

(総説)

異常花粉 －懐古録と最新の研究成果（IV）－

藤下 典之*

〒589-0022 大阪府大阪狭山市西山台 2-18-7
(2002年4月30日 受理)Abnormal Pollen
Reminiscences and the Latest Results (IV)

Noriyuki FUJISHITA

2-18-7 Nishiyamadai, Osakasayama, Osaka, 589-0022 JAPAN

V. 最新の研究成果

Ⅲ編までの成果の多くは、1956～1992年までの在職当時の懐古録的なものが大部分を占めた。本編からは定年退職後の10年間の最新の研究成果を今秋2002年の学会に発表予定のものも含めて記述する。

1. スギ科植物の異常花粉

2000年の京都花粉科学談話会納会での、奈良医大・井手 武氏の講演が conifer 仲間の花粉研究に没入してゆく発端となる。同氏から中国産と日本産のスギ・ヒノキ科9種の提供をうけた。続いて林木育種センターの後藤陽子氏、岡村政則氏、富山林試の斎藤真己氏などからの試料提供もうけ、スギ科6属6種とヒノキ科3属5種の花粉を観察してきた。最初に驚いたのは、スライド上のスギ花粉に現住する大阪狭山市の水道水を滴下すると、数分後から次々と花粉の外壁がさけ、中身（内壁・細胞質）が吐出する脱皮現象であった。ところが、降ったばかりの地元の雨水やイオン交換樹脂を通した純水では脱皮しない。既往の花粉分析者の図録には必ずといっていいほど、スギだけ外壁のさけた花粉の写真が掲載されている。酸性雨の影響も考えてまずpHを変えることから始めたが、再現性のある結果が出てこない。滴下液の濃度（渗透圧）も考慮しなければと…。誠に恥ずかしい話ではあるが、筆者はこの時点では、スギ花粉の脱皮は異常現象とばかり思っていた。それが花粉の正常発芽の最初の態勢であると知ったのはずっと後の事である。水道水で同じように脱皮したハス（藤下2000）はどうであろうかと移り気が…。最近はこの現象を逆手に利用、小・中学校で

の‘花粉のしくみ’の授業の中で、十数分の間に起きる生きている証の実像を見させている。脱皮は異常現象でなく、総説の課題にそぐわないので、別の機会に体液に対する反応も含めて発表する予定である。ただし、この後に続く3倍性スギの異常花粉では特性の指標として大きな役割を演じる事になる。

(1) 3倍性スギの異常花粉

花粉症の根本対策として花粉の飛散しないスギの育成、薬剤(MH)処理などが各地で話題になっている。時宜に合わせるかのように、2001年春、奈良県森林技術センターから3倍性スギの花粉が届いた。スギの基本染色体数 $X = 11$ は、あの不穏のタネナシスイカと同数である。包装をとくのももどかしく、すぐ検鏡した。愕然とした。一寸見では花粉の形態に異常がなく、ほとんどが丸々と充実し、2倍性品種と差がない。染色液をヨード・ヨードカリ、アセトカーミン、ゲンチアナバイオレットと使い分けても様相は変わらない。ただヨード染色によるデンプン粒含有花粉の混在が気になり、2002年度、今年に再度観察しなおす事にした。

奈良森林技術センター室生林木育種園内の3倍性スギ‘宇陀4号’の一本の原木から、2001年11月20日、花粉の細胞分裂が終り、発芽能力を持つようになっている頃（橋詰・岡田1970）より、2002年3月12日開花最盛期の頃の間に、6・7回にわけ雄花序のついた一次枝を4本ずつ採取した。花粉の飛散能力を持っていない未成熟の雄花序は、枝ごとに最大のものを1個選んだ。それをスライドグラス上のヨード・ヨードカリ液（原液は細胞質を過染しデンプンがみにくくなるので水で2倍にうすめた）の中で、ピンセットで切

* 元大阪府立大学教授

り刻むようにして花粉を押し出し観察した。2月25日と3月12日は花序ごとに自然に飛散した花粉を観察した。スギ・ヒノキ科の花粉は染色液滴下後、時間をおかずに観察しないと、内容（細胞質）が分単位で急速に変形・萎縮し、デンプン検出が難しくなる。

正常花粉や各種異常花粉の出現率は一試料（花序）当たり500粒以上を、粒径の計測は50・100粒以上をあて、2から4回反復した。後続の研究も同じ方法を採用した。

表10は3倍性スギ‘宇陀4号’と2倍性スギ‘吉野56号’について、2001年の11月20日から本年の3月12日までの期間中に、採取した雄花序の花粉の観察結果をまとめたものである。両品種とも異常花粉の出現率に季節や枝による変動は少なかった。3倍性と2倍性スギの違いは以下のようになる。同一品種の倍数性間で比較したものでないから断言はできないが、①空虚や不均質染色花粉の平均出現率は前者の方で少し高い。しかしその形成は2・3倍性ともに極めて低率なため、見た目にはほとんど変わらない（多くの3

倍性被子植物ではこれらの異常花粉や4集粒花粉が高頻度に形成され、2倍性とは大きな相違点となる）。

②デンプン粒含有花粉の出現率には明確な差が認められた。特にPl.VIII.2.4.5.6に示した団塊型デンプン粒（粒径3～5μm前後で20～40個がたまる）を含有する花粉のそれは、2倍性スギでは別途に観察した‘中源2号’絞りスギも含めて皆無であったのに対して、3倍性では5～6%余り出現し、容易にその違いが認められた（Pl.VIII.1～4）。表11にヨード染色した場合の団塊型デンプン粒含有花粉と正常花粉の粒径を示した。正常花粉の平均粒径が33.9μm（158粒計測）に比べ、団塊型デンプン粒含有花粉のそれは28.2μm（157粒）と小さかった。デンプン粒含有花粉は外壁が脱皮しにくく、発芽能力は持っていないようである。③デンプン含有花粉率が3倍性スギで高い結果、その正常花粉率は2倍性の94.4～99.7%より低い80.6～89.6%となった。倍数性が高くなると、普通花粉が大きくなり、大きさの変異幅も広がるが、今回供試した3倍性スギ‘宇陀4号’ではそのような

表10. スギの異常花粉 藤下・井手・岡崎・若山

品種・系統	調査				花粉出現率% ^{f)}				正常花粉の粒径 ^{f)}	
	花序	回(日)数 ^{e)}	花序数	花粉数	正常	不均質染色	空虚	デンプン含有	平均	計測
								団塊型	拡散型	花粉数
3倍性 ‘宇陀4号’	健全	7	34	22,870	87.2	0.7	1.6	5.6	4.6	33.6 885
‘吉野56号’	健全	7	28	16,393	97.4	0.1	0.2	0	2.3	31.8 845
	汚染	6	17	10,755	6.4	56.9	36.5	0	0.0	25.5 ^{g)} 583 ^{g)}
大野台 ^{a)} 公園スギ	健全	1	3	2,142	86.9	2.9	0.6	6.7	2.6	31.5 210
晴見台 ^{b)} 公園スギ	健全	2	8	4,681	52.6	10.9	16.9	1.2	18.4	29.3 267
‘中源2号’ ^{c)}	健全	1	1	546	99.1	0.0	0	0.0	0.0	32.5 105
‘メジロスギ’ ^{d)}	健全	1	混合	1,874	90.7	0	0.2	0.2	5.8	28.5 52

^{a)} 花粉の飛散が少ない、^{b)} 花粉の飛散がない、^{c)} 絞りスギ、^{d)} メジロスギでは表示以外に巨大・合体花粉5.2%

^{e)} 2001.11.20～2002.3.12の期間、^{f)} 出現率と粒径は期間中の各観察値の平均

^{g)} 汚染花序では正常花粉がほとんど無いので、不均質染色花粉を計測した。

表11. 3倍性スギ‘宇陀4号’の団塊型デンプン粒含有花粉の大きさ 藤下・井手・岡崎・若山

花粉の種類	採取日	供試枝の記号	計測花粉数	花粉粒径 μm				
				20	25	30	35	40
正常 ^{a)}	2/12	A	52			12	40	34.0
	2/12	B	52			15	37	33.5
	3/12	C	54			11	39	4
計			158			38	116	4
団塊型 デンプン粒 ^{b)}	2/12	A	53	20	33			28.0
	2/12	B	52	1	24	24	3	28.0
	3/12	C	52		16	32	4	29.0
計			157	1	60	89	7	28.2
正常 + 団塊型の合計			315	1	60	127	123	4
								31.1

