「特集・サステナブル・ランドスケープ 第I部 地球環境問題と造園との接点」

酸性雨と森林衰退
—研究の現状, スギ林の衰退を中心として—

堀 田 庸*

Forest Decline and Acid Precipitation

Isao Hotta

はじめに

人間活動の拡大による物質とエネルギーの流れの攪乱により、地球環境が不安定になりつつあるという認識が一般にされる時代になってきた。また、森林が地球環境を支える環境資源であるとの認識が深まるに従って、森林破壊や森林衰退は、生存環境の危機として注目されるようになってきている。

物質とエネルギーの流れには多様な生物及び生物が生存している場・環境が係わっており、長い時間の経過があってそのシステムが構築された。人間の活動は、①自然界に存在しない物質の放出、存在する物質であっても比較にならないほどの多量の放出、②開発、利用により生物及び生物が生存している「場」の破壊、③これらの結果から引き起こされる生態系と環境の悪化による生態系のさらなる破壊、等々により加速的に環境に影響を与えている。

酸性雨は化石燃料である石油、石炭の燃焼の結果生じる硫酸化合物、窒素化合物が大気中で移送される過程で生成されるものであるため、人間の経済活動の拡大と切りはなせない関係にある。化石燃料は産業革命以後に大規模に利用されるようになり、大気中のCO₂濃度にもその影響が現れているように近年の消費量の増大は急激である。一方、森林生態系は長い時間をかけてエネルギーと物質の流れの複雑な「系」を構築している。物質とエネルギーの流れが調和的である森林生態系は、急激な環境変動や人工的に生じた汚染物質にどの程度耐えられるか不明な点が多い。

森林は多くの機能を持っているが、環境形成からみれば、人間が化石エネルギー使用の結果放出する炭酸ガスの吸収・固定及び、土壌-樹木-大気系における水循環とエネルギーの流れに大きな役割をはたしている。酸性

雨は広域の汚染であり、森林や森林を支える土壌に慢性的・蓄積的な影響を与えると危惧されている。何が原因であれ森林の大面積破壊はいろいろな災害をもたらし、環境問題を引き起こす。

酸性雨によるとされる広域の森林衰退ははじめにヨーロッパ、北米で問題となり、わが国でも近年各地から森林衰退の情報がもたらされるようになった。わが国では、1985年に関東地方のスギの衰退は酸性雨の影響ではないかと指摘され、酸性雨と森林衰退は日常的な話題として大々的に取り上げられるようになった。それまでも、大都市周辺の樹木衰退は指摘されていたが、その原因は光化学スモッグ、亜硫酸ガス等の大気汚染であるとされていた。事実、昭和40年代の高度成長期には大気汚染のオンパレードであった。その後、排煙の排出基準、排気ガス規制の整備と脱硫システム等の技術革新により、大気汚染は一時より軽減されたとされているが、森林衰退の報告は各地よりもたらされている。

酸性雨は、森林や土壌あるいは湖水などの生態系に甚大な影響を与えるが、その影響が広範囲の地域に及ぶこと、影響が慢性的・蓄積的であること、被害が顕在化した場合は回復させることが困難であること等により、社会的にも重大な関心がもたらされている。

現在、酸性雨と森林衰退に関する調査・研究は多くの研究機関にて実施されており、衰退の実態、衰退のメカニズムについて情報の集積やその解析が精力的に進められている。また、酸性雨と森林衰退についての研究報告や研究成果の総説、一般解説書は数多くある。一般報道機関による情報の提供や論評も数多くある。しかしながら、酸性雨、酸性霧によるのではないかとされる森林衰退の報告、報道は多くあるが、その全貌や森林衰退との関係あるいは森林衰退のメカニズムが明らかにされた

*森林総合研究所 森林環境部

は言えないのが現状である。

酸性雨や酸性霧が植物に与える影響に関する研究の現状の詳しい総説はすでに行われているので、ここでは衰退が大面積で進行していることが確認されている関東地方平地林のスギの衰退現象を中心にして、酸性雨と森林衰退の研究の現状を紹介したい。

