共同して酸性雨モニタリングを実施するために設立した酸性雨モニタリングネットワークを紹介する。

## 2. 東アジア各国における酸性雨の状況

中国の二酸化硫黄排出量は1997年において年間約2,000万トンといわれており、日本および韓国のそれぞれの約10倍および約20倍となっている。中国における酸性雨は、主に長江以南で石炭中の硫黄含有量の多い、中央部及び南西部において深刻であり、図1に示すように、湖南省の長沙、四川省の四川盆地などでは年間平均値でpH4.0以下の酸性雨が観測されている。<sup>(1)</sup> このため、中国政府は酸性雨対策を政府の重要な政策のひとつに掲げ、硫黄酸化物などの酸性化原因物質の排出量削減の方策を実施しようとしている。

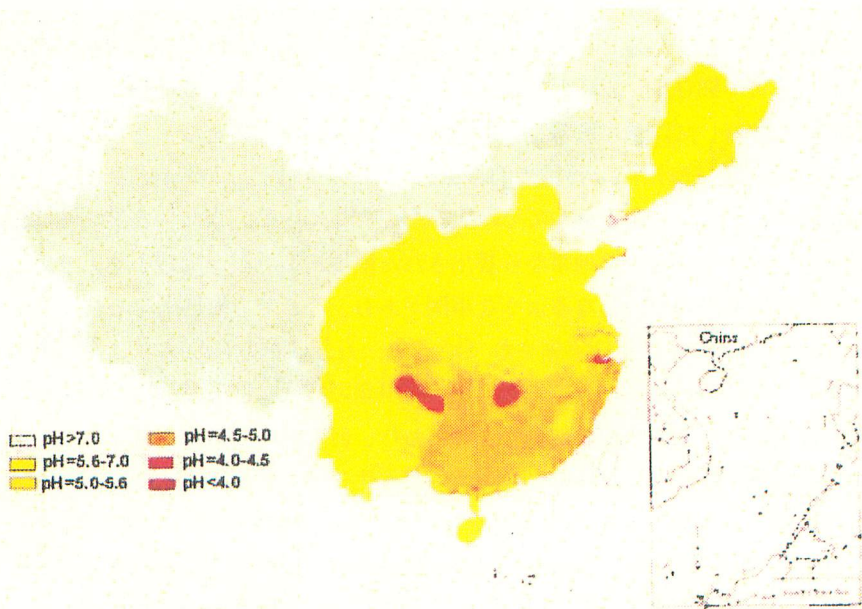


図1 中国における酸性雨の状況(1997年)<sup>(1)</sup>

東南アジアの国においても、酸性雨が観測されている。例えば、マレーシアのマレー半島の南西部はマラッカ海峡に面し、古くからの交通の要衝であるとともに、近年の経済発展の中心となっているクアラルンプール首都圏を含む。

この地域では最近10年間くらいの間、降水中の硫酸イオン濃度が連続的に上昇するとともに、図2に示すようにpH 4.8以下の酸性雨が降っていることが確認されている。ただし、同じマレーシアであっても、人口密度の低く産業活動が発展していないボルネオ島ではこのような現象は確認されていない。<sup>(2)</sup>

タイにおいては、従来までに酸性雨の継続的な観測は行われていなかったために、酸性雨が顕在化しているかどうかは不明であるが、中部タイの火力発電所周辺においては硫黄含有量の多い褐炭から生成する高濃度の二酸化硫黄による植物被害や住民の健康被害が報告されており、<sup>(3)</sup> タイ政府も対策を講じている。

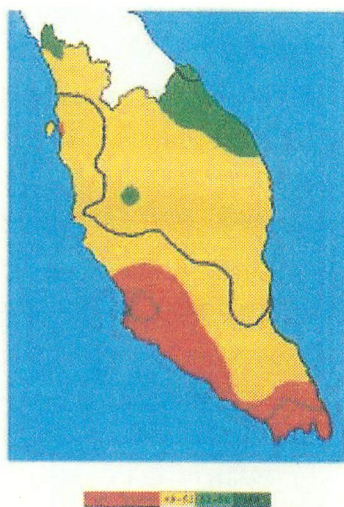


図2 マレーシア半島における酸性雨の状況(1995年)<sup>(2)</sup>

### 3. 東アジア酸性雨モニタリングネットワーク

東アジア各国の代表が出席して、酸性雨の状況を把握するための方法などを検討するため、「東アジア酸性雨モニタリングネットワークに関する専門家会合」が1993年から4回にわたり日本において開催された。ここでは、酸性

