

1 マツ葉を観察しよう



図1 マツのこずえ



図2 若葉と成長した葉、枯れた葉

毎年6月になるとマツの若芽が伸びて(図1)、街中でもマツの場所がわかるようになります。この時期にマツを観察すると3種類の葉があることに気づきます。今年芽を出した穂のような若葉、2年目のよく成長した葉、役目を終えて枯れた茶色の葉です。ここでは図2の中央の成長した葉を観察します。

..... 1 準備

[準備1] ノートと鉛筆、ティッシュペーパー(または白い紙)、マツ葉を持ち帰る小袋

これらをそろえたら、マツ葉の観察に出発します。大きな通りに出てみましょう。大型トラックやバスが走っていますが、昔のように黒い煙を出しながら走る車は少ないはずです。車に気をつけながら、マツを探します。

..... 2 観察するマツ

マツといえば、ふつうクロマツ(黒松:幹は暗褐色)とアカマツ(赤松:幹の上部が赤褐色)を指します。どちらも長さ5~10cmの葉が2本ずつ対に生えるが特徴で、観察にはこの2種類を用います。これら以外に、ダイオウショウ(大王松)のように葉が30cmを超えるマツや葉が5本のゴヨウマツ(五葉松)もあります。

..... 3 マツ葉の観察 その1

[手順1]

- 1) マツを見つけたら、家の人に断ってからマツ葉を観察します。
- 2) 樹木全体(樹勢)を見て、葉がたくさんあって元気であれば、そうでなければ×をノートに記入します。葉もツヤのあるみどり色であれば、ツヤがなければ×を記入します。
- 3) 次に、ティッシュペーパーか白い紙でマツ葉をぬぐいます。色がつかなければ「きれいな葉」、黒ければ「汚れた葉×」、中間は「やや汚れた葉」にします(図3)。



図3 ティッシュペーパーでマツ葉を拭う



図4 マツ葉の断面とマツ葉の観察の様子

- 4) 付近の簡単な地図を描いて、マツの位置に印をつけます。写真が撮れれば、説明が容易になります。交通量や工場の有無など気づいたことをノートに記入します。
- 5) 最後にマツ葉を10本程度採って小袋に入れ、家の人にお礼を言って、次のマツを探します。

…… 4 必要な顕微鏡 ……………

[準備2] パソコン、USB実体顕微鏡

観察の様子を図4に示しました。今回用いた顕微鏡は、14インチモニター画上で倍率が100倍になります。これにプリンターがあれば、結果を整理する場合とても便利です。また顕微鏡を固定するスタンドがあれば、観察が楽になります。

…… 5 「きれいな葉」と「汚れた葉」 ……………

マツ葉の断面はかまぼこ形で、裏側が平面状です(図4)。ここではマツ葉の裏側を観察しました(図5)。「きれいな葉」は、気孔(空気が入り出る孔)が白くきれいに見えます。ところが「汚れた葉」は、表面に黒い汚れが付着して気孔がはっきり見えません。ティッシュペーパーに黒い色をつけたのはこの黒い汚れです。「やや汚れた葉」では表面の汚れははっきり見えませんが、ところどころ気孔の中央部に黒い点が見えました。この黒い点をもう少し詳しく調べてみます。

