

5.2 植物影響

5.2.1 はじめに

大気汚染による植物被害としては、火力発電所や金属精錬所など固定発生源の周辺で二酸化硫黄 (SO₂) やフッ化水素 (HF) によって森林が枯れたり、農作物の生育・収量が悪くなったりすることが起きた。また、固定発生源に由来するものばかりでなく、都市への人口集中に伴って、自動車通行など移動発生源から排出される二酸化窒素や炭化水素などに由来する光化学オキシダントによる植物被害がみられる。

5.2.2 植物の可視障害発現

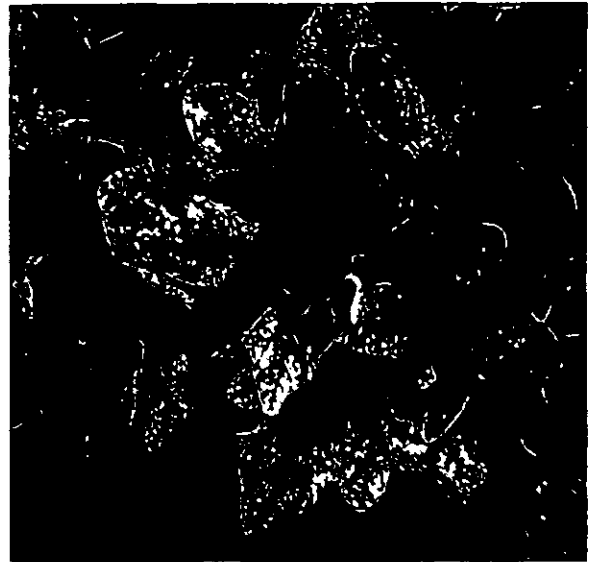
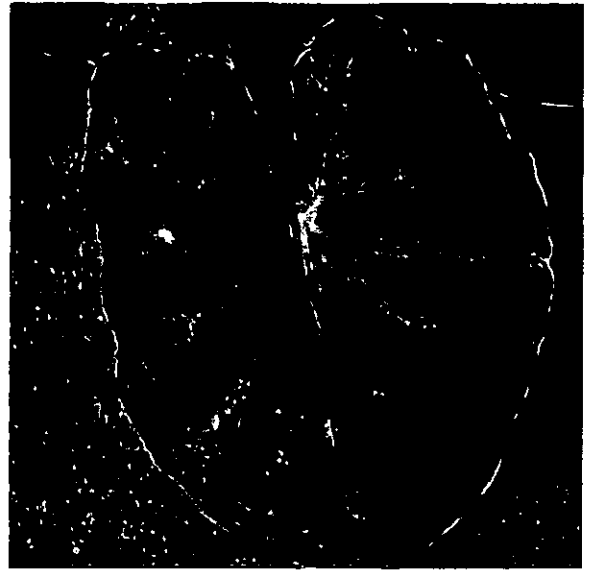
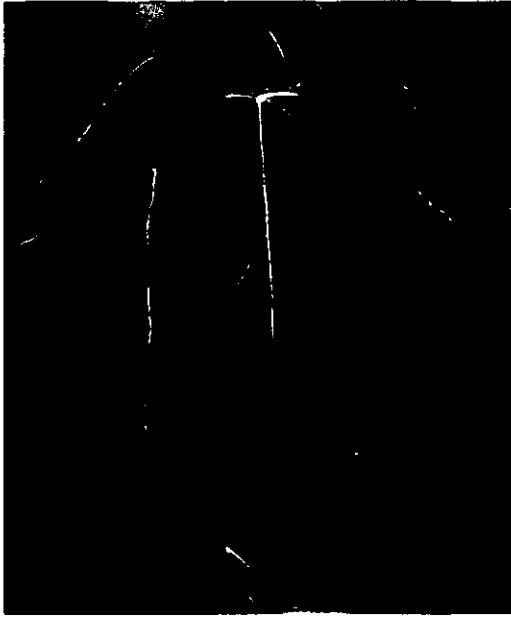
大気汚染による植物被害としては、主として葉面などに現れる可視障害がある。表 5.2.1 に各種汚染物質による可視症状を列記し、その発現するときの濃度をまとめてある。また、図 5.2.1 に可視障害の特徴を四つのタイプに分けて、汚染ガスの種類によって発現の程度の差異を+の数で表示した。写真 5.1 に被害事例を示した。