雨の影響は降水物の酸性度のみならず、酸性降水物の成分分析も実施する必要があることが確認された。また、現状では各国のモニタリング方法や精度が異なっており、測定結果を相互に比較・評価できる状況には必ずしもなっていないことから、この専門家会合は各国が酸性雨モニタリングを統一的な手法によって実施する地域的なモニタリングネットワーク作りの推進を提案した。<sup>(4)</sup>

専門家会合の成果をもとに、1998年3月「東アジア酸性雨モニタリングネットワークに関する第1回政府間会合」が開催された。この会合では、東アジア酸性雨モニタリングネットワークの目的に沿って、専門家会合によって提案された方法による試行的なモニタリング活動を行って、その結果を評価して本格的な活動に移行するという「試行的活動」の実施が決定された。ネットワークの主な目的は次のとおりである。

- ①東アジア地域の酸性雨問題の状況に関する共通の理解を形成すること
- ②酸性雨による環境への悪影響を防止もしくは減少させるために、地方・国・地域レベルの意志決定に有益な情報を提供すること
- ③参加国間での酸性雨問題に関する協力を推進すること

各国は国ごとのモニタリング計画を作成して、第2回の政府間会合で評価するまでの試行的モニタリング活動を実施した。試行稼働期間中の参加国は日本をはじめ、中国、韓国、ロシア、モンゴルの北東アジア諸国および主要ASEAN諸国を含むフィリピン、タイ、マレーシア、インドネシア、ベトナムの計10カ国であった。

試行稼働期間中のモニタリング項目は表1に示す湿性沈着（降水）、乾性沈着（大気中濃度）、土壌・植生および陸水の大きな4つの項目であり、前の2つは酸性雨そのものと、より広い意味で環境に酸性物質の与える影響を調べるために二酸化硫黄、オゾンなどの酸化性ガス状物質などの濃度を測定し、後の2つはそれぞれ酸性雨などが環境に影響を与えた結果、土壌・植生や湖沼などの環境にどのような変化が生じたかを調べるものである。

表1 試行稼働期間中の主なモニタリング項目

	モニタリング項目	調査の頻度など
湿性沈着(降水)	降水中のpH、電気伝導度、硫酸イオン、硝酸イオン、塩化物イオン、アンモニウムイオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオンの濃度	毎日または毎降雨を基本として、連続的に降雨時のみに試料を捕集するwet-only samplerを用いて行う
乾性沈着(大気中濃度)	大気中の二酸化硫黄、窒素酸化物、オゾンおよび粒子状物質濃度	自動測定器を用いる場合には毎時、その他は毎週～2週間毎に行う
土壌・植生	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土壌 [pH、交換性陽イオン容量(GEC)、交換性陽イオン(ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン)濃度]</li> <li>・植生 [樹木の枯損、枝葉の状態の観察]</li> </ul>	試行稼働期間中に1回以上行う
陸水	湖沼水のpH、電気伝導度およびアルカリ度	年4回(四季)以上行う

注) 風向風速、気温、湿度、雨量および日射量などの気象項目の測定も行う。また、湿性沈着および乾性沈着は同じ地点で行うとともに、土壌・植生および陸水調査地点の評価に用いることができるように、これらの地点は近傍であるか、50km以下の距離とすることが望ましい。

東アジア酸性雨モニタリングネットワークの参加国は、**図3**に示す各国のモニタリング地点(湿性沈着について38カ所、その他乾性沈着、土壌・植生および陸水のモニタリング活動も行われた)で試行稼働期間中のモニタリング活動を行い、東アジアにおける酸性雨モニタリングおよびその実施体制が大きく進展した。また、試行稼働期間中の経験や最新の科学的知見を踏まえ、東アジアの実状に合ったものとなるように、モニタリング方法の改正などを行うとともに、<sup>(5)</sup> 東アジアの酸性雨モニタリングの状況報告書がとりまとめられた。これらの結果を評価して、2000年10月に開催された第2回政府間会合では東アジア酸性雨モニタリングネットワークの2001年からの本格稼働への移

行を決定した。<sup>(6)</sup> 同ネットワークの本格稼働にあたっては、事務局を従来の日本の環境庁から近い将来、国連環境計画（UNEP）に移管するとともに、各国のモニタリングデータを集約し評価解析するネットワークセンターとして、酸性雨研究センター（日本、新潟市）が指定された。今後、このネットワークをもとに東アジア地域における酸性雨に関する貴重なデータが蓄積され、広く環境保全のための情報が提供されることが期待されている。