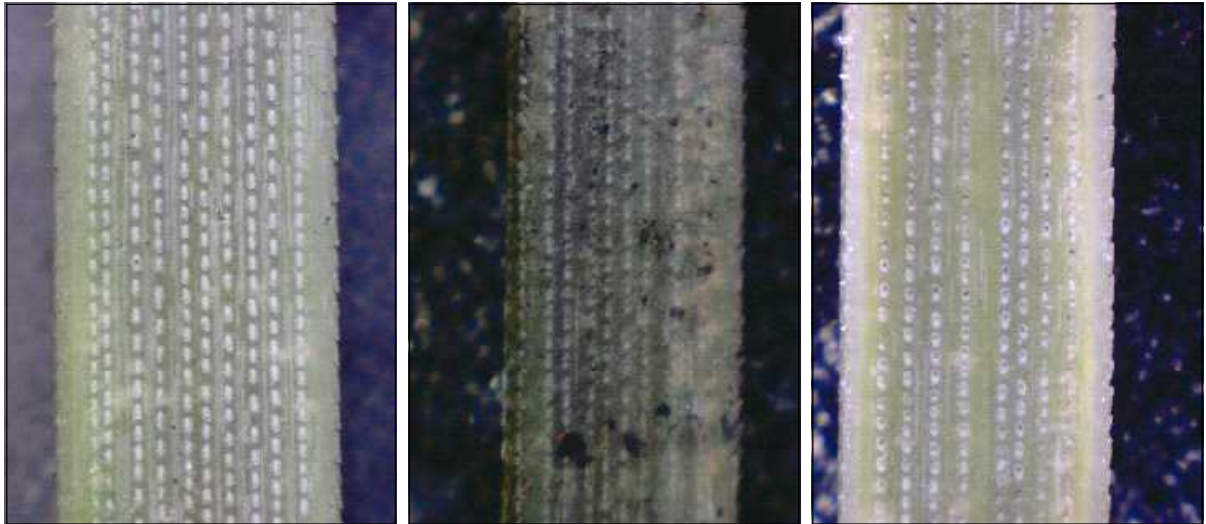


図5 マツ葉の裏側(左から、「きれいな葉」、「汚れた葉」、「やや汚れた葉」)

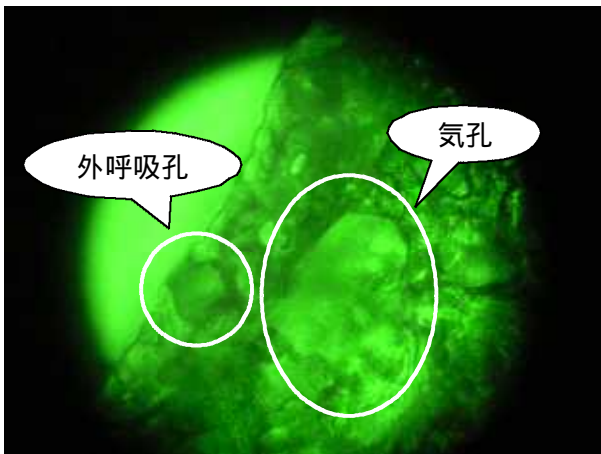


図6 松葉の気孔の断面(左側が表面)

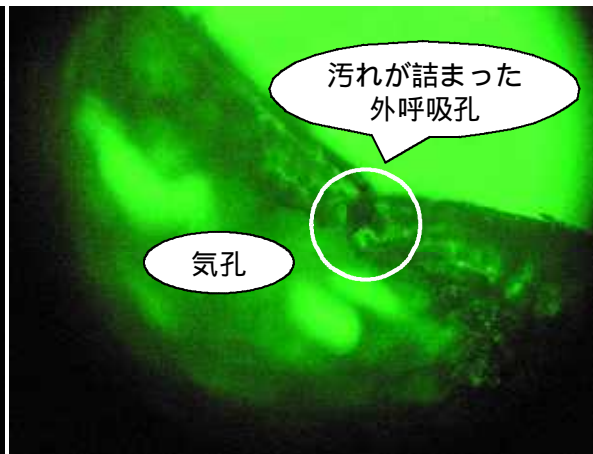


図7 汚れが詰まった外呼吸孔

…… 6 気孔のしくみ ……………

マツ葉をカミソリで薄く切って、生物顕微鏡で気孔を観察しました。マツ葉は、ふつうの植物とは異なり、気孔の外側(表面側)に外呼吸孔と呼ばれる小さな部屋があります(図6)。空気といっしょに取り込まれた大気中の汚れは、この部屋に貯まって黒く見えます(図7)。

