

生徒の研究論文

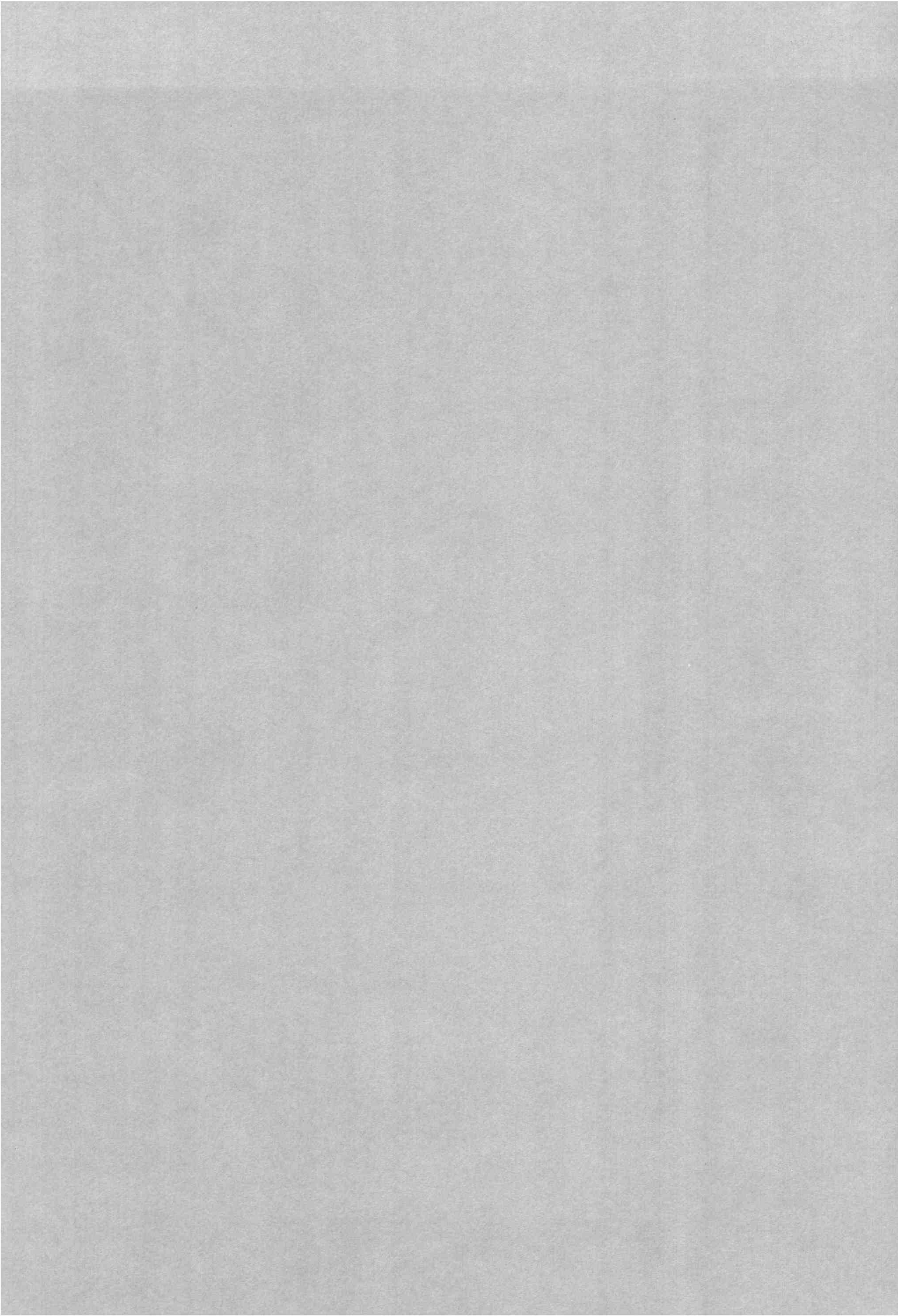
岡山県立岡山朝日高等学校

〒703-8278 岡山市古京町2-2-21

—岡山朝日研究紀要第23号—

別冊付録

2002年3月



身近な雑草の利用と管理

3年C組 阪本 綾子 西崎有佳子 田渕あゆみ 最上香織
大島健太郎

はじめに

「環境科学」の授業で身近な生物的自然と人との係わりについて学習することになり、最も身近な自然である校庭の雑草群落を利用して、実習と実験を行った。それを通して身近な自然を理解し、地球規模の環境問題により深い関心と理解を深めることをねらいとした。授業は、3単位で環境科学Cの選択者の5名で取り組んだ。その結果をここにまとめて紹介する。校庭の雑草群落の植生調査や踏付け実験などを行い、調査・実験結果はコンピュータを利用してデータの整理と分析を行った。

方 法

1. 植物名調べ

インターネットの利用：地球規模の環境問題についてインターネットを利用して調べた。植物名とその特徴は、<http://had0.big.ous.ac.jp/~hada/plantsdic/zatugakujiten.htm>を利用して理解した。

2. 雑草群落の植生調査

雑草群落に、1 m×1 mの方形区を取り、その中に出現する植物の被度（植物が地面を被う割合）と植物体が地上部に占める体積を測定した。植生の季節的な変動は、4から7月まで1ヶ月ごとに定期的に植生調査をした。バイオマス調査は、群落中に20cm×20cmの方形枠を設定し、枠内の植物体の地上部を刈り取り、地下部は掘り起こして根を水洗いした。それぞれの植物体は、乾燥器で恒量になるまで乾燥し、それらの乾燥重量を測定した。図1は、植生調査の風景である。

3. 植生管理の実験

管理方法を変えたとき、雑草群落がどのように違ってくるかを比較した。管理方法は次のよう



図1 植生調査



図2 ローラー圧迫処理

に5種類を設定した。刈り取り区：4月末と5月末の2回の草刈りを行った。踏みつけ区：1日おきに週当たり3回の植生全面の踏みつけを行った。ローラー圧迫区：1日おきに週当たり3回の植生全面の圧迫（50kg）を行った。除草剤区：4月末に1回の除草剤（ラウンドアップ）の散布を行った。対照区：そのままの状態で放置した。図2は、ローラー実験区を圧迫処理している様子である。

4. 身近な自然への意識調査

高校生の身近な自然や雑草への知識とイメージをアンケート調査した。3年生の生物選択者200名を対象にして行った。

5. コンピュータの利用

植生調査や実験の結果は、表計算ソフト「Excel」を利用して整理した（図3）。まず、調査区域ごとに植物名とその被度を入力し、雑草群落の出現種の組成表を作った。次に仲間の植物を探し出してグループ分けして、総合常在度表を作った。また、測定した地上部と地下部のバイオマス（植物体量）からはグラフを作成し、T/R比（地上部／地下部）を求めて、季節的な植物の成長や実験処理による群落の変化を追跡した。さらに、研究発表会では、パワーポイントを利用して、プレゼンテーションを行った。



図3 コンピュータの利用

ここで、常在度表の作り方を説明しておく。まず、植生調査の被度（植物が地表面を覆っている割合の階級値、5：75%以上、4：50%～75%、3：25%～50%、2：10%～25%、1：10%以下、+：1%以下を表す）を調査区画ごとにエクセルに入力し、種組成表をつくる。調査で得られた32区画の植物と調査区を並べ替えて、群落の仲間を探しグループ分けをする。そのグループの中で、ある植物が何%出現したか、その出現頻度を求める。ローマ数字のVは、出現頻度が80%以上であることを表す。さらに、60%以上はⅣ、40%以上はⅢ、20%以上がⅡ、20%以下がⅠと表す。またローマ文字の右下に小さい数字（+～5）で被度の範囲を表す。つまり、 V_{3-5} というのは、出現頻度は80%以上で、被度は25%～50%の調査区もあれば、75%以上の調査区もあることを示している。

結果と考察

1. 植生調査

利用されなくなったバレーコート跡地（30m×30m）で、35区画の植生調査を行った。4月末には、オオバコ・シロツメクサ・アカミタンポポ・ヒメジョオン・ヨモギ・カラスノエンドウなどが優占し、27種が生育した。群落は4つの植生単位に分類された。それは、踏みつけの程度と関係して成立していた。土の硬さが硬いところには、オオバコ・シロツメクサが優占し、柔らかいところにはカラスノエンドウが優占する群落となっていた。

5月の植生調査結果は、表1に作成した総合常在度表である。出現した32種からは群落Ⅰ～群落Ⅴの5つの植生単位が区分された。4月と比べて5月には、新たにヤブマメ・ヤブガラシ・ヤブマオを識別種とする群落Ⅴが発達した。この群落の植物は、踏みつけのない土の軟らかい場所で生育する種と考えられた。7月になると、オヒシバ・メヒシバ・エノコログサなどの夏草が混生し始め、植生は季節的に変化した。



図4 実験区（1m×10m）の踏付け処理

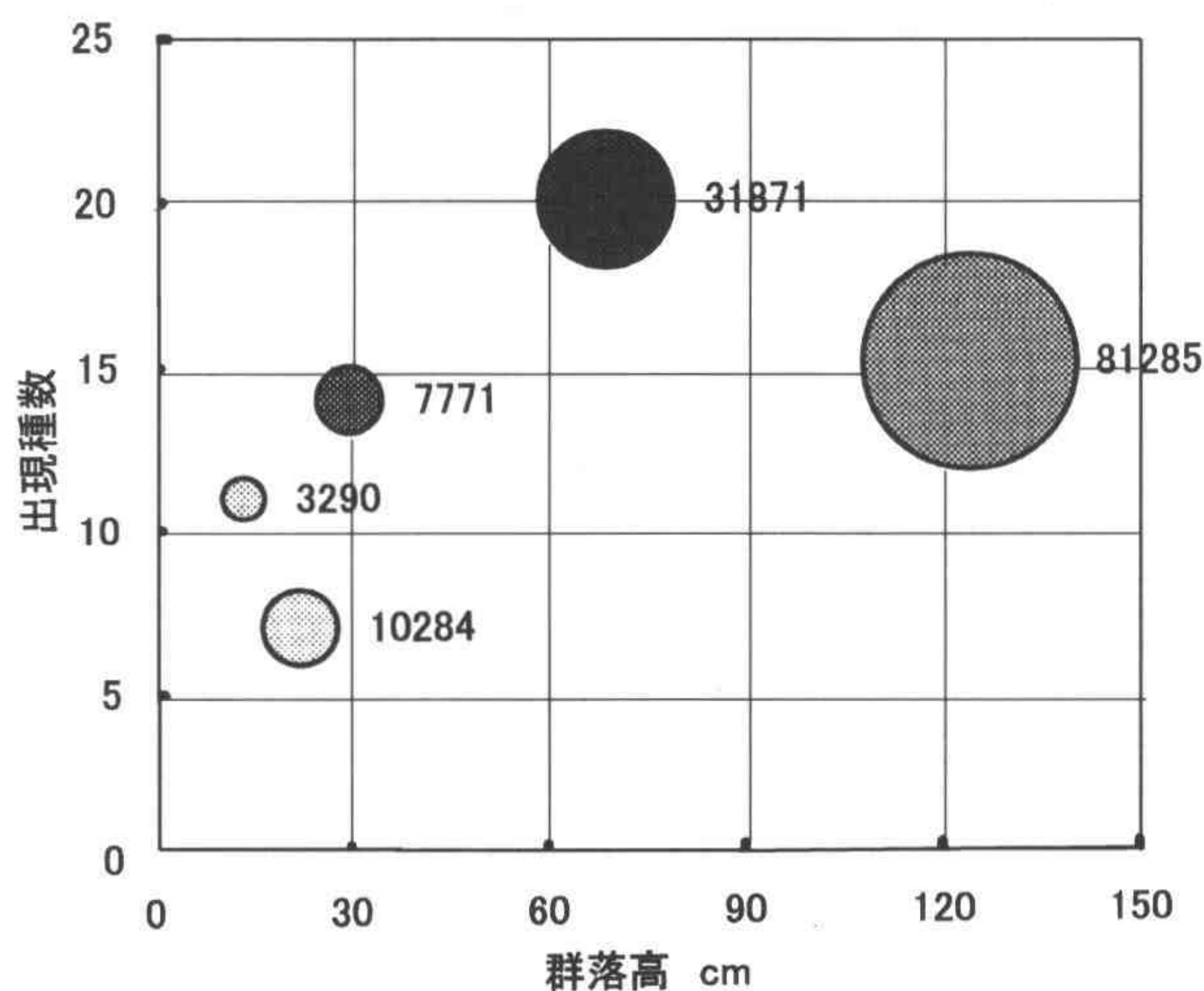


図5 実験区の植生
円の面積は植物が地上部に占める空間の体積（×10²cm³）を表す。

1) 実験区の植生

4月末から7月上旬までの約2.5ヶ月間で実験処理をした。図4は、踏み付け区を足踏みで踏み付けているところである。1つの実験区は、1m×10mの区画とした。

実験群落には図5に示す違いが生じた。対照区は群落高125cm、出現種数15種で、地上部の植物体積は81285×10²cm³であった。除草剤散布により、植物体積は31871×10²cm³と減少したが、出現種数は20種に増加した。一方、刈り取り区では出現種数には変化がないが、群落高が低くなり、植物体積は7771×10²cm³に抑制された。踏みつけ区では出現種数が7種に減少し、群落高が低くなり、植物体積は10284×10²cm³に抑制された。ローラー区では出現種数は11種に減少し、群落高が低くなり、植物体積は3290×10²cm³と最低になった。

表2には、実験区の7月の植生を3m²当たりの植物体量で示した。

表 1. 植生調査 5 月末の総合常在度表

植生単位	群落 I	群落 II	群落 III	群落 IV	群落 V
調査区数	5	7	10	7	6
植被率 %	56 ± 49	99 ± 2	82 ± 23	71 ± 38	51 ± 46
群落高 cm	9 ± 6	19 ± 7	35 ± 23	25 ± 20	21 ± 11
出現種数	4 ± 1	8 ± 2	6 ± 2	4 ± 1	5 ± 3
土の硬さ mm 貫入深	21 ± 3	19 ± 4	16 ± 6	17 ± 4	11 ± 7
1 オオバコ	V 1~4	V 1~5	II 1~2		
2 アカミタンポポ	III +~2	I 1	II 1~2		
3 シロツメクサ	IV 1~4	V 3~5	I 1	V +~5	
4 スズメノカタビラ	IV +~5	IV +~5	III +~1	V +~5	
5 イヌガラシ	II +	III +~3	II +~3	II +~1	
6 マメグンバイナズナ		IV +~5	I 3	II +~4	
7 ヒメジョオン		V 1~5	IV 1~3	III 2~3	I 2
8 ヨモギ		III +~5	V 1~5	II 1~2	IV 1~5
9 セイタカアワダチソウ		I 1	V +~4	III +~1	II 1~2
10 クサイ		III 2~3			
11 トキワハゼ		III +~3			
12 オオアレチノギク		III +~1		I +	
13 ヒロハホウキギク		I +			
14 カンサイタンポポ		I 5			
15 カタバミ			I 1		
16 カラスノエンドウ			I +		
17 オオイヌノフグリ			I +		
18 ヤブマメ			II 1~2		V 1~2
19 ヤブガラシ					V 1~2
20 ヒナタイノコズチ					III 1
21 ヤブマオ					II 2~4
22 ヘクソカズラ					II 1
23 ツユクサ					II +~1
24 ハルガヤ		III +~2	II 1~3		III 1~4
25 アメリカフウロ		I	II +~1		I +
26 コメツブツメクサ		I +	I 3		
27 キュウリグサ		I +	I +		
28 ヤブジラミ			I 1		I 1
29 オドリコソウ			I 1		I 1
30 タチイヌノフグリ					I 1
31 カキドオシ	II +		I 1		I 1
32 イネ科	IV +~2		I 2	I 5	II 1~2

I ~ V のローマ数字は、群落 I ~ V の中のそれぞれの常在度を表す。出現頻度が 80 % 以上は常在度 V、60 % 以上は常在度 IV、40 % 以上は常在度 III、20 % 以上は常在度 II、それ以下は常在度 I とした。+ ~ 5 の数字は被度範囲を表す。

表2. 実験区7月の植物占有空間の比較 ($\times 10^2 \text{cm}^3$)

実験区	対照区	刈り取り区	踏みつけ区	ローラー区	除草剤区	
植被率 %	100	95	77	67	98	
群落高 cm	125	31	23	14	70	
出現種数	15	14	7	11	20	
土壌硬度 (mm貫入深)	10	10	17	25	12	合計
1 ヨモギ	23325	1990	6040	1000	40	32395
2 ヒメジョオン	22000	580	2050	250		24880
3 ヤブマメ	2450	212	400		1800	4862
4 ヤブマオ	14450	13			7200	21663
5 セイタカアワダチソウ	13340	2590		305	2444	18679
6 ヤブガラシ	4100				2632	6732
7 エノコログサ	900	53			7635	8588
8 ヘクソカズラ	250	22			185	457
9 ツユクサ	125	15			2880	3020
10 カキドオシ	90	12	300	305		707
11 アメリカセンダングサ	75	950		160	2465	3650
12 ヒナタイノコズチ	60	200			2000	2260
13 カタバミ	60	405	383	250		1098
14 キツネノマゴ	50	640	456		430	1576
15 シロツメクサ	10		655	480	20	1165
16 エノキグサ				30	1035	1065
17 イヌビエ					500	500
18 オオバコ		90		300		390
19 メヒシバ					350	350
20 イヌタデ					150	150
21 アカミタンポポ				120		120
22 コニシキソウ				90	10	100
23 イヌガラシ					55	55
24 クグガヤツリ					35	35
25 オオイヌノフグリ					5	5
合計値 ($\times 10^2 \text{cm}^3$)	81285	7771	10284	3290	31871	134500

植物の種類ごとに植被率と高さを測定し、それらの積を求め合計した数値で示している。対照区ではヨモギ・ヒメジョオン・ヤブマオ・セイタカアワダチソウが優占した。

草刈りでは、消滅する種は見られなかった。踏みつけでは、刈り取りほどの植物体量の抑制はなかったが、出現種数が減少した。ヤブマオ・セイタカアワダチソウなどの植物は生育しなかった。土壌硬度も17mm貫入深とやや硬くなった。ローラー処理では最も植物の生育が抑制された。物理的圧力に弱い植物は生育できなくなり、シロツメクサやオオバコといった踏みつけにも強い植物が目立つようになった。土の硬さが25mm貫入深と最も硬くなっていたので、物理的圧力に加えて土壌硬度の変化も植物の生育に影響を与えたと考えられた。

除草剤を撒くと、一時的に植物は枯れ、雑草の生育は抑制されたが、枯れた植物の処理をしないと汚らしい印象を与えた。また、除草剤の効果は2ヶ月は続かず、散布後2ヶ月すると植被率は対照区と同じ程度に回復し、群落高は70cm（回復率56%）、植物体積量は対照区の39%に達した。さらに、除草剤散布区では、エノコログサ・ツユクサ・イヌビエ・メヒシバ・アメリカセンダングサ・ヒナタイノコズチ・エノキグサといった植物が対照区よりも優占して生育するようになった。これらのうちには、対照区では見られないものがあり、除草剤は群落の種組成に影響を与えていることがわかった。

雑草群落を放置すると、美観が悪くなり踏み込むことを避けたいような状態に達することがわかった。これは校庭の緑地としてふさわしいか、自然と環境管理という観点から考察した。刈り

取りでは、刈り取りの労働と刈り取った植物体の処分が必要となる。ゴミの増加はマイナス要因である。刈り取った草を焼却するために、さらにエネルギーを消費するだろう。しかし、刈り取りによって生育種は変化しないので、自然の保全には適切と考えられる。除草剤による管理は、繰り返し除草剤を散布する必要がある、多量の農薬の使用は植生に与える効果だけではなく、他の動物やヒトの生活環境への影響が心配される。踏みつけやローラーによる管理は、生育種の減少を来たすが、植生を群落高の低い踏み込み易い緑地に変えることができる。踏みつけは定期的に行う必要があり、少人数ではかなりしんどいが、学校のように多くの生徒がいて、その協力がある場合には有効な方法と考えられる。ローラー圧迫法は、平地における緑地の管理方法としては、ゴミが出ることもなく、美観も損なわず、雑草を管理できるので、優れた管理方法であると思う。