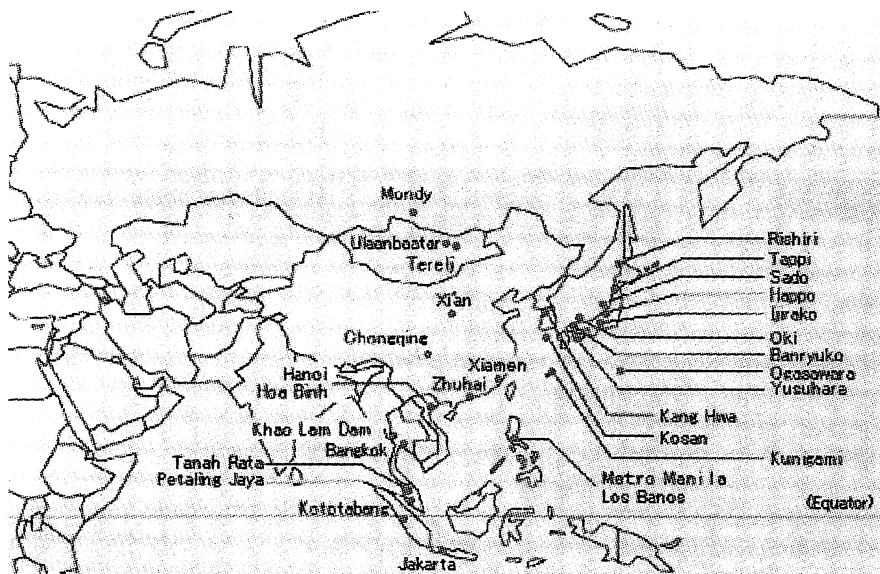


図3 東アジア酸性雨モニタリングネットワーク試行稼働期間中のモニタリング地点

#### 4. 日本における酸性雨の状況

我が国においては、1973年～75年の梅雨期に関東地方において数万人以上の人々から霧や霧雨による目の刺激などの訴えがあり、併せて植物被害もみられたことから、環境庁ではこの問題を湿性大気汚染とよんで原因究明にあたるるとともに組織的な調査として、1983年からは5年ごとの全国酸性雨対策調査を実施した。第1次調査（1983年～87年）では17であった

モニタリング地点は第2次調査(1988年～92年)では23地点、第3次調査(1993年～97年)では図4に示すように48地点となっている。降水の捕集期間は地点の状況によって日毎、週毎および半月毎など、統一されていないが、第2次調査以降はすべてのモニタリング地点において降水時のみに試料を捕集するwet-only samplerが用いられている。モニタリングは降水のみならず、土壌植生および湖沼に関するモニタリングも並行して実施された。第2次調査の結果からは、以下のような結論が得られている。