このように生物顕微鏡を用いると、気孔の細部まで観察することができます。ただし、色が見えないこと、薄く切るのが難しいことなど欠点もあります。黒い点のある気孔を観察する(図8)だけであれば、実体顕微鏡のほうが取り扱いが容易です。

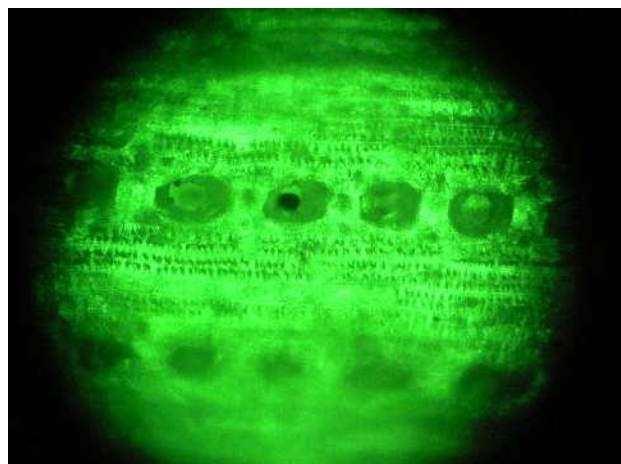


図8 中央部が黒く見える気孔

..... 7 マツ葉の観察 その2

[手順2]

- 1) マツ葉の観察面(表側か裏側か)を決めます。
- 2) マツ葉を実体顕微鏡にセットし、ピントを合わせたらパソコンを操作して撮影します。
- 3) ノートに、黒い点の見える気孔がなかったり少ない場合は、黒い点の見える気孔が半分以上あったり葉の表面が黒く汚れている場合は×を記入します。中間は にします。

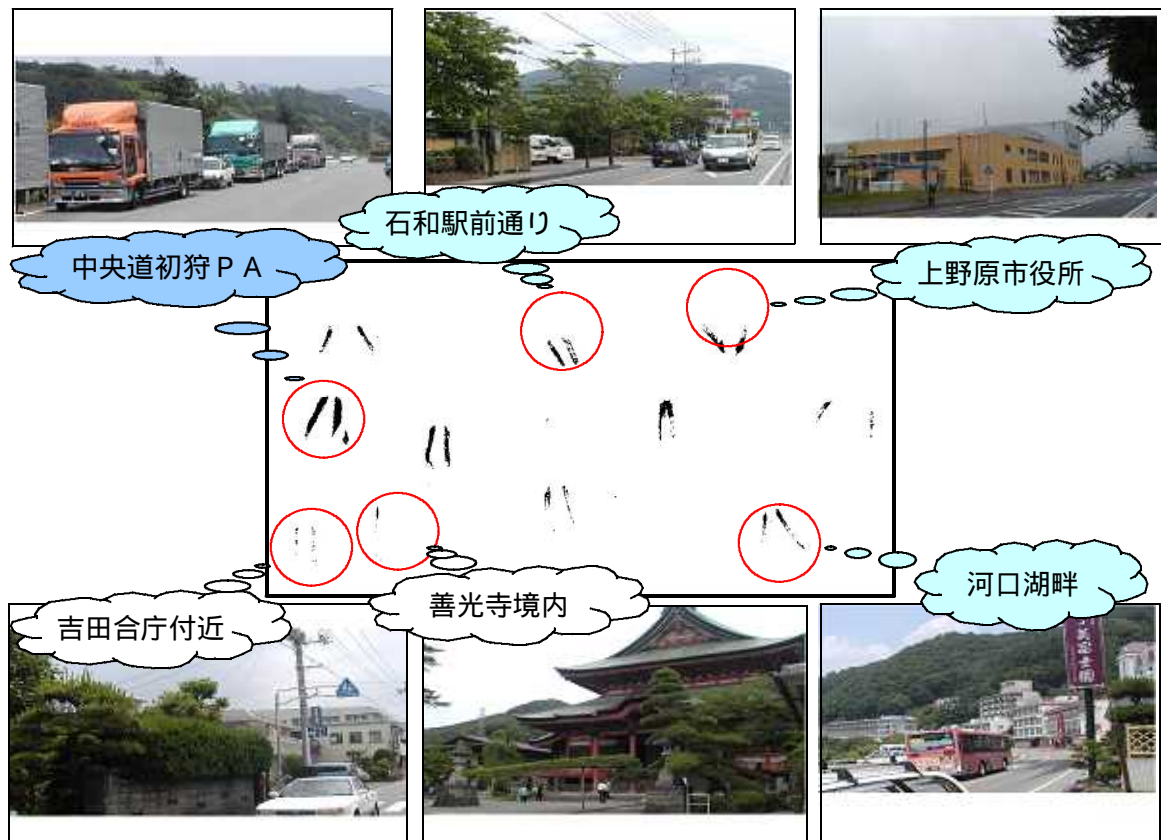
持ち帰ったマツ葉は実体顕微鏡で観察します。ティッシュペーパーの汚れと同様に3段階で評価しますが、その確認作業です。ですから顕微鏡がなければ省略してもかまいません。