2. バイオマスの変化

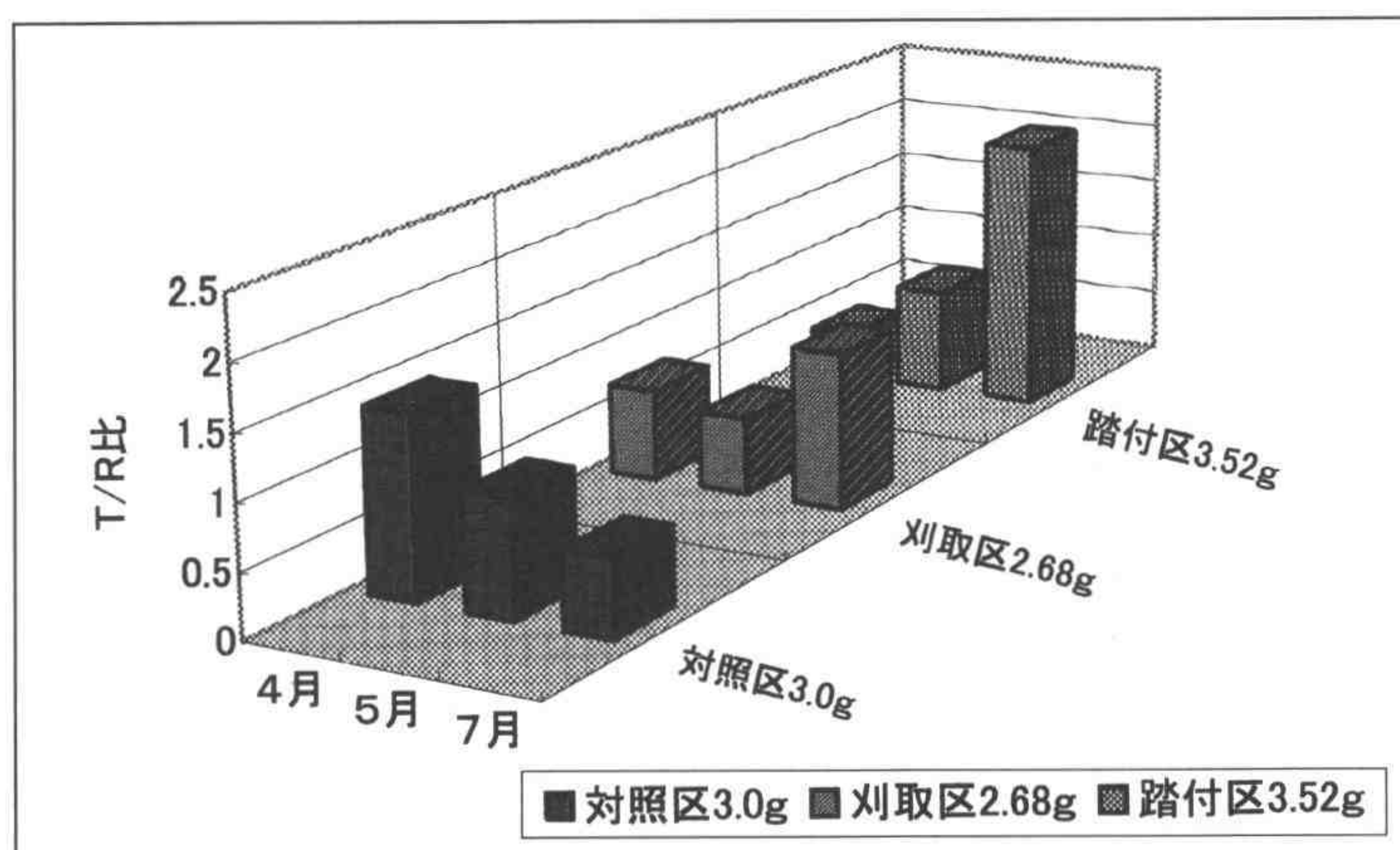


図6 オオバコのT/R比の変化：
100cm²当たりの植物体の乾燥重量（g）を示す

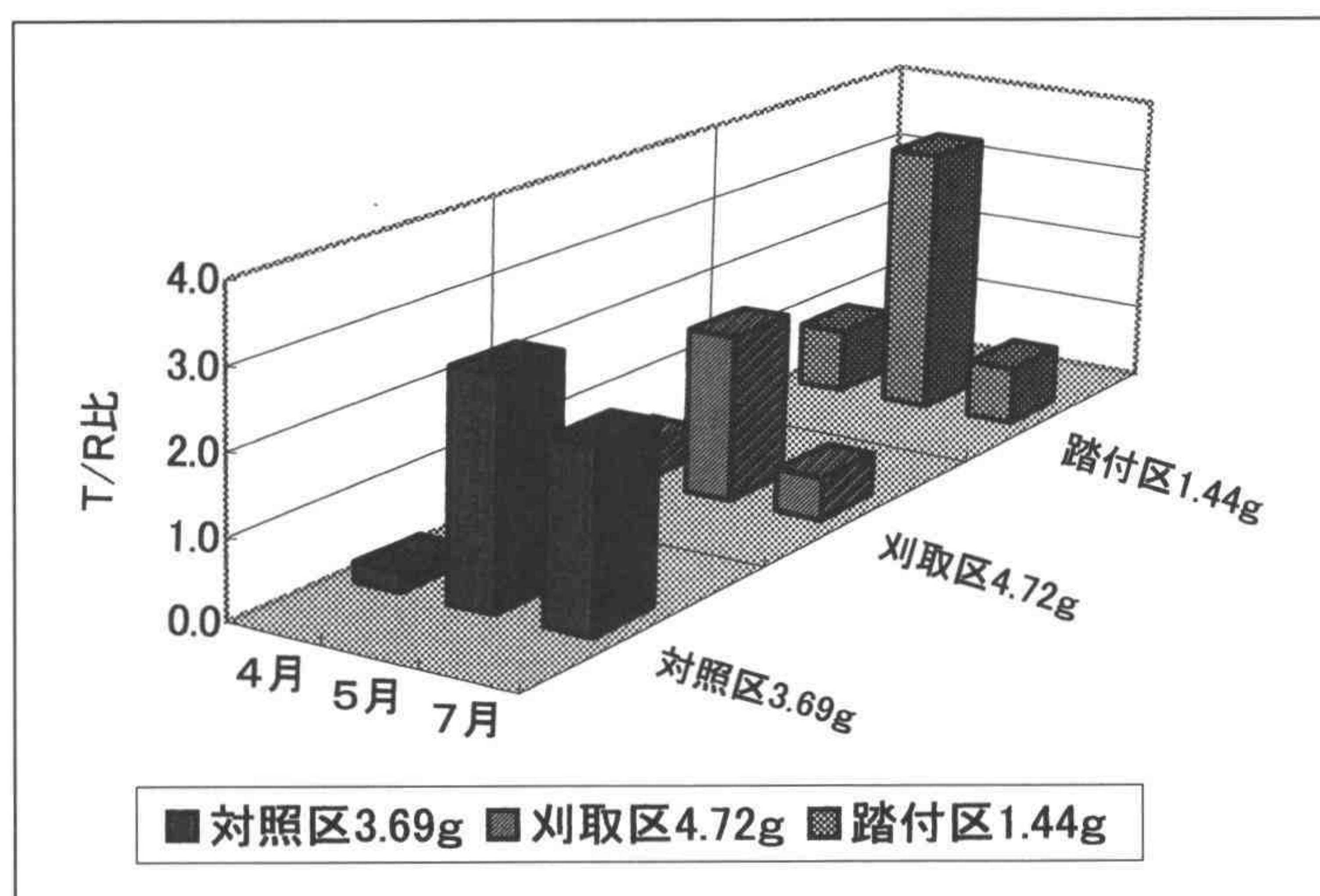


図7 シロツメクサのT/R比の変化（100cm²）
100cm²当たりの植物体の乾燥重量（g）を示す

踏みつけのある場所に発達するオオバコ群落とシロツメクサ群落において、踏みつけ実験をした。踏みつけをしない群落では、踏み付けた群落よりも群落高は全体に高くなった。

100cm²あたりの植物体の乾燥重量を測定し、そのT/R比（地上部/地下部）の変動を調べた。オオバコ（図6）は、背丈が高くなる対照群落ではT/R比が低下した。しかし、刈り取りや踏みつけがあるとT/R比が高くなった。踏みつけ区では7月に植物体量は3.52g/100cm²で、T/R比は2.2となり地上部が発達した。このように、オオバコは踏みつけに強い植物であった。オオバコは、群落高の低い光が当る場所で生育しやすく、光が当りにくい被陰される群

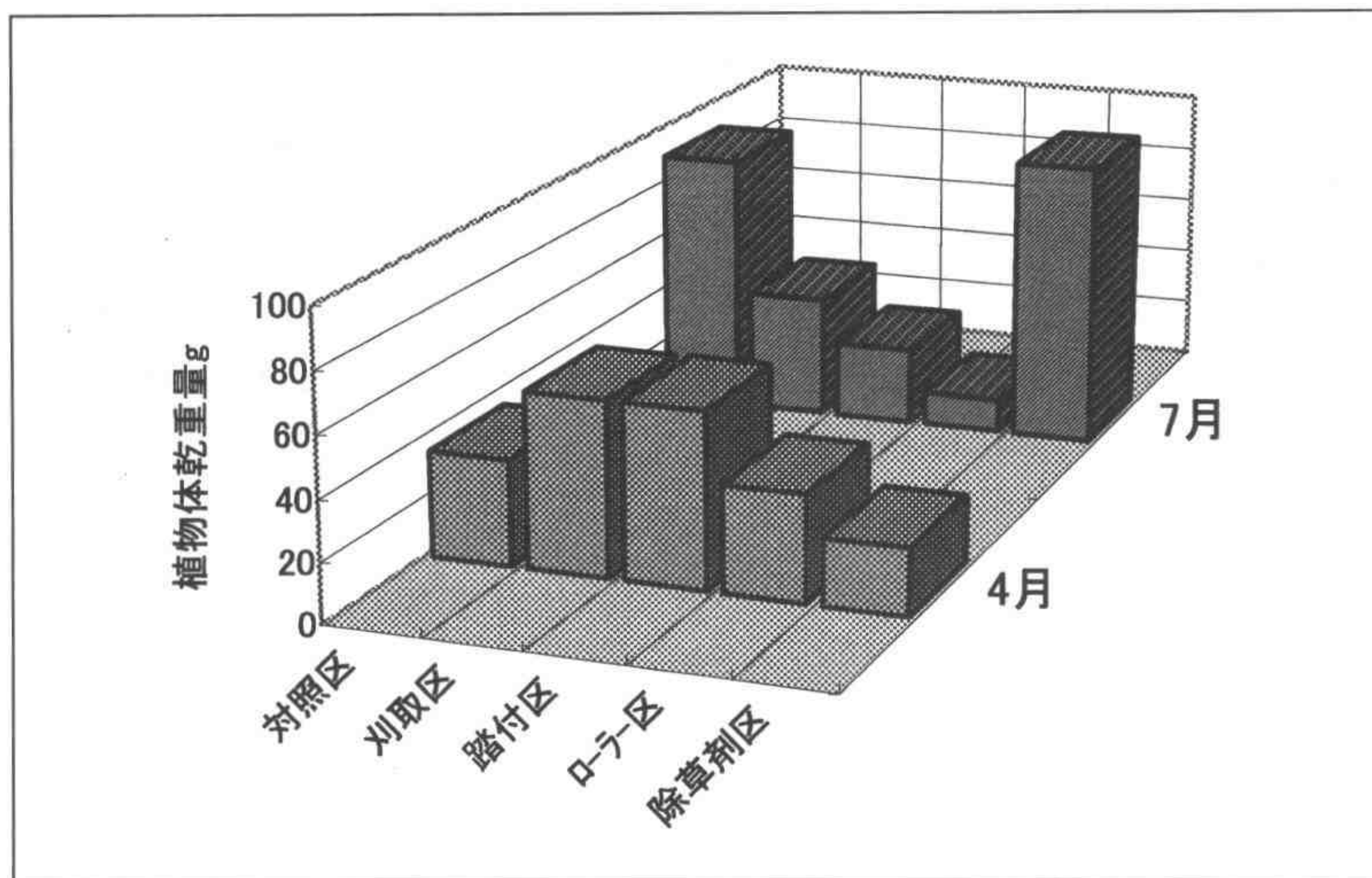


図8 踏み付けのない群落の管理実験

強くないが、刈り取りには耐性があると考えられた。

踏みつけのない群落における実験結果は図8である。対照区では、春から夏の季節変化に伴い群落が発達し、 T/R 比は4月の2.3から7月の3.6に上昇した。7月の植物体乾重量は $90.44\text{g}/400\text{cm}^2$ であった。刈り取り、踏みつけ、ローラー管理した群落では、7月には植物体乾重量は対照区よりも減少し、 T/R 比は踏みつけやローラー処理によって1.0以下に低下した。しかし、除草剤処理区では、植物体乾重量 $98.23\text{g}/400\text{cm}^2$ 、 T/R 比2.0となり、植物体乾重量は対照区より減少しなかった。こうしたことから、雑草群落の繁茂を抑制するには、ローラーによる圧迫管理が最も効果的であることがわかった。

3. アンケート結果

高校生が持っている雑草に対する知識やイメージを調べ、身近な環境のあり方を考えた。アンケート方法を考え、アンケート結果を集計した後、その考察を行った。身近な校庭の雑草群落への生徒が持つイメージや植物への知識をアンケートによって調査した。調査対象は、3年生の生物選択者200名である。

1) よく知っている植物

校庭に見られる代表的な10種類の植物をとり上げた。そして、それらを知っている程度を尋ねた(図9)。身近な校庭雑草を知っている程度を次の5段階に区別した。1. 全く知らない、2. 聞いたことがある、3. 見たことがある、4. 他の草と見分けがつく、5. どんどころに生えているか知っている。それぞれの種類について1～5のどれか1つの番号を選択し、それを知っている程度の評価点数とした。各植物の平均点が3点を越えた場合には、実際にその植物は生徒に知られている。4点を越えた場合には確実に生徒に知られていると判断した。

女子は、シロツメクサ・ナズナ・カラスノエンドウ・ヨモギの4種類の植物を識別できる程度に知っていたが、男子ではナズナ1種類しか知らないという結果になった。女子のほうが身近な環境に目を向けているためか、男子は何一つ女子に勝るものはなかった。

落中では地上部の発達が抑制されることが考えられた。

シロツメクサ(図7)では、7月に T/R 比は対照区の2.2に対し踏みつけ区で0.8と低い値であった。刈取り区では、植物体量は $4.72\text{g}/100\text{cm}^2$ となり対照区よりも多くなった。こうしたことから、シロツメクサは踏みつけには

みんながある程度知っていると思われるのは、オオイヌノフグリ・オオバコを含めて6種類までと考えられた。花粉症で悪名高いセイタカアワダチソウは「聞いたこともない植物（1.7）」であるという調査結果から、現在の高校生と身近な自然との間にある距離を感じた。また男女の得点差が最も大きかったのは、春に小さな花を咲かせるオオイヌノフグリであった。男子にも、小さな自然に目を向けてもらいたいと思った。

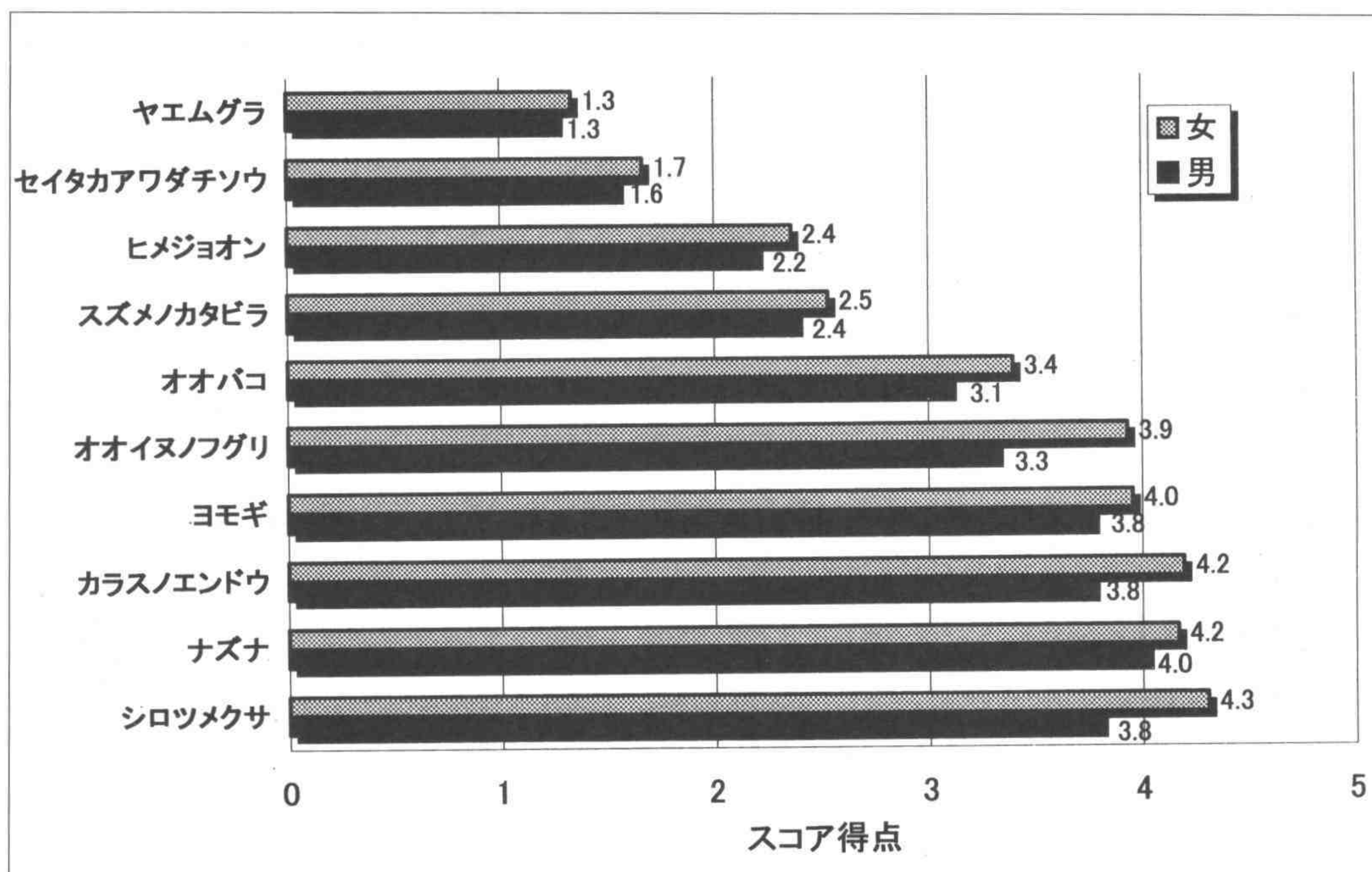


図9 知っている知らない雑草

2) 緑地の管理方法

雑草に対してどのようなイメージを持っているかと尋ねた。「生えるのは当然である」と回答した生徒が68%で男女に差がなかった。また、「害草であるから生えてはならない」と回答した生徒は全くいなかった。女子で「美観を損なう」と回答した人は男子に比べて回答率が多いといっても、わずか6%にすぎなかった。

次に校庭の雑草群落への意識を尋ねた（図10）。アンケートの回答は、それぞれの図中に示した5項目の選択肢から1つを選ぶ方式にした。「校庭に雑草があってはならない」・「好ましくない」と考えている生徒は、植物名をあまり知らない男子で6%以下だが、「日頃からあまり気にしていない」と回答した生徒は38%になった。これは私たちの生活の中で自然がどんどんなくなって、自然と接する機会も減っているため、雑草について無関心になって、嫌いだという人が増えているのだと思った。しかし、大多数の生徒は、雑草群落を許容し、さらに緑地としての存在価値を積極的に認めていた。そして、女子のほうがより積極的に評価していた。

雑草の管理方法を尋ねた（図11）。「除草剤による管理」を認めているのは9%以下であった。また、「草が生えないようにコンクリートにする」という意見も非常に少なかった。次に、「草刈