^{a)} と ^{b)} はそれぞれ同一の雄花序から採取・作成した同一のプレパラート上の花粉を計測

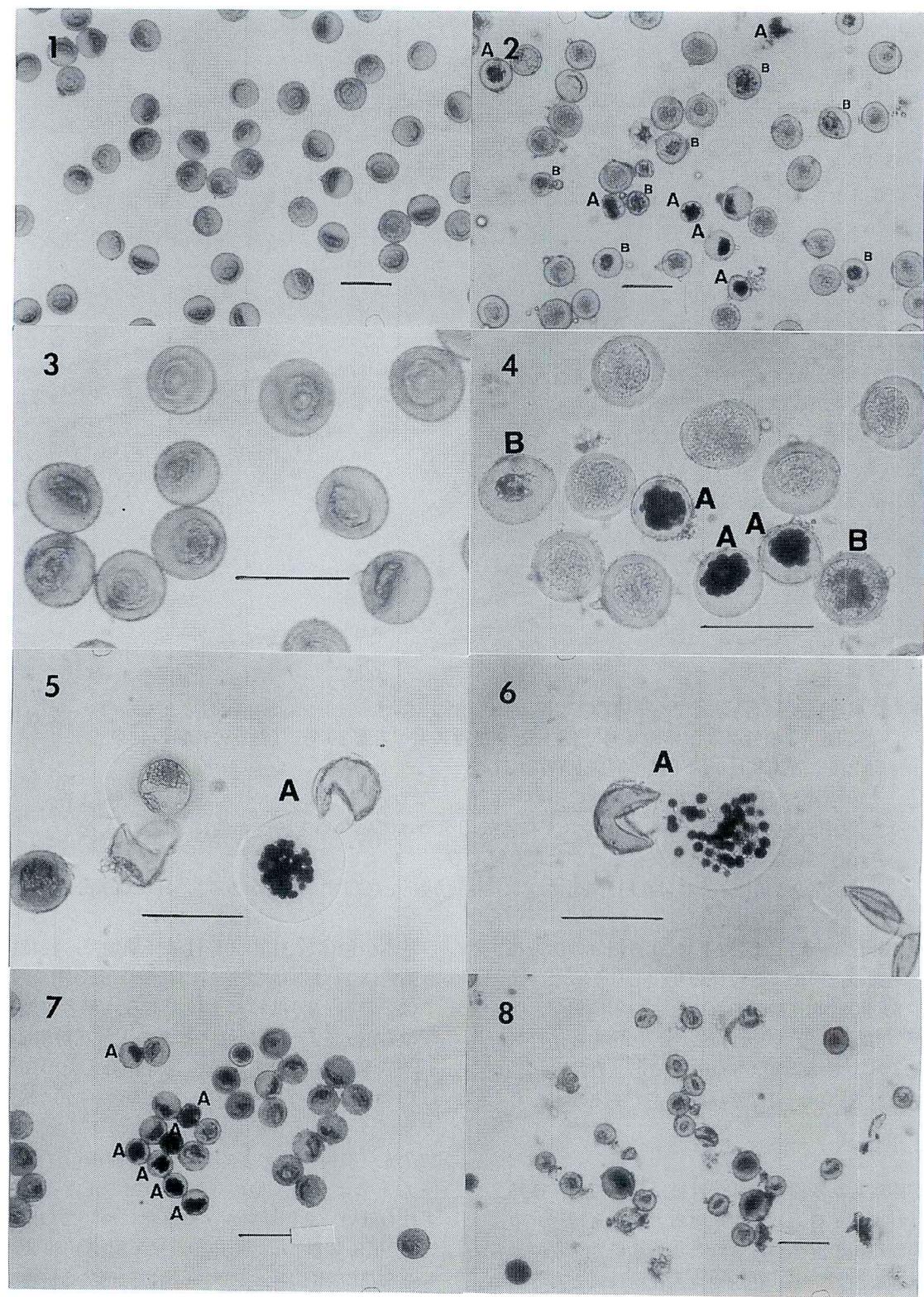


Plate VIII. 2・3倍性および花粉の飛散異常スギの花粉 2001

①, ③: 2倍性 ‘吉野 56号’, ②, ④: 3倍性 ‘宇陀 4号’, ⑤, ⑥: 3倍性 ‘宇陀 4号’の花粉に含まれる団塊型デンプン粒, カバーガラス上から軽く指圧して中身を押し出す, ⑦: 花粉の飛散の少ない大野台公園スギ, ⑧: 花粉を飛散しない晴見台公園スギ
A: 団塊型デンプン粒, B: 拡散型デンプン粒 Bar = 50μm

