

7 越境大気汚染・酸性雨対策に関する今後の課題

東アジア地域における経済発展は、酸性雨の原因となる大気汚染物質の排出量の増加を招き、我が国においては自国の大気汚染物質排出量が低下傾向にある時期において、その影響を非常に強く受けてきた。今般、東アジア地域における硫黄や窒素酸化物の排出量は頭打ちとなり、我が国の降水酸性度は欧米に比較して高い傾向にはあるものの、低下の兆候がみられている。一方で、東アジア大陸の大気汚染物質排出量は対策の進んだ我が国に比べれば依然として非常に多く、光化学オキシダントについては注意報発令地域の広域化等の一因として東アジア大陸からの影響が指摘されているほか、PM_{2.5}についても国民の関心が高く、酸性雨やオゾンと同様に越境大気汚染の寄与が懸念されている。さらに、オゾンやエアロゾル等の大気汚染物質については、大陸間輸送による半球規模のバックグラウンド汚染も着目されるようになってきている。

このような東アジア地域からの越境汚染が、我が国の大気質並びに人の健康や生態系へどのような影響を与えているかを把握し、それらを防止することを念頭に、酸性物質、オゾン、PM_{2.5}（エアロゾル）等を統合的に捉え、越境大気汚染全般について取り組んでいくことが重要である。また、生態影響については、酸性化・窒素飽和のリスクが高いと考えられる地域において、安定同位体比分析等の新たな手法も活用しながらモニタリングを適切に実施していくこと、また、オゾンによる植物影響については、AOT40等の指標値が高い森林・山岳地域を監視対象として、植物被害状況の把握等を含むモニタリングを適切に実施していくことが必要である。

一方、東アジア地域では、酸性雨問題に関する地域協力体制の一つとして、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）による取組が15年以上に渡って進められており、参加国共通の手法による質の高いモニタリングデータが蓄積され、この地域における酸性雨に関する共通理解の醸成に貢献している。また、同地域においてはPM_{2.5}をはじめとする大気汚染物質による人の健康等への影響に対して関心が非常に高まっており、EANETにおいてもオゾンやPM_{2.5}のモニタリングの強化について議論が行われている。東アジア地域では今後も経済発展が予測され、それに伴い大気汚染が深刻化するおそれを各国が共通の課題として抱えており、また、我が国は地理的な位置関係と気象条件から越境大気汚染の影響を受けやすいことから、地域協力により東アジアにおける大気汚染対策が推進されることを支援していく必要がある。

このような状況を踏まえ、今後の越境大気汚染・酸性雨対策を進めるに当たり、以下の取組を推進していくことが特に重要である。

7.1 国内における取組の推進

7.1.1 長期モニタリングの実施

(1) モニタリングの継続的な実施

酸性雨による影響は長期継続的なモニタリング結果によらなければ把握しにくく、また、湖沼や土壌の緩衝能力が低い場合には一定量以上の酸性物質の負荷の蓄積により急激に酸性化による影響が発現する可能性があることから、近年 pH の低い地点については特に注視して、今後も長期モニタリングを着実に実施していく必要がある。

また、PM_{2.5}や対流圏オゾン等による健康影響についての国民の関心が高く、モニタリングに比重をおくべき項目も変化していることから、このことにも対応しつつ総合的、長期継続的なモニタリングを実施していく必要がある。このため、例えば、現在では十分に濃度が低く今後も高まる見込みがない物質や影響が発生する可能性が十分に低いと推測される地点については、モニタリングの意義、モニタリングサイトの地理的特性、国際モニタリングネットワークにおける活動との調和等を踏まえ、随時モニタリングの内容について見直しを図っていくことも必要である。

さらに、越境大気汚染・酸性雨長期モニタリングは地方公共団体の協力を得て実施されているが、地方公共団体の環境・衛生・公害関連試験研究機関では、職員の配置転換などによりモニタリング等に関する経験や技術の蓄積や伝承が困難になっている。質の高いモニタリングを継続し、酸性沈着やオゾン等による越境大気汚染の状況を総合的かつ正確に解析評価していくため、分析機関間比較調査等の分析向上に向けた取り組みの充実を図るほか、研修等により測定現場の技術水準を維持する努力やモニタリングに携わっている地方公共団体と環境省の一層緊密な連携、協力が重要である。