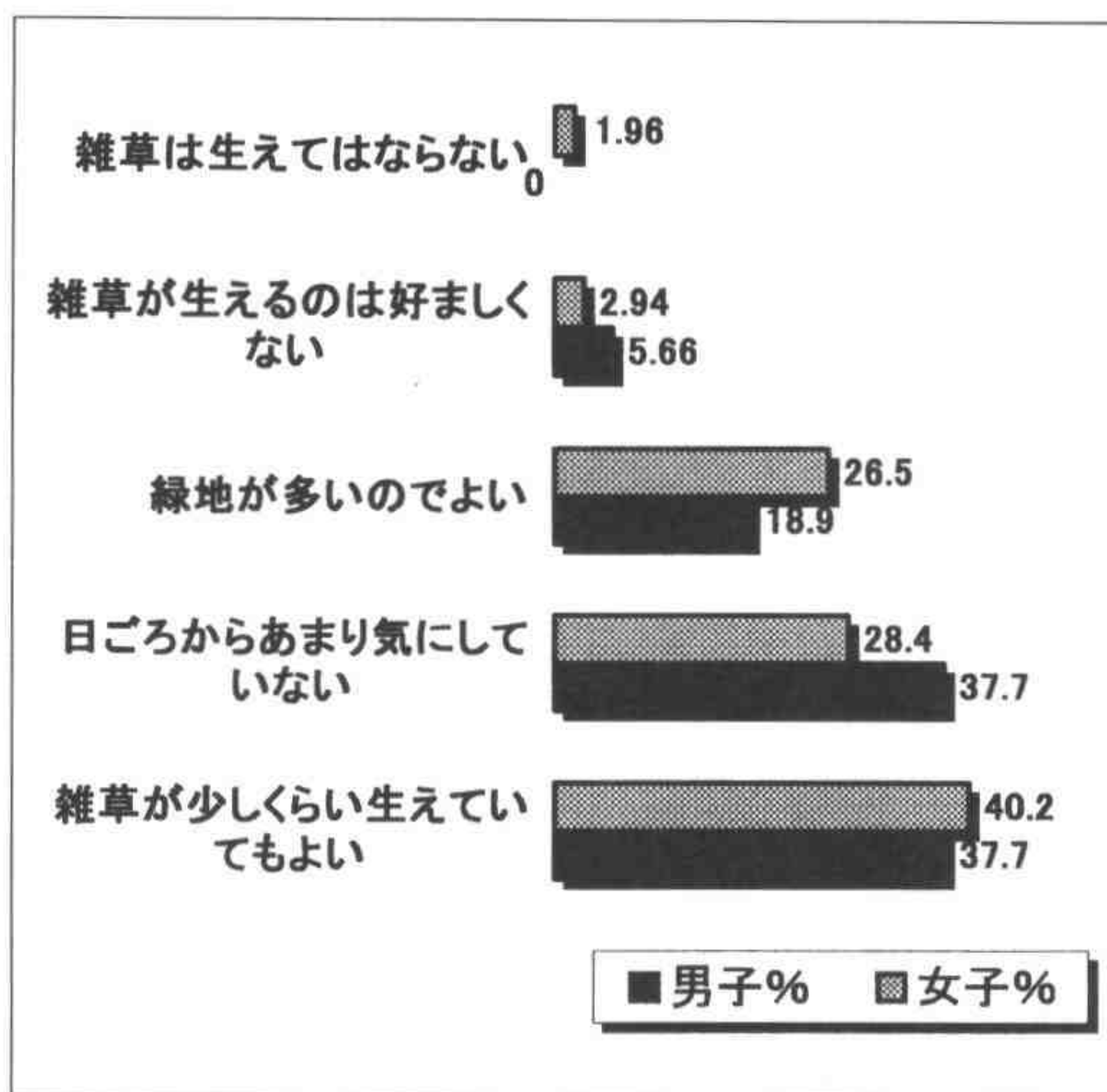


図10 校庭に雑草が生える草が多いことをどう思いますか。

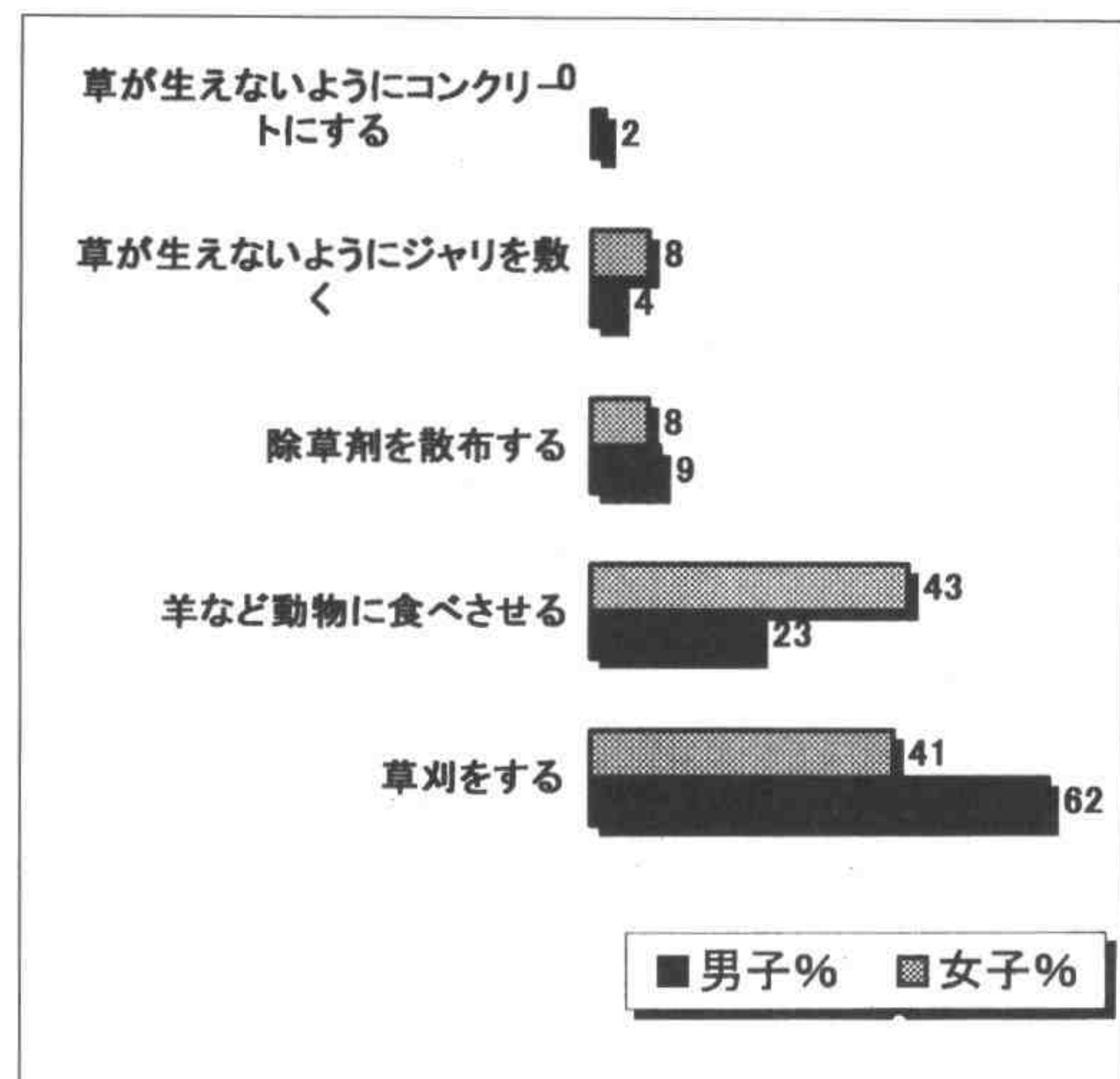


図11 除草の方法として望ましいのはどれですか。

りをする」・「動物に食べさせる」で84%を超えた。男子は元気よく草刈りをする一方で、女子は動物に草を食べさせ、あわせて癒されるのかもしれない。動物に食べさせるというのは、除草にあわせて動物を育てることにもなるので、環境に優しい方法だと思った。生徒の生活と活動の場である校庭、その緑地環境をどのような方法で管理するのか、生徒の皆は敏感に反応していると考えられた。環境教育の場は、最も身近な校庭にあった。

3) 好ましい緑地環境

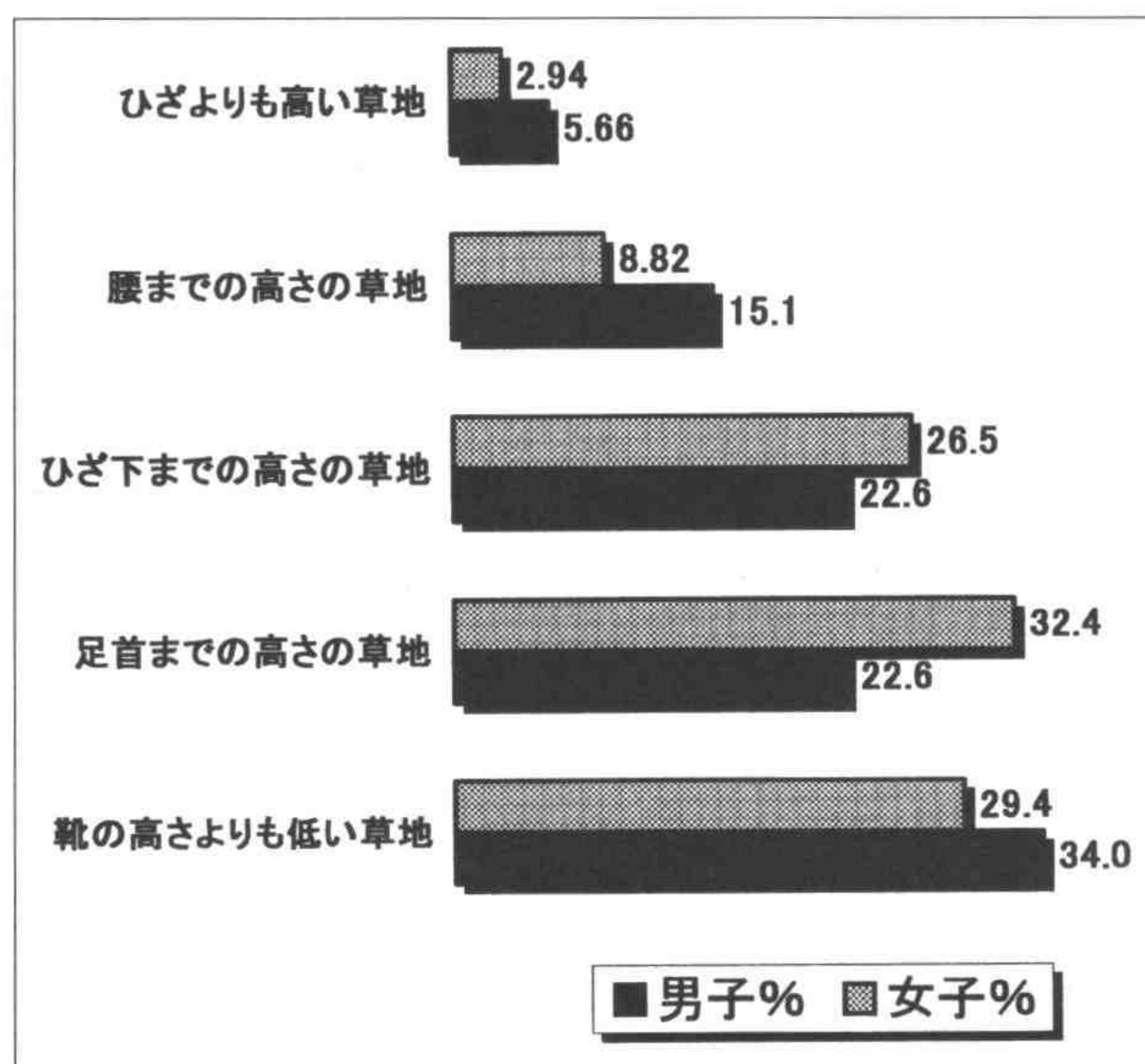


図12 入っても良いと思う草地を選んで下さい。

立ち入ってもよいと答えた群落は、草丈がおおよそ膝下の群落であった。膝下までであれば、88%の女子は許容した。しかし、女子の23%は「草地には虫がいるので嫌いである」と答えている。このことから、女子は雑草よりも草地にいる虫のほうを嫌っているようだ。草地で遊ぶならどのような草地がよいかと尋ねると、「レンゲの草地(女子32%)」・「シロツメクサの草地(女子21%)」である。「芝の草地」には男子70%、女子42%が遊んでもよいと回答した。女子は花を好む傾向であった。また、入ってもよい雑草群落の高さは、女子

が足首まで、男子が靴の高さより低い草地を多くが選んでいた。この結果は、「遊ぶならどのような草地がよいか」という質問でみんなが回答した群落の高さと同じ高さで、女子は花で遊び、男子は芝生でサッカーをして遊ぶことをイメージしているようだった。

まとめ

雑草を利用し、管理していくためには踏付け法や、ローラー圧迫法が好ましいと思う。まず、アンケートでみんなが除草の方法として望ましくないと答えた除草剤の使用は、虫がいなくなるし、雑草群落の構造が変わってしまうなど環境への影響が心配されるため、やはり除草剤の使用は好ましくなかった。刈り取りは、環境への影響がほとんどなく、作業も月に一回でよいので、わりと有効な方法であると思うが、刈り取った後の草の処理にお金がかかり大変である。踏付けは雑草の利用と管理においては望ましい方法だが、少人数で行うのは実際やってみてとても大変だったので、多くの人数でできる場合には良い方法である。少人数の場合はローラー圧迫法がいいと思う。これらの処理によって、みんなが好む雑草群落の草丈を保つことができるからである。さらに、踏付けなどで雑草とのふれあいの場ができ、環境への関心も高まると思うので、やはり踏付け・ローラー圧迫法が雑草管理において望ましい方法だと考える。

校庭の雑草管理ではなく、観光地となっている高原の半自然草原の維持では、帰化植物のヒメジョオンの繁殖や森林化によって草原景観の喪失が問題となっているため、ヒメジョオンの引き抜き作業や、遷移進行を速める木本植物の刈り取りが行われている。しかし、これらの作業は必ずしも意見が一致しておらず、草原維持も自然にまかせるべきだという意見も根強く残っているようだ（大澤 2001）。

現在多くの植物保護が行われているが、今回私たちが行った校庭の雑草群落の保護を行っているという事例を本などで見たことがない。観光地の保護も大切だが、身近な環境保護をもっとしていくべきだと思う。

おわりに、この研究の内容は環境科学の授業で研究した5人の仲間達のそれぞれの分担した研究をまとめたものである。たまたま筆者（阪本）がその任に当たったが、その役割を与えてくれたことに感謝する。環境科学をご指導いただき、論文をまとめるに当っては丁寧なアドバイスと援助をして下さった高橋和成先生に感謝の意を表す。

参考文献

大澤雅彦監修 2001. (財) 日本自然保護協会編. 生態学からみた身近な植物群落の保護 p 132、p 146. 講談社サイエンティフィク. 東京.

第32回日本サイエンス・ジャンボリー青森大会 金賞
第45回日本学生科学賞 入選 1 等受賞作品

変形菌が好きなのは針葉樹 or 広葉樹 ～腐朽木に発生する変形菌の生態を探る～

岡山県立岡山朝日高等学校 生物部

2 年G組 川端 洋輔 B組 難波 壮 3 年H組 和田麻衣子
指導教諭 高橋 和成

Summery

An uncommon and wonderful living thing that was growing on decayed wood in the breeding box of beetles led to our investigation. In forests we have been carrying out field survey about the ecology of the living things, Myxomycetes. Generally, they are usually small size below several millimeters high and grow on the fallen wood. So we surveyed the fruiting bodies of Myxomycetes on different kinds of the decaying wood in forests. We observed 231 colonies of the fruiting bodies and classified to nine taxonomy groups. We found out that they occurred on fallen wood, relating to the decaying state of wood, and they preferred deciduous wood to coniferous wood.

In order to investigate the growing environment of Myxomycetes, we observed the internal structure of the decaying wood by microscope. Then, the decaying state of wood was verified physically. It was found out that appearance of Myxomycetes depended on the hardness of wood. The hard wood and the soft wood raised only limited kinds on them respectively. Many of the taxonomy appeared on moderate decaying wood with the range from 18 millimeters depth to 24 millimeters depth, which was measured by soil hardness tester. Furthermore, the chemical investigation showed that the quantity of chemical substances accumulated in the wood and its pH had effects on the growth of Myxomycetes. Through cultivation of fungi in the decaying wood, it was also shown that the fungi influenced the growth of Myxomycetes on the decaying wood.

The ecology of Myxomycetes has not been known well yet. This study is very fundamental finding. The investigation on the growing environment of Myxomycetes will be useful from now on.

動機と目的

クワガタムシの飼育箱の中に入れていた朽ち木に見たこともない生物がついていた。先生に聞いてみたところ、それは変形菌だということだった。変形菌は、一般の人にはあまり知られておらず、キノコやカビと誤解されることが多い。また、小さな生物であるために見逃してしまいがちである。しかし、変形菌は身近な生物である。学校でも変形菌の一種であるモジホコリの変形体を使って原形質流動の観察を行う。私達は、ルーペで見たとき、その形と色の美しさに驚き、感動し、興味を持ったことから、生態について詳しく調べてみることにした。

変形菌は単細胞生物から多細胞生物への進化における中間生物とも考えられる不思議な生物である。まず、胞子が発芽し、発生したアメーバは、細胞分裂して増殖する。性の異なるアメーバ同士が接合し、変形体を形成する。アメーバや変形体は、細菌を捕食したり、栄養物質を吸収したりする。変形体からは、子実体が形成される。子実体は数mmから数cm程度の大きさである。子実体につくられた多数の胞子からは、また新たなアメーバが発生する(図1)。こうした変身をすることから、変形菌は森の妖精と呼ばれる。

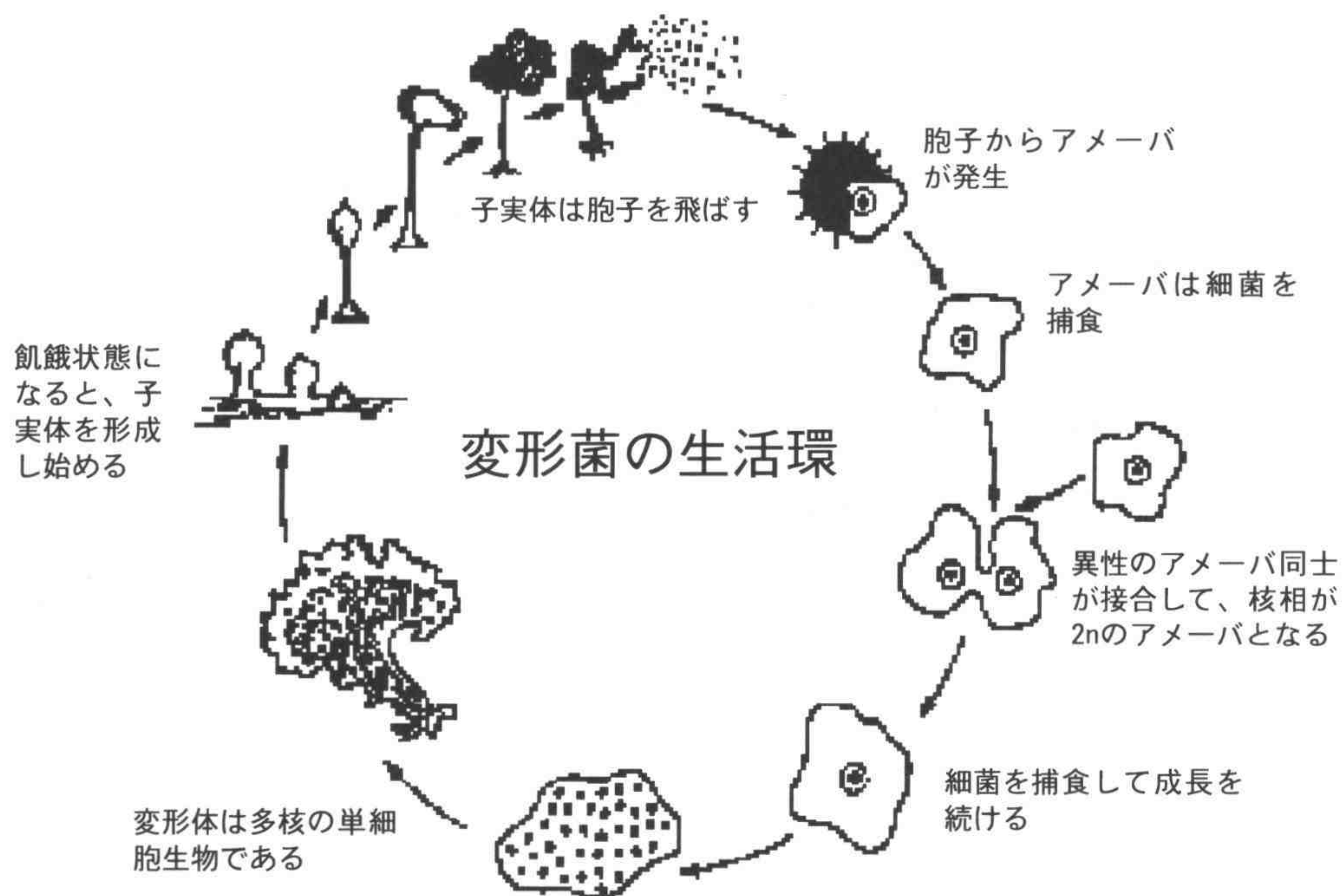


図1 変形菌の生活環

変形菌は一般に、倒木上に発生するものが多い。倒木は、カビ、キノコ、そして様々な動物たちのすみかとなり、次第に腐朽する。私たちは、変形菌が針葉樹と落葉広葉樹のどちらの倒木を好むのか、また、どのくらい腐朽した倒木を好むのかなどについて調べることにした。研究にあたって、次の仮説を立てた。

- 仮説 ①変形菌の発生は、針葉樹と広葉樹で種類が異なる。
②変形菌の発生は、倒木の腐朽程度に関係がある。

研究方法

I. 調査時期と調査地

研究の始めとして、私達は青森県大畑町薬研のヒバ林で変形菌の生態調査をした。この森林には針葉樹のヒバやスギ、また広葉樹のブナ・ミズナラが混生しており、林床にはそれらの倒木がみられた。この森林で、変形菌の樹種の選択性を調査した(2001年8月2日)。

また、岡山県新見市の羅生門でアカマツ倒木に発生する変形菌と、材の腐朽との関係を調査した(2001年8月16日)。図2Aは、アカマツ倒木上に発生した変形菌を探しているところである。

II. 野外調査

1. 変形菌の同定

林内で、直径約10cm以上の倒木上に発生した変形菌を探した。観察した変形菌には番号を付け、その属名をルーペで観察して決めた。各種類の標本と野外で同定できない標本は、ナイフで採取し、証拠標本として紙製の標本箱に貼り付けて持ち帰った(図2B)。

標本にした変形菌の子実体は、実体顕微鏡で観察し、図鑑(萩原・山本・伊沢, 1995)を使って属名までを調べ、整理した。

2. 子実体コロニー面積の測定

30cm以上離れていない同種の変形菌の子実体コロニー(図2C)は、同じ変形体から発生した可能性があるので、1つのコロニーとしてその長経と短経を測り面積求めた。1コロニーごとに、変形菌の属名と、着生した材の硬さを記録した。一回の調査で100コロニー以上を観察した。

3. 材の硬さの測定

倒木の変形菌が着生した部位の硬さを土壌硬度計(山中式)を利用し、mm貫入深単位で測定した(図3)。また、材の硬さと材の腐朽程度を検証するために、変形菌が着生した部位の材と着生が見られなかった材を採取して持ち帰った。