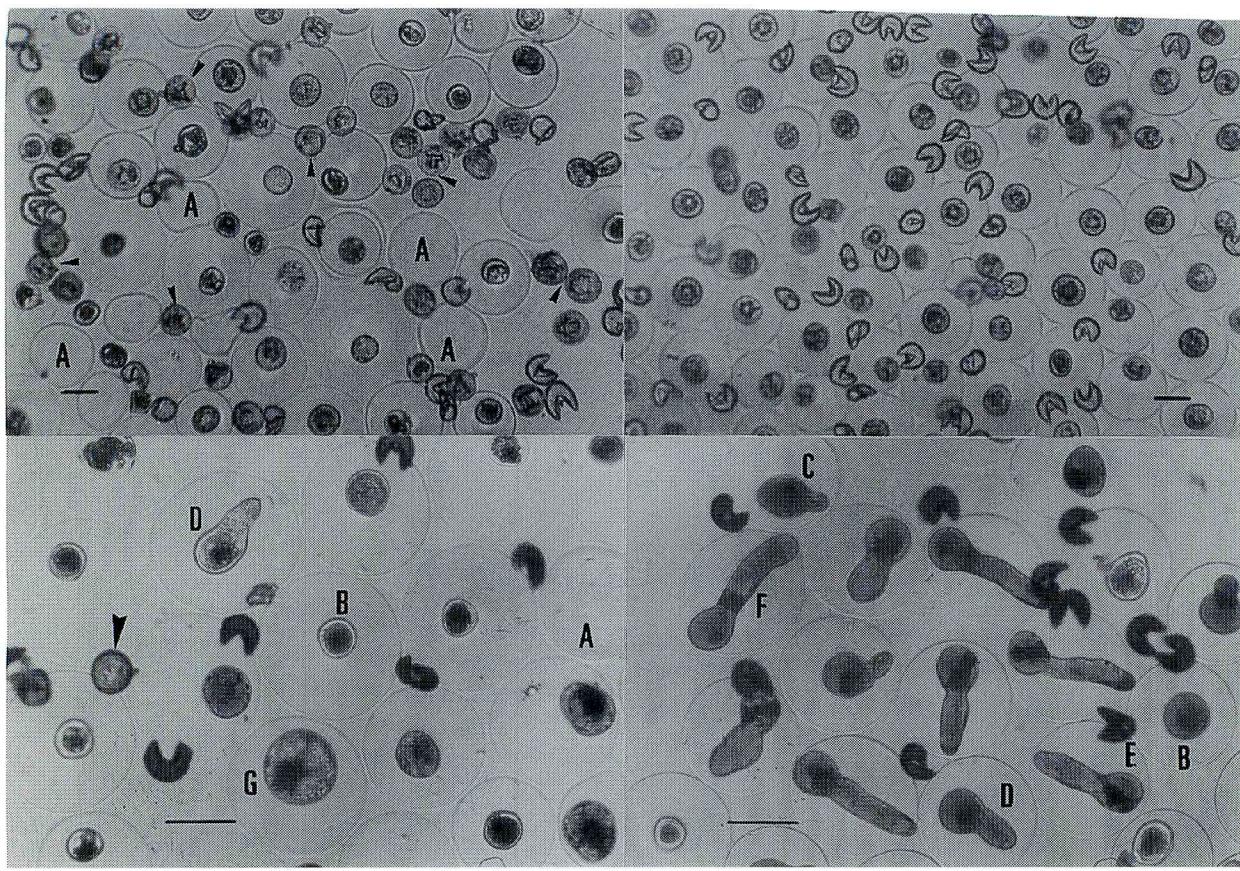


図55. 3倍性スギ '宇陀4号' (左) と 2倍性スギ '吉野56号' (右) の花粉の発芽

上段：置床3日後，下段：置床7日後

記号A～Fは表12の発芽程度の指標

矢印は未脱皮，上段左の3倍性スギには矢印をつけていない未脱皮が他に20粒，Aをつけていない早産（本文参照）が他に6粒ある

下段左の3倍性スギには花粉管を出さずに細胞質が膨大（G）するものがある B = 50μm

現象は見出せなかった。また11月20日以降の採取花序では、季節の推移による粒径の変化もなかった。調査期間中6回の計測花粉総数と大きさの平均値は、2倍性スギ '吉野56号' で845粒, 31.8μm, 3倍性スギ '宇陀4号' で885粒, 33.6μmであった。3倍性の方が少し大きいが、単なる品種間差であるかもしれない。

筆者が観察した多種類の3倍性被子植物では、成熟分裂の乱れ（II・III編）に由来する大きさ（粒径）の著しく違う花粉の混在がみられたが、3倍性スギでは微小（普通は内容空虚）花粉や巨大花粉はほとんど認められず、花粉の大きさの変異の様子は2倍性スギと大差なかった。前述の団塊型デンプン粒とは別にPl.VIII.2.4に示した拡散型（細胞質内にデンプン拡散）の出現率には、調査期間中の時期や花序によって変動がみられた。これは他の植物でもしばしばみられる、花粉形成期の微妙な環境の影響によるものと思われる。

基本染色体数11の3倍性被子植物で、授精力を伴う染色体11または22を持つ花粉の形成率は、理論上では 2^{11} , 2,048粒に1粒である。筆者が扱った同数の染色体を持つ3倍性スイカの正常花粉率は1.5～3.4%，III編2(2)にも一部を紹介したが、3倍性（以下すべて）のヒガンバナでは38.7～70.7%，ヤブカンゾウでは60.2～68.9%，ハルサザンカでは0～12.7%，染色体数の多い2n=90前後のフキでは0%などのように、他の3倍性植物の正常花粉率はいずれも低い。3倍性スギ・ヒノキについての岡村・小笠原1978、岡村・大黒1979、朱・岡崎1989の報告でも正常花粉率は88～98%と高い。何故3倍性スギには形態異常の花粉が出現しないのか。裸子と被子植物とで花粉形成の機構がどこか違っているのであろうか。

3倍性スギでは2倍性スギに全く認められない団塊型デンプン粒含有花粉が形成されたが、それ以外、形態面での差異はほとんどなかった。そこで生理機能（発芽能力）に違いがないかを調べた。発芽床培地の

表12. スギの2倍性と3倍性の花粉の発芽 藤下・井手・岡崎・若山

置床後 日数	倍数性	観察 花粉数	発芽の程度と出現率 %						
			未脱皮	A	B	C	D	E	F
5	2 x	1962	0.5	2.4	60.5	25.1	7.4	3.6	0.5
	3 x	1945	36.7	14.2	42.8	4.1	0.8	0.9	0.6
6	2 x	1905	0.9	1.7	42.5	16.6	26.0	6.5	4.7
	3 x	1950	31.6	19.4	40.6	4.3	2.1	0.8	1.2
7	2 x	1947	1.0	1.7	37.4	14.3	24.7	12.4	7.1
	3 x	1922	33.4	27.9	30.4	4.3	1.8	0.8	1.4

2倍性：‘吉野56号’，3倍性：‘宇陀4号’，両品種とも不均質と空虚花粉は観察対象にしなかった。

それぞれ3反覆して、その平均値を示した、発芽の程度A～Fは図55を照合

処法は既報のものを参考にして、pH7.5の純水に sucrose 5%，agar 1%を溶かしたものシャーレに流し込み、奈良室生の育種園で開花最盛期にあたる3月12日採集の複数の雄花序からの花粉を供試した。室内でパラフィン紙袋に入れて保蔵中の花粉を3月19日と31日の2回、綿棒の先につけてまき、外気温より少し高めの15～25°Cの室内で培養した。観察は24時間おきに置床後7日目まで続けた。一試料当たりの観察数は500～700粒とし一試料(枝別一花序)を3反復した。

本総説論文のI編、2. 生理実験の項でもとりあげたが、発芽の判定は発芽口から伸びだした花粉管長を花粉の粒径と対比して決めている例が多く、筆者は花粉の長径の2倍以上に達したものを発芽としてきていた。染色液や培地の滲透圧の影響で、粒径とほぼ同長の花粉管伸長のみられる場合(instant pollen tube)があり、スギでは花粉管の伸長量が花粉の直径より大きいものを発芽としている報告もある。スギの場合、脱皮の後先で花粉の大きさが違うし、伸長を始めると花粉本来の中身(細胞質)の形や大きさも変わっていくので、スギ花粉の発芽の判定は厄介である。また花粉管が途中で2、3分岐するものや、細胞質が円形のまま膨大するもの(図55.G)もある。花粉管がどの程度にまで伸長した時を発芽とみなすか、その時期によって発芽率も変動する。筆者は、脱皮した内壁の中の円形の細胞質の一端が尖り始めた時(発芽開始期、図55.C)から、花粉管の先端が内壁の外に伸び出る(図55.F)までを4段階に分け表示した。表12には置床後、5、6、7日目の結果を平均値で示した。置床後8日目になると花粉管はさらに伸長しているが互いに錯綜して識別が難しくなるので、記録を打ち切った。

2倍性と3倍性のスギ花粉の発芽状態を最終の7日の試料で比較した。細胞質の一端から伸び出した花粉管の長さが、細胞質の径とほぼ同じに達したもの(表12中のD)からを発芽とみなすと2倍性で44.2%，3倍性では4.0%となる。花粉管長が細胞質の

径の倍以上になり、その先端が内壁の際近くにまで達しているもの(表12中のE)からを発芽とみなすと、2倍性で19.5%，3倍性では2.2%となり、発芽率は前者も含めて10倍近い開きがある。これらの数値から推定する限り3倍性‘宇陀4号’の自殖能力は覚束無い。花粉の形態面では、団塊型デンプン粒含有花粉の有無のみが、2倍性と3倍性間の唯一の違いではあったが、発芽能力で両者に大差のある事が認められた。事前に予想したことでもあり、正常花粉率同様に他の研究者による報告もある。一方、新知見とみて差支えないのが、外壁の脱皮率である。2倍性スギ‘吉野56号’では置床の2時間後すでに99%近くが脱皮していた。しかし一方の3倍性スギ‘宇陀4号’では、2時間後にかなり脱皮が認められたが、丸一日経過しても52.7%，その後脱皮率は低率ではあるが漸増し、7日目で漸く66.6%となった。スギでは脱皮が発芽の前提必須条件であり、脱皮不能花粉(デンプン含有花粉を含む)の存在が低発芽率の要因であろう。橋詰・岡田(1970)は四分子から分離後間もない单核の未熟花粉は、発芽床上で脱皮しないとしており、3倍性スギの花粉は单核の未熟な状態にあるのかもしれない。染色液を変えて2・3倍数性間の花粉特性の差がつかみにくかったのに対し、脱皮率の差は発芽テストに比べ時間がかかる、汚染の心配が少なく、水道水培養でも識別できそうである。3倍性スギの花粉は脱皮しにくく(スギだけであろうか?)、脱皮率=正常(機能)花粉率の式が成立するかも知れない。以上の他に気になる現象として、脱皮した内壁の中から花粉管を伸ばす前に細胞質が放り出されてしまう現象(表12のA、図55.A)で、2倍性では経過日数によらず2%前後であるのに対し、3倍性では1日目で8.1%，その後漸増して7日目には27.9%にもなっていた(表12)。培地の滲透圧の不適合ともとれるが、この早産現象も2・3倍数性間の差の一つであるかもしれない。同一植物でも倍数性が異なると、培地の最適pHや糖濃度が違うという報告も多く、培地処法を変えることで今回の結果も変わってくる可能性もある。