..... 8 マツ葉の観察 まとめ

マツ葉の観察は、大気の流れ(大気汚染物質)のうち粒子状物質による汚れの有無を確認する手法のひとつです。黒く見える粒子状物質は、大型トラックやバスから排出されるディーゼル排気粒子(DEP)の一部です。

次に示した観察ノート(1)は、大型トラックやバスとの関連を考えながら整理しました。顕微鏡は使わず、ティッシュペーパーで拭いた跡はスキャナーで、付近の様子はデジタルカメラでと取り込んで印刷しました。顕微鏡があれば観察ノート(2)のような整理のしかたがあります。みなさんも、観察の方法や観察結果の整理を工夫しながら、マツ葉を観察してみましょう。

観察ノート(1)



観察ノート(2)



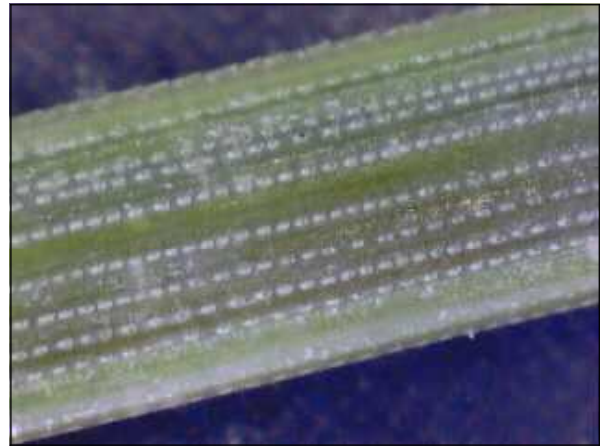
樹木全体 ×
葉の外見 ×
拭った時 ×



中央道のパーキングエリアの大きなマツ。
大型トラックが列をなして休憩中。
葉は気孔が見えないほど汚れていた(×)。



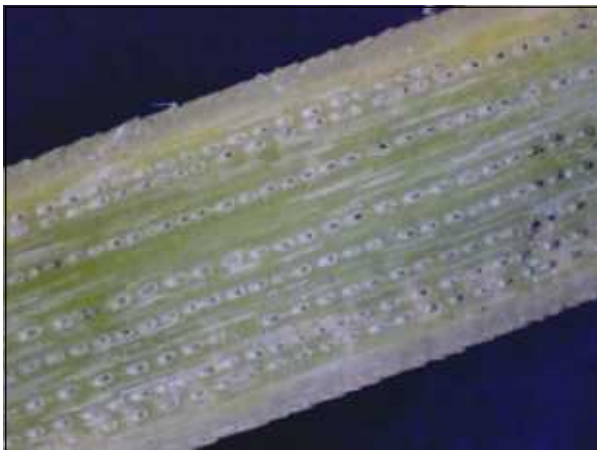
樹木全体 ×
葉の外見 ×
拭った時 ×



駅と国道を結ぶ道路脇のマツ。元気そう。
観光バスがよく通る。
黒くなった気孔がある()。