表 5.2.1 おもな大気汚染物質による植物急性障害の可視症状とその発生濃度いき値

大気汚染物質	植物への急性症状発生いき値	おもな可視症状
二酸化硫黄 (SO ₂)	0.1-1.5 ppm	葉脈間不定形斑点、葉縁部黄褐色斑点 (広葉)、先端・中央部の褐変 (針葉)、一般に大形斑点
二酸化窒素 (NO ₂)	10-50 ppm	二酸化硫黄に類似
オゾン (O ₃)	0.05-0.2 ppm	葉の表面に均一な白色~褐色斑点、ネクロシス、早期落葉、葉の湾曲
PAN	0.05 ppm	葉の裏面に銀色~青銅色の光った大形斑点 (全体として横バンド状)
エチレン (CH ₂ =CH ₂)	0.05-1.0 ppm	葉の上偏生長、開花異常 (めしべ退化、雄花の雌花化など)、落果、早期落葉、黄化促進
フッ化水素 (HF)	5-10 ppb	葉先端、周縁クロロシス、ネクロシス
塩素 (Cl ₂)	0.1-0.3 ppm	葉脈間漂白斑点、葉先端黄変

上に述べた可視障害をもたらす汚染ガス濃度と暴露時間との関係、いわゆるドース・レスポンス関係は反比例関係を示す。

可視障害に対する植物の抵抗性を決めている一つの要因は、その植物のガス吸収能力である。図 5.2.2 は横軸に SO₂ の吸収量、縦軸に可視障害発現度を取り、ガス吸収量の多い植物ほど障害を受けやすいことを示す。



Foliar injury by ozone in morning glory.
Upper; control, Lower; injured leaf.

Foliar injury by ozone in taro (upper) and spinach (lower).

写真 5.1

汚染物質	被害症状			
	(先端・周縁 黄色～褐色変)	(葉脈間 はん点)	(表面小 はん点)	(裏面光沢化 銀灰色～青銅色変)
フッ化水素	++	+		
塩素	++	+	+	
オゾン		+	++	
P A N		+		++
二酸化硫黄		++	+	
硫酸ミスト	+	+	++	[++よく見られる + ときに見られる]
二酸化窒素		++	+	

図 5.2.1 各汚染物質による植物葉の被害症状の特徴 (山添、1975)

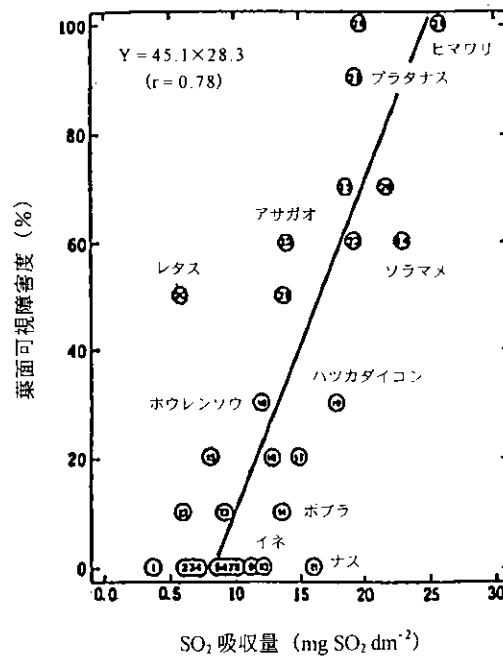


図 5.2.2 SO₂ 暴露に伴う葉面の SO₂ 吸収量と葉面可視障害度との関係 (Furukawa et al, 1980)

5.2.3 植物の生理機能・収量への影響

可視障害は一般に高濃度の汚染ガスに短期間暴露されたときにみられるが、低濃度の汚染ガスでも長期間暴露されると、植物の基本的生理作用である光合成、呼吸、蒸散などの機能が障害をうけて、生育不良を起こす。光合成機能は汚染ガスに対して感受性が高く、極低濃度でも影響を受ける。図5.2.3に汚染ガスの光合成活性に対する影響を種々なガスについて調べた結果を示す。縦軸には光合成の阻害度を対照値に対する相対値(%)で示す。図中の直線の勾配が急なものほど影響が大きく、汚染ガスの植物に対する毒性が強いことを示している。フッ化水素(HF)がもっとも毒性が強く、次いで塩素ガス(Cl₂)、オゾン(O₃)、二酸化硫黄(SO₂)、二酸化窒素(NO₂)の順になっている。

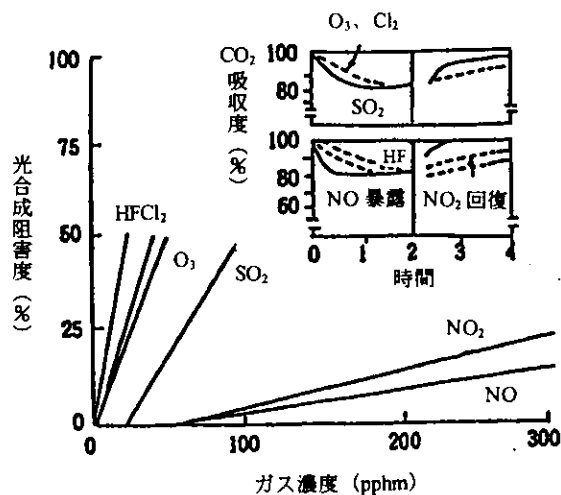


図 5.2.3 オオムギとエンバクの群落純光合成速度に及ぼす各種汚染ガスの影響
(Bennett and Hill, 1974) それぞれの汚染ガス濃度による曝露処理は2時間。