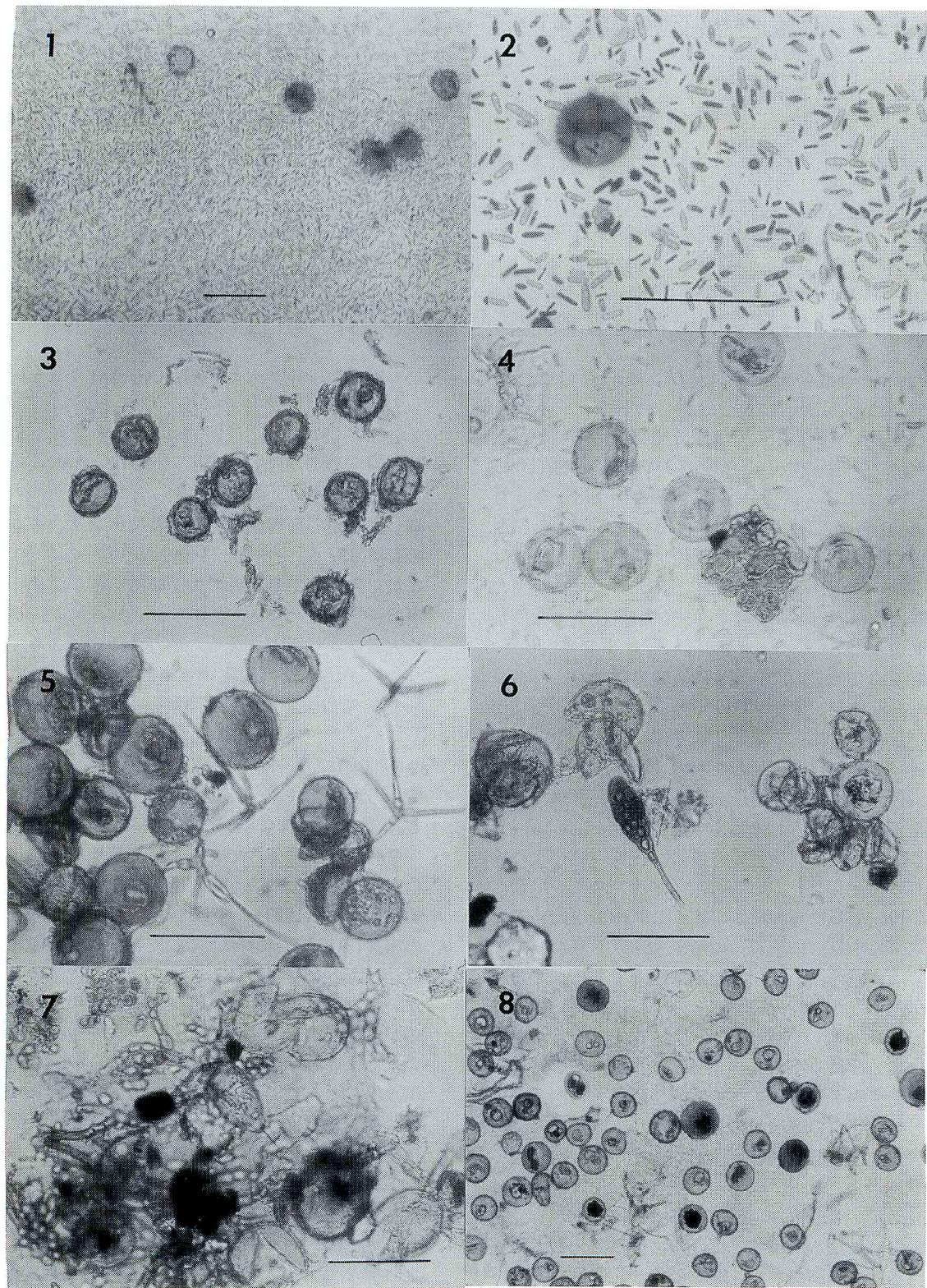


Plate IX. 微生物による汚染とスギ花粉 2001

①～⑦：雄花序から押し出した花粉，⑧：ビニール袋に保存中にカビが生えた花粉（正常4粒，デンプン含有花粉3粒）。

①, ②：炭疽病菌の分生胞子，①～⑤：‘吉野56号’，⑥, ⑦：隣家のスギ，⑧：3倍性‘宇陀4号’ Bar = 50μm

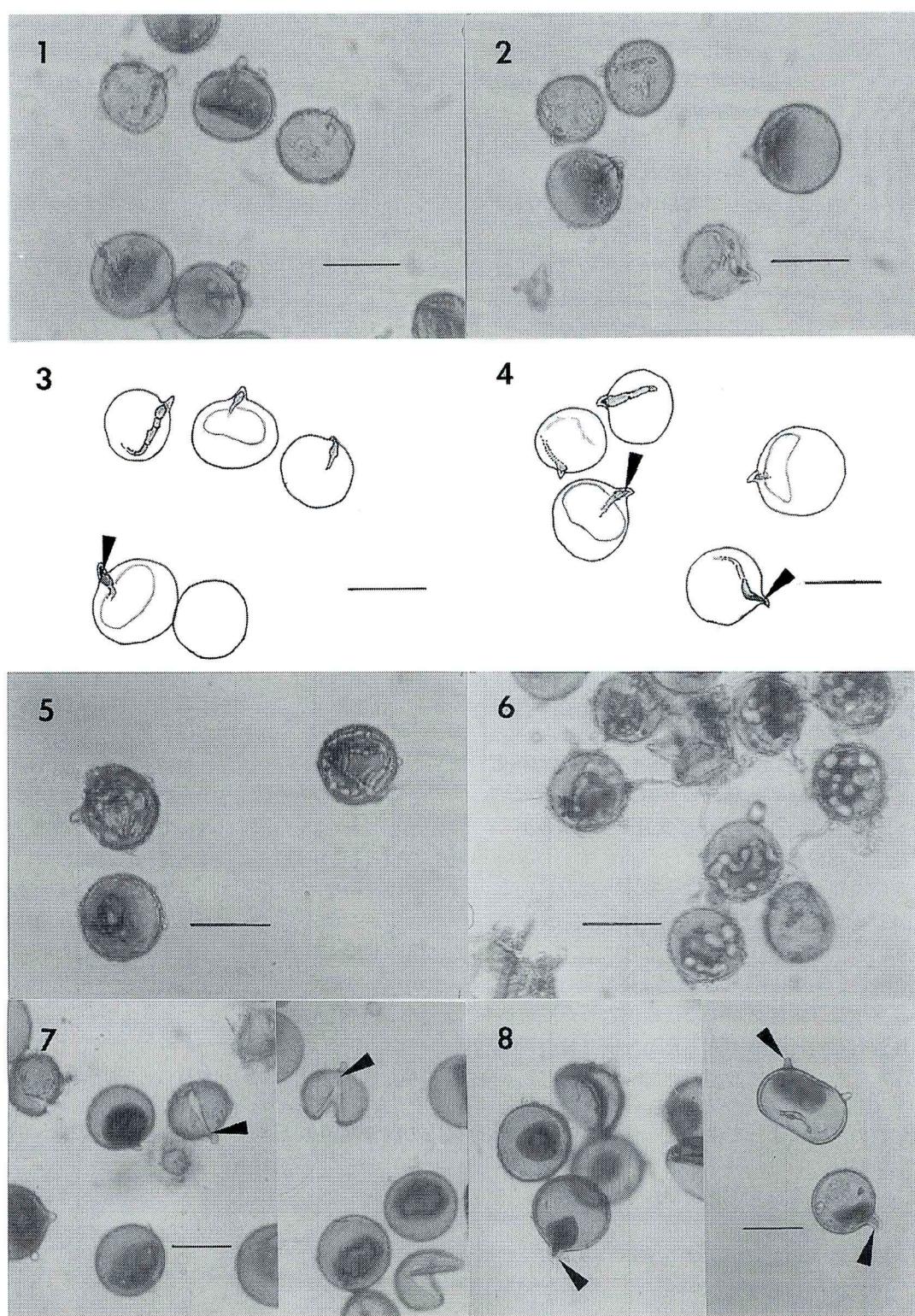


Plate X. 微生物（カビ）の花粉への侵入と花粉内部での増殖

①, ②: パピラの基部あたりから侵入, パピラ内部にも入り込む (矢印), ③, ④: ①, ②の粗描, ⑤, ⑥: 花粉の内壁に沿って増殖し, 細胞質に置き換っていく, ⑦: 外壁を脱皮する時の裂け目で, パピラの基部に当たる部分 (矢印), この付近から侵入する, ⑧: 花粉の細胞質がパピラの内部に入り込む (ヨード・ヨード染色後にメタヌルホン酸添加, 右はメジロスギの巨大花粉) Bar = 25μm

生育量や材質面でも関心の持たれている3倍性スギは、花粉の飛散量は2倍性に比べてややおちるが、他の植物の3倍性にみられるような薬の裂開不能、花粉の著しい退化などがみられず、花粉の飛散しないスギとしては役立たないようである。3倍性のスギが全国の精英樹3684本中に41本みつけられているが、3倍性の効率のよい識別方法として花粉の低脱皮率が利用できるかもしれない。

(2) 微生物の汚染によって生じたスギの異常花粉

2001年春、奈良医大の井手 武氏から、奈良県森林技術センター育成の、開花前に褐変し生気を失った(非科学的表現ではあるが最も実感がこもる)2倍性スギ‘吉野56号’の雄花序付き枝が届いた。供試木には例年同様な症状がでるという。当の雄花序は一部の枝先の、またその一部の花序に限られ、枝を水挿して追熱しても花粉は飛散しなかった。その花序をスライドグラス上で押し潰し、出た花粉をヨード・ヨードカリ染色して観察した。

初年度の観察で、花序内からほとんど100%に近い発育不全の空虚花粉と核と思われるものを内蔵する不均質染色花粉、それに無数の微生物が同時に検出された。この微生物は大阪府立大学植物病学の大木 理教授によって、炭疽病(カビの一種でテロ関連の細菌とは全く別のもの)の分生胞子と同定された。

2002年度は上記材料で微生物の汚染による花粉退化の様相を明らかにするために、先述の3倍性スギと同じ要領で、採取日を7回に分け観察した。生気を失っている雄花序の花粉の比較対象には、同じ枝上の近接する健全花序の花粉を当てた。健全花序の採取日別平均正常花粉率は94.4～99.7%で、28花序からの16,393粒のそれは97.4%と極めて高く(表10)、異常花粉の種類やその出現率に採取日による変動はなかった。健全花序では3倍性スギで常に検出された団塊型デンプン粒含有花粉は皆無であったが、同じ枝の汚染された花序には無かった拡散型デンプン粒含有花粉が

存在し、それが気温の上昇に伴って漸増する傾向がみられた。一方、汚染された花序では、汚染微生物の種類・数や汚染(花序への侵入)後の経過日数などによって、花粉の退化様相は花序ごとで著しく違っていた。このことから退化の様相を平均値で示すのは良策でないが、6回分の観察結果をまとめ対比しやすいようにした(表10)。観察した合計17花序からの10,755粒の内、57%近くが不均質染色花粉、37%弱が空虚花粉で、17花序中の13花序までが正常花粉皆無の状態であった。不均質花粉には細胞質や核が萎縮して凝固したように見えるもののが多かった(Pl.IX)。健全花序にみられた拡散型デンプン粒含有花粉は、汚染花序では10,755粒中に2粒しか検出できなかった。