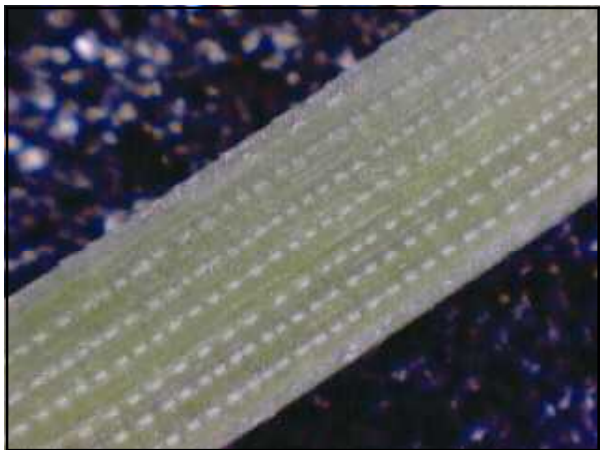
樹木全体 ×
葉の外見 ×
拭った時 ×



登り坂が続く国道のマツ。元気なし。
観光バスが多い??
ほとんど全ての気孔が黒(×)。



樹木全体 ×
葉の外見 ×
拭った時 ×



住宅街の道路に面したマツ。
時々、乗用車を通る。
黒い気孔はほとんどなし()。

解説 マツ葉と浮遊粒子状物質(SPM)

…… 1 SPMについて ……



図1 SPM自動測定機
(1時間に約1m³の大気をろ過し、ろ紙上のSPMを計る)

粒径10 μm(0.01mm)以下の粒子は、大気中から落下しにくいいため浮遊粒子状物質(SPM)と呼ばれます。このSPMは肺に侵入して健康を害するだけではなく、近年は発ガン性の強いベンゾ(a)ピレン等を含むこと、花粉症の症状を悪化させること等も指摘されています。このSPMは測定局で自動測定していますが(図1)、平成13年度以降、環境基準を超える局はなくなりました。

またマツ葉の外呼吸孔の直径は約10 μmであるため、ここに入る物質はSPMの範疇に入ります。

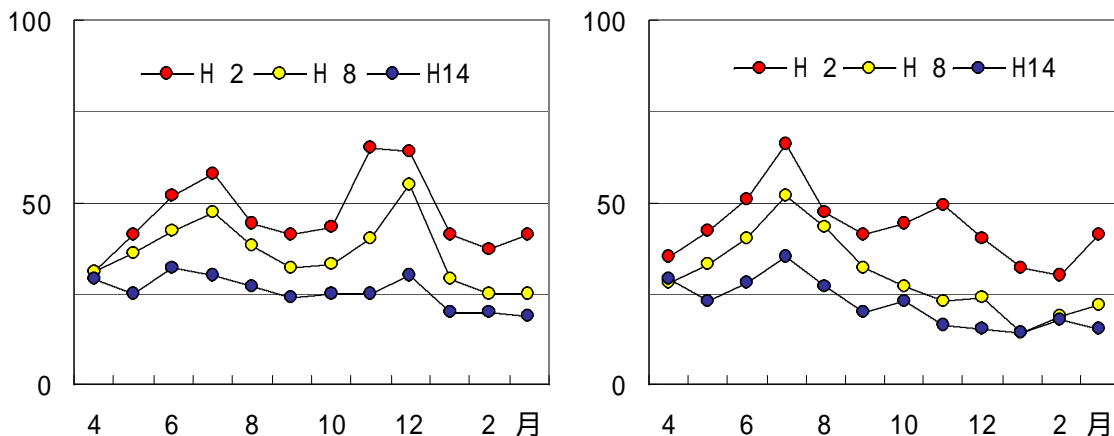


図2 SPMの月平均値の推移(左:衛公研局, 右:大月局, Y軸単位: μg/m³)