図2-A 変形菌を探す

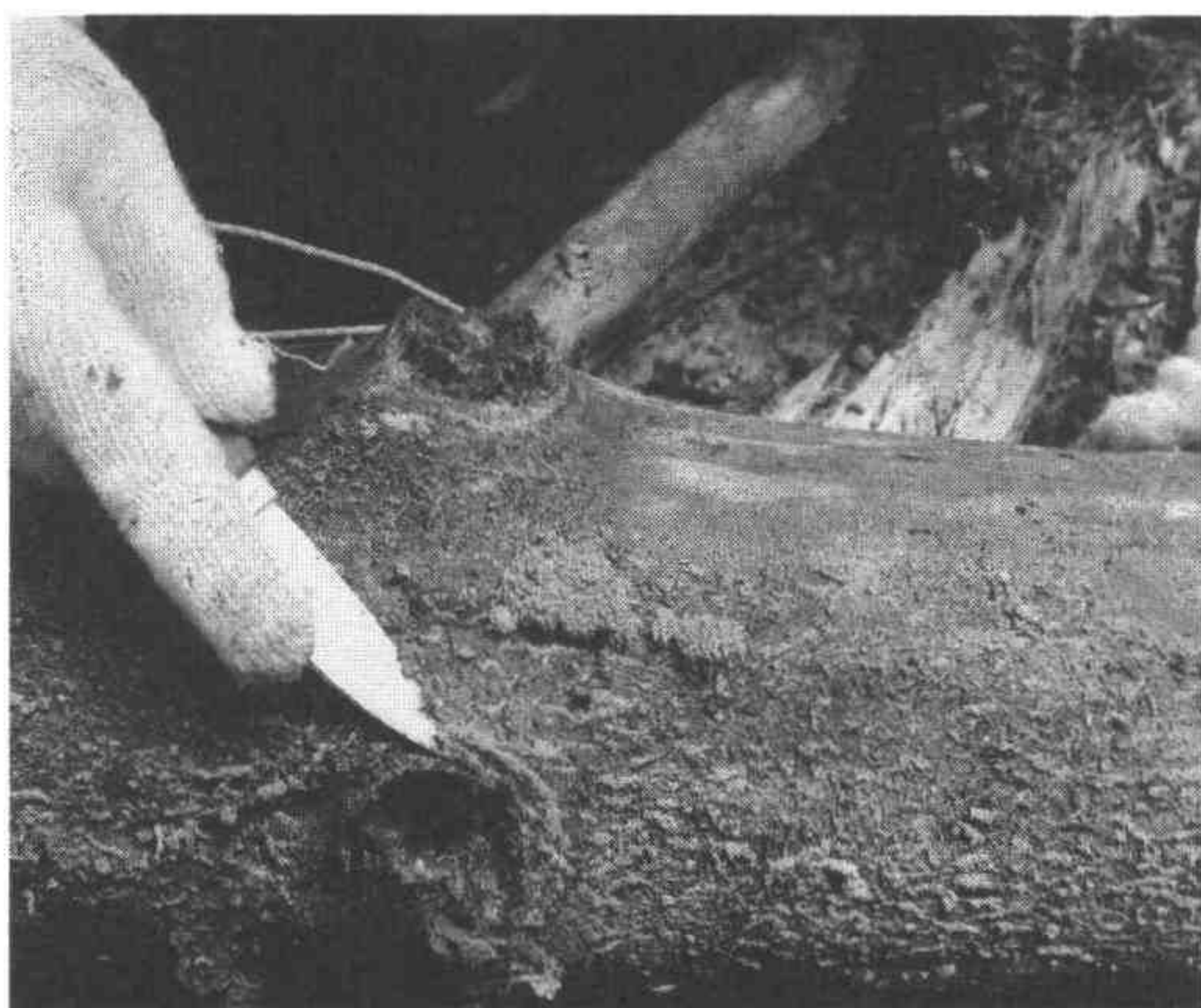


図2-B 変形菌の採取

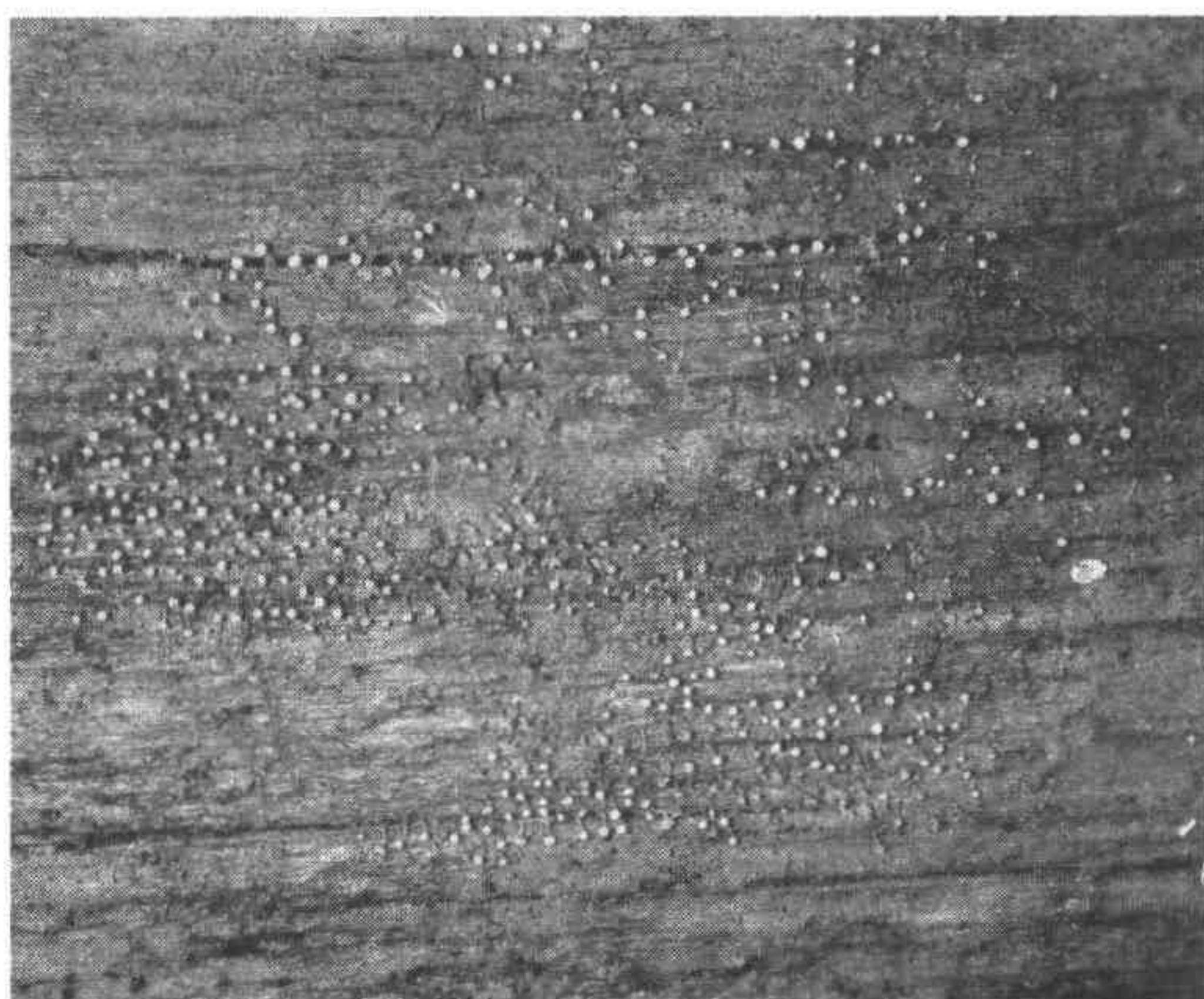


図2-C 1つの子実体コロニー

4. 木材を腐朽させるキノコとの共存

変形菌の発生とキノコなどの木材腐朽菌との関係を調べるために、変形菌の着生部位から50cm範囲内に着生するキノコの有無を記録した(図4)。

5. 照度の測定

変形菌の発生した倒木の着生部位の明るさ(Lux)を照度計で測定した。調査時間は、8月16日の11時から14時の間で、当日の林外の明るさは、11時から1時間おきの平均値が78kLuxであった。

Ⅲ. 腐朽材の顕微鏡観察

1. 材切片の観察

材の腐朽程度を検証するために、材組織の構造を顕微鏡で観察した。材の繊維方向にカミソリで削った薄い切片を作り、1%サフラニン溶液で染色した。プレパラートの作成にあたり、組織内に気泡が残らないようにするために、1滴の100%エタノールを滴下し、その上に洗剤(1%)を混ぜた3%グリセリン溶液を1滴添加した。その後でカバーガラスをかぶせるという方法をとった。観察する組織は仮道管を選び、その腐朽状態を検査し、比較した。プレパラートは、600倍で顕微鏡観察し、組織構造を写真撮影した。

2. 繊維を解繊処理した材の観察

材切片では、十分に組織構造が観察しにくかったので、調べたい材の表層から、試料として木片(5cm長×1cm幅×2mm厚)を採取した。材の小片を40%酢酸液と30%過酸化水素水の等量混合液10mlを入れた試験管に取り、60分間湯煎で煮沸処理した。煮沸後、繊維の結合が解離された薄片をピンセットではぎ取り、1%のサフラニン溶液で染色した。その後、材切片の観察方法と同様にして組織を顕微鏡観察した。

Ⅳ. 腐朽材の強度検査

材の腐朽程度を調べるために、材の薄片を作り、その両端をクリップで挟み、一方を固定し、他方をバネばかりで引っ張った。材が破断された時の引張り強度(g)をバネばかりの目盛りで瞬時に読み取った。材は、5cm長×1cm幅×2mm厚のものを使用した(図5)。

Ⅴ. 腐朽材中の化学成分の検査

1. 水での抽出とpHの測定

腐朽材の硬さの異なる材からそれぞれ5gの材片をとり、小片に破碎した後、20mlの精製水に2時間浸した。抽出液はろ過し、そのpHをpH試験紙(Merk pH4~7)で測定した。



図3 材の硬さを調べる

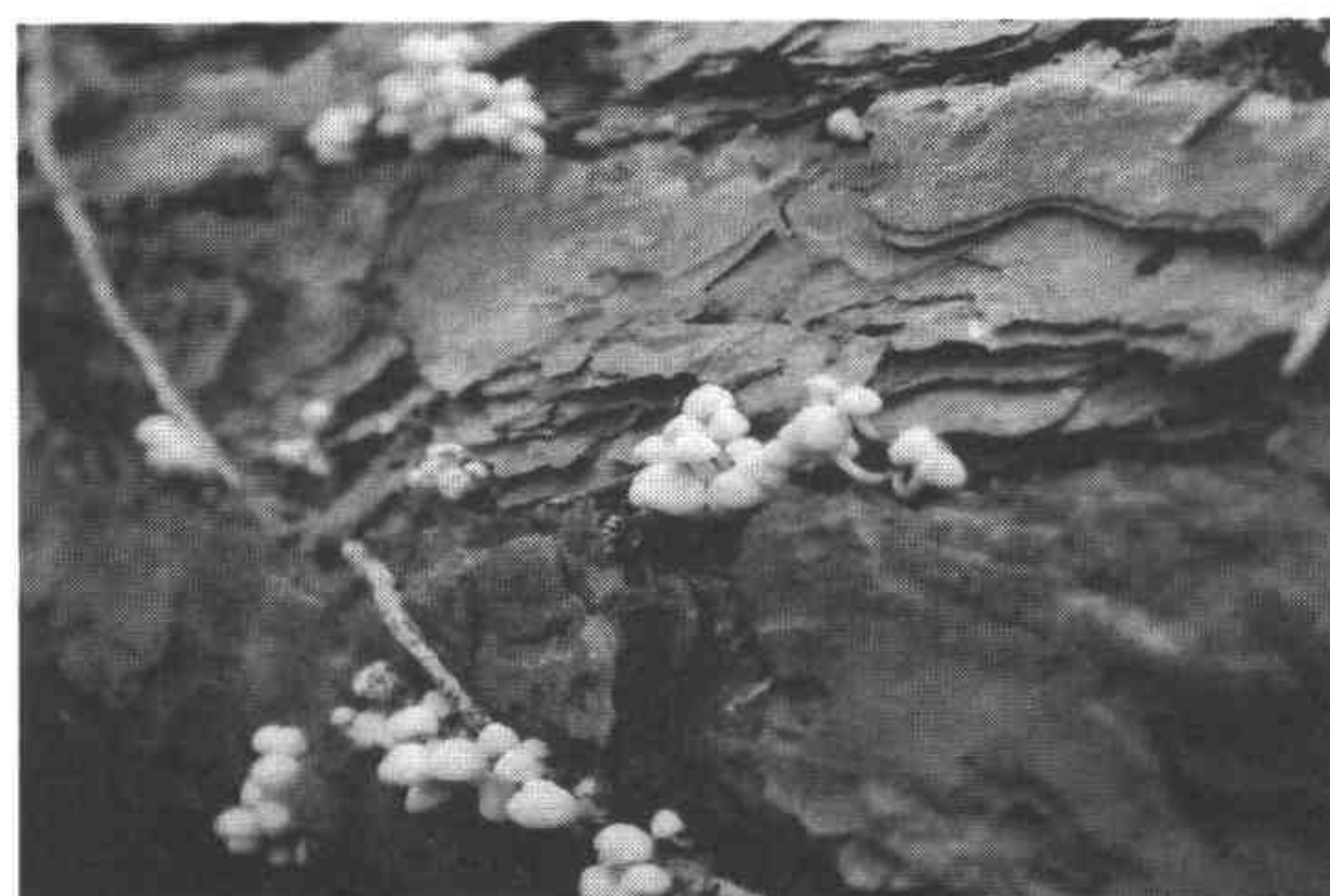


図4 倒木に発生したキノコ

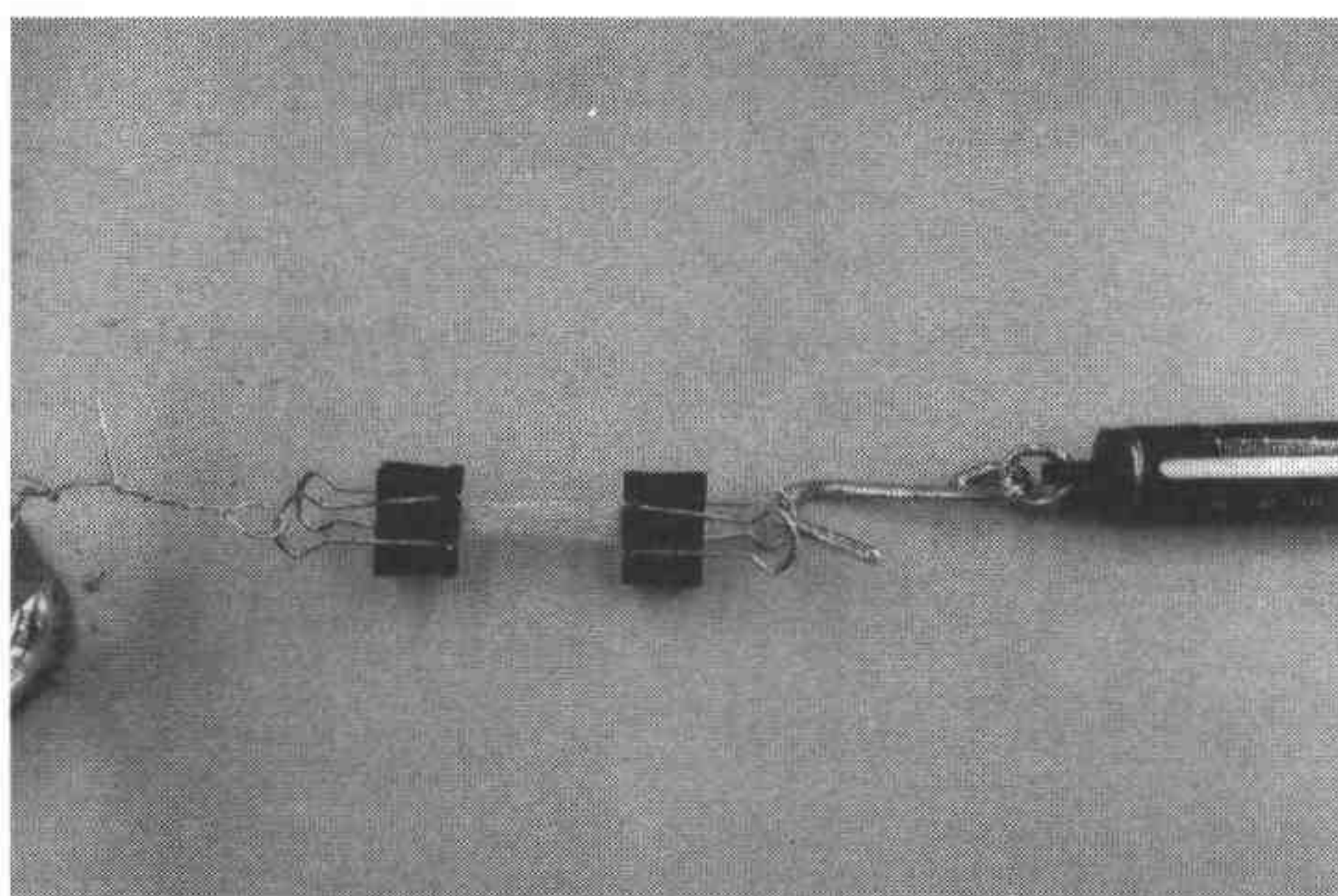


図5 引張り強度の測定装置

また、1日後の抽出液での光の透過率を分光光度計で測り、水で抽出される物質の量を比較した。波長は390nmで測定し、水の透過率を100%とした。

2. 1%NaOH液での抽出

腐朽材の硬さの異なる材からそれぞれ5gの材片をとり、小片に破碎し、20mlの1%NaOH液に1日浸した。抽出液はろ過後、100倍希釈して、分光光度計で透過率を測った。波長は320nmで測定し、1%NaOH液の透過率を100%とした。

V. 腐朽菌の培養検査

1%スキムミルクを混入したコーンミールアガール培地（日水製薬）をオートクレーブで滅菌して、プラスチック滅菌シャーレに作った。異なる硬さの腐朽材から、10mm長×2mm幅×2mm厚程度で切片を採取し、その4片を一定間隔で配置して培地に突き刺した。それを24℃暗所で2日間培養し、材片から生育してくる菌糸の面積を測った。また、培地中のデンプンやスキムミルクが分解されて生じる円形の分解領域を測定した。デンプン分解面積は、ヨウ素デンプン反応が生じない培地面の直径を計り、計算により面積を求めた（図6）。スキムミルクの分解は、白色培地が透明に透けてくる培地面の直径を計り、面積を求めた。

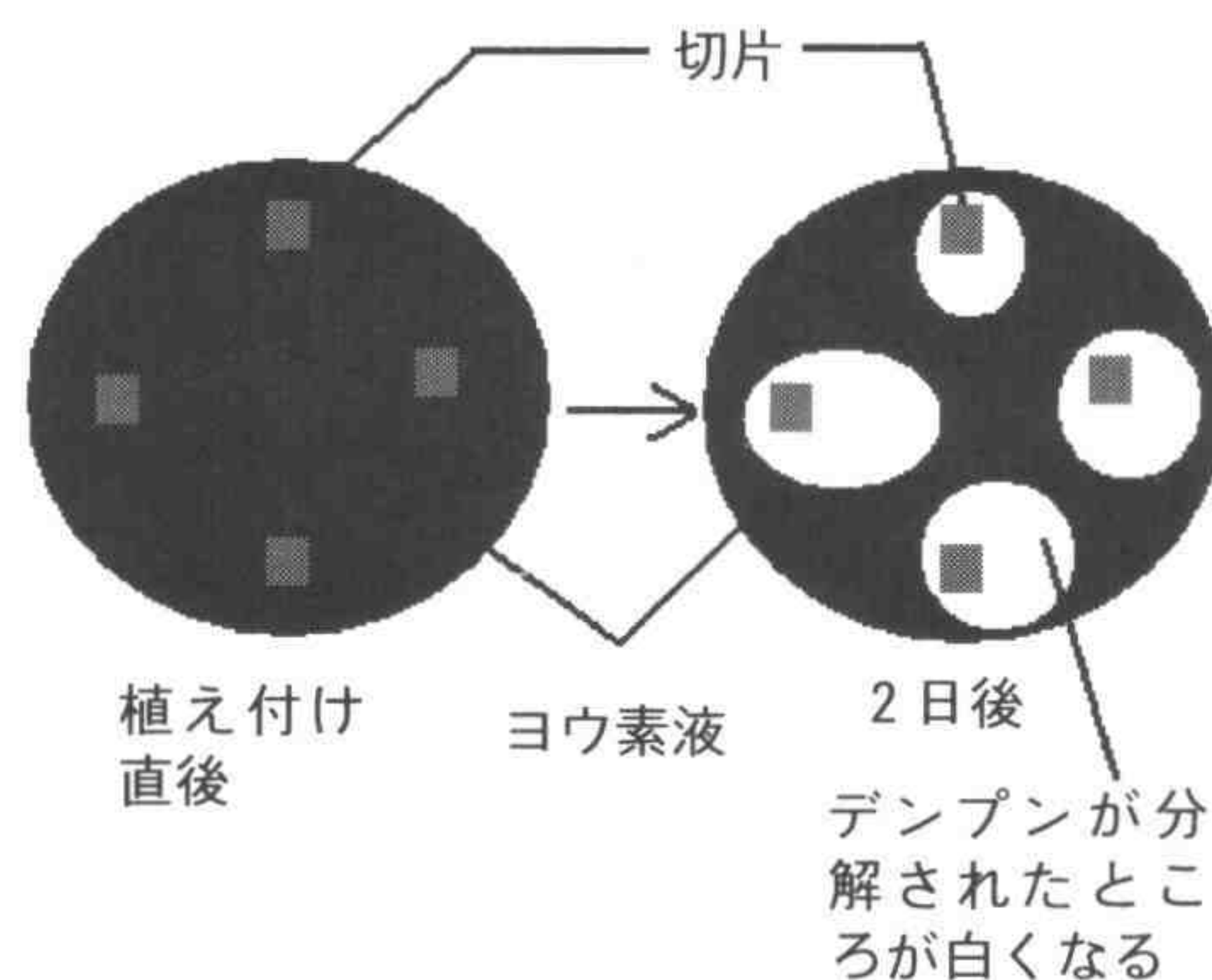


図6 腐朽菌によるデンプン分解面積の測定

結果

I. 変形菌の発生と倒木の選択性

1. 発生する倒木の比較

青森県奥薬研には、ヒバ・スギの針葉樹とブナ・ミズナラなどの落葉広葉樹が混生する森林がある。変形菌はどの倒木を好んで発生するのか？この疑問を解明する第一歩として、針葉樹と広葉樹の倒木に発生する変形菌を調査し、比較した。