1. わが国における森林衰退の現状

干害や寒風害等の気象害、マツクイムシによるマツの枯損のような病害虫による衰退、道路開設にともなう林縁の枯損・衰退のように原因が明らかな衰退を除くと、大規模な樹木の衰退現象が確認され問題になったのは、昭和40年代である。このときは関東地方を中心にスギとケヤキの衰退調査が行われ、衰退地図が作成されている。³⁵⁾ この衰退地図はその後の衰退の進行を把握する上で貴重な報告である。

その後、関東地方のスギ衰退の原因は酸性雨でないかとの発表があり、²⁹⁾ 酸性雨と森林衰退の問題がわが国でも話題になるようになった。また、各地から森林衰退の情報もたらされるようになった。スギの衰退は関東地方だけでなく各地でみられており、富山県、石川県の平地、関西地方の都市近郊林で衰退が確認されている。¹⁶⁾ スギ以外の樹種では、丹沢大山のモミ、福岡宝満山のモミ、赤城山のシラカバ、広島県三次のアカマツ、苫小牧のストロブマツ、日光白根山のダケカンバ、乗鞍岳のシラビソ等が報告されている。これらの衰退の原因は酸性雨、酸性霧、大気汚染物質等ではないかとされている

が、いずれも原因が確定され衰退のメカニズムが明らかにされたわけではない。

衰退の地域が広く、衰退の進行が確認されている関東地方のスギの衰退の特徴は以下のとおりである。

衰退は東京を中心に北及び北西方向に広がっている(図1参照)。^{11,16,24,25)} ただし、標高100~200m以下の平地で衰退がみられるが、森林地帯である山地では衰退は確認されていない。衰退は樹高の高い高齢木にみられる。同じ場所であっても高齢木は衰退しているのに30年生前後の若いスギは健全であるという現象がみられる。また、面積の小さい林分や林縁木あるいは突出木の衰退が激しく、同じ場所でも大きい林分の内部では衰退がみられない。^{14,26)} 同一林分の衰退を詳細に調査すると方向性があり、風上の林縁木の衰退が著しい現象が認められている。²⁶⁾ 東京を中心とする都市部には現在スギはほとんど存在しないが、明治神宮の杜にはみられる。これは、周囲が広葉樹等により保護されているためと考えられる。

個体としてのスギの衰退の進行は、葉量の減少から始まり梢端部が枯れ下がる。重症になると個体としての枯死にいたる。²⁾

このように、スギの衰退現象の実態をみると「酸性雨」の直接被害による衰退であるとは断言できず、原因や衰退のメカニズムの解明には樹木生理と環境に関する研究を深化させる必要があると思われる。衰退の実態から「風当りの強さ」が衰退と係わっていると予測されるが、「風当りの強さ」は汚染物質の付着量や蒸散量とも係わりが深い。スギ衰退の要因として、都市周辺の気温の上昇、降水量の減少等による乾燥化も指摘されており、¹⁹⁾ 水分ストレスがスギの衰退を解明する上での一つのキーワードになると考えられる。

2. 酸性雨の現状

わが国ではどの程度の酸性雨が降っているかについては、環境庁の全国的調査等によりおよその値は明らかになりつつあり、現在も各研究機関や行政機関により精力的に調査が行われている。これまでに得られた結果によると、わが国でもpH5.6以下のいわゆる酸性雨が全国的に降っており、pHの平均は4.5~5前後であることが判っている。特異な例¹⁾を除けば、わが国の降雨のpH値は欧米よりやや高い傾向にあるが、大きな違いはない。pHや溶存成分等の詳細についてはすでに報告されている総説等^{10,21,27,34)}を参照されたい。