SPMは、車などから直接排出される一次粒子(ススなど)と、排出ガスが光化学反応によって生じる二次粒子(NO_xから生ずる硝酸塩など)があります。相模川流域(大月局)では、中央自動車道の交通量が増え、関東平野から移流する二次粒子の増加も加わる7月に濃度が高くなります。また甲府盆地(衛公研局)では、大気が安定する(地表と上空の大気の入れ替わりがなくなる)12月に濃度が高くなりました。

図2にこのようすを示しましたが、環境基準を超えていた2年度に比べ、濃度が下がった14年度にはこの特徴がすっかりなくなりました。これは、工場や大型ディーゼル車に対する規制が強化されたため、現在では黒い煙を吐き出す煙突や大型車を見ることは、ほとんどなくなりました。

しかし、この黒い煙が全くなかったわけではありません。図3に、甲府バイパス沿道と衛公研局で大気を吸引したろ紙を示しました。バイパスでは、道路端から70m(右)より道路端から2m(左)のほうが

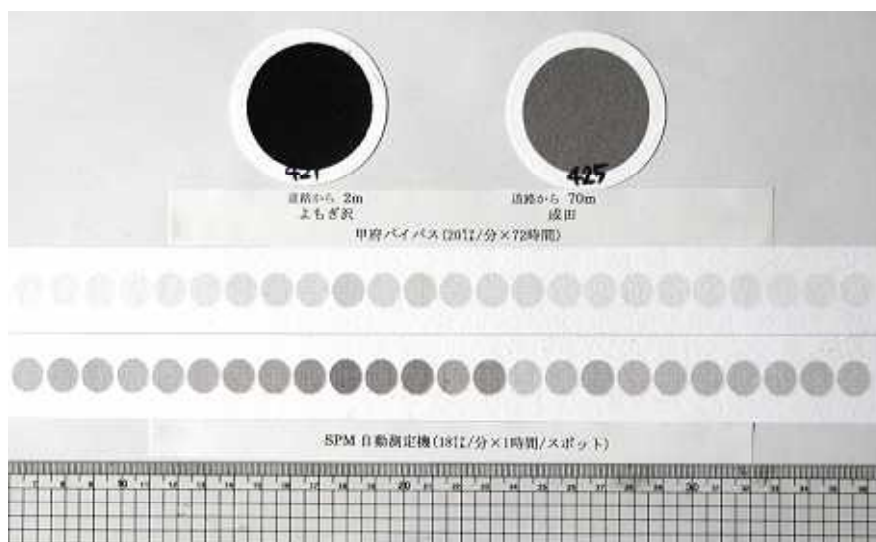


図3 甲府バイパス沿道(上:エアサンプラー)と衛公研局(下:自動測定機)のSPMの捕集例

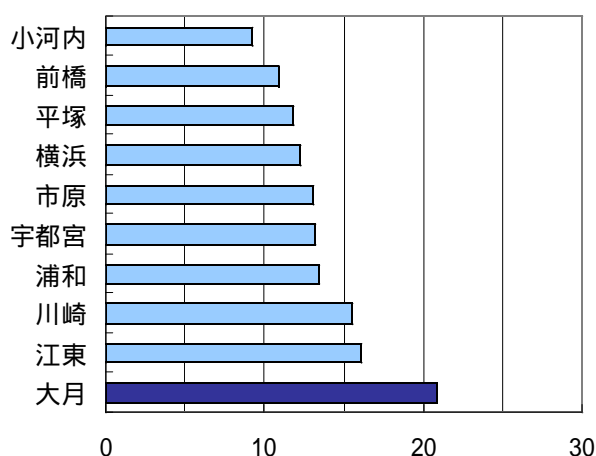


図4 SPM共同調査時の元素状炭素(スス)濃度 (H7年7月, 単位 $10^{-6}g/m^3$)