表1. ブナ・ミズナラ・ヒバ・スギ腐朽木上の変形菌

属名		観察数		面積		観察数%		面積%	
		B	S	B	S	B	S	B	S
ウツボホコリ	<i>Arcyria</i>	27	4	1390	52	37	8	69	12
ツノホコリ	<i>Ceratiomyxa</i>	7	36	263	379	10	75	13	85
ヌカホコリ	<i>Hemitrichia</i>	20	6	66	12	27	13	3	3
マメホコリ	<i>Lycogala</i>	4	2	8	2	5	4	0.4	0.4
アミホコリ	<i>Cribraria</i>	1	0	165	0	1	0	8	0
モジホコリ	<i>Physarum</i>	6	0	93	0	8	0	5	0
ムラサキホコリ	<i>Stemonitis</i>	7	0	26	0	10	0	1	0
エリホコリ	<i>Collaria</i>	1	0	9	0	1	0	0.4	0
合計		73	48	2020	445	100	100	100	100

表中のBは広葉樹を表し、Sは針葉樹を表す。

表1には、変形菌の種類（属）とそれらの観察数、およびコロニー面積をまとめた。広葉樹では8種類で観察数73、コロニー面積2020cm²、針葉樹では4種類で観察数48、コロニー面積445cm²が出現した。比較すると、観察数は広葉樹が針葉樹の約1.5倍で、コロニー面積は広葉樹が針葉樹の5倍であった。

ウツボホコリは、広葉樹では観察数27（37%）、コロニー面積1390cm²（69%）で他の種に優占しているが、針葉樹ではその割合が少なく、観察数4（8%）、コロニー面積52cm²（12%）であった。このように、広葉樹を強く好み、樹種を選択して発生する傾向があると認められた。

ツノホコリは、広葉樹で観察数7（10%）、コロニー面積263cm²（13%）であった。針葉樹では観察数36（75%）、コロニー面積379cm²（85%）と優占した。このように、どちらの樹種にも発生するが、針葉樹をより好む傾向が認められた。

ヌカホコリについて、この種類は小さなコロニーで発生するために観察数が多くてもコロニー面積は大きくならなかった。広葉樹では観察数20（27%）、コロニー面積66cm²（3%）、針葉樹では観察数6（13%）、コロニー面積12cm²（3%）であった。広葉樹で観察数が多く、広葉樹をより好む傾向であった。

マメホコリは、広葉樹と針葉樹のどちらにも発生し、それぞれの樹種でのコロニー面積の割合は同じ値になった。つまり、この種類では好き嫌いの傾向は認められないので、広汎に分布する種だと考えられた。

こうしたことから、変形菌の種類によっては好む材が異なり、針葉樹よりも広葉樹を好む種類が多いと考えられる。しかし、多くの変形菌が広葉樹を好み、選択していると単純に考えることはできない。変形菌が材の腐朽の過程と関係して発生していると仮定すると、針葉樹への発生が少ないのは、ヒバが最も腐朽しにくい木材である（西本 1982）ために、広葉樹への発生が相対的に多くなっていることが考えられる。こうしたことから、次に材の腐朽と変形菌の発生の関係について追究した。

2. 材の硬さと変形菌の発生の関係

図7には広葉樹と針葉樹について、材の硬さと変形菌の観察数、およびコロニー面積の関係を示した。材の表層部（5 cm厚）の硬さは土壌硬度計を利用して調べた。最も硬い材で36mm貫入深であった。材が腐朽して柔らかくなるとその値が減少した。

広葉樹では硬さ23～18mm深で観察数、コロニー面積数ともに最高を示した（図7-A）。硬さ17mm深以下の材には、観察された変形菌の種類のほとんどが分布し、硬さ24mm深以上の材では出現種数と面積が少なくなった。広葉樹では硬い材よりも柔らかい材に観察数が多く、発生面積が大きくなった。

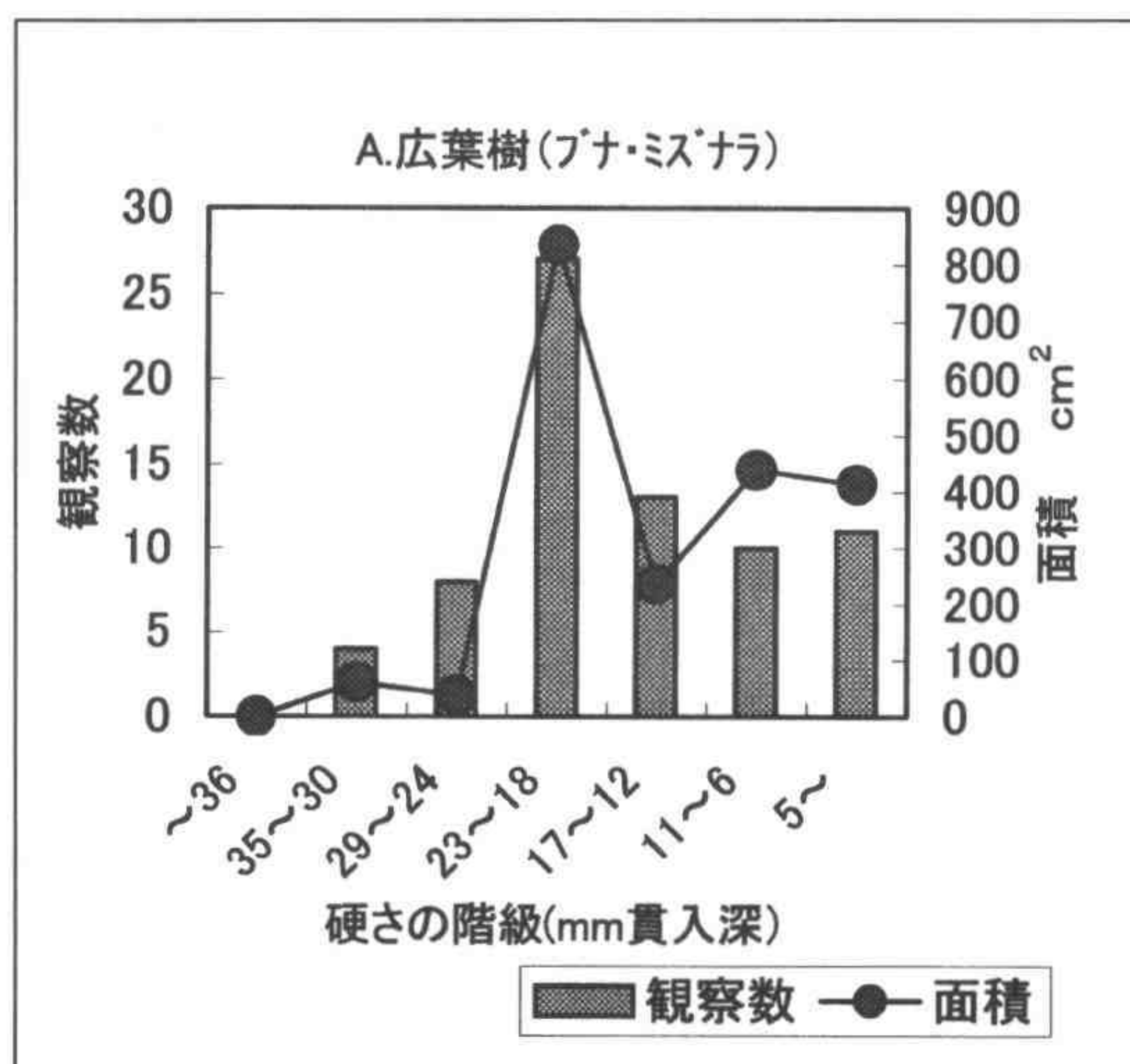


図7-A 材の硬さと観察数およびコロニー面積の関係

針葉樹では硬さ23～18mm深で観察数が最高になり、また、硬さ29～24mm深でコロニー面積が最高を示した(図7-B)。硬さ11mm深以下の材にも変形菌が観察されたが、硬さ18mm深以上の材に変形菌が多く発生し、硬さが36mm深以上にも認められた。針葉樹の材では硬さ23～18mm深の材を中心に広い硬さの程度に渡って変形菌が出現していたが、柔らかい材では広葉樹よりも観察数が少なくなっていた。

こうしたことから、材の腐朽程度は広葉樹・針葉樹の材ともに硬さ23～18mm深あたりのが変形菌の生育に最適になっていた。広葉樹は、腐朽が進んでいない材から腐朽がすすんだ材まで観察できたが、針葉樹ではやや腐朽のすすんだ材で多く観察できた。

3. 種類別の発生の比較

図8には、広葉樹(B)・針葉樹(S)ともに認められたウツボホコリ、ヌカホコリ、ツノホコリの3種類について、材の硬さとコロニー面積の関係を示す。

ウツボホコリの出現は、ほとんどが広葉樹であった。硬さ23～3mm深までの、さまざまな硬さの腐朽材に分布し、柔らかい材に多く発生した。また、針葉樹でも柔らかい材を好んでいた。広葉樹、針葉樹ともに硬さ23～18mm深の程度に腐朽した材で、それぞれコロニー面積が512cm²と27cm²となり、最も広い面積で発生した。

ヌカホコリは広葉樹・針葉樹ともに硬さ29～3mm深のさまざまな硬さの材に出現し、出現するコロニー面積はそれぞれ小さかった。針葉樹では、コロニー面積が5cm²を越えなかった。広葉樹では針葉樹よりも発生面積が広く、硬さ23～18mm深に腐朽した材で、コロニー面積cm²の最高を示した。

ツノホコリについては、広葉樹と針葉樹ともに硬さ35～18mm深の硬めの材に発生する傾向を示した。広葉樹では、硬さ23～18mm深の材でコロニー面積201cm²の最高値を示し、柔らかい材には

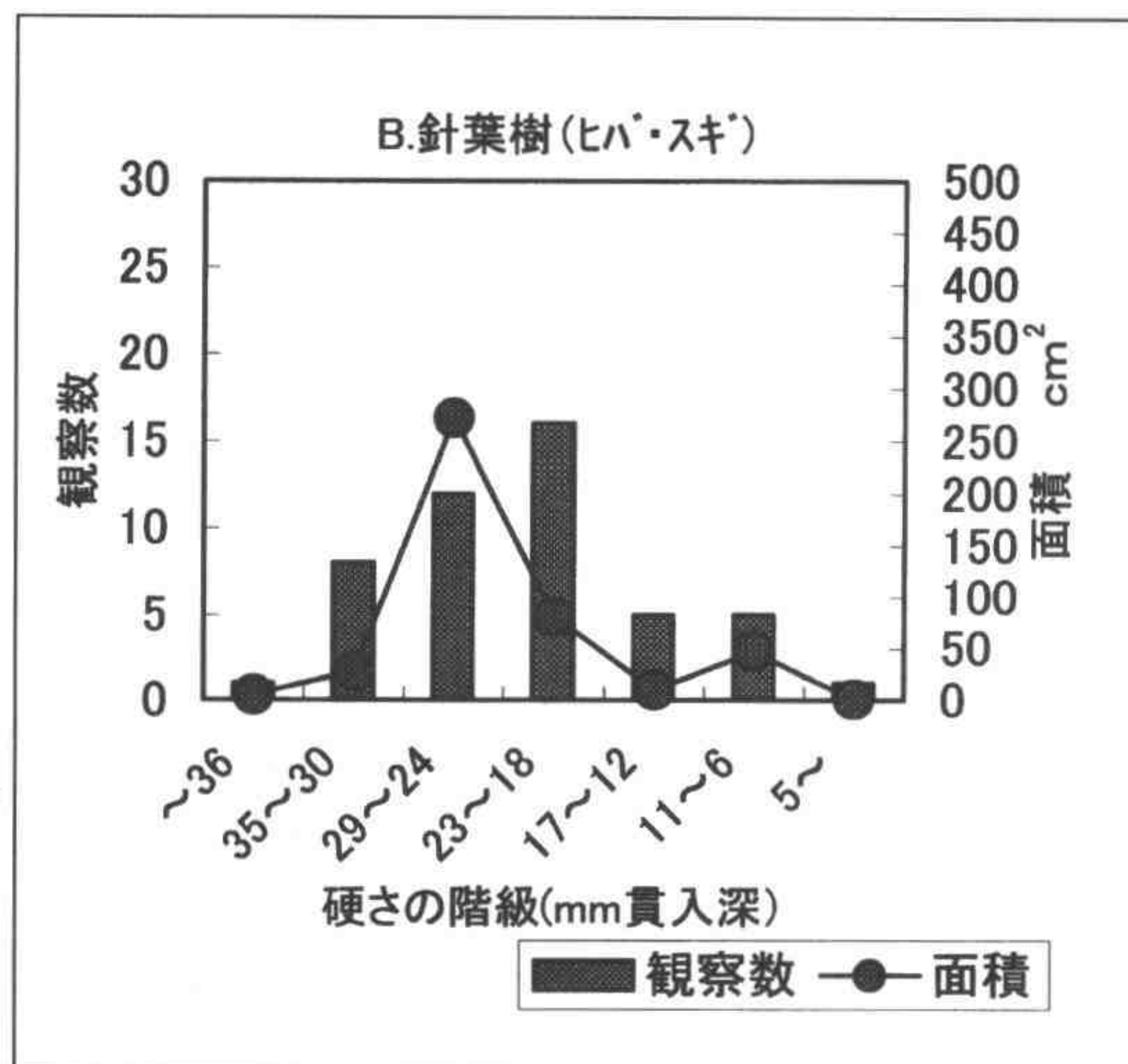
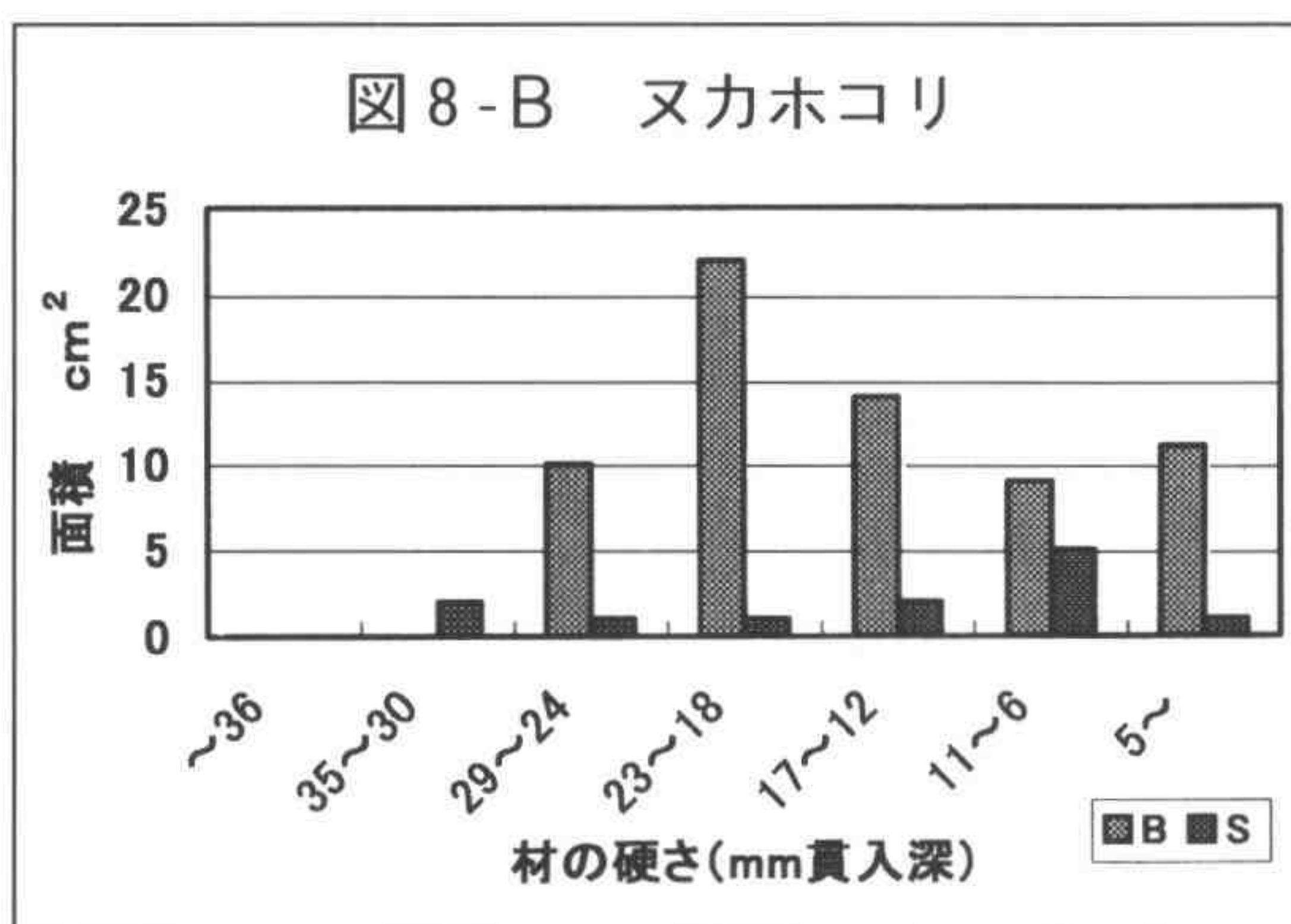
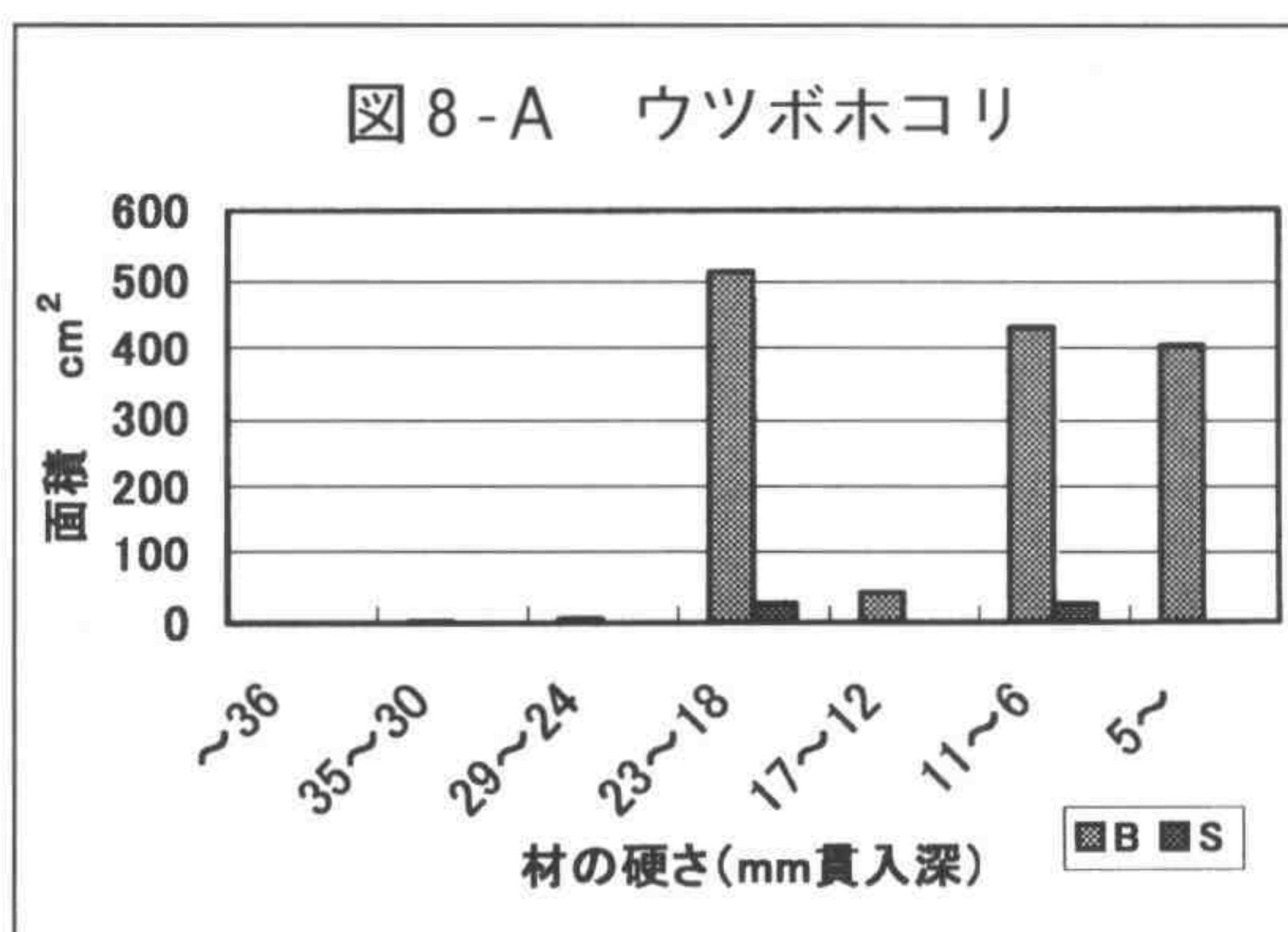