(2) 越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング計画の改訂

中国を始めとする東アジア地域においては大気汚染物質排出量の削減による大気質の改善が期待され、平成 25~29 年度のモニタリング結果によれば、我が国の降水酸性度は欧米諸国に比べて高い傾向にはあるものの、低下の兆候がみられるとともに、PM_{2.5} 濃度についても近年低下傾向がみられており、今後もこの傾向が継続されるか否かを注視しながら観測を継続する必要がある。これらの状況を踏まえ、我が国の国内発生源及び越境大気汚染・酸性雨の実態と影響について精度を維持するとともに合理化を図りつつ継続して把握するため、越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング計画（平成 26 年（2014 年）3 月改訂）を以下のように改訂し、これらを着実に実施していくことが必要である。

①測定所の集約化

今後も引き続き中長期の視点で確実なモニタリングを実施する必要がある。一方で、今後も機器更新を含む測定所の維持管理を限られた予算で適切に行いつつ、国民の関心が高い大気汚染物質について、高品質のモニタリングデータの取得を継続していくためには、

これまでのモニタリング結果等も踏まえて測定所の集約化を念頭に置いたモニタリング計画の見直しが必要である。このため、2018年度末をもって竜飛岬、越前岬、蟠竜湖及び大分久住の大気モニタリング、大島池及び蟠竜湖の陸水モニタリングを終了する。なお、EANET局である竜飛岬と蟠竜湖の2大気モニタリング局の終了に伴い、新潟巻及び対馬を新たなEANET局として指定する。また、蟠竜湖の陸水モニタリング地点の終了に伴い、双子池を新たなEANET地点として指定する。

②PM_{2.5}モニタリング

一部のモニタリング地点に、PM_{2.5}成分自動測定機を設置することによって、得られる測定データを活用してより詳細な汚染機構の解明につなげるように努める。また、測定機器の故障等が万一生じた際には、代替機器や消耗部品等の速やかな供給及びメンテナンスの充実を図る等により、欠測期間の長期化が生じないように注意を払い、有効なデータの確保に努める。

③要監視地域におけるモニタリング

土壌や地質の酸緩衝能が小さく硫黄酸化物や窒素酸化物による酸性沈着量の多い地域では、酸性化等のリスクが高いことから、重点的に監視していく必要がある（要監視地域）。これら要監視地域内に位置する既設モニタリング地点や研究試験地を活用し、土壌、陸水、集水域等、我が国の陸域生態系への越境大気汚染の負荷や今後降水酸性度の低下傾向に伴い期待される回復過程をより確度を持って議論するため、従来 of イオン成分分析に加え、必要に応じて安定同位体分析手法を用いたモニタリングを実施することにより、大気から沈着・流入する物質への越境大気汚染の設定について検討する寄与やその季節特性、大気沈着に由来する物質の陸域生態系内での挙動・動態の解析を進める。

④オゾンによる植物影響モニタリング

オゾンによる森林生態系への影響を監視するため、将来的な定期観測に向けたパイロットモニタリングを、関係自治体・研究機関の協力を得て、北海道摩周湖外輪山、新潟県八海山及び福岡県英彦山の3地点で実施する。

当面は、森林・山岳地域におけるオゾン濃度の実測及び周辺樹木の状況に関する情報収集を実施し、オゾンによる植物影響について実態を把握するとともに評価手法について検討する。また、大気汚染とそれ以外の要因（病虫害等）による複合的な影響の評価を目的として、そのような影響の可能性のある地域における被害状況の把握に努める。

7.1.2 調査研究の推進

(1) 大気シミュレーションモデルの精緻化及び排出インベントリの高精度化

長期モニタリングデータを解析・評価し、現状を正確に把握することによって、PM_{2.5}排出抑制対策や光化学オキシダント濃度の改善等に繋げていくため、排出インベントリや数値モデル、衛星観測等との取組の連携を積極的に進める必要がある。また、長期モニタリングデータは、越境大気汚染の移流・拡散を計算する数値モデルの検証データとして大変重要であり、将来予測に重要なモデルの精緻化にも大きく貢献することが期待される。シミュレーションモデルを活用することにより、時間的、空間的な沈着量分布の把握に加え、大気汚染状況の変動要因の抽出や定量的なソース・レセプター関係の解明を含めた総合的な解析評価、汚染物質の排出から移送、沈着を経て生態影響に至る一連のプロセスに対する理解を深めることが可能になるほか、モニタリングデータの解析とシミュレーションモデルを用いた将来予測結果を基に、越境大気汚染対策の立案を行うことも期待される。

東アジア地域では、酸性沈着やPM_{2.5}の生成に大きく寄与する硫黄や窒素の酸化物あるいはアンモニアの排出量の近年の変動が、地域の大气環境にどのような影響を与えるかについて調査研究を進める必要がある。また、特に国民の関心の高いPM_{2.5}のシミュレーションモデルについては、発生源が多岐に渡り、生成過程が極めて複雑であることもあって、現時点では、必ずしも十分な精度を有するシミュレーションモデルの開発が行われているとは言えない状況であり、さらに調査研究を進める必要がある。

