

光化学スモッグによる被害植物の組織学的検討

飯 嶋 勉 菅 田 重 雄 大 平 俊 男
 (経済局農業試験場) (同江戸川分場)

1 緒 言

筆者らは1971年7月から、光化学スモッグ生成機序・植物被害に関する調査研究部会の植物被害調査研究分科会の一員として、おもに判定部門を担当してきた。光化学スモッグによる被害症状は、各種の植物生理的異常症状や土壌肥料的障害、病害虫による被害症状などと類似しているため、肉眼によって症状を判別することは容易でなかった。そこで被害判定の手段を光学顕微鏡に求め、組織形態の解析によって判定を行なおうと試みた。本試験は継続中のものであり、まだ検討すべき事項が多いが、現在までに得られた結果を報告し、ご批判を仰ぎたい。

調査の際に採集されたもの、公害研究所と現場共同の被害校調査で採集したもの、現場本場および江戸川分場の被害観測畑で採集したものなどである。これらの試料はできるだけ新鮮なうちに徒手縦断切片を作り、生のまま検鏡解析を行なった。その後被害細胞がチオニンの弱水溶液で良好に染まることを知ったので、大半の試料については染色法を併用した。試料の被害症状と組織断面の様相はカラー写真によって記録し、また一部の供試材料は腊葉標本を作って保存した。1972年6月からは公害研究所でO₃暴露試験が開始されたので、症状が発現したものについては検鏡観察を行ない、野外被曝のものとは比較

表1 野外被曝植物の検鏡結果およびO₃暴露との比較

調査植物	外観 症状	組織変化の 徴		O ₃ 暴露との比較	
		被 害 部 位	細 胞 変 化	外観症状	組織変化
ハウレンソウ	漂白斑	さく状	崩壊	—	—
サントウサイ	〃	〃	〃	再現	再現
コマツナ	〃	〃	〃	—	—
ユカブ	〃	〃	〃	—	—
ハナヤサイ	えそ斑	葉肉	着色	再現せず	再現せず
ダイコン	漂白斑	さく状	崩壊	再現	再現
ハツカダイコン	〃	〃	〃	〃	〃
ダイズ	斑点	〃	着色	〃	〃
インゲン	えそ斑	〃	〃	—	—
アサガオ	漂白斑	〃	崩壊	再現	再現
ベチュニア	えそ斑	海綿	〃	再現せず	—
サラダナ	斑点	さく状	〃	再現	—
トウモロコシ	〃	表皮・葉肉	着色	〃	—
サトイモ	えそ斑	さく状	崩壊	再現せず	類似
ネギ	漂白斑	〃	〃	再現	再現
イチョウ	〃	表皮	着色	類似	再現せず
クロマツ	斑点	葉肉	〃	再現	再現
ポプラ	漂白斑	さく状	崩壊	〃	〃
ケヤキ	—	—	—	—	—
プラタナス	着色斑	さく状	着色	再現せず	再現
フヨウ	斑点	〃	〃	再現	—

2 供試材料および試験方法

1971年8月から1972年10月の間に、光化学スモッグに起因すると思われる被害植物約150点について、顕微鏡観察を行なった。供試材料は農業改良普及所の被害実態

写 真 説 明

写真① ハウレンソウ：さく状組織の一部の細胞が崩壊
 1972年5月，国立市。
 写真② ネギ：さく状組織の一部が崩壊。
 1972年6月，立川市。
 写真③ ポプラ：2層目のさく状組織の細胞が壊死。
 1972年10月，昭島市。
 写真④ O₃暴露によって再現されたポプラの組織変化：チオニン染色。
 写真⑤ エダマメで観察された被害細胞の原形質分離
 1972年7月，調布市。
 写真⑥ フヨウ：呼吸室のまわりのさく状組織の細胞が着色。1972年7月，調布市。
 写真⑦ O₃暴露によるケヤキの被害組織：葉の表側の表皮細胞が着色。
 1972年6月，立川市。

較検討した。(なお、検鏡観察は区部の材料については菅田が、三多摩のものについては飯嶋が担当した。)