一方、森林地帯の降雨に溶存する成分の調査・研究は、森林生態系の物質循環を明らかにする目的で古くから行われており、データの蓄積も多い。また、森林生態系における物質収支・循環に関する調査・研究も多い。³²⁾ これらの調査・研究は酸性雨問題が話題になる以前に行われたものが多く、酸性雨の解析を行うために必要な成分

図-1 スギ林衰退の地帯区分図(丸山ら)

表－1 林外雨、およびスギ林の林内雨、樹幹流のpH

期 間	降下形態	降雨水量 (mm)	水素イオン量 (meq/m ²)	平均濃度 (ppm)	pH (計算値)
1989 5/29 ～ 1990 1/22	林外雨	799.9	29.93	0.0374	4.43
	林内雨	626.2	10.98	0.0175	4.76
	樹幹流*	19.4 (485.8)	4.58 (114.44)	0.236	3.63

*樹幹流は25m²に流入するとして計算した。()内の値は1m²に流入するとして計算したものである。(松浦ら未発表)

の分析が一部欠落している場合もあるが、森林生態系の物質収支に与える酸性雨の影響を解明する上での重要なバックグラウンドの資料である。これらの結果によると、都市部周辺を除くと、降水によりもたらされる成分は、窒素では6～10kg/ha前後であり、森林生態系における窒素質循環からみると少ないことが明らかとなっている。大気汚染により窒素量は増加する傾向がみられるが、生態系の養分環境を大きく変えるには至っていないと思われる。

3. スギ林における酸性降下物

森林生態系に流入する降雨の特性を調査する場合、雨は葉の層を通過したり、幹を伝わって流下する部分があるので、通常は①林外雨、②林内雨、③樹幹流の3項目の測定が行われる。林外雨は通常の降雨である。林内雨は樹冠(葉層)を通過した雨水であり、葉に付着した成分を洗い流すとともに葉からの溶出成分が含まれる。樹幹流は幹を伝わって流下する雨水であり、林内雨と同様に付着した成分、樹皮等から溶出成分を洗い流しながら流下する。このため、林内雨、樹幹流のpHや溶存する成分の組成・濃度は降雨と異なる。林内雨では、各成分の濃度上昇がみられ、pHは林外雨とほぼ同じかやや高くなる傾向にある。成分濃度は都市部に近いほど高くなる傾向にあり、汚染物質の影響が考えられる。ただし、葉に付着した汚染物質が溶脱したのか葉から溶出したのかを区別することは技術的に困難である。樹幹流はこれまでそれほど注目されていなかったが、最近の調査結果から特異な傾向があることが明らかとなってきた。すなわち、林外雨、林内雨ともpHは4.5～5前後であるのに、スギの樹幹流のpHは極端に低く、平均でpH3.7前後であることが明らかとなった¹⁵⁾(松浦ら:未発表;表1参照)。東北地方で各種の樹種の樹幹流のpHを調査した結果では、樹種により樹幹流のpH値が異なる傾向が確認されており、²²⁾スギの樹幹流のpHが低い傾向にあることが明らかとなっている。樹幹流も付着した汚染物質と樹皮等から溶出する成分を含むので、pH値が低下する原因は不明であるが、汚染が少ないと考えられる東北

地方でもpHが低い点から、スギ特有の現象ではないかと考えられる。樹幹流は面積的には多くないが、幹の周辺に集中的に流下するため、幹周辺の土壤に与える影響は大きい。

4. スギ林土壌の酸性化の実態

わが国の森林土壌は一般に酸性化しており、表層のpHはおおよそ4.5～6である。環境庁によるスギ衰退の緊急調査によると、衰退と土壌のpHの間には関係が認められないとの結果であった。^{6,7)}しかし、スギ林土壌の詳細なpH調査結果によると樹幹周囲の土壌が酸性化していることが確認された。^{8,12)}極端な場合にはpH3.6前後まで低下していた。また、衰退している老齢木の樹幹周囲では酸性化しているのに、若い健全木では酸性化が進行していないことも確認された(図2参照)。樹幹周囲の土壌の酸性化は下層にも及んでおり、樹幹を中心にロート状に酸性化が進行している。この酸性化の直接の原因