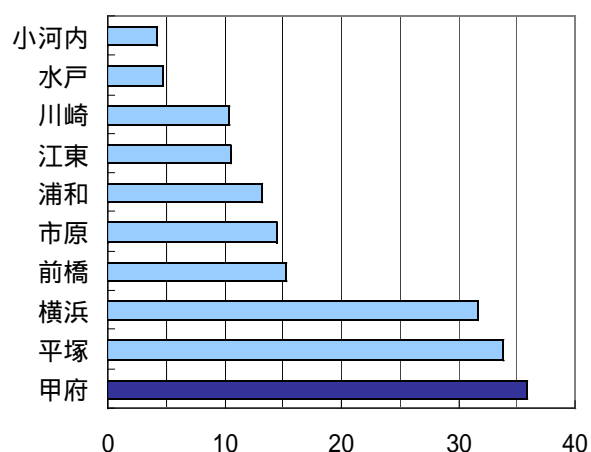


図5 SPM共同調査時の金(Au)の濃度 (H8年12月, 単位 $10^{-12}g/m^3$)

ススの色が濃く、今でも自動車が発生源のひとつであることがわかります。また、測定局では1時間ごとにスポットができるように大気を吸引しますが、人々が活動する昼間(ろ紙の中央部)の色が濃くなっています。

このように測定局では、環境基準を超えることはなくなりました。しかし測定局がない場所や時刻によっては濃度が高くなっているかもしれません。これまでの調査からは、本県のSPMの特徴として、次のことが明らかになりました。

- 1) 相模川流域(大月局)は地形が谷であるため、中央自動車道や国道の影響を受けやすく、元素状炭素(スス)濃度が特に高い時期があった(図4)。
- 2) 甲府盆地(衛公研局)のSPM濃度は県内では高いが、関東の中では中庸である。しかし金(Au)の濃度が関東の中では高く(図5)、その理由に石英鉱脈の存在や宝飾産業が考えられた。
- 3) 富士川下流域(南部局)は相模川流域同様に谷であるが、国道の交通量の少ないためSPMの濃度は低かった。

環境基準: 人の健康を保護し生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準



図6 マツのこずえの季節変化

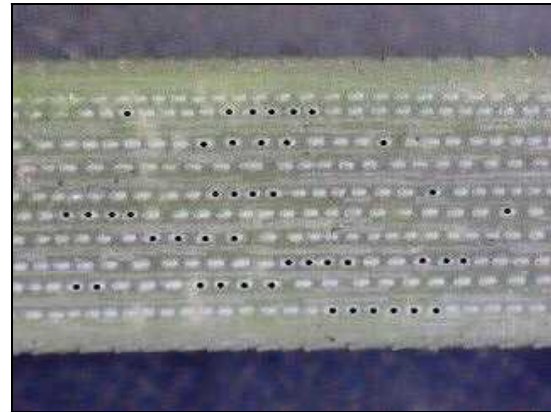
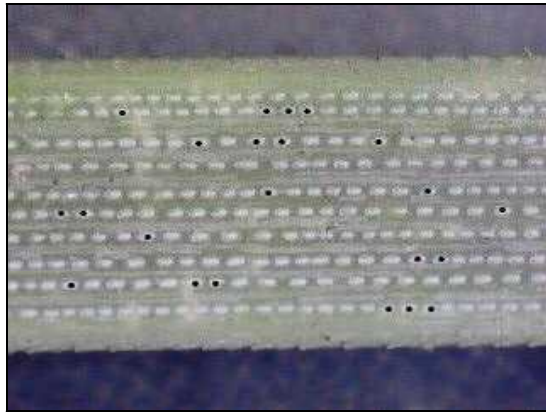


図7 マツ葉の黒く見える気孔の割合(左:1/10=10%、右:1/5=20%、黒点は書き込み)