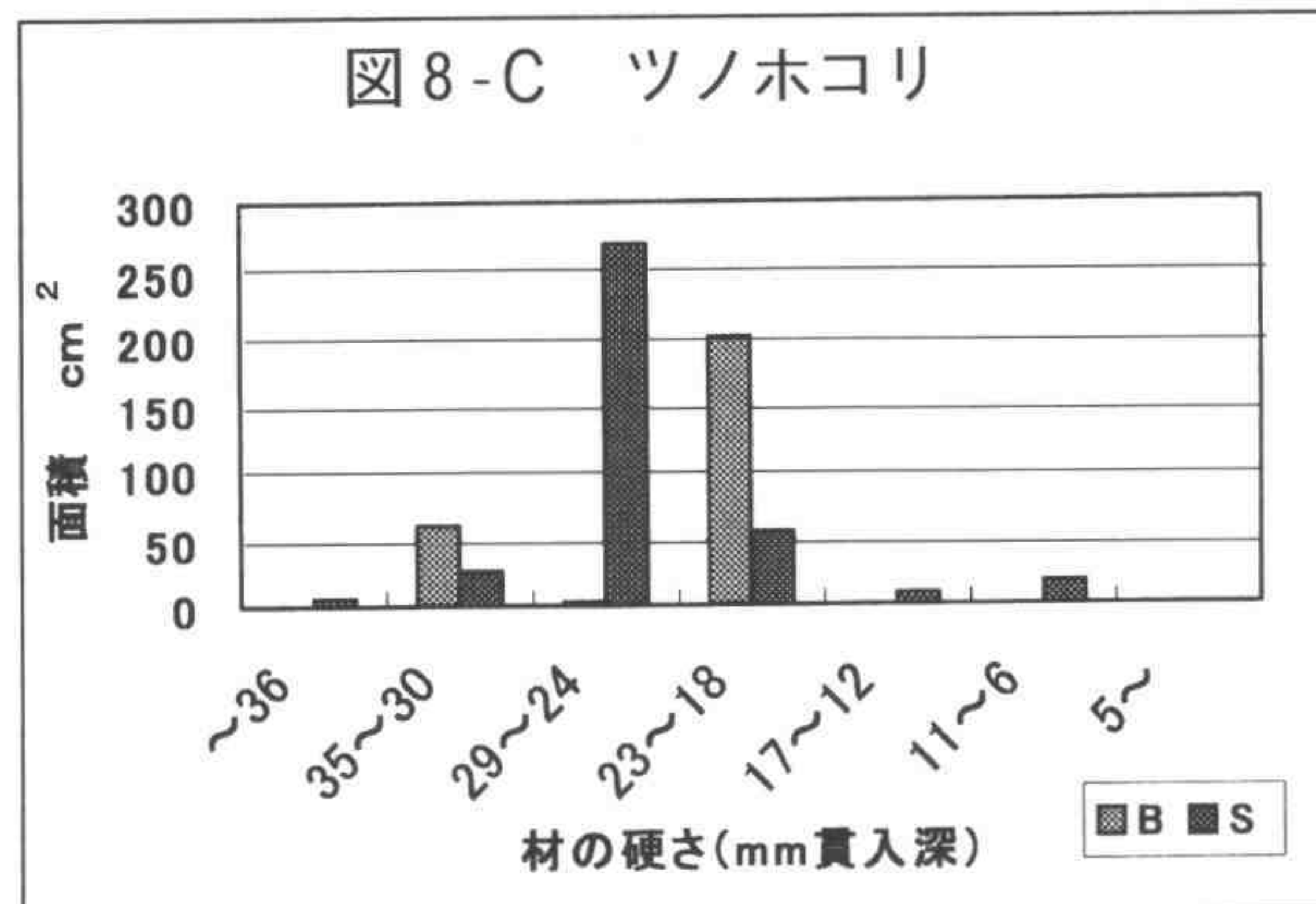
図7-B 材の硬さと観察数およびコロニー面積の関係



発生しなかった。針葉樹では、広葉樹よりもさまざまな硬さに分布したが、コロニー面積のピークは広葉樹よりも硬い29～24mm深の硬さで270cm²であった。

ウツボホコリは、腐朽の進んだ広葉樹を好み、ヌカホコリも広葉樹が好きで、やや硬めの腐朽材から広範に発生することがわかった。しかし、ツノホコリは、やや硬めの針葉樹の材を好むようであった。

この調査により、変形菌が発生しやすい樹種と材の腐朽程度があることが分かった。広葉樹の腐朽木には多くの種が発生し、硬さ23～18mm深程度に腐朽した材が、変形菌には最も好まれることがわかった。また、針葉樹を好む種類は限られ、材がやや硬くても発生していた。こうしたことから、変形菌は種類によって好適な生活環境を選択して生育すると考えられた。



Ⅱ. アカマツ倒木に発生した変形菌

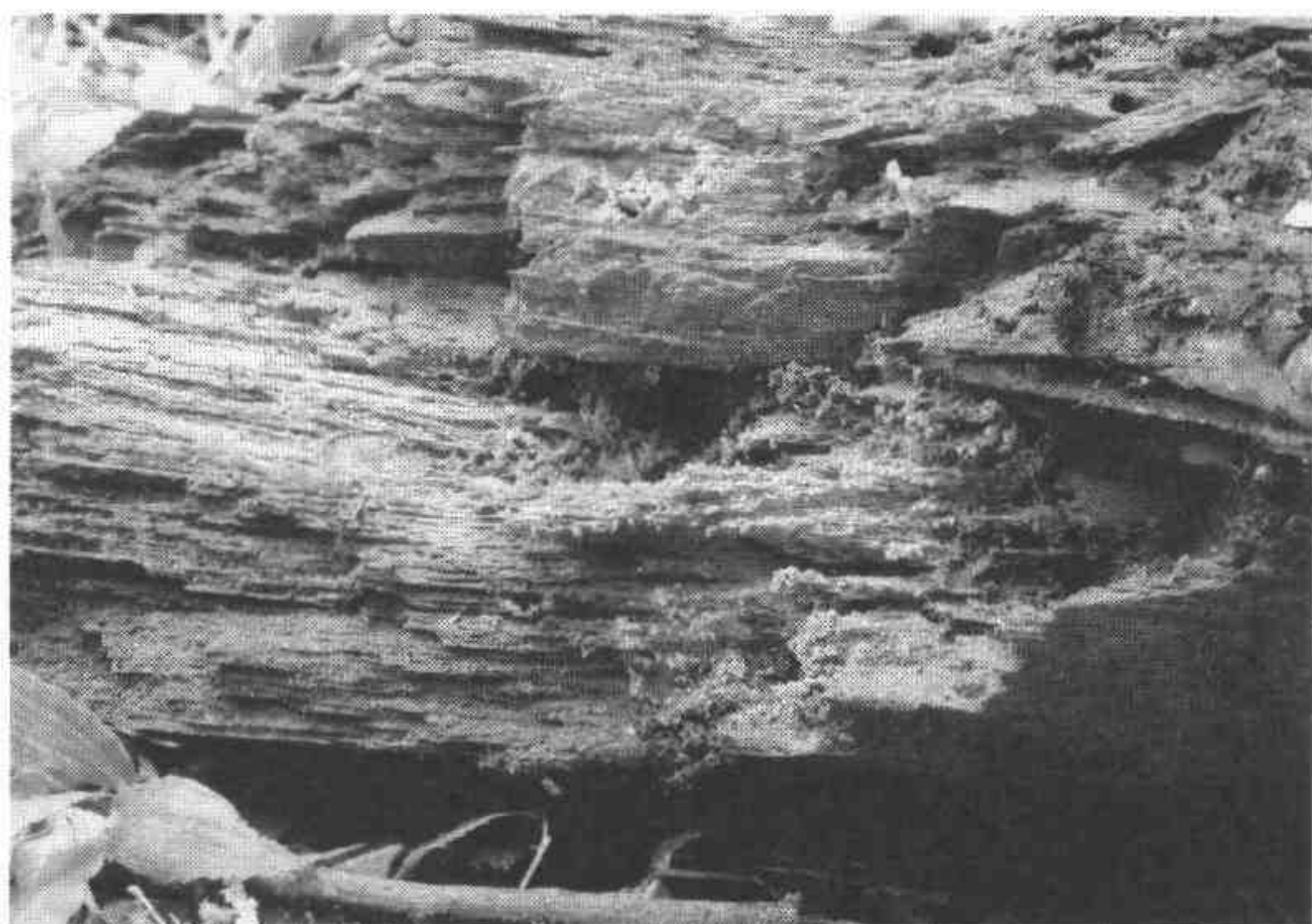
岡山県新見市羅生門のアカマツ林で変形菌がどのような腐朽程度の材を好んで発生するのかを調査した。

1. 観察した出現種

羅生門のアカマツ林では、北東斜面にある林道に沿って倒木上に発生する変形菌を探索した。変形菌は、硬い材から柔らかい材まで、さまざまな硬さの材に発生した。図9には、観察した変形菌とそれらの特徴を示した。写真には、ウツボホコリ、ツノホコリ、モジホコリ、アミホコリ、ムラサキホコリ、マメホコリを示している。

- ①ウツボホコリは、石灰質がない柄のある子実体で、胞子のうが外皮を破ると、繊維状の細毛体が膨れ出してきた。(図9.A)
- ②ツノホコリは、外性胞子をつける仲間で、白色でカビと間違われやすく、ゼリー状のため触れるとつぶれた。(図9.B)
- ③モジホコリは、子実体の外皮と内部の細毛体に石灰質を含み、柄がある。胞子のうは花弁状にはじけ、内部の胞子が暗い褐色に見えた。(図9.C)
- ④アミホコリは、柄のある茶褐色の子実体で、胞子が飛散すると胞子のうの外皮がカゴ状になっていた。(図9.D)
- ⑤ムラサキホコリは、柄のある棒状の暗い紫茶色をした子実体で、触ると胞子が煙のように飛散した。(図9.E)
- ⑥マメホコリは、柄がない豆のような子実体で、外皮が破れるとベージュ色の胞子塊が現れ、細毛体は見られなかった。(図9.F)

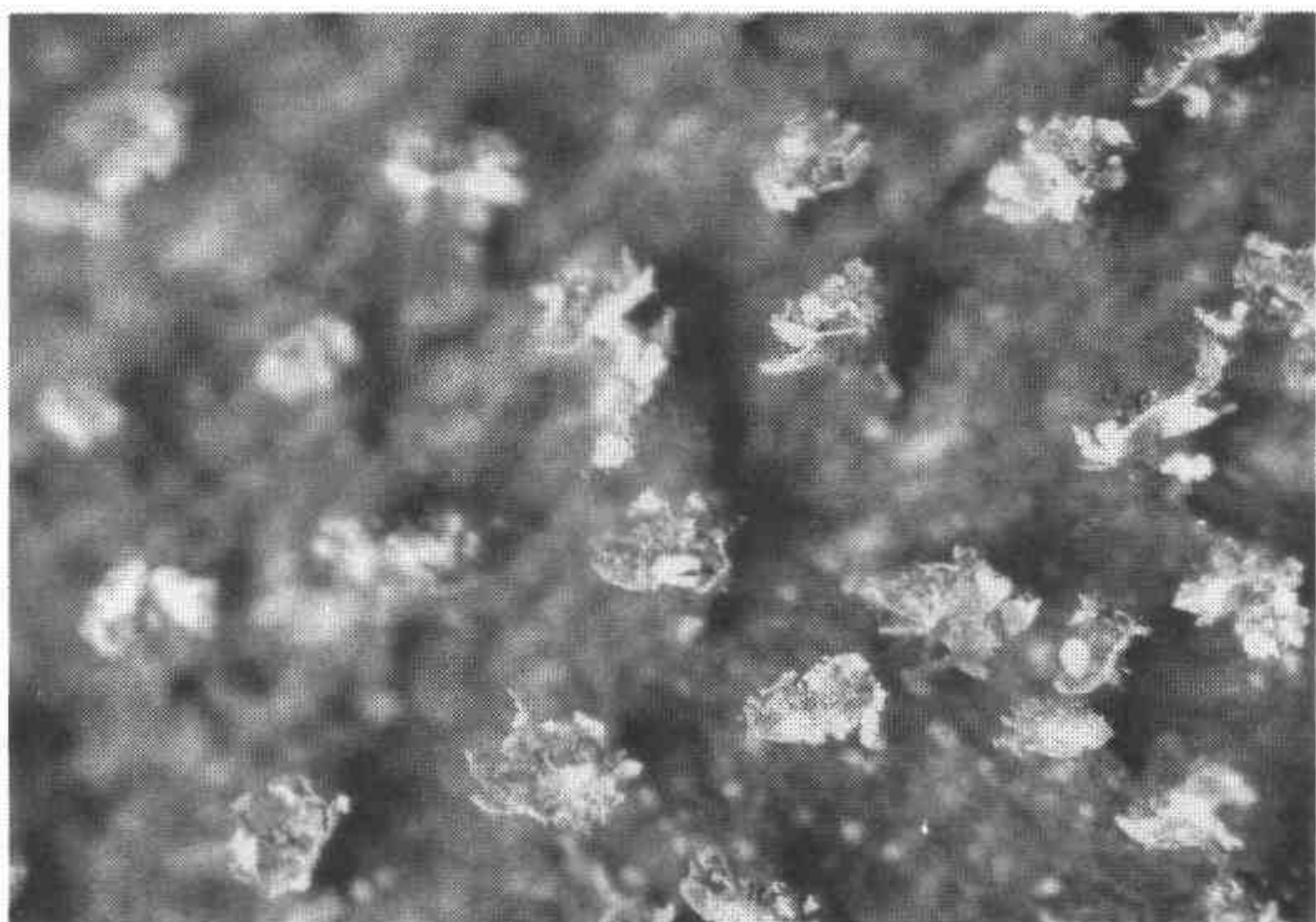
このように、さまざまな種類がアカマツ腐朽木上に発生していた。出現した種類はヒバ林と同様に8属であった。種類の同定は、比較的簡単に属の特徴を捉えることができたので、野外での名前の分類も可能であった。