図－2 スギ樹幹周囲の土壌の酸性化(松浦ら)

はpHの低い樹幹流によると考えられる。衰退地と非衰退地の比較では、衰退しているスギ林のほうが酸性化が進んでいるとの結果が得られている。¹²⁾ しかし調査点数が少ないので、酸性化が衰退の主犯であるとの確認はされていない。

pH 4 前後以下に土壤が酸性化すると、土壤中のアルミニウムが溶出し、植物の成育に障害を与えることが知られている。土壤の酸性化が進んでいるところでは、土壤溶液中に10ppm前後のアルミニウムが溶出していることも確認されている（松浦ら：102回日林大会口頭発表）が、調査点数が少なく衰退との関係は未解明である。

5. 土壤の緩衝能

森林生態系に与える酸性雨の影響は大きく分けると、樹木への直接の影響と土壤を介した間接の影響がある。人工酸性雨の散布実験によると、pH 3 台ではスギに可視被害は認められない。この点から、現在降っているpH 4 台のいわゆる「酸性雨」による直接被害はないと考えられる。しかしながら、間接の影響は土壤に蓄積的に働くために注意が必要である。酸性雨の影響が問題にされている大きな理由の一つは、酸性雨が土壤に蓄積的な影響を与え、土壤が一旦酸性化した場合にはその回復が困難であり、土壤微生物、菌根を含む森林生態系あるいは河川や湖沼の水質に与える影響が甚大であることにある。

土壤の酸性化は加わった酸の量に比例するのではなく段階的であるため、酸性化の影響も緩やかに現れるのではなく、あるポイントを過ぎると急激に現れる。これは、土壤の緩衝能の発現の機構による。

土壤には酸の溶液を加えても加えた溶液のと同じ酸性にはならない性質がある。この性質を土壤の酸に対する緩衝能と呼ぶ。これまでの調査・研究によるとこの緩衝

能は4段階あるとされている。すなわち、炭酸塩（pH 5.5～6.5）による中和、塩吸着（pH 5.5～6.3）、陽イオンの交換（pH 4.5～4.8）及びアルミニウムの溶出（pH 3.5～4.4）である。土壤の緩衝能及び酸性化にともない溶出する成分の測定はいろいろな方法で測定されるが、酸に対する土壤の緩衝能は段階的に現れるので、土壤カラムに連続的の酸性の溶液（人工酸性雨）を流し、流出水のpHと溶存する成分を連続的に測定する方法が適している。^{3,4)} 緩衝能や酸性化により溶出する成分は土壤の特性により異なる。各土壤の緩衝能をみると、火山灰を母材とする土壤はアロフェンを含んでおり一般に緩衝能が高い。一方、すでに酸性化しているポドゾルの溶脱層は緩衝能が低い。土壤型と各層位の緩衝能の一例を図3に示す。

すでに1/20万の「酸性雨の土壤への影響予察図」が作成されているが、⁸⁾ 今後より精密な予察図を作成する必要がある。

人工酸性雨により土壤を酸性化させると炭酸塩あるいは塩吸着の段階では溶出する成分に変化はないが、陽イオンの交換の段階になると土壤中の交換性陽イオンが溶出する。このため、酸性雨の影響は初期の段階では土壤溶液中の成分濃度を高め、富栄養になると考えられる。交換性塩基の流亡が進むと植物に必要なカルシウムやマグネシウム等の陽イオンが流亡し養分欠乏になる。さらに酸性化が進むと植物の成育に有害なアルミニウムが溶出するようになり、渓流水の水質にも影響がでると考えられる。酸性化により溶出するアルミニウムの量も土壤により異なる。火山灰を母材とする黒色土は酸性化にともないアルミニウムを多く溶出することが明らかとなっている。^{18,20)}