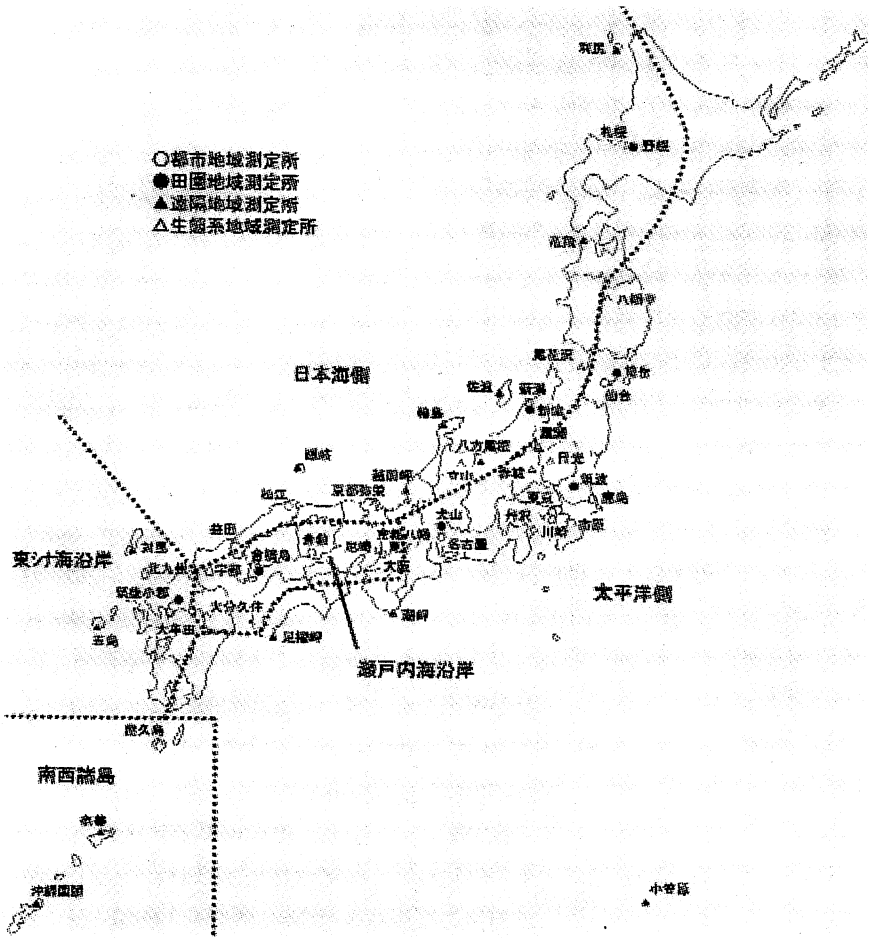


図4 第3次酸性雨対策調査におけるモニタリング地点<sup>(7)</sup>

- ①我が国の降水のpH、イオン成分の濃度および沈着量は、概ね横這いで推移しているが、そのレベルは欧米とほぼ同程度である。
- ②大部分の湖沼は、pH7前後であり、また、河川についても90%以上がpH7～8の範囲であった。ただし、pHの低い湖沼も一部にみられた。
- ③主な地域の土壌調査では、土壌の理化学的な性状に、酸性雨に起因すると考えられる顕著な変化は認められない。しかし、酸性雨に対する感受性が高く、酸緩衝能の低い土壌が存在することが確認された。
- ④これらの結果を評価すると、我が国では欧米並の酸性雨が広く観測されているが、酸性雨の陸水、土壌・植生生態系への影響については明確な兆候はみられていない。しかしながら、現状程度の酸性雨が継続した場合、将来、生態系への影響が顕在化するおそれもある。

第3次調査においても、酸性雨の状況について、第2次調査と比較して大きな変化はなく、全国の降水のpH平均値は第2次調査がpH4.8であったが第3次調査の年次平均値もpH4.7～4.9の範囲であった。<sup>(7)</sup> また、一部地域において原因が明確でない森林の枯損が観測されたが、酸性雨がその原因であると特定するような科学的根拠を得るまでには至っていない。山岳地域における一部の湖沼（例えば長野県の双子池、福井県の夜叉が池）では付近に火山性の酸性物質の影響がみられないにもかかわらず、pHおよびアルカリ度が低く、酸性雨による影響が生じている可能性もあることが指摘された。これらの地点においては、今後もモニタリングを継続して行っていく必要がある。さらに、降水のpHについては大きな変化がみられないが、酸性雨の内容成分については図5に示すように、最近の約10年間のあいだに対策が講じられて環境濃度が減少しつつある硫黄酸化物にかわって、自動車排気などを主因とする窒素酸化物の寄与が大きくなりつつあることが明確となっている。この傾向は我が国のみならず、欧米先進国や韓国などにおいても共通に報告されている傾向であり、今後、先進各国においては、酸性物質として窒素酸化物の影響に着目していく必要があるものと考えられる。我が国においては、季節によるイオン成分濃度の変化がみられ、図6に示すように硫酸イオン濃度は夏季はむしろ太平洋側が高いが、冬季には大陸からの季節風の影響を受ける日本海側の濃度が高くなり、今後、これら地域における酸性雨に関連した調査を継続して実施していくこと