植物の光合成機能が阻害されると、その後の乾物成長が悪影響を受ける。図5.2.4は各種農作物の乾物成長に対する二酸化硫黄暴露(濃度は0.065~0.26 ppmの範囲、表5.2.2参照)の影響を示す。横軸はガス濃度と暴露日数との積(これをドースと呼ぶ)をプロットしたものである。また、縦軸は対照値に対する植物体の重量を相対値で示す。この直線の勾配が急なほど感受性が高いことを示す。また、乾物成長が影響を受け始めるドースが小さいほど感受性が高いことを意味する。図中ではソバが最も感受性が高いといえる。

図5.2.4で、植物体の乾物重100%の所で横軸と平行した線を引き、それぞれの関係直線との交点における横軸の値が1.4 ppm×日となる。つまり、これらの植物の成長が影響を受ける限界のドースを示している。例えば、大気中のSO₂濃度が0.02 ppmの場合、障害を受けない暴露日数は1.4÷0.02=70日となる。従って、70日程度で収穫できる野菜類では0.02 ppmの濃度でも影響を受けないことになる。一方、生育期間が100日間の植物では0.014 ppmということになる。

SO₂以外の汚染ガスについては表5.2.3にまとめられている。

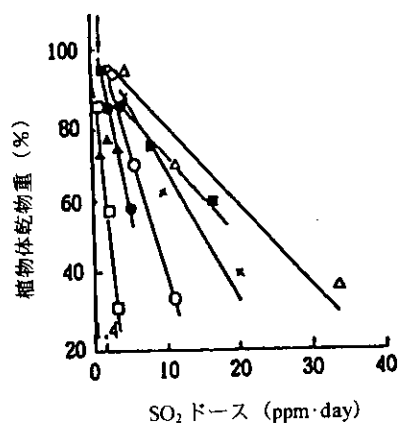


図 5.2.4 数種作物における SO₂ ドースと植物体乾物重（対照区の値に対する%）との関係
ソバ (□)、カブ (▲)、レタス (●)、ダイズ (○)、サツマイモ (×)、イネ (■)、エンドウ (△)。
藤原 (1975) より作図。(戸塚, 1979)

表 5.2.2 図 5.2.4 に示された各種作物の SO₂ 暴露処理条件。藤原 (1975) の資料より整理

種 名	暴露時間 (日 数)	SO ₂ 濃度 (ppm)	測定した植物体
イ ネ	66	0.065-0.26	全個体乾重
サツマイモ	77	" - "	" "
ダ イ ズ	42	" - "	地上部乾重
エンドウ	112	0.05-0.3	" "
カ ブ	14	0.065-0.26	全個体乾重
レ タ ス	20	" - "	" "
ソ バ	13	" - "	" "

(戸塚, 1979)

表 5.2.3 生育・収量被害を起こす各種汚染ガス濃度閾値

NO ₂ 濃度閾値	暴露期間	被害状況	植物	出典
0.068 ppm	56～140 日	葉面積、乾燥重量の減少	ケンタッキーブルーグラス	Ashenden (1979)
0.15～0.26 ppm	10～22 日	トマトの乾物重、葉面積の減少	トマト	Taylor and Eaton (1966)
O ₃ 濃度閾値	暴露時間	阻害率	植物	出典
0.04 ppm	全成育期間	玄米重で約 15% 減	水稲	植物環境技研 (1981)
0.05 ppm	全成育期間	日中 0.05 夜間 0.025 ppm 収量 23% 減少	水稲 (中生新千本)	中国農試土肥第 1 研 (1981)
0.05 ppm	8 時/日×22 日	生育阻害 (葉身生長)	トマト (栄寿)	野菜試生理 2 研
0.05 ppm	8 時/日×26 日	生育阻害 (葉身、根) 葉が薄くなる	キウリ (ときわ 3 号 P)	(1981)
PAN 濃度閾値	暴露時間	被害状況	植物	出典
0.003 ppm	16 ヶ月	枝の生長、落葉、濃度は松岡推定値	ネーブルオレンジ	Thompson & Kats
HF 濃度閾値	暴露時間	被害状況	植物	出典
2～3 ppb	13～26 ヶ月	幹の直径、樹高、樹巾、樹体積、葉表面、果実数重量の低下、特に葉表面では 25～35%	ネーブル、オレンジ	Brewer ら (1960)
2.5 ppb	収穫期まで	果実、種子の数の減少	インゲンマメ類 4 種	PACK (1971)
0.7 ppb	43 日	豆の湿重量約 25% 減	インゲンマメ	Maclean ら (1969)