酸性雨が土壤に与える影響は短期間では、塩吸着と陽イオン交換反応で対応できる範囲である。しかし、有機

図-3 土壤によるpH緩衝能の違い：硫酸1000ppm (pH1.8)を連続24時間散布（石塚ら）

物層の緩衝能は低く、森林土壌の表層土も置換容量が大きいにもかかわらず緩衝能が低い。森林土壌の表層部は生物活性に富んでおり、植物の根系も発達しているので、その酸性化が微生物の活性や植物の養分吸収に与える影響は大きいと考えられる。また、すでに酸性化の進んでいるポドゾルの溶脱層も緩衝能が低い。このような点より、土壌表層や高山・亜高山の土壌の変化を監視する必要がある。⁴⁾

現時点では広域の土壌の酸性化は確認されていないが、pHの低いスギ樹幹流により樹幹周囲の土壌のpHは極端に低下していることが確認された。また、火山灰を母材とする土壌は酸性化により溶出するアルミニウムの量が多いので、その影響も懸念される。

欧米の土壌に比較してわが国で酸性雨の被害が顕在化していない理由に土壌の緩衝能が高いことがあげられるが、土壌に与える影響は蓄積的であるので、土壌の酸性化は最も注意しておくべき事項である。

6. アルミニウムとスギの生育

水耕よりスギとヒノキのアルミニウムの毒性に対する抵抗性を調査した結果によると、スギは抵抗性が弱く、ヒノキは強いことが明らかとなっている。³¹⁾ アルミニウムがスギの生育に与える影響を人工酸性雨を土壌に散布する方法で行った結果³²⁾によると、pH2.1という極端に低い硫酸溶液を散布したところ、土壌のpHは3.7に低下し、土壌中の水溶性アルミニウム濃度は著しく上昇した。また、地上部に比較して地下部の成長が著しく低下した。このことより、土壌中のアルミニウム濃度の上昇により、根の吸水阻害や養分吸収の阻害が起こる可能性が推測された。

しかしながら、衰退林、非衰退林において葉や根の塩基含有率やアルミニウム含有率を調査した結果³³⁾では、これらの間には関係が認められていない。

酸性物質の負荷により土壌の塩基が流亡し、酸性化が進むとアルミニウムが溶出すること、スギ樹幹周囲の土壌がアルミニウムが溶出する程度まで酸性化している場合があること、さらに、アルミニウムの増加により吸水機能や養分吸収機能に阻害が生じることが確認された。これらの結果は、スギ衰退の特徴を説明する上で矛盾点はないが、衰退のメカニズムが確認されたわけではない。

7. 酸性雨とスギの衰退との関連

スギ衰退の原因あるいは衰退機構についてはいろいろと論議されているが十分に解明されていない。森川¹³⁾はスギの生育に関与する各種環境因子の変化と衰退の関係を考察して、都市化による生育環境の総合的な悪化により衰退が生じているとしている。また、横堀³⁶⁾も茨城県下のスギ衰退と生育環境の調査より、生育環境の悪化が

主要な原因だとしている。高橋^{25, 26)}は広域的な衰退及び同一林地内において各固体の衰退状況を調査し、大気汚染や気象環境と関係があると推測している。

衰退現象の特徴と環境要因の特徴を要約すると以下のとおりである。衰退は平地に限られている。衰退は高樹齢の大径木で生じており、若齢木では見られない。孤立木、林分面積の小さい林分、同一林分では林縁木や突出木で衰退が著しい。幼齢木であるがpH 4程度の人工酸性雨を散布しても被害は認められず、²⁸⁾ 衰退地域に特に酸性の強い降雨が降っているわけでもない。土壌の酸性化は、pHの低い樹幹流の影響がある樹幹周囲を除けば確認されていない。樹幹周囲の土壌はアルミニウムが溶出するまで酸性化している場合があり、強度衰退木あるいは強度衰退地の方が酸性化が進行している傾向にある。都市化により気象環境は乾燥化しており、スギの生育には不利な状況になる傾向にある。オゾン等の大気汚染物質の分布とスギの衰退地域とは一致する。