微生物の汚染による花粉退化機構の解明には、光顕では限界があり、年内に電顕による観察を併用する。現在までの知見をあげると、カビ(未同定)が花粉の外壁の周囲から覆いかぶさるようにこびりついているもの(Pl.IX.3)、菌糸とみられるものが、花粉のパピラの基部付近の極めて限定された部分から内部に侵入しているもの(Pl.X.1～4)、侵入した微生物が花粉の内側の壁に広がっているもの(Pl.X.5)、花粉の細胞質が増殖した微生物に置き換わっているもの(Pl.X.6)などが11月20日以降の汚染花序で認められている。微生物の侵入箇所が限定されたパピラの基部付近にあることは確認したが、他の研究者による既報のSEM像でその部分の構造を明確にとらえたものはない。光顕レベルでわかったのは、脱皮の際の裂け目のパピラに接した箇所(Pl.X.7)で、脱皮前の花粉をヨード・ヨードカリで染色したあとメタニスルホン酸を添加(*Camellia*の擬似花粉粒検出に応用、II編173頁参照)すると、青変した花粉の細胞質がパピラ直下に引き寄せられるように集まつてくる箇所(Pl.X.8)もある。今後スギ科花粉の形態や生理学的研究で話題を呼びそうな箇所である。微生物の汚染で、花粉自体が周囲からの水分や栄養吸収を阻害

表13. 微生物の汚染によって生じた2倍性スギ‘吉野56号’の異常花粉の大きさ 藤下・井手・岡崎・若山

花序	採取日	正常 花粉率%	計測 花粉数	花粉粒径 μm						平均
				15	20	25	30	35	40	
健全 ^{a)}	1/7	A	97.7	102		1	60	40	1	32.0
	1/28	B	97.0	52		3	45	4		30.0
	1/28	C	99.8	52		1	43	7	1	31.0
計			98.2	206		5	148	51	2	31.2
汚染 ^{b)} (異常)	1/7	A	0	107	24	81	2			24.0
	1/28	B	0	52		20	32			28.0
	1/28	C	0.3	53		32	31			27.0
計			0.0	212	24	133	55			25.7

汚染花序では正常花粉がないので、細胞質が凝固している不均質染色花粉を計測

^{a)}と^{b)}はそれぞれ同一の枝(A, B, C)の別雄花序から採取

され、栄養の枯渇、細胞質の萎縮・凝固、崩壊などの退化への過程をたどりながら、発育不全の花粉となっていくものと考えている。微生物に汚染された花粉の粒径は $20 \sim 30 \mu$ (平均 25.7μ) で、正常花粉の $25 \sim 40 \mu$ (平均 31.2μ) に比べて小さかった (表 13)。

汚染関連の微生物には数種類があるらしい (Pl.IX)。花粉症の基礎対策として花粉の飛散しないスギの育成や薬剤処理など考えられているが、育成年限、処理コスト、材質への影響など問題点が多い。人や子供の集まる公園やレジャー施設付近で、人畜無害の微生物をスギに散布することで、花粉の飛散を抑える生物的防除につながるまいかと、共同研究者仲間で思考中である。ウィルスに感染罹病したツバキやタマネギの花粉退化を II 編 1 (4) で紹介したが、微生物が直接花粉を汚染して退化させてしまう新事実を紹介した。