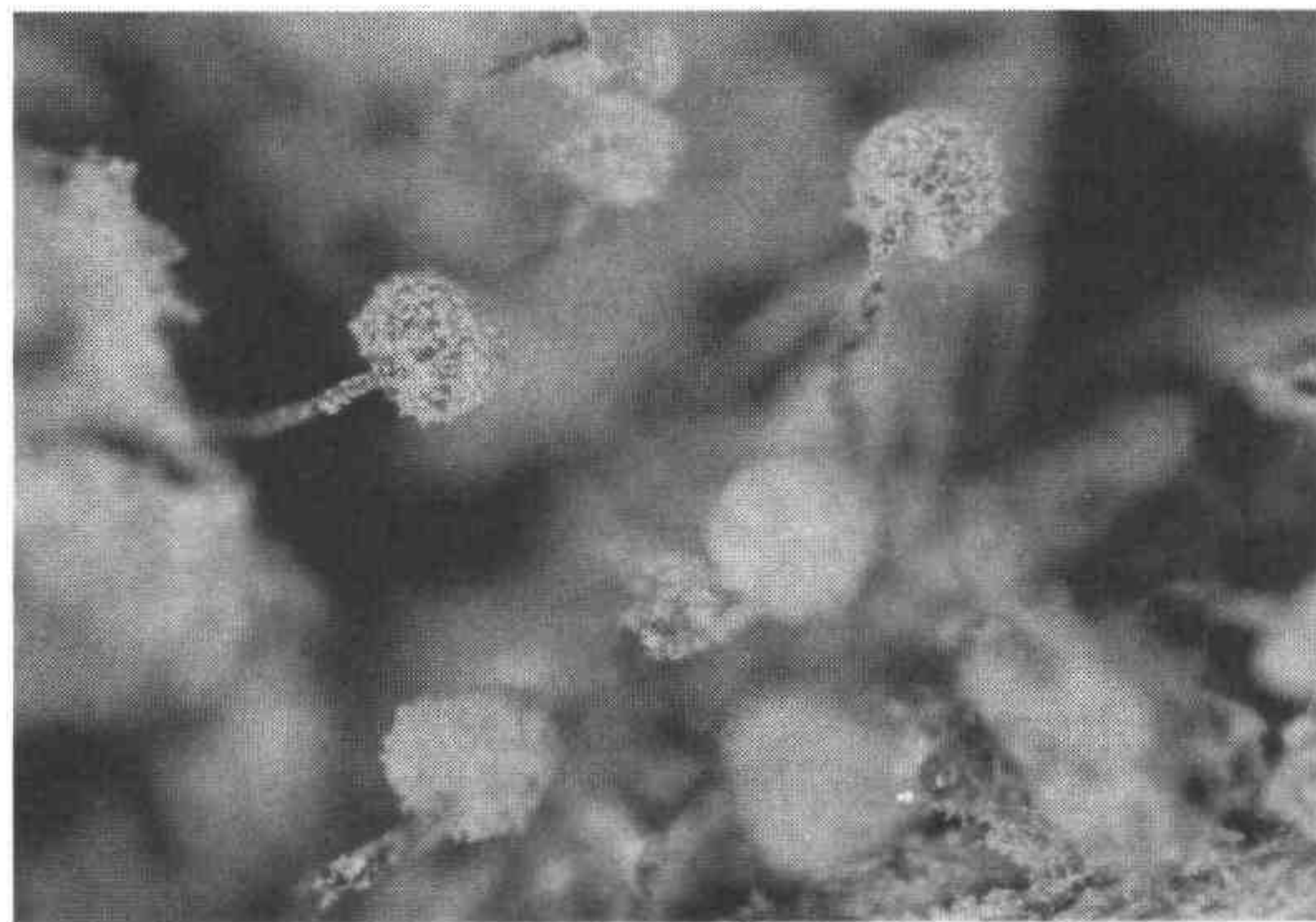
A. 柔らかい材に発生した
ウツボホコリ：約 5 mm 高



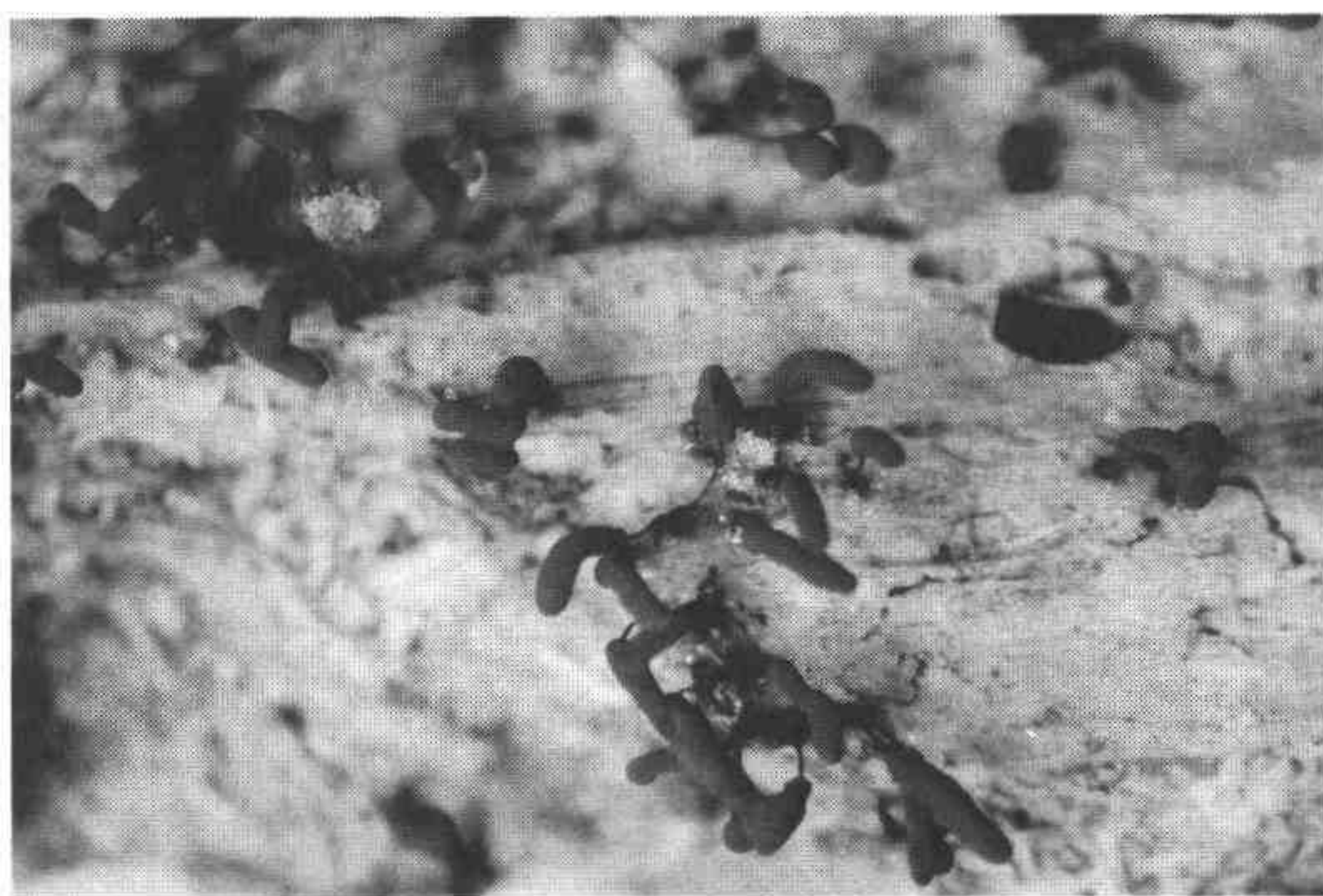
B. 硬い材に発生した
ツノホコリ：約 2 mm 高



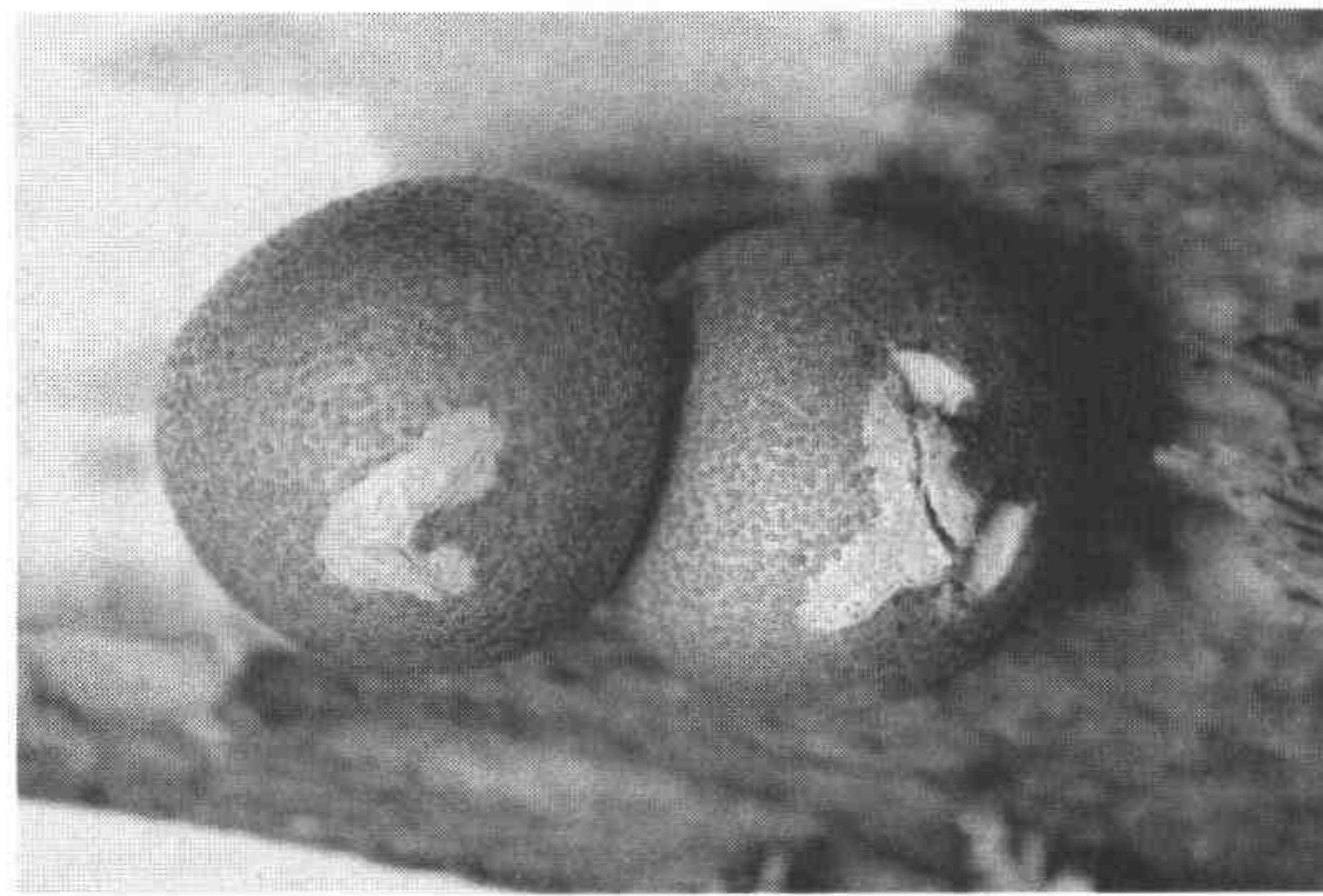
C. 硬い材に発生した
モジホコリ：約 1 mm 高



D. 柔らかい材に発生した
アミホコリ：約 1.5 mm 高



E. 柔らかい材に発生した
ムラサキホコリ：約 3 mm 高



F. 硬い材に発生した
マメホコリ：約 5 mm 径

図 9 観察した変形菌

2. 子実体コロニー面積の比較

表2は、観察した変形菌の110個の子実体コロニーを種類別に分けて、観察数とその面積を示した。これにより、アカマツ腐朽木での優占種を検討した。観察数の多い順にあげると、ツノホコリ27 (25%)、マメホコリ25 (23%)、ウツボホコリ20 (18%)であった。コロニー面積では、ツノホコリ634cm² (36%)、ムラサキホコリ267cm² (15%)、アミホコリ246cm² (14%)の順であった。マメホコリ、ウツボホコリでは観察数が多い割には、面積は小さかった。また、アミホコリでは観察数は少ないが、面積は大きかった。

夏にアカマツ倒木に優占して生育するのは、ツノホコリとムラサキホコリであった。ヒバ林でも針葉樹の倒木にツノホコリが優占していたことから、ツノホコリは針葉樹に好んで発生すると考えられた。

表2. アカマツ倒木上の変形菌（岡山県新見市羅生門 2001.8.16）

		観 察 数	面 積 (cm ²)	観 察 数 %	面 積 %
ツノホコリ	<i>Ceratiomyxa</i>	27	634	25	36
マメホコリ	<i>Lycogala</i>	25	231	23	13
ムラサキホコリ	<i>Stemonitis</i>	16	267	15	15
ウツボホコリ	<i>Arcyria</i>	20	149	18	8
アミホコリ	<i>Cribraria</i>	7	246	6	14
モジホコリ	<i>Physarum</i>	6	99	5	6
エリホコリ	<i>Collaria</i>	4	113	4	6
クビナガホコリ	<i>Clastoderma</i>	4	44.5	4	2
ヌカホコリ	<i>Hemitrichia</i>	1	0.5	1	0.03
計		110	1783	100	100

3. 材の硬さと変形菌の発生の関係

図10は、変形菌の観察数と材の硬さを示す。変形菌の発生は、材の硬さが29~24mm深で最も多く観察され、コロニー面積もその硬さで最大になった。硬さが11~6mm深では、観察数は少ないが、コロニー面積が広がっていた。材が柔らかいと、限られた種が生育し、そのコロニー面積は広くなると考えられた。

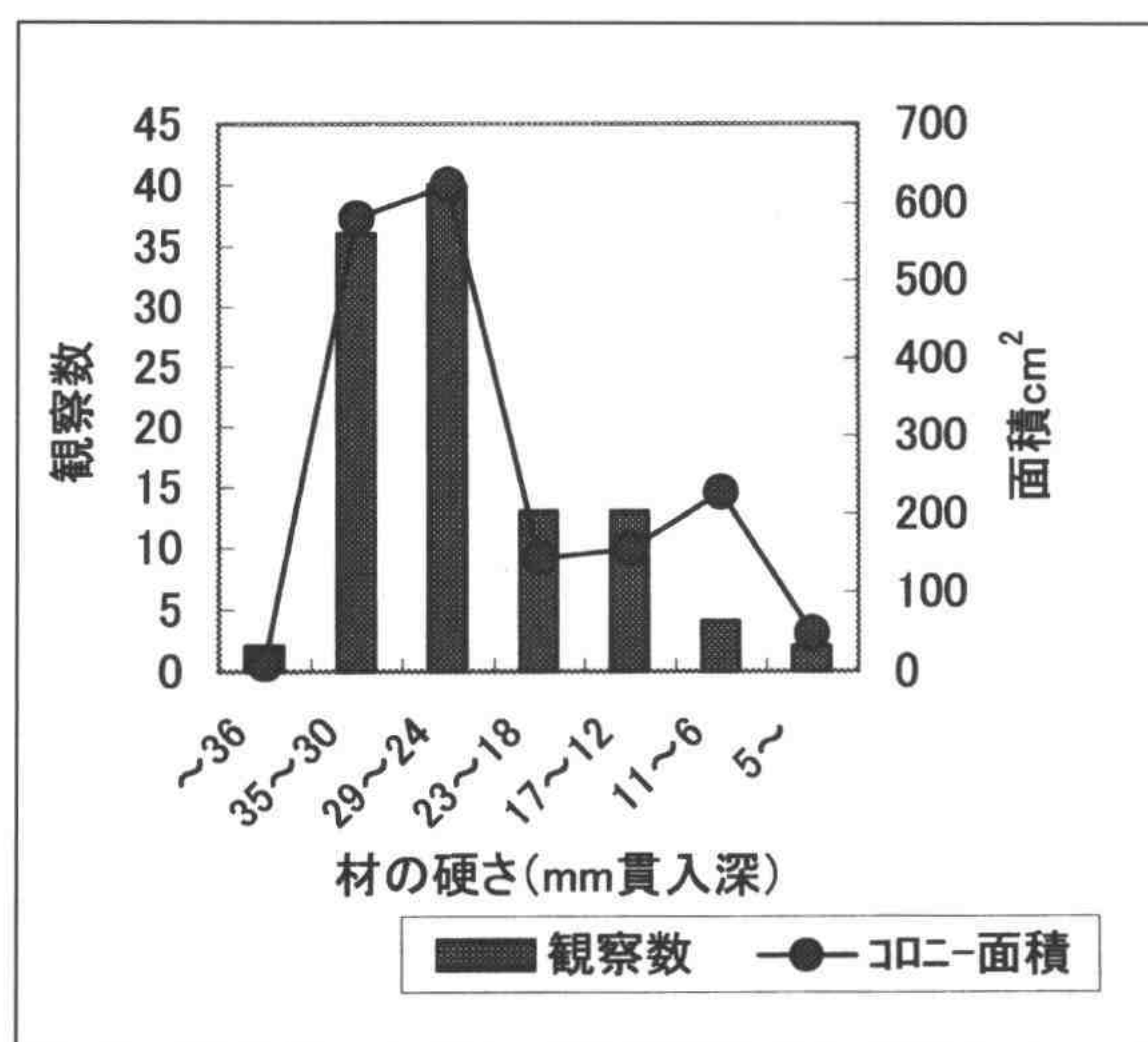


図10 アカマツ腐朽木への変形菌の分布

属別に変形菌の腐朽木への分布をとらえたのが表3と表4である。観察数とコロニー面積の分布から次のことがわかった。

- ① 硬さ36mm深以上の硬い材ではモジホコリとムラサキホコリが出現しただけであった。
- ② 出現する種類が多いのは硬さ35～12mm深の材で、7属が発生した。
- ③ 硬さ30mm深以上の材には、ツノホコリが優占した。
- ④ 硬さ11～6mm深の材では、アミホコリが優占した。

表3. アカマツ倒木に出現した変形菌の観察数

観察数	属名	材の硬さ階級 (mm貫入深)						計
		～36	～30	～24	～18	～12	～6	～1
ツノホコリ	<i>Ceratiomyxa</i>		14	7	2	3		1
マメホコリ	<i>Lycogala</i>		4	12	3	5	1	
ムラサキホコリ	<i>Stemonitis</i>	1	4	9	1	1		
ウツボホコリ	<i>Arcyria</i>		9	8	2	1		
アミホコリ	<i>Cribraria</i>			2	2	1	2	
モジホコリ	<i>Physarum</i>	1	2	1	2			
エリホコリ	<i>Collaria</i>		1	1		1	1	
クビナガホコリ	<i>Clastoderma</i>		2			1		1
ヌカホコリ	<i>Hemitrichia</i>				1			
観察数		2	36	40	13	13	4	2
								110

表4. アカマツ倒木に出現した変形菌のコロニー面積

コロニー面積	属名	材の硬さ階級 (mm貫入深)						計
		～36	～30	～24	～18	～12	～6	～1
ツノホコリ	<i>Ceratiomyxa</i>		290	219	22	58		45
マメホコリ	<i>Lycogala</i>		34	138	19	28	12	
ムラサキホコリ	<i>Stemonitis</i>	6	76	155	10	20		
ウツボホコリ	<i>Arcyria</i>		43	71	34	1		
アミホコリ	<i>Cribraria</i>			20	12	10	204	
モジホコリ	<i>Physarum</i>	4	32	18	45			
エリホコリ	<i>Collaria</i>		100	2		1	10	
クビナガホコリ	<i>Clastoderma</i>		7			36		2
ヌカホコリ	<i>Hemitrichia</i>				0.5			
面積 (cm ²)		10	581	623	143	154	226	47
								1783

このように、腐朽していない硬い材と腐朽が進んだ柔らかい材では出現する種類が異なった。また、材の腐朽に伴って出現する種類数が変化し、ある程度腐朽した硬さ35～12mm深の材で多種類の変形菌が広い面積で出現することがわかった。

4. 変形菌の発生とキノコ

腐朽木には変形菌だけでなく、キノコも発生する。キノコは材を腐朽させる働きがあるといわれる（高橋 1989）。キノコと変形菌が腐朽材中の同じ資源を利用しているのであれば、キノコと変形菌が同時に出現することは少ないと考えた。

変形菌が発生した材のうち、63%にキノコが着生していた（図11）。このことから、キノコな

どの腐朽菌の着生した材には変形菌はむしろ発生しやすい。変形菌は、キノコの働きにより腐朽した材に発生していると考えられた。

5. 変形菌の発生と照度

変形菌の発生に光が影響するのかを調べた。8月16日（晴）の11時～14時の間で、測定した変形菌の発生部位の明るさを図12に示す。

林外と同じ明るさでは変形菌は出現しなかった。照度23400Lux以下になると、変形菌の観察数が増加した。出現のピークは照度約780～4000Luxであった。また、それより照度が低いと観察数は減少した。照度約4000～8000Luxで、観察したすべての種類が見られた。光合成をしない変形菌でも、光の影響を受けていた。

倒木の樹皮をはぐと、赤や黄色の変形体が材の表面を這っていた（図13A，B）。変形体は光の当たらない樹皮の下などの場所で増殖するが、子実体は変形体が明るい場所に這い出してくて形成されていると考えられた。

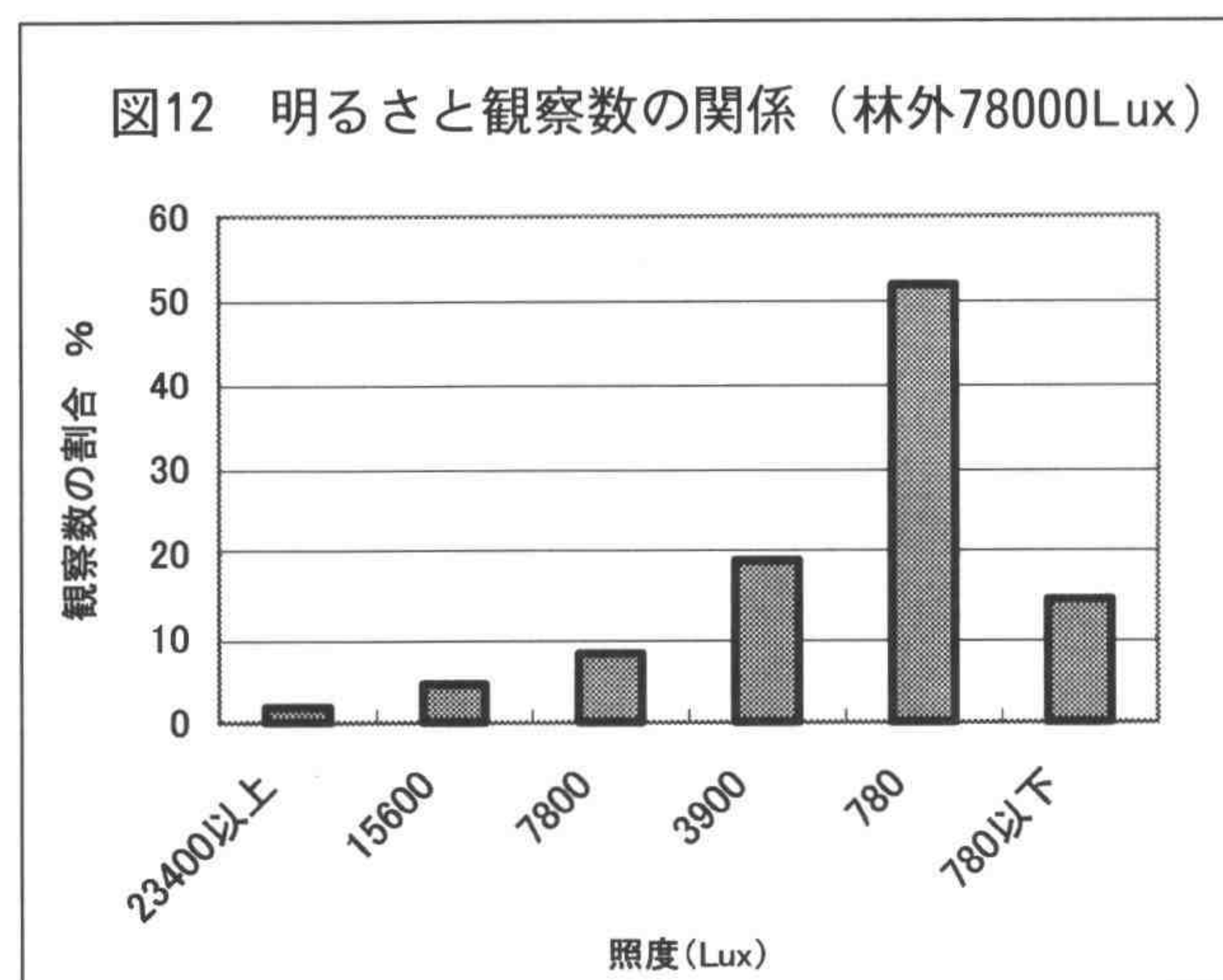
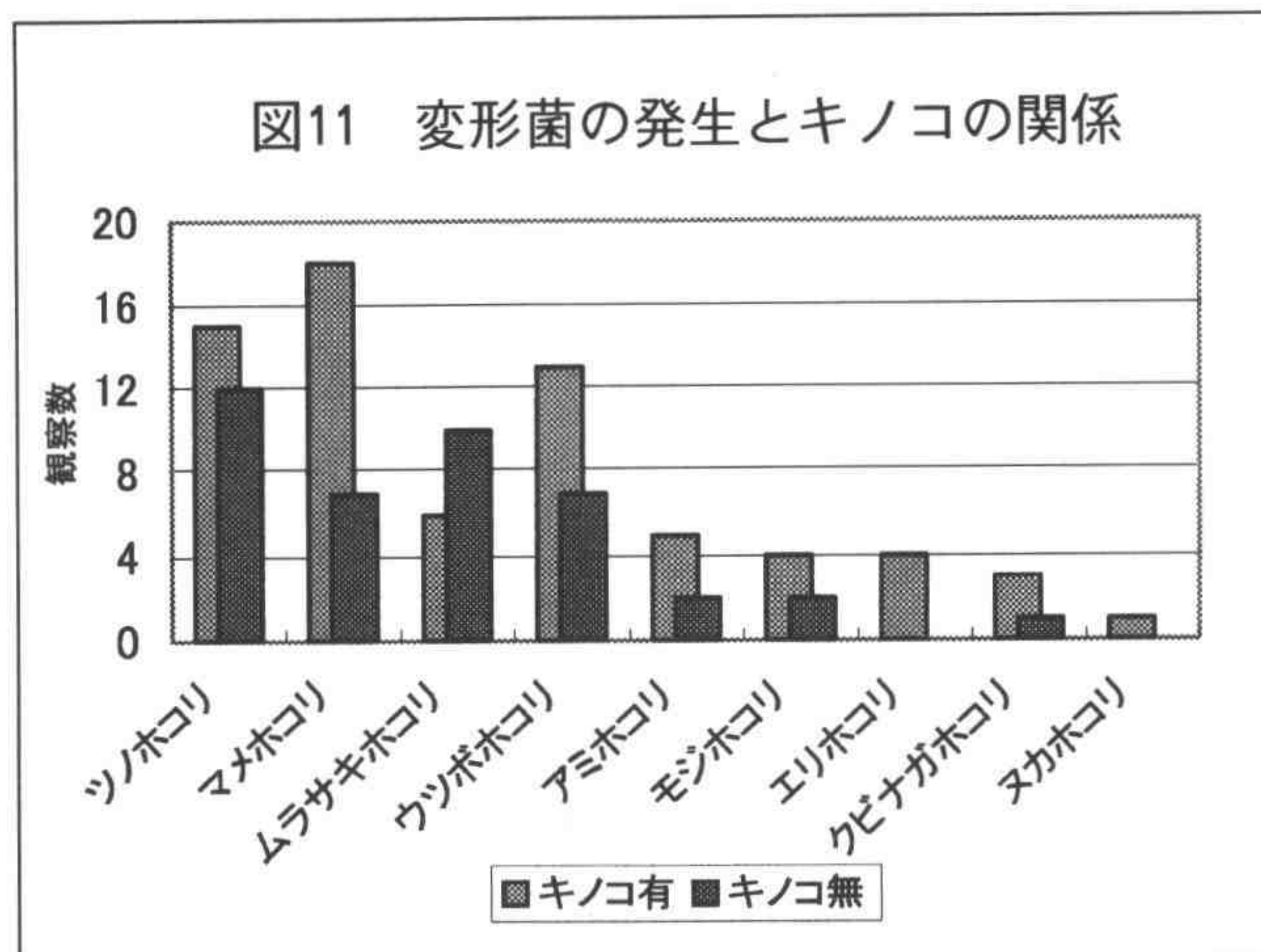