これらの結果を総合的に判断すると、現在進行中のスギ林衰退を引き起こしている犯人は「酸性雨」単独であると速断するのは危険であろう。

早くから森林衰退が問題となっている北欧や北米においても衰退は人間活動により生じ、大気に排出された汚染物質が原因であろうとする点ではほぼ一致しているが、衰退の機構については研究者の間で意見が一致していない。^{3, 17)} これは各々の国で自然環境や汚染の状況が異なることも理由の一つであろう。³⁷⁾

以上のように、広域で衰退が確認されているスギ林でも衰退の原因確定とそのメカニズムの解明は十分ではない。しかしながら、都市化による環境の悪化、大気汚染地域と衰退の重なり、樹幹周囲の土壌の酸性化などが確認されており、人間活動が衰退に関与していることは否定できない。酸性雨の影響は慢性的・蓄積的であり、その影響が顕在化した場合には取り返しがつかない。スギ林等の森林衰退を環境悪化の警鐘と捉え、総合的な視点から研究を推進し、酸性雨の影響予測法を確立する必要がある。

おわりに

人間活動による地球環境の変動が世界的に論議されるようになり、温暖化、砂漠化、熱帯林の消失等とともに酸性雨も連日のように報道されている。森林衰退の情報も各地より報告されているが、わが国においては現時点では森林の衰退あるいは湖沼の酸性化は顕在化していないとされている。酸性雨の影響が最も危ぐされる森林生態系は複雑な系であり、生態系に対する影響は慢性的、蓄積的である。樹高20mから30m以上になる樹木の光合成や呼吸、あるいは水分生理等を測定することは容易なことではない。広く分布している根系の活力を調査する

のにも多くの労力が必要である。複雑な森林生態系を対象にして実験的手法により、現象を再現することも不可能に近い。しかし、被害が顕在化した時点では取り返しがつかない。森林で代表される水、空気、土壌等の環境資源の保全のために、酸性雨の影響予測法を確立することが今後の課題であろう。

基本的問題としては物質とエネルギーの流れが人間活動により攪乱される点にある。劣化した環境資源の回復には、多くの資源とエネルギーの投入が必要であり、そのことがさらなる悪化を引き起こす可能性がある。酸性雨は化石燃料の消費が原因であり、樹木や森林生態系は被害を軽減する手段を持っていない。酸性に強い樹木により緑化する等の発想は、環境を保全する上でマイナスであろう。樹木衰退、森林衰退が広範囲に顕在化した場合には回復の技術は開発されるであろうが、生存環境を維持するためには技術革新により省資源、省エネルギーをよりいっそう推進することを基本とすべきであろう。

