

# 酸性雨と林業



レナート・スコッテ



図1 酸性雨によるトウヒ林の枯死状況  
(東ヨーロッパ、エールツ山脈の標高 800m 付近)

大気汚染はわれわれの環境を脅かすもつとも危険なものとして性格づけられてきている。湖沼と土壌は酸性化し、森林は広大な面積にわたって被害を受けている。われわれは生態系に対して化学的な負荷を与えており、それは複雑なメカニズムにより生態系を攪乱している。最近の森林の衰退傾向が続けば、林業と森林保護への経費支出の増大、野外レクリエーションに重要な森林の消滅、さらには森林の土壌保全・水源かん養機能の損失など、非常に好ましくない結果をもたらすだろうことは、ヨーロッパ社会の科学、工業、労働、経済、法制、公共部門の各界で広く懸念されている。

この問題の範囲は国際的であるが、一方、実際に現れる個々の森林被害は局地的ないし地域的である。そこには二つの要因が重なっている。一つはその地

域、地域の生態的条件や林業のとりあつかいの違いが、森林それ自身の大気汚染や他のストレスに対する抵抗性に差異を生じさせており、第二は、大気汚染物質の各成分の含有量が地域によって異なっているからである。したがって森林を衰微させる望ましくない影響に対する対策は、局地的ないし地域的実状に合わせて行われるべきであるが、しかし、同時にこの対策は、国境を越えた大気汚染物質の到達過程と、加工用原材料の取引について十分に考慮した上で、国際的な活動と密接に結びついていなければならない。

この問題解決のためには、硫黄酸化物、窒素酸化物、炭化水素、重金属、オキシダントなど、さまざまな発生源からの排出を完全に制御することが必要である。科学、工業、そして政策にたずさわる人々の間での、大気汚染被害とその程度に関する意識や知識は、過去十年間でかなり改善されたことは間違いないし、国際的にも認識が深まっているのは事実である。大気汚染の完全な防止は人類の手中にあり、疑いなく目的を達成することができる。問題はそれに要する時間と費用である。

ここでヨーロッパ全体の現在の汚染物質排出状況を見てみよう。一九九五年から二〇〇〇年へかけて硫黄酸化物の排出量は、北西ヨーロッパでは低下することが明らかであるが、東ヨーロッパでは少ししか低下しない。一方、窒素酸化物排出量の低減への期待はきわめて低い。しかしながら石炭や褐炭をエネルギー源とする場合に、日本が開発した技術―触媒を用いた排煙脱硝技術―が、大規模に導入できれば有利な対策となる。さらにカドミウムや鉛のような重金属排出量の減少も報告されている。

森林の衰退メカニズムについては多くの理論や意

硫黄酸化物と窒素酸化物の排出量推定 (キロトン)

	硫黄酸化物		窒素酸化物(注1)	
	1980	2000	1980	2000
北ヨーロッパ	1205	675 (1.9%)	751	526 (3.4%)
EEC	17048	10020 (28.8%)	10139	7916 (51.2%)
中部ヨーロッパ	481	170 (0.5%)	356	250 (1.6%)
南ヨーロッパ	6172	9873 (28.3%)	2018	2936 (19.0%)
東ヨーロッパ	16332	14092 (40.5%)	3631	3841 (24.8%)
ヨーロッパ全体	41238	34830 (-18%)	16895	15469 (-9%)

(注1) 推定は窒素酸化物についてのみである。もしNH<sub>3</sub>の排出が加われば窒素排出量は約2倍になる見込み

硫黄含有物を主とする酸性物質の堆積量

1. 水素イオン(H <sup>+</sup> )と硫黄(S)の年間堆積量 Kg/ha/年		
	水素イオン(H <sup>+</sup> )	硫黄(S)
南西スウェーデン	1 - 1.4	20 - 30
中部スウェーデン	0.5 - 0.7	10
北部スウェーデン	0.2	3 - 5
限界負荷量 Kg/ha/年		
年間堆積量	0.1 - 0.5	2 - 7

