

号.

- 2) 亀山 章ら (1989) : 最先端の緑化技術, ソフトサイエンス社.
- 3) 亀山 章ら (2000) : 街路樹の緑化工, ソフトサイエンス社.
- 4) 建設省都市環境問題研究会編 (1993) : 環境共生都市づくり, p.195, ぎょうせい.
- 5) 増田 昇ら (1995) : 住環境の計画3 集住体を設計する, 彰国社.
- 6) 進士五十八 (1992) : アメニティ・デザイン, 学芸出版社.
- 7) 高橋理喜男ら (1986) : 造園学, 朝倉書店.

7.2 植物のもつ環境浄化機能

近年, 植物のもつ環境浄化 (ファイトレメディエーション) 機能が注目されている (大政, 1993; 今中ら, 2000; Omasa *et al.*, 2002). たとえば, 植物は, 根から水や土壌に含まれる重金属や放射性物質, 有機化合物などを体内に吸収し, 水質や土壌を浄化する. 一方, 葉から大気中の汚染ガスを葉内へ取り込み, 大気を浄化する. ここでは, このような植物のもつ様々な環境浄化機能の中で, とくに, 大気汚染ガス浄化機能について述べる.

(1) 植物葉におけるガス交換

葉は, 気孔を介して, 大気との間でガス交換を行っている. 蒸散や光合成, 呼吸などによる水蒸気や CO_2 , O_2 の交換はその代表的な例である. 大気汚染ガスの吸収についても同様で, 植物体内で汚染ガスを代謝, あるいは分解する機能があると, 葉は気孔を介して汚染ガスを吸収する. 通常, 葉のガス吸収速度 (Q) は, 気孔底界面のガス濃度 (c_i) と大気中のガス濃度 (c_o) との差 ($c_o - c_i$) と, ガス拡散に対する気孔コンダクタンスおよび葉面境界層コンダクタンスの和 (g) を用いて次式のように表される.

$$Q = g(c_o - c_i)$$

ただし, 光合成による O_2 や呼吸による CO_2 のように, 葉内でガスが生産される場合には, 葉内濃度が大気よりも高くなり, 植物から大気へガスが放出される.

(2) 植物葉における大気汚染ガスの吸収

表 7.1 は, 葉における汚染ガス吸収能力の指標となる, 気孔底界面と大気中のガス濃度の比 (c_i/c_o) である. また, 参考のために, 各ガスの水への溶解度と実験の際のガス濃度 (c_o) を示している. 汚染ガスの吸収は, 水への溶解度に必ずしも依存しない. このことは, ガス吸収が葉内での水への溶解ではなく, 葉内

表 7.1 葉の大気汚染ガス吸収能力に関するパラメータ
(Omasa *et al.*, 2002)

ガスの種類	水への溶解度 (mol kg ⁻¹)	c_i/c_o	c_o (ppm)
CO ₂	0.037	0.5~0.9(光条件下)	350
CO	0.00083	=1	0.5
NO ₂	分解	=0	0.1~6
NO	0.0021	0.9~0.95	0.02~0.1
NH ₃	33	0.05~0.1	0.05
O ₃	0.011	=0	0.2~0.9
SO ₂	1.6	=0	0.25~1.5
PAN	低い	=0	0.01~0.08
ホルムアルデヒド	18	=0	0.05~1
アセトアルデヒド	8	0.4~0.5	0.1
プロパナール	3.8	0.35~0.45	0.1
ブタナール	0.56	0.3~0.5	0.1
ペンタナール	低い	0.3~0.5	0.1
アクロレイン	4.6	0.2~0.6	1
アセトン	8	=1	1
メチルエチルケトン	5.0	0.7~0.8	1
メチルイソブチルケトン	0.017	=1	1
フェノール	0.71	0.45~0.6	0.05
アセトニトリル	8	=1	1
ベンゼン	0.0023	=1	1
クロロホルム	0.0069	=1	1
トリクロロエチレン	0.0076	=1	0.05

での酵素反応や分解に依存していることを意味している。

主要な大気汚染ガスである NO₂ や O₃, SO₂, PAN (パーオキシアセチルナイトレート) などの c_i/c_o は 0 に近く、気孔を介して葉内に取り込まれた後、迅速に他の物質に変換される。また、これらのガスの吸収速度は、気孔開度 (厳密には気孔コンダクタンス) に大きく影響される。光化学オキシダントの主成分である O₃ や PAN などは、植物にとって有害であるが、NO₂ は必ずしも有害であるとはいえず、酵素反応によってアミノ酸やタンパク質に変換され、植物体内で利用される。NH₃ の c_i/c_o は、大気中の NH₃ 濃度が補償点 (0.4~15 ppb) 以上であれば 0.05~0.1 の値を示すが、補償点以下では $c_i > c_o$ となる。このことは、補償点以下では、NH₃ が植物体から大気中へ放出されることを意味する。NO₂ も大量に吸収すると、NH₃ として大気に放出される場合がある。また、SO₂ の吸収により微量の H₂S が大気に放出される。CO や NO の c_i/c_o は 0.9 以上で