が必要である。

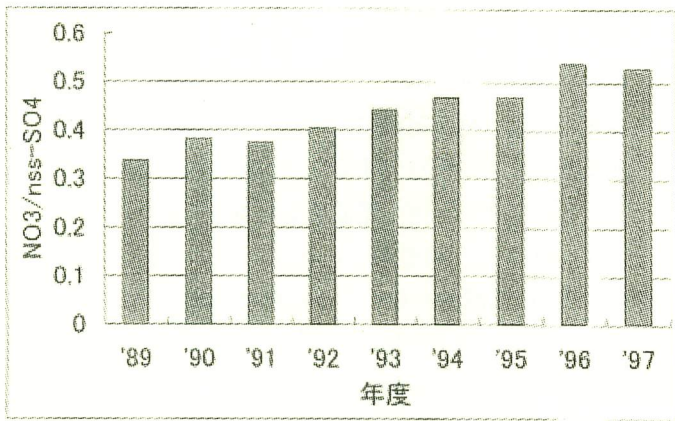


図5 我が国における硝酸イオン濃度／非海塩性硫酸イオン（当量）濃度比の経年変化

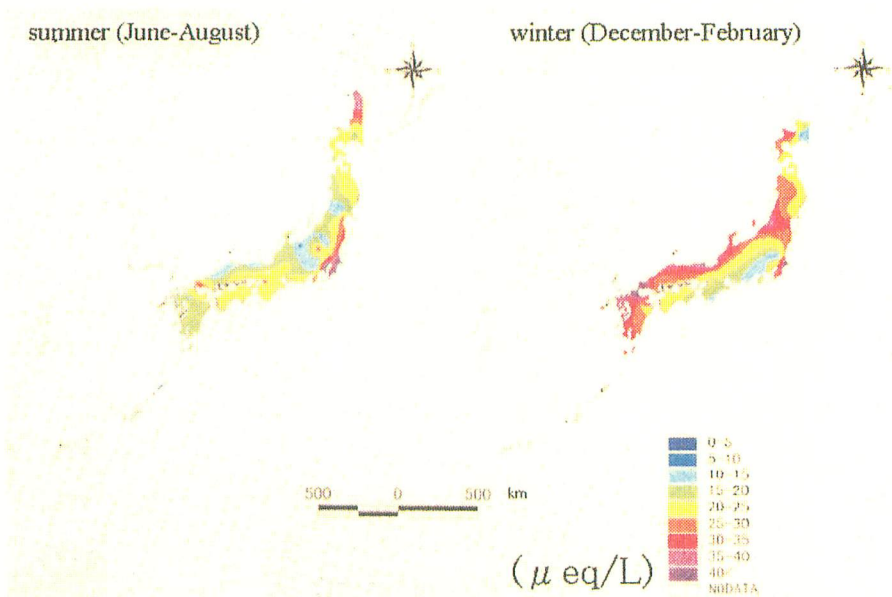


図6 非海塩性硫酸イオン濃度の季節変化<sup>(7)</sup>

## 5. まとめ

東アジアと日本における酸性雨モニタリングの現状について紹介した。東アジア地域では近年の急激な経済発展に伴って、酸性汚染物質の排出量が増大することによる酸性雨の被害が顕在化することが懸念されており、今後、適切な対策をとるためにも酸性雨の状況を把握するためのモニタリングを行っていくことが重要である。東アジア酸性雨モニタリングネットワークは日本を含む10カ国が参加して試行的活動を行い、その結果を踏まえて2001年1月からの本格稼働による酸性雨モニタリングを行うこととなった。日本および韓国を除く参加国がいずれも発展途上国であることを考慮すると、定常的な活動の実施にあたっては相当の困難が伴うものと予想されるが、同地域の環境に配慮した健全な発展のためにはこのような活動が不可欠と考えられる。

## 6. 参考文献

- (1) Atmospheric Environment '97, English Home Page of State Environmental Protection Administration (SEPA), China.
- (2) Report on Air Quality in Malaysia (As Monitored by the Malaysian Meteorological Service 1995), Malaysian Meteorological Service, Ministry of Science, Technology and the Environment (1996).
- (3) Jesada, L. and Pichit, P, Acid Deposition Case Study and Monitoring on Soil and Vegetation in Thailand, Proceedings of Workshop on Ecological Impact Monitoring of Acid Deposition in East Asia, Interim Network Center of EANET (1999).
- (4) Final Report of the Forth Expert Meeting on Acid Deposition Monitoring Network in East Asia, Environment Agency of Japan (1997).

- (5) Technical Documents for Wet Deposition Monitoring in East Asia, adopted at : The Second Interim Scientific Advisory Group (ISAG) Meeting of EANET, March 2000.
- (6) Summary of the Second Intergovernmental Meeting on the Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET), Interim Secretariat/Interim Network Center (2000).
- (7) 第3次酸性雨対策調査とりまとめ、環境庁・酸性雨対策検討会(1999).

( 英文要旨 )

Present status of acid deposition monitoring in East Asia and Japan was introduced. The Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET) started its preparatory-phase activities in 1998. Ten participating countries accumulated monitoring data concerning wet-deposition, dry-deposition, soil and vegetation, and inland aquatic environment. Formal stage of the EANET will start by the decision of the Second Intergovernmental Meeting from January 2001 taking into consideration the result of the preparatory-phase activities. Environment Agency of Japan have been carried out several national surveys on acid deposition monitoring. There were 48 monitoring sites across the nation at the end of the Third Survey in 1997. The states of the acid precipitation observed in Japan are almost same as in western countries. Precipitation amount of  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  is decreasing, while the contribution of the  $\text{NO}_3^-$  to the acidification became larger in these years.