見がある。針葉樹林がオゾンにさらされたり、酸性雨、酸性霧を受けた場合、栄養分の浸出・欠乏、感光性の増大、クロロフィルの減少、同化作用の衰退、根の損傷と土壌からの養分の上昇機能低下等の影響が現れる(図二)。そのほか乾燥化、強風化、気温変動のような気候の影響も考慮されるべきである。これら森林被害をひきおこすには三つの化学的負

荷のメカニズムが考えられる。第一は針葉樹、広葉樹の葉面への、硫黄酸化物、窒素酸化物、オゾン、炭化水素など化学物質の直接的影響である。それにより葉中のカリウム、マグネシウム、マンガンが溶出し、リン、窒素、マグネシウム、カリウム、リウム、窒素の相対量が変化する。汚染のひどい場合には針葉樹のワックス状表皮が被害を受ける。こうして樹木の水収支は悪化する。ひどく汚染された地域で文字どおり酸性霧の中に立地する森林が、衰退したり枯死するような事例は随所であり、中部ヨーロッパでは主に標高の高い所を中心に、被害が広大な面積に及んでいる。

第二は窒素の飽和に関係したメカニズムである。間違いなく永年にわたり、森林は増加する窒素酸化物の降下物を肥料として利用し成長量を増大させてきた。しかし最終的には窒素酸化物の降下は窒素の過剰をもたらす。硝酸イオンは栄養分の金属陽イオンとともに生態系から流出し、森林土壌の栄養バランスは弱められる。カルシウムとマグネシウムも生態系から洩出し、森林の活力が失われる。

第三は酸性化のメカニズムである。森林土壌は酸性雨によって酸性化し、そのpHは危機的レベルまで低下している。pH四・三・四・四になるとアルミニウムイオンは大きな有機錯体分子すなわちアルミン酸から遊離する。このため根が損傷される可

能性がある。根に悪影響を及ぼす土壌溶液中のアルミニウム濃度は、一リットル当たり約一〇ミリグラムであるといわれている。アルミニウムに対するカルシウムの関係もまた重要である。その比は〇・五以下に下がってはならない。もしpHの改善あるいは栄養バランスの改善が行われず、酸性化した森林土壌が放置されれば、森林成長量の衰退は随所に起こることとなる。

このように酸性雨はさまざまな方法で生態系を攪乱する。生態系への悪影響が生じるのは汚染物質の降下量が原因なのはもちろんであるが、過去のさまざまな被害の実態が物語っているように、生態系の感受性にも関係している。森林の成長量の衰退から枯死にいたる被害程度の違いは、地域の生態的な差