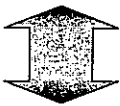
あり、これら... にほとんど吸収されない。NOは、自動車から排出されるNO_xの主成分であるが、光化学反応によりNO₂やO₃に変換されて初めて葉が吸収できるようになる。

有機大気汚染ガスの中で、シックハウス症候群の原因物質であるホルムアルデヒドの c_i/c_o は0に近く、よく葉に吸収されることがわかる。葉組織中に入ったホルムアルデヒドは酸化されてCO₂となり、カルビン-ベンソン (Calvin-Benson) 回路に関連した炭素代謝に用いられると考えられている。また、C₂~C₄のアルデヒドとフェノールの c_i/c_o が0~1の値をとることから、これらの吸収速度が葉内での反応と気孔開度 (気孔コンダクタンス) の両方により律速されることがわかる。このほか、アセトンやクロロホルムなどの c_i/c_o がほぼ1であるガスは、葉にほとんど吸収されない。

(3) 大気浄化に適した樹木

上記で述べた c_i/c_o が0に近いガスでは、樹木の大气汚染ガス吸収能力は、蒸散能力をもとに評価することができる。表7.2は、蒸散能力の指標である気孔コンダクタンスをもとに、樹木の単位葉面積当たりのガス吸収能力をランクづけしたものである。一般に、葉のガス吸収能力は、常緑樹よりも落葉樹の方が大きい。落葉樹が冬期に落葉することを考慮すると、一概に落葉樹が優れているとは言いきれない。また、個体レベルでのガス吸収能力については、総葉面積や生長の速さについても考慮する必要がある。この点において、表7.2で単位葉面積当たりのガス吸収能力が高いと分類されているケヤキは、葉数も多く、生長も速いため大気浄化植物に適しており、実際、公園や街路の植栽樹としてよく使用されている。また、植物種によって吸収できる汚染ガスの種類が異なる。(メチルエチルケトンには、サザンカには吸収されるがポプラには吸収されない) ことや、汚染

表 7.2 樹木のガス吸収能力 (Omasa *et al.*, 2002 を改変)

ガス吸収能力	気孔コンダクタンス (g_s)	常 緑 樹	落 葉 樹
 高い	$2.0 \text{ cm s}^{-1} < g_s$	—	キリ, ケヤキ
	$1.5 \text{ cm s}^{-1} < g_s = 2.0 \text{ cm s}^{-1}$	コマルバユーカリ	ポプラ, ウメ
	$1.0 \text{ cm s}^{-1} < g_s = 1.5 \text{ cm s}^{-1}$	ヤマモモ, タブノキ	ミズナラ, イチョウ
	$0.5 \text{ cm s}^{-1} < g_s = 1.0 \text{ cm s}^{-1}$	ヤツデ, ルリヤナギ	ハンノキ, コナラ
低い	$g_s = 0.5 \text{ cm s}^{-1}$	ツバキ, サザンカ, キンモクセイ	ナツグミ, アメリカハナミズキ

ガスの被害が樹種によって異なることを考慮すると、樹木を利用して大気浄化を行おうとする場合には、ガス吸収能力が大きく、抵抗性をもつ樹種のスクリーニングが必要である。

植物を利用した環境浄化技術には様々なものがあり、水質浄化、土壌浄化、大気浄化など多様な目的で実用化されつつある。最近では、遺伝子組み換えにより有害物質吸収能力を人為的に高めた環境浄化専用の植物を創出し、これを用いて環境浄化を行う試みもなされている（今中ら，2000；Omasa *et al.*, 2002）。このようなファイトレメディエーションの技術は、今後、安全性に考慮しながら低コストの環境浄化技術として利用されていくものと考えられる。

[大政謙次・高山弘太郎]

参考文献

- 1) 今中忠行ら (2000)：植物による環境負荷低減技術ーファイトレメディエーションー，エヌ・ティー・エス。
- 2) 大政謙次 (1993)：都市緑化の最新技術，pp. 468-477，工業技術会。
- 3) Omasa, K., *et al.* (2002)：Air Pollution and Plant Biotechnology, Springer-Verlag.

7.3 樹木の香気

(1) 香気の成分と濃度

森林浴でよく耳にする、森林から放出される香気成分（フィトンチッド）の主成分がモノテルペン（monoterpene）である。モノテルペン1分子は炭素を10個、水素を16個もつ。モノテルペンには、構造式の違う数十の化合物があるが、 α -ピネン、カンフェン、 β -ピネン、リモネン、 β -フェランドレンが植物の香気中に一般的に含まれる主要物質である（図7.6）。酸化体には、リナロールや樟脳の主成分であるカンファーがある。モノテルペンは針葉樹やハーブ植物に主に含まれるが、含有物質の種類や相対量が異なるために、異なった香りとして人に感知される。

モノテルペンは、香りとして森林浴や園芸療法において重要であるだけでなく、大気中でラジカル類と反応しやすく、種々の化学反応を引き起こす原因物質でもある。たとえば、光化学反応を介してオゾン生産に寄与する炭化水素は、都