3 試験結果

(1) 被害判定およびO₃暴露との比較

被害判定を行なった植物の症状と組織変化の特徴および O₃ 暴露との対比結果は、表1のとおりである。草本植物15種中、サントウサイ、ダイコン、ハツカダイコン、ネギ、アサガオの漂白斑とダイズ(エダマメ)の褐色斑点は、O₃ 暴露によって外観症状も組織変化の特徴も再現され、O₃ 被害と判定された。ホウレンソウ、コマツナ、コカブの漂白斑、サラダナの黄色斑、トウモロコシの線状および不定形の白斑、インゲンの褐色えそ斑は、O₃ 暴露との比較がないが、組織変化の特徴から考えて、O₃ タイプの被害と推定された。サトイモの肋骨状えそ斑は、組織変化は O₃ 暴露の場合ときわめて類似していたが、外観症状がまったく異なった。ペチュニアの葉裏のえそ斑とハナヤサイの褐色えそ斑は、外観症状も組織変化も O₃ 暴露とは相違していた。これらの被害は O₃ 単体の急性被害ではないと思われるので、今後長期暴露や SO₂、PAN などの単独または混合の暴露試験を行なう必要がある。

木本植物では、クロマツの帯状斑点とポプラの漂白斑は、O₃ 暴露によって外観症状・組織変化とも再現され(写真3, 4)、フヨウの褐色斑点も組織変化の特徴から O₃ タイプの被害と判定された。イチョウの漂白斑は、O₃ 暴露によって類似の症状が発現したが、組織変化の特徴が異なり、プラタナスの葉脈間の黄化は、組織変化は類似していたが外観症状が異なった。ケヤキの場合は野外の症状が多様であり、一部の試料では O₃ 暴露の場合ときわめて類似したが、検鏡観察の整理がっていないため判定できなかった。なお、ホウレンソウについては、調査期間中に外観症状のやや異なる試料10点以上を検鏡したが、組織変化の特徴はまったく同一であり、被害時期や発生地による差異は認められなかった。

(2) O₃ 暴露試料の検鏡観察

O₃ 暴露試料の検鏡観察結果の概要は、表2のとおりである。被害を認めた組織部位は、ケヤキの一例を除くと、すべてさく状組織であった(クロマツはさく状組織が未分化であり、呼吸室周辺の葉肉細胞に被害)。被害細

表2 O₃ 暴露試料の組織変化の特徴

調査植物	外観症状	被害部位	細胞変化	O ₃ 濃度pphm	暴露時間
サントウサイ	漂白斑	さく状	崩壊	20	3
ハナヤサイ	"	"	"	20	30
ダイコン	"	"	"	20	12
ハツカダイコン	"	"	"	20	6
ダイズ	斑点	"	着色	20	3
ニンジン	漂白斑	"	崩壊	20	12
アサガオ	"	"	"	20	18
トマト	"	"	"	20	12
キュウリ	"	"	"	20	6
サトイモ	"	"	"	300	3
ネギ	"	"	"	20	24
イチョウ	"	葉肉	"	20	90
クロマツ	斑点	"	着色	50~100	18
ポプラ	漂白斑	さく状	崩壊	20	14
ヤマギ	斑点	"	着色	50~100	12
ケヤキ	着色斑	表皮	"	20	90
プラタナス	斑点	さく状	"	50~100	18
サクラ	"	"	"	"	"
サンゴジュ	"	"	"	"	"

胞の変化は、ダイズ以外の草本植物とイチョウ、ポプラでは、細胞壁の変形と細胞の崩壊が特徴的に観察され、ダイズと上記以外の木本植物では、細胞内が赤~褐色に着色していた。ケヤキの場合は、表皮細胞に赤褐色の着色が特異的に観察され(写真7)、一部の試料ではさく状組織の細胞の頂部にも、部分的異常が認められた。