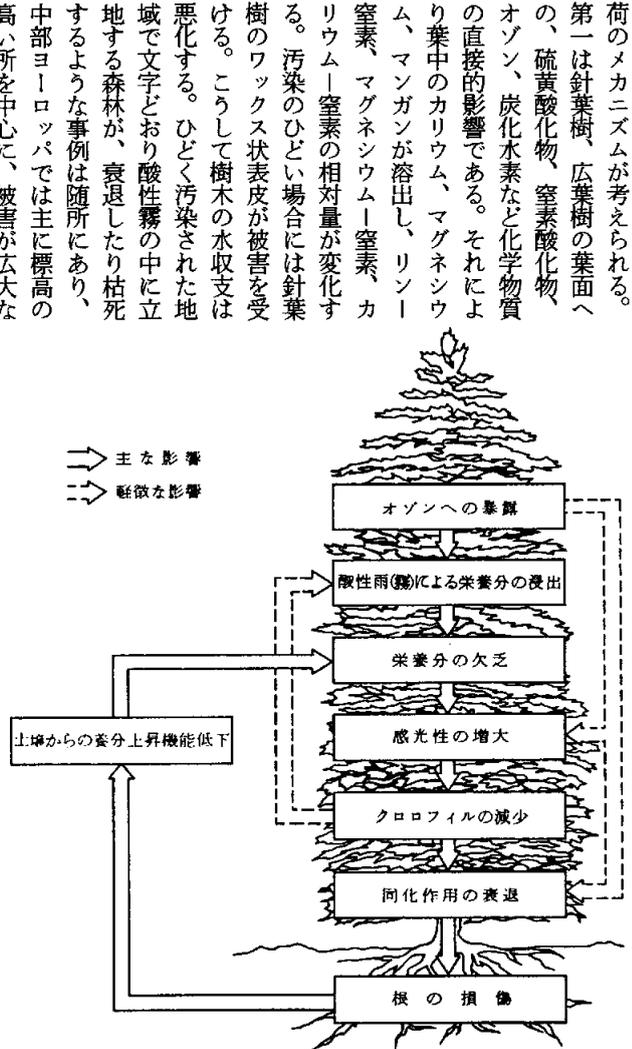


図2 針葉樹林に対するオゾンと酸性霧・酸性雨

異に関係していると考えられる。落葉の程度が被害の主な指標として用いられており、政府の報告書から被害の程度を知ることができる。広葉樹では一〇%以上の落葉、針葉樹では二五%以上の落葉があった場合に、被害があったものと定義される。年平均収獲量からみると、ソ連のヨーロッパ部分を除いたヨーロッパ地域の被害量は約一七%である。現在の汚染物質の降下傾向が二〇〇〇年まで続けば、今後一〇〇年間は毎年約八千五百万立方メートルづつの収獲量が減少し、それは現在のヨーロッパ各国における収獲量の二〇%減少に相当する。

ヨーロッパでも北アメリカでもみられる、これらの汚染物質の排出パターンとその影響に関する知識から、どの程度の排出なら許容し得るかを検討することが妥当であろう。このようにして汚染物質の限界負荷の概念―それぞれの地域の生態系や植物の種類に依りて持続的生存が可能な限界―が、すべての国における汚染物質排出の減少目標として採用されるべきである。それぞれの地域において汚染物質の各成分の降下量の限界値を定量的に定めることは、それぞれの地域自身の汚染物質の排出量と、国際的な考慮の上にたつた環境政策の実際的な目標を各国が樹立することを推進するであろう。限界負荷量の概念は理論的なものでなく、実用的なものであるが、ヨーロッパの多くの森林がすでに限界をはるかに越えた危機的な汚染物質の降下を受けているという事実は注意すべきことであり、強調されるべきである。

限界負荷量の概念にもとづく汚染物質排出量減少への熱心な努力によって酸性雨による被害と攪乱への対策が講じられた他に、さらに現存する森林資源の補強と土壌改良の対策が必要であり、さらにある程度の造林技術、地球的視野からの植林への投資増

大、木材貿易政策の変更なども必要である。とくに東ヨーロッパ中央部の森林政策では、大気汚染に強い抵抗性をもつ樹種の開発が重要な役割をはたすことになる。

被害を受けた生態系は肥料を施し、バランスを回復させ保護されるべきである。それにはカルシウム、リンやある種の微量元素を加えた石灰散布やドロマイトによる中和が含まれる。この施肥にはヘクタール当たり三五〇―四〇〇米ドルの費用がかかる。この生態系保護は汚染物質排出減少の目標が達成されるまでの過渡的な防衛法として考慮すべきである。

私は、国際的な機関でこれを可能にする基金の設立が早急にとりあげられるべきと考える。

このように、現在進行しつつある森林の衰退を解決するために、国際間および地域間の協力が強く求められているのである。地球的な規模で森林の将来の状態を保護する責任は、ただ森林家の仕事にあるのではない。それは、明らかにさらに広く科学者、木材貿易の関係者、国際協力にたずさわる政治家などの共同責任である。われわれは長期的、地球的規模で考え、一方、いまずぐ地域的な行動を開始しなければならぬ!

(依浩三・太田幸雄訳)