(3) 居住地近くの公園でみつけた、花粉の飛散の少ないスギ、花粉の飛散しないスギの異常花粉
花粉症対策として花粉の少ない、花粉の飛散しないスギに関心が寄せられている。全く花粉を出さない遺伝的雄性不稔個体(後述)の出現頻度は、タテヤマスギで $5000 \sim 6000$ 分の 1 程度という (斎藤他 2001)。3 倍性スギは、全国の精英樹 3684 本中に 41 本あったという (岡村 1994, 佐々木 1996) が、花粉の飛散量は 2 倍性とあまり変わりないようである。これら素材の自然界での出現頻度は極めて低く、草本植物と違って倍数性の判定に供試する雄花序(花粉)は採取するまでに歳月がかかり、樹が生長すると花序のつく位置(枝)が高くなり採取も難しくなる。開花期の早晚や花序自体の発育程度の違いが、倍数性の推定に応用できそうでもある(後述のイヌマキ)が、草本植物ほどに材料(個体数)が扱えないので、そのための時間や

労力や努力は並のものではない。筆者は月一回、近くの K 大学の附属病院に通っているが、長い待ち時間という苦渋を味わった後、約 1 時間をかけて付近を徘徊し、草木や花を見て歩くのが習慣になっている。その徘徊時の収穫物がこれから紹介する 2ヶ所のスギであり、後述を予定しているクロマツ、イヌマキ、クサギの花粉異常株である。本総説論文の中で「異常花粉を高頻度に形成している植物が身辺に驚くほど沢山ある」とくどいほど述べているが、ここでも異常花粉形成に関する研究材料や育種素材がそこら中にいくらでもあるという事実を紹介したい。

(a) 自宅より徒歩 10 分、大阪狭山市大野台第 3 公園のスギ (以下、大野台公園スギとする)

2001 年 12 月 2 日この公園にスギが 1 本あるのを見つけ、その日から翌年の 4 月 1 日の通院日までに 5 回、花序を採取し調査した。観察期間中を通して平均正常花粉率は 80% 台、巨大・微小・奇形花粉は無かったが、3 倍性スギ ‘宇陀 4 号’ に特異的に認められた団塊型デンプン粒含有花粉は観察した 17 花序全部に認められ、全期間を通しての総観察花粉数に対するその平均出現率は 6.7% もあった (表 10)。正常花粉率や異常花粉の出現様相、中でも団塊型デンプン粒含有花粉のそれは前述の 3 倍性スギに相似し、それらの諸特性からこの大野台公園スギは 3 倍性でなかろうかと思う。花粉の飛散量が少なく、当の木の下に立っても花粉の飛散は気にならなかった。

(b) 自宅より徒歩 30 分、堺市晴見台公園のスギ (以下、晴見台公園スギとする)

大阪狭山市から陶器山トンネルをぬけ堺市に入った所に大型の晴見台公園がある。P 学院短大や T 学院高校が公園に隣接し、近代風の新興住宅街に囲まれ



図 56. 花粉を飛散しない春見台公園スギ (堺市)

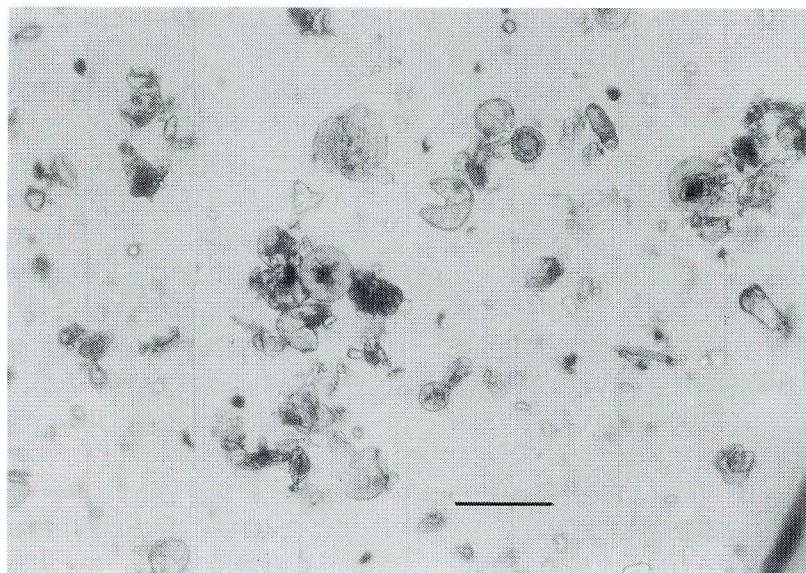


図 57. 埋土花粉を連想させる異常花粉
春見台公園で 2002. 3. 26 採取した花序の中の 1 個。翌日撮影 Bar = 50 μm



図 58. 雄性不稔性 ‘タテヤマスキ’ の未熟花粉
雄花序をスライドグラス上で押し潰し、丹念に観察すると極く稀に検出できる
Bar = 25 μm

(図 56)，公園が広いだけに自然環境は快適な場所である。ただ周囲は片道二車道で囲まれ、堺市と近隣都市をつなぐ幹線道路で交通量はかなり多い。その道路沿いに若いスギが十数本ある。2001年3月17日に、樹齢が若いためか雄花序のついている木は3本しかなかつたが、その花序を持ち帰って観察した。花粉が飛散しなかったので4、5月まで放置し6雄花序をスライドグラス上で潰し調べた。発育不全の花粉が大部分で、相互に癒着したり、正常花粉に近いものでも細胞質がヨードでよく染まらなかったり、デンプン含有花

粉も混在し(Pl.VIII.8)，健全な2倍性スギとは花粉の様相が著しく違っていた。花序によっては遺跡からの出土花粉を連想させるようなゴミ状にみえるものもあった(図57)。このような異常花粉形成は若木のためであろうか、それともイヌホオズキで報告したmotorizationとの関係(藤下2000)のような一過性のものか、あるいは遺伝的な永続性のものか不明のまま2002年の春を迎えた。3月12日と3月26日、開花最盛期を過ぎていたが枝をふるっても花粉は今年も出ない。持ち帰って調べた結果を表10に示した。