引用及び参考文献

- 1) 宝来俊一(1988): 鹿児島市周辺に降ったpH2.5の特異的酸性雨について: 全国公害研会誌, 13(1)
- 2) 井上敏雄(1990): スギ林の衰退と酸性雨: 環境庁監修, 酸性雨土壌・植生への影響, 公害研究対策センター
- 3) 石塚和裕・堀田 庸(1988): 土壌カラムを用いた人工酸性雨試験によるスギ林土壌pHの変化と溶出成分: 99回日林論
- 4) 石塚和裕・高橋正通・高橋美代子(1990): 人工酸性雨による土壌pHの緩衝能: 101回日林論
- 5) 亀岡喜和子・三沢 彰・高橋啓二(1989): 関東地方におけるスギの衰退と土壌の酸性化: 造園雑誌, 52-5
- 6) 環境庁・林野庁(1986): 関東地域におけるスギ林の衰退と酸性降下物の影響に関する緊急実態報告書, 昭和60年度
- 7) 同(1988): 同, 昭和61年度
- 8) 環境庁・日本土壌肥料学会(1984): 酸性雨の土壌への影響予察図
- 9) 北島 薫(1988): 中央ヨーロッパ森林衰退の現状と研究状況: 日生態会誌, 38-3
- 10) 小山功(1988): 関東地方の酸性雨調査について: 全国公害研会誌, 13(1)
- 11) 丸山 温・森川 靖・井上敏雄・田中信行(1989): 関東平野におけるスギ林の衰退: 昭和63年度研究成果選集, 森林総合研究所
- 12) 松浦陽次郎・堀田 庸・荒木 誠(1990): 関東地方におけるスギ林表層土壌のpH低下: 森林立地, 32-2
- 13) 森川 靖(1989): 日本の森林衰退と酸性雨問題ー関東地方のスギの衰退を例としてー: 山林, 6月号
- 14) Morikawa, Y., Maruyama, Y., Tanaka, N., and Inoue, T. (1990): Forest declines in Japan: mature *Cryptomeria japonica* declines in Kanto plains. IUFRO XIX World Congress, Division 2
- 15) 梨本 真(1989): スギ孤立木における樹幹流・樹冠雨の基礎特性: 100回日林論
- 16) 梨本 真・高橋啓二(1990): 関東甲信越・関西瀬戸内地方におけるスギの衰退現象: 森林立地, 32(2)
- 17) 野内 勇(1990): 酸性雨の農作物および森林木への影響: 大気汚染学会誌, 25(5)
- 18) 大羽 裕(1990): 酸性降下物が土壌の化学性に及ぼす影響と本邦土壌の酸中和能の評価: 「人間環境系」研究報告集, 酸性雨が陸域生態系におよぼす影響の事前評価とそれに基づく対策の検討, 文部省
- 19) 大原真由美 ほか(1988): 中・四国地方の梅雨期の雨水性状について: 全国公害研会誌, 13(1)
- 20) 大喜多敏一ほか11名(1987): 酸性雨: 気象研究ノート(酸性雨特集号), 158
- 21) 押尾敏夫(1988): 関東及び周辺地域における酸性雨: 全国公害研会誌, 13(1)
- 22) 佐々朋幸・後藤和秋・長谷川浩一・池田重人(1990): 盛岡市周辺の代表的森林における雨水, 林内雨, 樹幹流の酸性度ならびにその溶存成分: 森林立地, 32-2
- 23) Sekiguchi, K., Hara, Y., and Ujiie, A. (1986): Dieback of *Cryptomeria japonica* and distribution of acid deposition and oxidant in Kanto district of Japan: Environmental Technology Letter, 7
- 24) 高橋啓二・沖津 進・植田洋匡(1986): 関東地方におけるスギの衰退と酸性降下物の可能性: 森林立地, 28-1
- 25) 高橋啓二・沖津 進・植田洋匡(1987): 関東・甲信越地方におけるスギの衰退と大気二次汚染物質の分布: 98回日林論
- 26) 高橋啓二(1990): 酸性降下物と森林の被害: 環境庁監修, 酸性雨土壌・植生への影響, 公害研究対策センター
- 27) 玉置元則・小山功(1991): 地上から見た日本の酸性雨: 大気汚染学会誌, 26(1)
- 28) 戸塚 績・三宅 博・伊豆田 猛(1990): 植物の成長に対する酸性雨の影響: 「人間環境系」研究報告集, 酸性雨が陸域生態系におよぼす影響の事前評価とそれに基づく対策の検討, 文部省