(2) 要監視地域における生態影響の実態解明

安定同位体比の分析は、大気沈着と陸水の酸性化・窒素飽和との関連性の解明に資することから、要監視地域においてこのような手法を活用した調査研究を推進することが望まれる。例えば、硫黄の安定同位体比は、越境大気汚染や火山ガス等の影響に関する情報を含み、また、土壌・植生系の循環等で分別を受けるため、大気由来の硫黄の生態系内での滞留・流出時間等を発生源情報と共に評価することが可能である。また、ストロンチウムの安定同位体比は黄砂の指標であるとともに、酸緩衝能に関わるカルシウム等の塩基成分の生態系内での挙動・動態の解明にも有効である。さらに、硝酸イオン中の窒素や酸素の安定同位体比については、大気由来の窒素酸化物に起因する硝酸イオンと生態系内で生じるものとは大きく異なることから、大気沈着の流域への影響を評価することが可能となる。また、これらの手法は、土壌やPMなどの既存モニタリング試料への活用の可能性もあり、例えば、土壌中に蓄積しやすい鉛などの重金属の安定同位体比は長期的な大気沈着の履歴を記録している可能性もあり、今後の活用が期待される。

(3) オゾン及び粒子状物質による植物影響評価に係る取組の推進

2011年度より、北海道、新潟県及び福岡県の山岳地域において、オゾンによる植物影響の評価のためのパイロットモニタリング及び代表樹種の葉の展開等に関する情報収集を実施している。特に新潟県八海山や福岡県英彦山^{ひこきん}では、欧州においてオゾンによる植物影響の

評価に用いられる指標である AOT40 の値が高く、樹木の衰退も報告されている。このため、引き続き調査を継続して山岳地域におけるオゾンの特徴を明らかにするとともに、樹木の葉の可視障害、植物活性や成長に関わる項目を順次検討し、オゾンによる影響評価の手法の確立に努めていくことが必要である。また、森林・山岳地域におけるモニタリングデータは、大気化学輸送モデルの検証等にも重要であることから、観測とモデルの連携により、広域評価に役立てられることも期待できる。

さらに、粒子状物質との関係については、PM_{2.5} 等の大気汚染物質の越境大気汚染に対する関心は高まっているものの、アジアの森林を構成している樹木に対する粒子状物質の影響等に関する研究は始まったばかりである。特にアジアにおいてはオゾンの影響も受けている可能性が高いことから、粒子状物質とオゾンが森林樹木に及ぼす複合影響を解明する取組が必要である。

(4) 気候変動の緩和を考慮した大気汚染対策のための研究の推進

粒子状物質を構成するブラックカーボンやオゾン等の短期寿命気候汚染物質（SLCPs：Short-Lived Climate Pollutants）は、それ自身が大気汚染物質であるだけでなく、気候を温暖化させる特性を強く備えているために、その排出量の抑制が中期的な気候変動の抑制にも貢献し得ることが国際的に認知されてきており、SLCPs の削減を目的とする国際的なイニシアティブも設立されている。このような大気汚染と気候変動を併せて緩和するアプローチにも着目して、大気汚染対策が国際的に進められることも期待される。このため、SLCPs 削減のための有効な対策の提案とその効果の定量的評価、SLCPs の削減に伴う気候変動や大気汚染の抑制効果等を明らかにするための研究を推進する。

(5) 二酸化窒素濃度の測定法の適正化に関する検討

二酸化窒素（NO₂）は酸性雨の原因物質であると共に PM_{2.5} や光化学オキシダントの前駆物質でもあり、都市地点のみならず、局地的オゾン生成と越境大気汚染の状況の把握のため、田園地点や遠隔地点における観測も重要である。しかしながら、現在、一般に使用され酸性雨測定所にも配備されているモリブデン変換器付き化学発光法を用いた窒素酸化物自動測定機は、硝酸、亜硝酸、ペルオキシアセチルナイトレート等の有機窒素化合物にも感度を有するため、NO₂ に対してこれらの物質の濃度が高い田園地点や遠隔地点では、正確な濃度を測定することはできず、得られる NO₂ 濃度は過大評価となっている。

窒素の乾性沈着やポテンシャルオゾンの評価には、NO₂ のより正確な測定が必要となる。このような課題に対応できる光解離コンバーター方式、キャビティ減衰位相シフト方式等を用いた自動測定器も市販されているが、まだ一般にはほとんど普及していない。このため、国際的な導入状況も確認し、必要に応じて既存の自動測定機との並行試験によるデータ特性を確認するための調査を行いながらその有用性を評価し、将来的には田園地点や遠隔地点においても NO₂ が精度よく測定できる体制の整備を検討していくことが必要である。

