

1.4 地球環境問題

1.4.1 はじめに

大気に関する地球環境問題としては、地球温暖化、オゾン層破壊、そして対流圏大気の酸性化（いわゆる酸性雨）の諸問題があり、これらは地球環境問題が一般に注目されるようになるきっかけともなった。

1.4.2 地球温暖化

地球温暖化とは、大気中の微量の成分（化石燃料の消費に由来する二酸化炭素やメタン、オゾン、フロン等）が人間活動に伴って大気中に増加し、水蒸気などの古来より存在する温室効果ガス（地表から放射される赤外線を吸収し、熱が宇宙空間に逃げ出すのを防ぐ役割をするガス。温室のガラスがこの役割を果たしていることからこう呼ばれる）が果たしている保温効果以上の熱を大気圏内に蓄積し、地球の平均気温が上昇することである。IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change：気候変動に関する政府間パネル）によれば、温室効果ガスが現在の増加率で増え続けた場合、地上の平均気温は21世紀末までに約3度上昇するものと予想されている。これによって、海面の上昇や一部地域の少雨・乾燥化などの環境への様々な影響が懸念されている。地球全体の問題だけではなく、たとえば都市域の光化学オゾン汚染の深刻化¹⁾を招くなど、市民生活に密接に結びついた影響も考えられ、その影響は多種多様な側面をもっている。

地球温暖化に寄与する大気微量成分として問題なのは主に化石燃料の燃焼による二酸化炭素（CO₂）であり、メタンと一酸化二窒素（N₂O）がそれに続く。また最近では対流圏内のオゾンの重要性が指摘されている。フロン類は成層圏オゾン問題だけでなく温暖化に対しても重要な役割を果たしている。メタンなどの種々の大気微量成分は水蒸気や二酸化炭素に比較するとその濃度は低いが、水蒸気や二酸化炭素が吸収する領域以外の波長領域の赤外線（いわゆる窓領域）を吸収するため、低濃度でも温室効果増進能力が高い。二酸化炭素だけに話題を絞っても、大気中濃度の増減には化石燃料の燃焼に加えて、森林樹木の伐採や、海洋の吸収能の問題など、まだ明確な結論の出ていない課題もあり、今後もさらに研究が必要であろう。

地球温暖化に対する国際的取り組みとしては、前記 IPCC により、予測、影響、対策等について最新の知見がまとめられ、温暖化防止対策に科学的な基盤が与えられている。また1992年には国際的温暖化防止対策推進のために「気候変動枠組み条約」が締結され、大気中の温室効果ガス濃度を安定化することを目的に、締約国に温室効果ガスの排出・吸収インベントリーの作成、温暖化対策のための国家計画の策定と実施などの責任を課している。

1.4.3 成層圏オゾン層の破壊

成層圏のオゾン層は、太古より植物の光合成によって作り出された酸素が大気中に蓄積され、成層圏において光化学反応を受けることによって生み出されたものであり、高エネルギーの紫外線から地

表の生命を保護する貴重な防壁である。このオゾン層が、人間が放出するフロン類の光分解によって生じる塩素原子によって破壊されてしまうという危険性は、1974年にMolinaとRowlandによって指摘され²⁾、その後、南極におけるオゾン・ホールの発生とその拡大が確かにこの反応によるものであると確認されて、万人に衝撃を与えた。オゾン層が破壊されれば、エネルギーの高い短波長の紫外線が地上に降り注ぎ、皮膚ガンや白内障の増加など人体に対する直接影響のみならず、全動植物に対して甚大な被害を与えるものと懸念される。

国際的協力の下にオゾン層の保護を図るための取り組みは比較的早くから始められ、1985年「オゾン層の保護のためのウィーン条約」が、また1987年には「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」が採択された。この議定書にはオゾン層破壊物質の生産削減等の規制措置が盛り込まれていたが、オゾン・ホールの急速な拡大等、当初の予想以上にオゾン層破壊が進行していることから、1990年、1992年、1995年の三度にわたって見直され、規制対象物質の追加や規制スケジュールの前倒し等、段階的に規制が強化された。これら規制の影響で、最近大気中のフロン類の濃度は減少傾向にあることが観測されている。

1.4.4 対流圏大気酸性化（酸性雨）

化石燃料消費の増大に伴い、燃焼排ガスの一部として硫黄酸化物や窒素酸化物が大量に大気中に放出されている。また同時に放出される炭化水素類と窒素酸化物の光化学反応により、非常に酸化性の高いラジカルや、オゾン等のオキシダントと呼ばれる活性種が生成し、これらが二酸化硫黄や窒素酸化物を大気中で酸化して硫酸や硝酸を生成している。このために対流圏の大気は産業革命以前に比べると非常に酸性化している。このような酸性物質が雨に溶けて地上に降下する現象がいわゆる酸性雨であり、河川や湖沼水を酸性化して水生生物に被害を与え、森林や文化財・建造物にも影響を及ぼしているものと考えられている。

その原因物質のうち、硫黄酸化物は主に石炭や重油に含まれる硫黄分が原因であり、その対策は比較的現実的だが、中国のように膨大な量の石炭を用い、また低硫黄軽質油や天然ガスへの転換が容易でない国々では今後も息の長い取り組みが必要であろう。一方、窒素酸化物の排出対策はまだ遅れており、特に欧米や日本などの先進工業地域では、今後窒素酸化物対策が酸性雨問題解決のための焦点となる。

酸性雨現象の地域的広がり、温暖化やオゾン層問題に比べるとやや狭く、地球規模というよりは大陸規模の問題であるといつてよい。このため酸性雨対策の国際的取り組みも大陸ごとに行われている。アジアでは日本や、韓国、中国、台湾などの新興工業地域が集中する東アジア地域を中心とした取り組みがなされている。環境庁が提唱する「東アジア酸性雨モニタリングネットワーク」もその一つである。

(1.1) 参考文献

- 1) P. Warneck: *Chemistry of the Natural Atmosphere*, Academic Press (1987)
- 2) R.P. Wayne: *Chemistry of Atmospheres*, Claredon Press (1991)
- 3) B.J. Finlayson-Pitts and J.N. Pitts, Jr.: *Atmospheric Chemistry: Fundamentals and Experimental Techniques*, John Wiley & Sons (1986)
- 4) J. Heicklen: *Atmospheric Chemistry*, Academic Press (1976)
- 5) Okabe, H.: *Photochemistry of Small Molecules*, Wiley Intersci (1978)
- 6) 島崎達夫: 成層圏オゾン, 東京大学出版会 (1989)
- 7) 鷺田伸明, 秋元肇: 気相における光化学反応 化学総説 No.39, 無機光化学 日本化学会編, 学会出版センター pp14-38 (1983)

(1.4) 引用文献

- 1) Akimoto, H., Hatakeyama, S., and Washida, N., *Environ. Sci. Technol.*, 25, 1884-1890 (1991)
- 2) M. J. Molina and F. S. Rowland, *Nature*, 249, 810-812, 1974