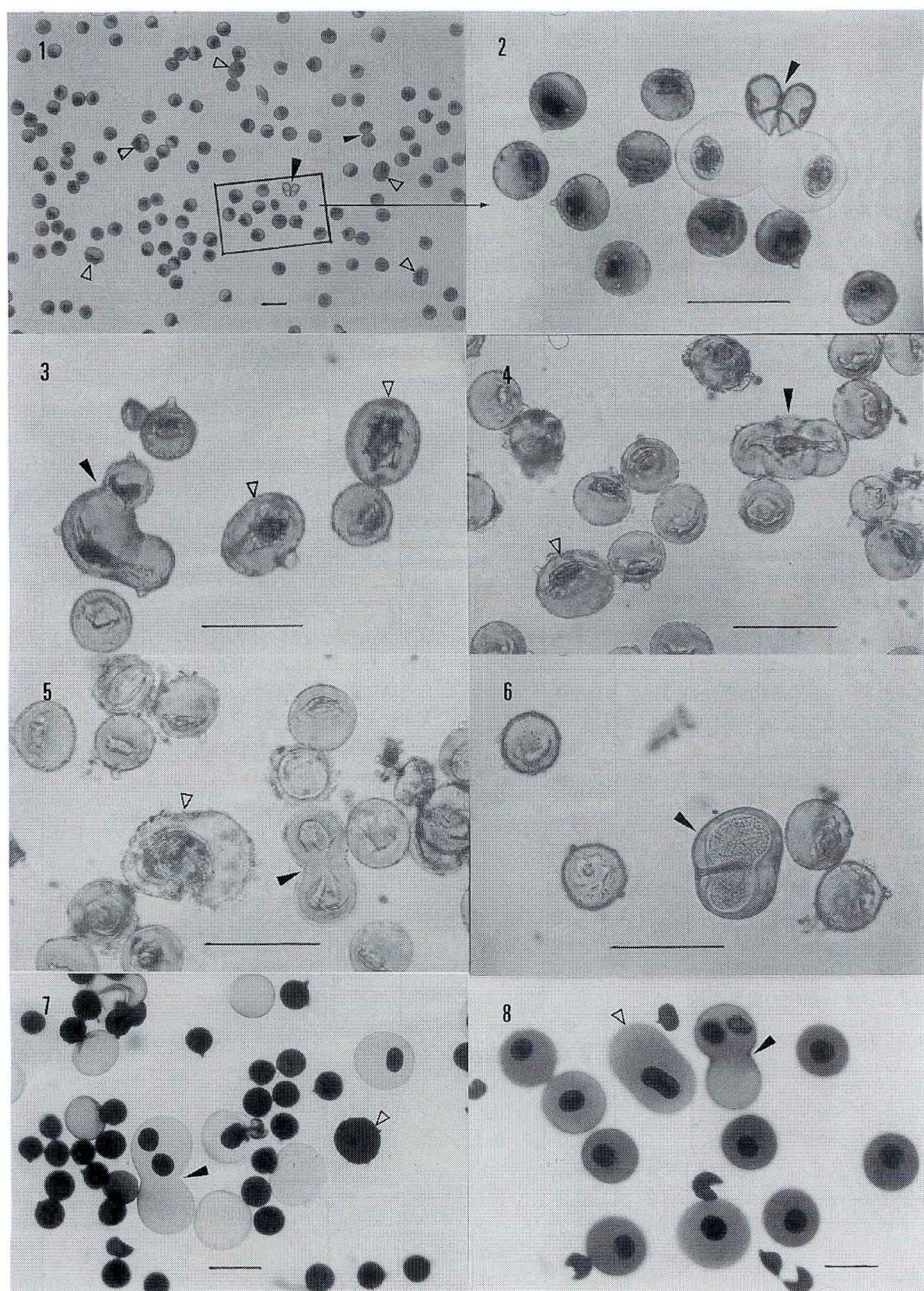


Plate XI. メジロスギの巨大・合体(不分離)花粉

▽ 巨大, ▼ 合体 ①~⑥: ヨード・ヨードカリ染色, ⑦, ⑧: ゲンチアナバイオレット染色 Bar = 50μm

先の3倍性スギ‘宇陀4号’や地元の大野台公園スギに比べて、晴見台公園スギでは細胞質が凝集して塊状にみえる不均質染色花粉や空虚花粉が高い頻度で形成され、そのため正常花粉率は59.1～39.9%と低くなっていた。不均質花粉の出現率が3月12日から3月26日までのほぼ2週間の内に10倍近くまで増加していたことから、環境要因もからんでいるように見える。異常花粉の種類やその出現率に花序による大きな差が出たことも、環境の影響を伺わせた。デンプンの内、3倍性スギの花粉の中に5%前後の割合で混ざっていた団塊型デンプン粒含有花粉が1%ほど認められ、微生物の寄生を受けた花序の花粉中には実在しなかった拡散型デンプン粒含有花粉は14.1～20.2%とかなり高い頻度で形成されていた。花序から押し出された花粉や組織片のまわりに微生物が確認できなかったことから、この晴見台公園スギは微生物の汚染による花粉の退化とは思えず、原因は定かでないが、観察した4株ともに同様な異常がみられ、しかも2年続いて花粉を飛散しなかった事実から、何らかの環境の影響をうけ易い遺伝的素質を持つスギ、あるいは染色体構成上に問題のあるスギとして、来シーズンを迎えた。

(4) 雄性不稔性‘タテヤマスギ’の異常花粉

花粉の飛散しない雄性不稔の‘タテヤマスギ’(富山林技センター、齊藤1998)の雄花序の恵贈をうけ、スライド上でピンセットにより細かく潰してヨード・ヨードカリで染色観察した。ゴミ状にみえる花序組織片の中を、丹念に探すと極めて稀に未熟な小胞子がみつけられた(図58)。

(5) スギ園芸品種‘メジロスギ’の巨大・合体(不分離、假稱)花粉

京都府立植物園に栽植されている1本の木から2001年3月23日と2002年3月8日の2回、開薬直前の雄花序を採取し、室内の硫酸紙の袋内で飛散させ

た花粉を観察した。両年を通して正常花粉率は91%前後であった。他のスギ科植物のコウヨウザン、ラクウショウ、ヤナギスギやスギの他の栽培品種では、正常花粉率は95～100%で、異常花粉の確認に苦労するほどであった。メジロスギで正常花粉率が少し低めになっていたのは、拡散型デンプン粒含有花粉の1～6%のほかに、円型またはマユ型(假稱)をした巨大花粉と、2・3粒が合体してヒョウタン型になった奇形の花粉(Pl.XI)とが3～6%存在したことによる。これらの大型や奇形花粉にはパピラが2、3個ある場合が多かった。巨大や合体花粉は球(円)形でないで長短の両径を測定したが、正常花粉の平均28.5μmに対して、長径は35～55μm、短径は30～45μmあった。この巨大と合体花粉はカバーグラスの上から軽く押すと、元の花粉の大きさや形に見合う細胞質が出てきた(Pl.XI.7.8)。108以上の科にわたる植物の花粉を見てきたなかで、巨大花粉にはしばしば遭遇するが、合体花粉はこのメジロスギとクロマツ、アカマツ以外では見た経験がない。橋詰(1966・1968)はカラマツとヒノキアスナロで、減数分裂の異常による円形、広卵形、ヒョウタン形の巨大花粉を報告し、その大きさは正常花粉の33.3μmに対して巨大花粉では43.8μmである。巨大花粉には半数性と2倍数性があり、ヒョウタン形の花粉は染色体橋形成が起因となり、隔膜形成が中断されて生じるとしている。メジロスギにもそのまま当てはまりそうであるが、ヒノキアスナロの場合の巨大花粉の出現率は、4個体で0, 0, 0.8, 2.6%，メジロスギでは6反覆で2.6～6.6%，平均4.5%であり高い。巨大・合体花粉の形成機構や発芽性の研究、さらには非減数性花粉の利用の面で有用な素材になるかもしれない。

表14. ヒノキ科植物の異常花粉 藤下・井手・岡崎・後藤(2001)

種類	花粉数	反覆数	花粉出現率%					正常花粉の粒径		
			正常	不均質	空虚	デンプン含有	奇形	巨大	平均μm	
ヒノキ ^{a)}	2860	5	97.3	0.1	0.2	2.2	0.1	0	27.9	218
コノテガシワ ^{a)}	1210	2	71.5	10.7	8.0	16.3	0	0	31.0	105
コノテガシワ ^{b)}	608	1	97.0	0	3	2.5	0	0	30.5	103
サワラ 2x ^{c)}	2414	4	95.4	0.1	0.0	4.4	0	0	30.8	209
サワラ 4x ^{c)}	1298	2	87.9	0	0.2	11.6	0.1	0.1	39.5	213
ヒノキ×サワラ ^{c)}	3251	5	56.3	0.1	0.3	43.1	0.1	0	35.2	416
*ヒノキ(4x)×サワラ(2x) ^{c)}	2113	4	37.3	0.3	0.4	59.9	2.0	0	35.3	207
サワラ×ベニヒ	2154	3	57.8	0.8	0.8	37.3	3.3	0	35.4	261
ベニヒ×サワラ	2061	3	78.4	0.8	0.2	20.6	0	0	30.6	207

^{a)}奈良森林技術センター ^{b)}狭山市立南中学校 ^{c)}森林育種センター *品種名‘富士2号’3倍性

ヒノキ：*Chamaecyparis obtusa*, サワラ：*C. pisifera*, ベニヒ：*C. formosensis*, コノテガシワ：*Biota orientalis*