7.2 国際的な取組の推進

①EANETにおける現行のモニタリング活動の強化

EANETにおけるモニタリング項目としては、窒素酸化物、二酸化硫黄等の他、酸性雨の関連物質という位置付けでオゾンや粒子状物質（PM₁₀/PM_{2.5}）が含まれている。オゾンや粒子状物質は、広域性、越境性をもって東アジア地域に影響を及ぼし、我が国を含む東アジアの複数の国においても関心が高い。そのため、実態把握の促進、モデリング研究等での活用とその成果のEANETへの還元等の観点から、2017年現在、オゾンは25地点、PM₁₀は25地点、PM_{2.5}は23地点でモニタリングを行っており、モニタリング地点数が増えつつある。

新たにモニタリングを開始することは経済面等で大きな負担を伴うが、参加国の中にはEANET以外の枠組みにおける国内活動として既にモニタリングを行っている場合もあり、外部資金によるモニタリング機器を供与する方法も可能である。モニタリングサイトが適切に設置、管理、運営されていることを確認しつつ、このような既存のモニタリングを新たにEANETの活動として位置付けていくことは、参加国における追加的な負担を軽減する一つの方策である。EANETのネットワークセンターは参加国に対してこれまでも必要な支援を行ってきており、東アジア全体の汚染状況を把握するために、今後もEANET参加国へ働きかけ、従来の狭義の酸性雨の枠に捉われず、PM_{2.5}やオゾン等の今日的な大気汚染について、最新の科学的知見を参加国と共有することにより、モニタリングを充実させていく必要がある。

②既存イニシアティブとの連携等

アジア地域では大気汚染問題が各国の国民の健康に影響を及ぼしかねない共通の課題となっている。EANETの活動に加え、深刻な大気汚染問題を克服してきた我が国の豊富な経験と先進的な技術を活用して、アジア各国が清浄な大気を共有できるよう、地域協力の強化に取り組むことが必要である。

我が国はこれまで日中韓三ヵ国環境大臣会合（TEMM）に基づく日中韓による取り組み、中国や韓国との二国間連携の強化を通じて、オゾンや粒子状物質対策の国際協力を進めてきた。これらに加え、この分野における活動に顕著な実績のある既存の国際的な組織、ネットワーク、プログラム等との連携により、各種の活動を検討、展開していくことも一つの方策として考えられる。例えば、アジア太平洋地域全体の大気に関する知見の集積等を総合的に行う唯一の国家間の枠組みであるアジア太平洋クリーン・エア・パートナーシップ（APCAP）、大気環境に関する政府・研究者主体のネットワークを形成し、科学的基盤の強化及び地域枠組みの運営等に貢献している国連環境計画（UNEP）や、アジア地域における200以上の大気環境に関する国際機関、援助機関、国、都市、企業、研究機関等の多様な主体と幅広い協力関係を形成して、国・都市の大気汚染対策や能力構築等に貢献しているクリ

ーン・エア・アジア（CAA）等との連携が考えられる。

これらの大気汚染に関する既存の国際的な組織等との連携により、我が国への越境大気汚染の緩和に繋がる国際協力を推進していくことが必要である。

③科学を基盤とした広域大気汚染対策の推進

1979年に締結された長距離越境大気汚染条約（CLRTAP）に基づく活動は、一定の科学的知見の共有のもとで広域大気汚染問題への取組が進められてきた。また、気候変動の分野では、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）により科学的知見が提供され、国際交渉のベースとして活用されている。

アジアにおける広域（越境）大気汚染問題を国際的に解決していくに当たっても、まず、アジアの国々の科学者がこの問題に関する科学的な事実に対する認識を共有し、それに基づく適切な解決策を政策決定者等に提供していくことが、アジア各国における具体的な対策の促進に対して有効に機能することが期待される。

一例を挙げると、酸性雨とその影響に関する科学者会合である第10回酸性雨国際会議が、2020年に新潟市で開催される予定である。従来の狭義の酸性雨の枠に捉われず、PM_{2.5}やオゾン等の今日的な大気汚染とその影響を含む会合として開催されることが有意義と考えられるところであり、最新の科学的知見をアジア諸国とも共有するとともに、我が国が主導したEANETの20年間の成果を広くアピールすることが望まれる。また、これにより、今後、EANETの発展の方向性について議論が深まる契機となることも期待される。