- 29) 戸塚 績・三宅 博・伊豆田 猛 (1990): 酸性雨が陸域生態系におよぼす影響の事前評価—総合考察—: 「人間環境系」研究報告集, 酸性雨が陸域生態系におよぼす影響の事前評価とそれに基づく対策の検討, 文部省
- 30) 戸塚 績 (1990): 森林に対する酸性雨の影響: 現在化学, 235
- 31) 塘 隆男 (1962): わが国主要造林樹種の栄養及び施肥に関する基礎的研究: 林試研法, 137
- 32) 堤 利夫 (1987): 森林の物質循環: 東京大学出版会, 東京
- 33) 八木久義・佐々木恵彦・斯波義宏・丹下 健・相沢州平・石塚成宏 (1990): スギに対する酸性雨の影響: 「人間環境系」研究報告集, 酸性雨が陸域生態系におよぼす影響の事前評価とそれに基づく対策の検討, 文部省
- 34) 山中芳夫 (1988): わが国の酸性降下物質の降下量について: 全国公害研会誌, 13(1)
- 35) 山家義人 (1978): 都市域における環境悪化の指標としての樹木衰退と微生物相の変動: 林試研報, 301
- 36) 横堀 誠 (1981): 茨城県内でのスギ樹勢衰退とその要因に関する研究: 茨城県林試研報, 13
- 37) 横堀 誠 (1989): 酸性降下物等の森林に対する影響—中部欧州での森林枯損の実状とその原因: 森林と肥培, 142
- 38) 吉武 孝・増田久夫 (1986): 苫小牧地域におけるストロブマツ等の異常落葉に関する考察: 林試研法, 337

— 図 書 紹 介 —

「環境変動と地球砂漠化」

門村 浩・武内和彦・大森博雄・田村俊和著
朝倉書店 1991.11.30 定価4,944円 (本体4,800円)

わが国には本格的な砂漠が存在せず、また海外での砂漠化問題もわが国とは直接のかかわりが薄いためか、わが国政府の砂漠化問題への対応は、諸外国のそれと比べてやや立ち遅れている感がある。しかし、学界での砂漠化研究は著者らを含めて、早い時期から広範囲に繰り広げられてきた。本書は著者らが手がけてきたアフリカとオーストラリアを対象とした一連の現地調査プロジェクトの成果を中心にとりまとめられたものである。

全体はⅠ～Ⅳの4編から構成されている。Ⅰは総論であり、砂漠化の定義と経緯、最近の砂漠化の傾向などが述べられている。Ⅱはアフリカ編で、過去2万年間の北部熱帯アフリカの環境変動史述べて現代の砂漠化問題の自然史的背景を明らかにした後、セネガル、ニジェール、カメルーン、ザンビアにおける著者らの研究を紹介している。Ⅲはオーストラリア編で、砂丘の形成とその再活動にかかわる気候条件の変動との関係を中心に環境変遷史を概観した後、マレー・マリー地域における植生変化、降水量変動と砂丘再活動、オーストラリアにおける砂漠化防止対策などを述べている。Ⅳでは砂漠化の認定とモニタリングにまつわる課題を展望し、わが国における砂漠化研究の現状を要約し、今後の課題を整理している。

本書のタイトル「環境変動と地球砂漠化」には、筆者らの主張が凝縮されている。すなわち「砂漠化現象は地球の環境変動の現代史の一断面であり、その現状の把握と将来の予測には、それぞれの地域の現在の環境特性とともに過去の変動の歴史をグローバルな視点から把握し評価することが前提となる」という考え方である。

このような見地から、たとえばアフリカ編では「サハラ南縁地帯における『砂漠化』により土地の荒廃現象は、サハラ砂漠が一線をなして拡大して生じているのではなく、その地域、地域の土地条件と人間活動のインパクトの種類とその強度に対応して、いろいろな様相と分布形態を示して生じている」ことが指摘されている。あるいはオーストラリア南部での調査をもとに、「樹木を伐採すれば砂丘は再活動するものだ」という「常識」に対して、この常識には「更新世末期あるいは完新世の砂丘砂層の厚い所で」という前提がつくのであって砂漠化防止対策にはこのような砂漠化メカニズムの認識が必要だと指摘されている。

造園雑誌本号でもでも地球環境にかかわる特集が組まれたが、われわれ造園家も砂漠化問題をはじめとして地球環境問題にまじめに取り組んでいかねばならないときがきている。そのようななかで、本書が提示する視点は、これから砂漠化研究をすすめていくうえで、大いに示唆に富むものである。

(恒川篤史記)