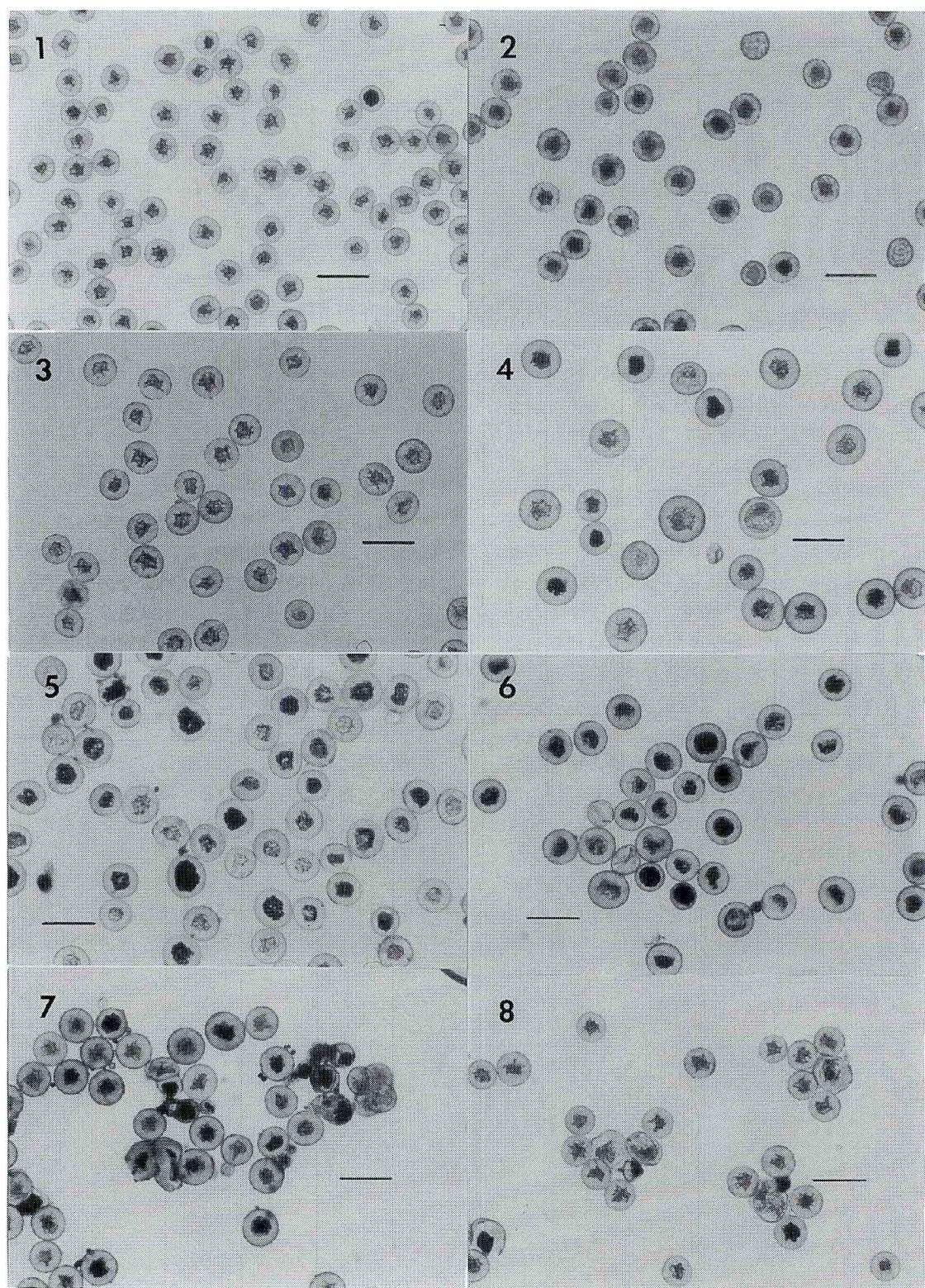


Plate XII. ヒノキ科植物の異常花粉 2001

植物名に続く数値はプリントの中でのデンプン粒含有花粉数

- ①：ヒノキ 1, ②：コノテガシワ（奈良） 6, ③：2倍性サワラ 0, ④：4倍性
サワラ 6, ⑤：ヒノキ×サワラ 23, ⑥：ヒノキ（4倍性）×サワラ（2倍性） 23,
⑦：サワラ×ベニヒ 14, ⑧：ベニヒ×サワラ 4 Bar = 50μm

2. ヒノキ科植物の異常花粉

奈良医大の井手 武氏から先のスギと同時に届いたヒノキ科植物のヒノキ、サワラ、シダレイストギ、コノテガシワと、近くの中学校のコノテガシワの花粉を、スギ同様の要領で観察した。その一年後、2001年に林木育種センターの後藤陽子氏から2と4倍性のサワラ、2と3倍性のヒノキ×サワラ（正逆交雑種）、サワラ×ベニヒ（正逆交雑種）の花粉が届いた。

それぞれの植物の正常と異常花粉の出現率を表14に示した。2倍性単種の正常花粉率は奈良産のコノテガシワの71.5%以外、95.4～97.3%と極めて高く(Pl.XII.1.2.3)，残りはデンプン含有花粉の2.3～4.4%であった。それがサワラで4倍性(Pl.XII.4)になるとデンプン含有花粉の形成がふえて11.6%，その増加で正常花粉率は87.9%に低下した。種間雑種になるとデンプン含有花粉がさらに増加した。デンプン含有花粉率が最低のベニヒ×サワラでも20.6%，高いヒノキ×サワラで43.1%，さらに同じ交配組合わせでも4倍性ヒノキと2倍性サワラの間の3倍性種間雑種では観察花粉数の大半に当たる59.9%までがデンプン含有花粉であった(Pl.XII.5～8)。すでに随所でふれてきたが、スギ、ヒノキ科植物では成熟分裂に乱れが生じると、デンプン含有花粉が増えるらしい。多くの種間雑種植物(Ⅲ編、2、(4))では不均質・空虚・巨大・微小花粉の増加が目立つが、ヒノキ科ではこの仲間の共通特性であろうか、それらの増加は認められなかった。種間雑種ではデンプン含有花粉の増加で、正常花粉率は37.3～78.4%に低下した。サワラとベニヒの種間雑種では、正逆交雑の方向でデンプン含有花粉率と正常花粉率に差が出たが、細胞質の影響であろうか興味深い。ヒノキ科植物の花粉の大きさ(粒径)を表14にまとめた。いずれもヨード・ヨードカリ染色で、花粉の内容が充実し均質に染まるもののみを計測対象にした。一試料当たり50ま

たは100粒以上を原則にして3～5回反復した。供試材料のヒノキは27.9μm、サワラは30.8μm、コノテガシワ31μm弱とヒノキ科の中では小さい方であるが、サワラでは4倍性になると39.5μmと大粒化していた(Pl.XII.4)。ヒノキとサワラの種間雑種も35.2μmと大きく(Pl.XII.5.6)，雑種強勢が花粉の大きさにまで及ぶのであろうか。サワラとベニヒの正逆交雑では、組合せの方向によって正常花粉率に差のあることを先述したが、花粉の大きさにも差が出ていた(Pl.XII.7.8)。

現生花粉の研究者の立場からすると、ヒノキ科には興味深い課題がまだまだ潜在しているように思われる。3倍性スギと対比したい3倍性のヒノキ科植物、交雑親のベニヒ、正逆交雫の一方向が欠けているサワラ×ヒノキの雑種など、機会を得て是非観察したいものである。

IV編で紹介した研究で再認識した事実が2件ある。一つはデンプン含有花粉の有無を確かめておかないと、異常花粉率も花粉の大きさ(特にその変異幅)も違ってくる(表11)。何はさておき染色液の選択に留意することである。二つめは、木本植物はたとえ生殖機構に異常があって不穏になっても、一年生草本のように一年限りで死に絶えることなく、むしろ生育が旺盛で長年生き続けている場合が多い。そこへ形質はもともと遺伝的に雑ばくなため、個体変異が多く、それに違った個性をもっている。原因が多岐にわたる異常花粉形成の様相にもそれが出る。そこを見逃したり避けては通れない。

(未完)

V編にはマキ科、クマツヅラ科、ツバキ科の異常花粉、異常花粉の強酸、強アルカリ溶液耐性、異常花粉と植物分類を述べて完結する予定である。