(3) 組織変化の特徴

O₃ タイプの被害と判定した植物および O₃ 暴露試料では、ケヤキの一例を除くと、すべてさく状組織の細胞あるいはさく状組織に相当する葉肉細胞に特異的な異常が観察された。被害細胞の変化には、細胞壁の変形が特徴的なタイプと細胞内の着色が特徴のタイプがあり、大部分の草本植物(写真1, 2)と葉の柔かいポプラなどの木本では前者が、大部分の木本植物とイネ科およびマメ科の草本では後者が観察された。また、外観症状が漂白斑の場合には細胞壁の変形タイプであり、斑点やえそ斑の場合には細胞内の着色タイプであるような傾向がうかがわれた。細胞被害の経過は、まず葉緑体が減少・消失し、ついで原形質がツツミを立てたような形に分離し(写真5)、その後細胞壁も同様な形に変形すると思われる。この場合、原形質も細胞壁も上下の細胞との連結は

切れないことが、特徴的に観察された。また、木本植物では、呼吸室のまわりのさく状組織の細胞に被害をみる場合が多く(写真6)、同様の現象がトウモロコシでも観察された(写真8)。

4 考 察

光化学スモッグによると思われる植物の被害部組織を縦断し、組織変化の共通性・規則性を捕えることによつて、根拠のある被害判定を行なおうとした。初年度は野外被暴植物だけについて検討したが、特異的に被害の生じた組織部位・被害細胞の特徴などかなりの規則性を認め、ある程度確信のある判定を行なってきた。その後、 O_3 暴露試験が開始されてからは、外観症状だけでなく内部組織の変化までが、 O_3 暴露によって再現されるかという観点で試験を続けた。われわれは植物病理学が専門であるので、光化学スモッグによる被害の同定について、KOCHの三原則を応用し、病原体の分離および再分離を組織変化の特徴で置き換えようとしたのである。

- * KOCHの三原則 1) 病植物から特定の病原体が分離されること、2) 分離された病気を純粋培養し、それを接種すると同じ病気が再現すること、3) 接種植物から同じ病原体が再分離されること。

したがって、ダイコンやクロマツなど O_3 暴露によって外観症状および組織変化の特徴が再現したものは、 O_3 被害と判定して差しつかえないと考える。ただし、MENSER & HEGGESTAD (1966)の研究などによれば、 O_3 と SO_2 あるいは NO_2 の複合汚染の場合、被害は O_3 タイプで発現するといわれているので、今後複合ガスの暴露について検討する必要がある。本年の O_3 暴露試験では、一般に草本植物で再現性が高く、木本では再現されたものが少なかった。これは草本の被害は概して急性であり、木本では慢性型・蓄積害の形で被害が生じるためであろう。本年被害症状が再現しなかったものについては、長期暴露や複合ガスの試験によって確かめたい。

O_3 被害に関する組織学的研究は、すでにHILLら(1961)によって詳細に検討されており、われわれの知見の大部分は彼らの結果と一致している。 O_3 被害が特異的にさく状組織の細胞に生ずる理由は明らかでないが、さく状組織の細胞は葉緑体に富み、光合成が活発に行なわれていることと、 O_3 は葉緑体に対する影響がもっとも強いといわれていることから考えると、葉緑体に鍵がありそうである。被害部組織のチオニン染色法については、若干検討したい点があり、報告は次回に譲りたい。

5 摘 要

光化学スモッグの被害と思われる15科21種の植物、および15科19種の O_3 暴露植物について、被害部の組織を光学顕微鏡で観察し、下記の結果を得た。

(1) ホウレンソウの漂白斑など10科15種の植物の被害症状を、 O_3 タイプの被害と判定した。そのうちネギの漂白斑など5科6種の被害症状は、 O_3 暴露によって外観症状も組織変化の特徴も再現された。

(2) 特異的に被害がみられた組織部位は、若干の例を除くと、すべてさく状組織であった。

(3) 細胞の被害は、植物の種類によって細胞壁の変形が特徴のタイプと、細胞内の着色が特徴のタイプに分けられた。前者の外観症状は主に漂白斑であり、後者の場合には斑点やえそ斑であった。

(4) 肉眼による被害症状の観察と同時に、被害部の検鏡解析を行なうことによつて、根拠のある被害判定を行なうことが可能になった。

参 考 文 献

- 1 HIBBEN, C. R. (1969). *Phytopathology* 59 : 1423—1428
- 2 HILL, A. C. et al. (1961). *ibid.* 51 : 356—363
- 3 MENSER, H. A. and H. E. HEGGESTAD. (1966). *Science* 153 : 424—425