表1 10本のマツ葉の観察結果の集計例

区分	きれいな葉 = 0	やや汚れた葉 = 1	汚れた葉 x = 2	合計
本数	6	3	1	10
得点	0	3	2	5

…… 2 マツ葉について ……………

図6にマツのこずえの季節変化を示しました。春に芽を出した若葉は8月にはすっかり成長して、観察の対象となる前年度の葉と区別がつかなくなります。マツ葉の観察には区別が可能な時期を選ぶことが必要です。

また生物の観察結果には個体差が生じます。そのため、少ない本数を精密に観察するより粗くてもたくさん本数を観察するほうが、マツの置かれた環境をより正確に知ることができます。これには、ティッシュペーパーで拭うだけの観察や前処理が不要な実体顕微鏡による観察が適しています。

そこでここでは、一般に知られている[汚れた気孔の数]/[調べた気孔の数]×100(%)を計算せずに、
 [きれいな葉] = 0
 [やや汚れた葉] = 1 (目やす 図7、黒く見える気孔の割合:10%~20%)
 [汚れた葉 x] = 2

の得点加算で、あらかじめ決めた本数を調べることにしました。

表1に、観察の集計例を示しました。10本のマツ葉では0~20の21段階の評価が可能です。粗い観察でもこのように数値に変換することができます。この値で、調査地点間の比較やマツが置かれた環境の評価を行います。

…… 3 今回の観察に用意した物品 ……………

今回の観察に用いた物品は次のとおりです。密閉できる「チャックつきポリ袋」は、採取したマツ葉を冷蔵庫で長期間(1週間前後)保存する場合に必要となります。

ただし、観察の目的は気孔を観察することではなく、なぜマツ葉が汚れたのか(被害を受けたのか)を推察したり理解することです。ノートと鉛筆、ティッシュペーパーがそろえば、この調査は可能です。



ノートとメモ帳、鉛筆、油性ペン、チャックつきポリ袋、ティッシュペーパー
パソコン、カラー・プリンター、デジタルカメラ
USB実体顕微鏡(マイクロスコープ：SCALAR社製ベーシックセット 29,800円)
レンズ(100倍：SCALAR社製 M100 15,000円)

…… 4 学習の設計 ……………

学習の進めかたの一例を示しました。

動機づけ	予め用意したマツ葉をティッシュペーパーで拭い、ティッシュペーパーを汚す葉と汚さない葉があることを示す。
考察	両者の違いが生じる原因やメカニズム、採取場所を、児童・生徒に推測させる。
理解	実体顕微鏡やこのマニュアルで、マツ葉の表面の様子や気孔の存在を理解させる。SPMについては十分に理解させる。
考察	用意した同じ場所の葉を観察させ、個体差のあることを理解させる。さらに、これを数値化させる方法を考えさせる。
考察	汚れた葉、きれいな葉のある場所を推定させ、マツ葉を採取させる。すぐに観察できない時はチャックつきポリ袋に入れ、冷蔵保存させる。
理解	採取した葉を観察させ、 \quad 、 \quad 、 \times で評価させる。この評価結果を数値化させる。
考察	この集約結果の妥当性を検討させ、妥当でなければその理由を考えさせる。
理解	情報通信ネットワーク(インターネット)などで、SPMに対する理解をさらに深めさせる。



オキシダント



フッ素系ガス



二酸化ちっ素



すす葉枯病



潮風



大気汚染植物被害写真集(日本公衆衛生協会,昭和48年3月)から転載

図8 大気汚染物質などのマツ葉への影響

…… 5 他の大気汚染物質などの影響 ……………

マツ葉を観察すると、粒子状物質以外にも影響を及ぼすものがあることに気づきます。図8に例を示しました。オキシダントは葉に白色～褐色の微細な斑点を生じさせ、SiF₄などのフッ素系ガスは先端を枯らしめます。二酸化ちっ素も高濃度になると写真のような被害が現れます。なお、枯死した葉の気孔列上に微細な黒点～黒粒が並ぶすす葉枯病は、粒子状物質による目詰まりとは異なるので注意が必要です。海辺では葉のすれた部分が枯れることがあります。