図13-A 倒木上を這う赤色の変形体



図13-B 倒木上を這う黄色の変形体

Ⅲ. 材の腐朽と変形菌の発生の関係

私たちは変形菌の生育を、倒木の種類と土壌硬度計で測定した材の硬さによって、比較調査してきた。ここで私たちは、材の組織構造、物理的な材の強度、材に含まれる化学物質の3点から材の違いを比較し、変形菌の着生との関係をさらに詳しく調べることにした。

1. 材切片の顕微鏡観察

材の腐朽には、白色腐朽と褐色腐朽があった(図14)。調査地のアカマツ材では、白色腐朽材への出現が94%であった。そこで、白色腐朽材において材の硬さと組

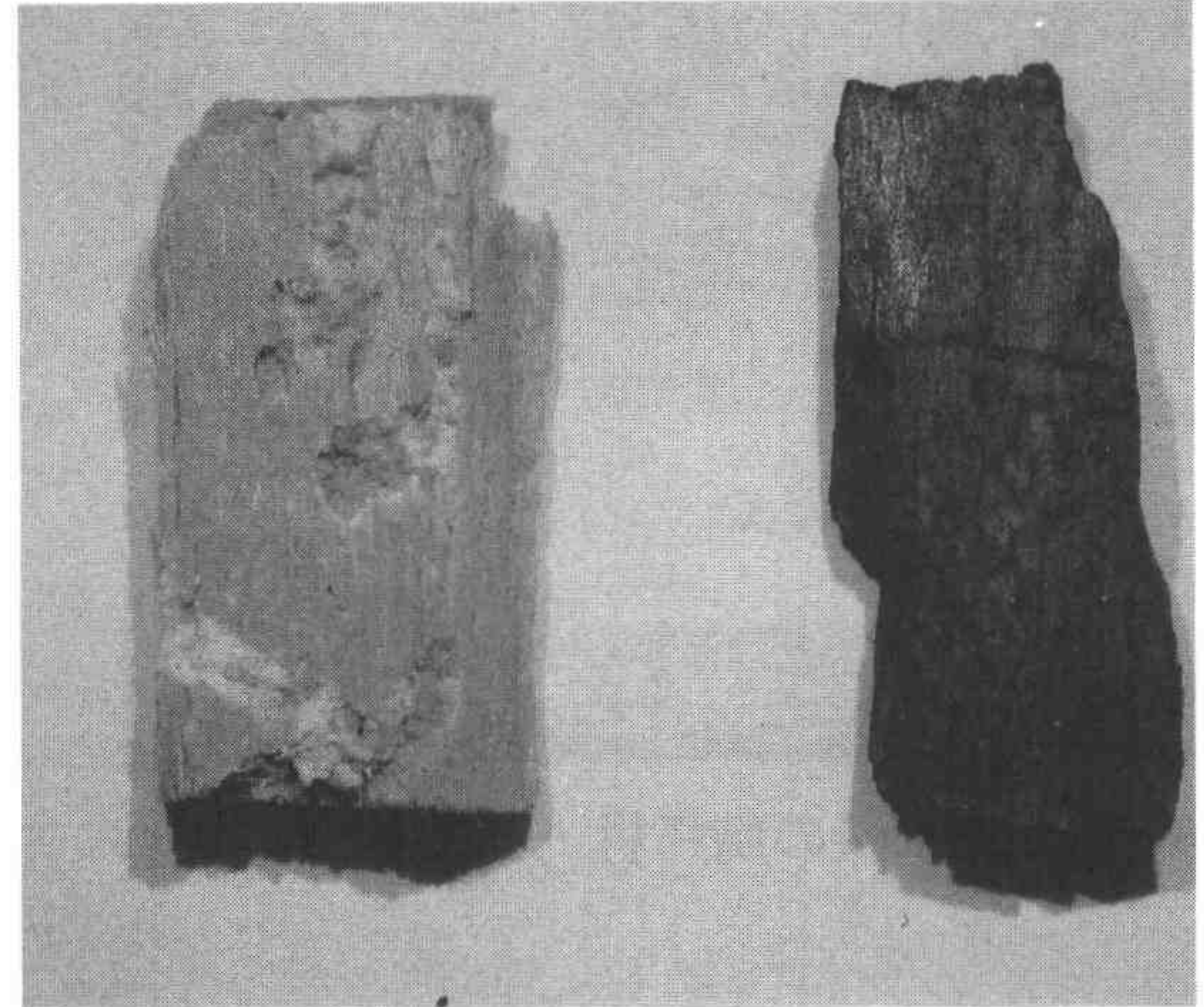
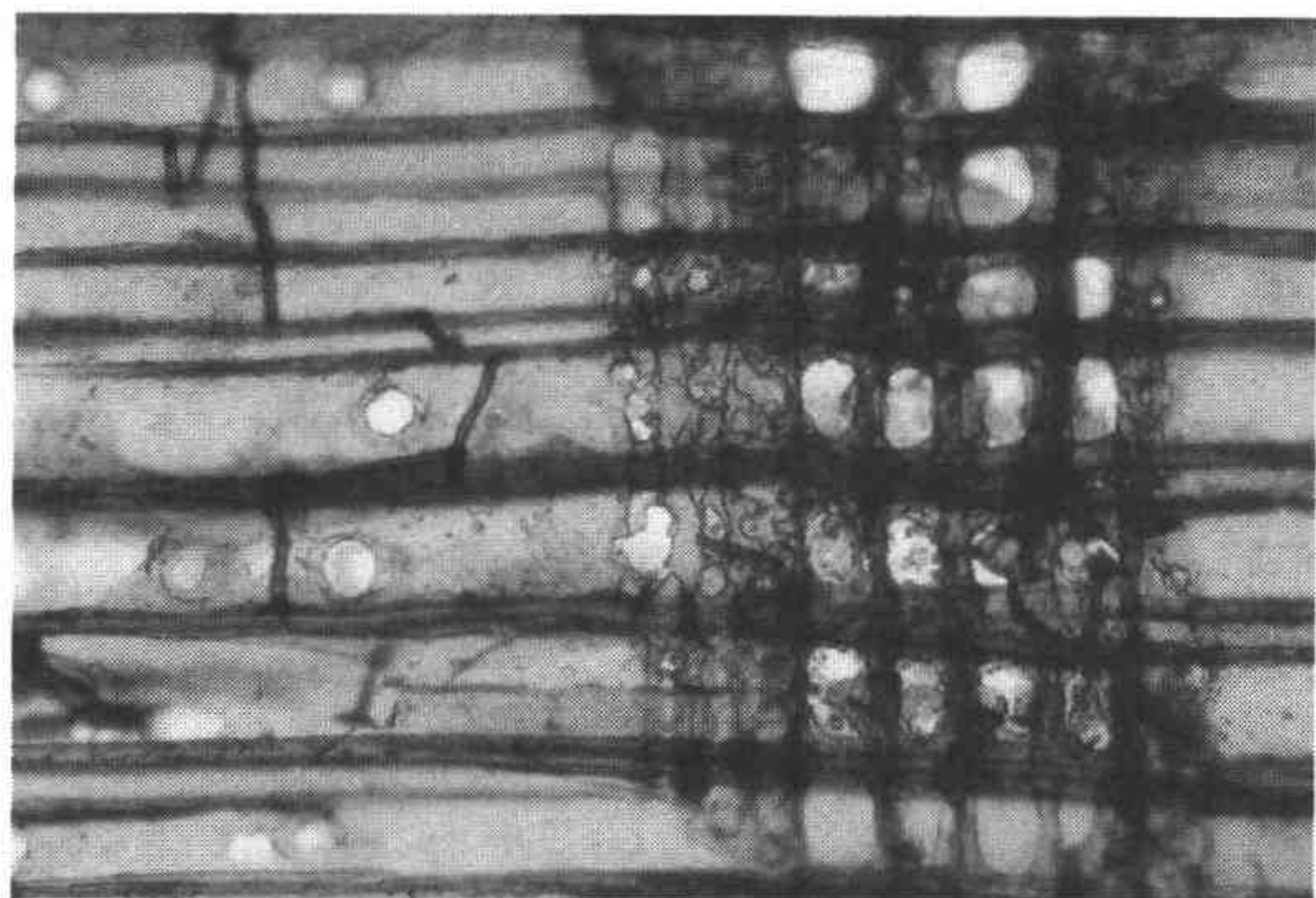


図14 左は白色腐朽材, 右は褐色腐朽材

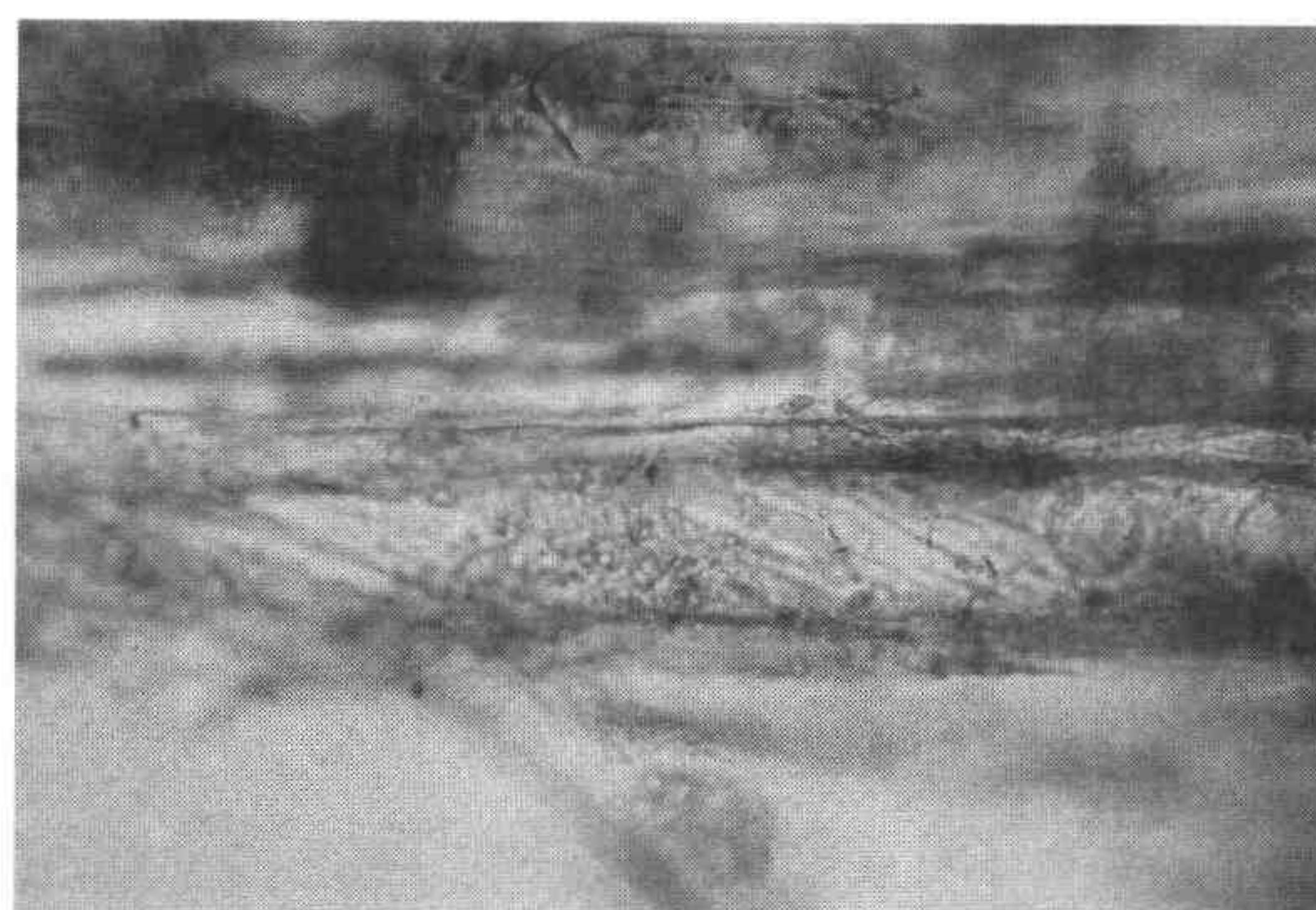
織の腐朽状態を顕微鏡で検査した。硬さの異なる材の組織を観察し、その腐朽程度を比較した。図15の写真A~Eは、カミソリで切り取った材組織の薄片の顕微鏡写真である。材は1%サフラニンで染色し木化組織を観察しやすくした。

- ①硬さ38mm深の材では、細胞壁は一次壁、二次壁といった層状構造になっているが、これらの構造や放射組織は完全であった。しかし、材中には菌糸の侵入が見られた(図15. A)。
- ②硬さ30mm深の材組織中では、細胞壁と壁孔の構造は完全ではあったが、部分的に構造が崩れはじめていた(図15. B)。
- ③硬さ20mm深の材組織中では、細胞壁から繊維構造が現れていた。多層構造をした細胞壁が崩壊し始めていると考えられた(図15. C)。
- ④硬さ15mm深の材組織中では、細胞壁が薄くなり、毛状の繊維構造が見られた。壁孔の構造は見られたが、組織間に顆粒が散在した。腐朽がかなり進んでいる状態と考えられた(図15. D)。
- ⑤硬さ3mm深の材では、材はボロボロになり、崩れるまでに腐朽が進んでいた。組織構造が一部失われ、組織が透けて見えた。材組織中には菌糸が入り込んでいるのが観察された(図15. E)。

こうしたことから、土壌硬度計で測定された硬さの数値は材組織の腐朽状態を反映していることがわかった。材中には菌糸が見られたことから、材の腐朽には木材腐朽菌が関与していると考えられた。



A. 硬さ38mm深の腐朽材 仮道管38 μ m径



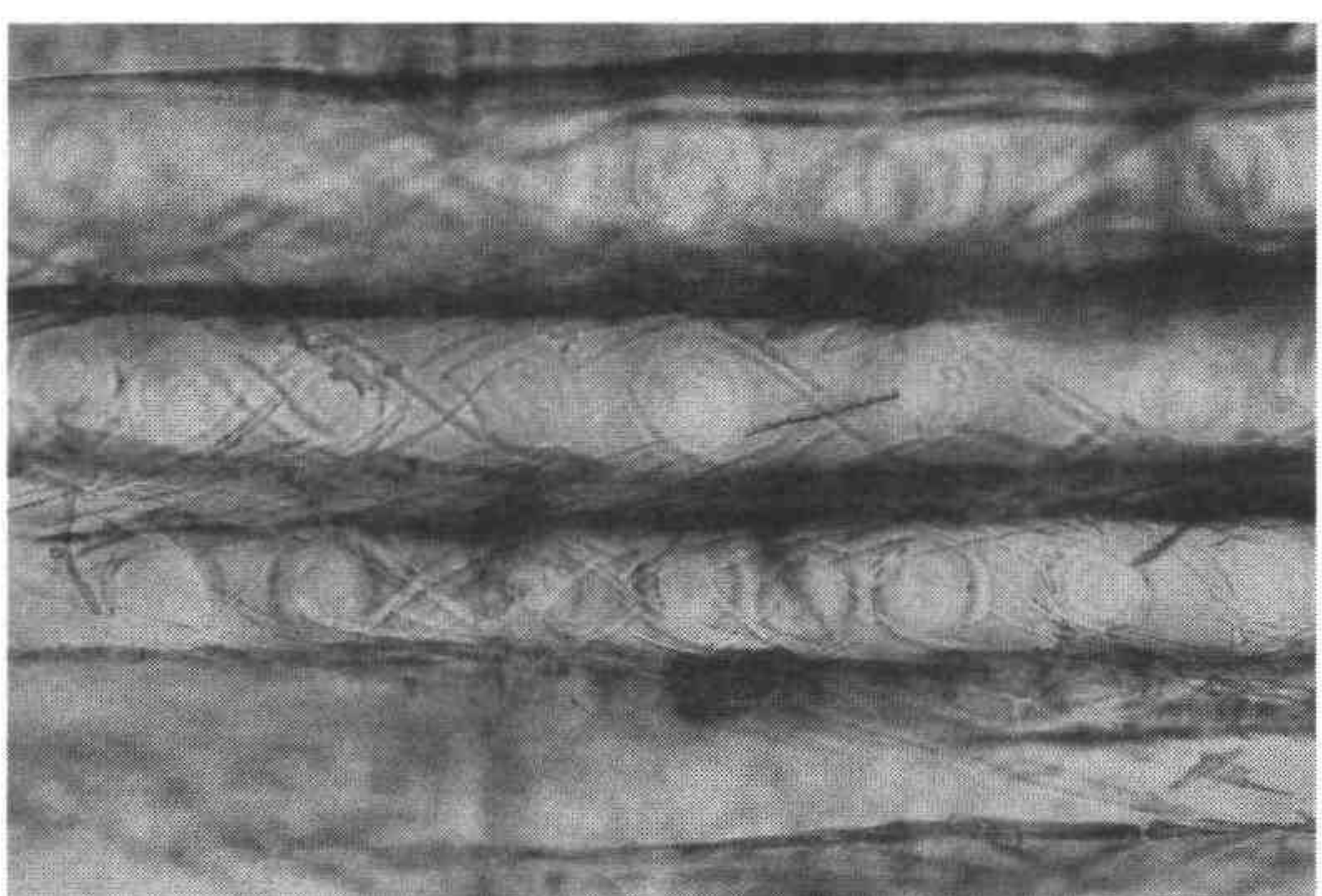
D. 硬さ15mm深の腐朽材 仮道管45 μ m径



B. 硬さ30mm深の腐朽材 仮道管45 μ m径



E. 硬さ3mm深の腐朽材 仮道管30 μ m径



C. 硬さ20mm深の腐朽材 仮道管45 μ m径

図15 アカマツ腐朽材の材切片の顕微鏡観察：1%サフラニン染色

2. 解繊処理をした組織の検証

材をカミソリで薄くそいで、サフラニンで染色しただけでは観察しにくかったため、材に解繊処理をして観察した。解繊処理すると、図16のように組織は繊維状にほぐれ、観察しやすくなった。写真Aは柔らかい材の場合で、Bは硬い材の場合である。解繊処理によって、硬さ3mm深では小粒と短い繊維が現れた。硬さ14mm深の材では組織の繊維が現れてきた。硬さ21mm深の材では、繊維組織がほぐれだした。硬さ30～38mm深の材では、ほぼ原形のままで残っていた。

材の組織を顕微鏡検査したのが、図17の写真A～Eである。

- ①硬さ38mm深の材は、仮道管の組織は整然とし、壁孔はもちろんのこと、細胞壁の壁は硬さ30mm深の材より厚い状態であった（図17. A）。
- ②硬さ30mm深の材は、仮道管の組織は整然と残っていたが、細胞壁が薄くなっているように見えた（図17. B）。
- ③硬さ21mm深の材は、仮道管どうしの接着は維持されていたが、構造にいびつさがあった。仮道管の壁孔は維持されていた（図17. C）。
- ④硬さ14mm深の材は、仮道管どうしは接着していたが繊維状に解離しはじめていた。また、仮道管中の壁孔も崩壊していた（図17. D）。
- ⑤硬さ3mm深の材は、仮道管どうしの接着がバラバラで、仮道管の構造が崩壊していた（図17. E）。繊維組織は短く切れていた。

これらの結果より、土壤硬度計で測定した材の硬さは、材組織の腐朽程度を表すことがより明らかに観察された。変形菌は材を腐朽させるのではないが、材の腐朽程度に、すなわち材組織の構造変化に関係して生育すると考えられた。

3. 材の硬さと引張り力に対する強さの検討

土壤硬度計は材に垂直に貫入するが（図18）、材の繊維の大部分は横方向につながっている。材の硬さが柔らかくなると、繊維組織が切れているのが解繊処理をした材の顕微鏡観察で見られたので、材が腐朽すると横方向の力に弱くなると考えた。そこで、図19のような装置を作り、水平方向に引張る力に対する材の強度を測定した。これにより、硬さと腐朽の関係について物理的な根拠を得ようと考えた。

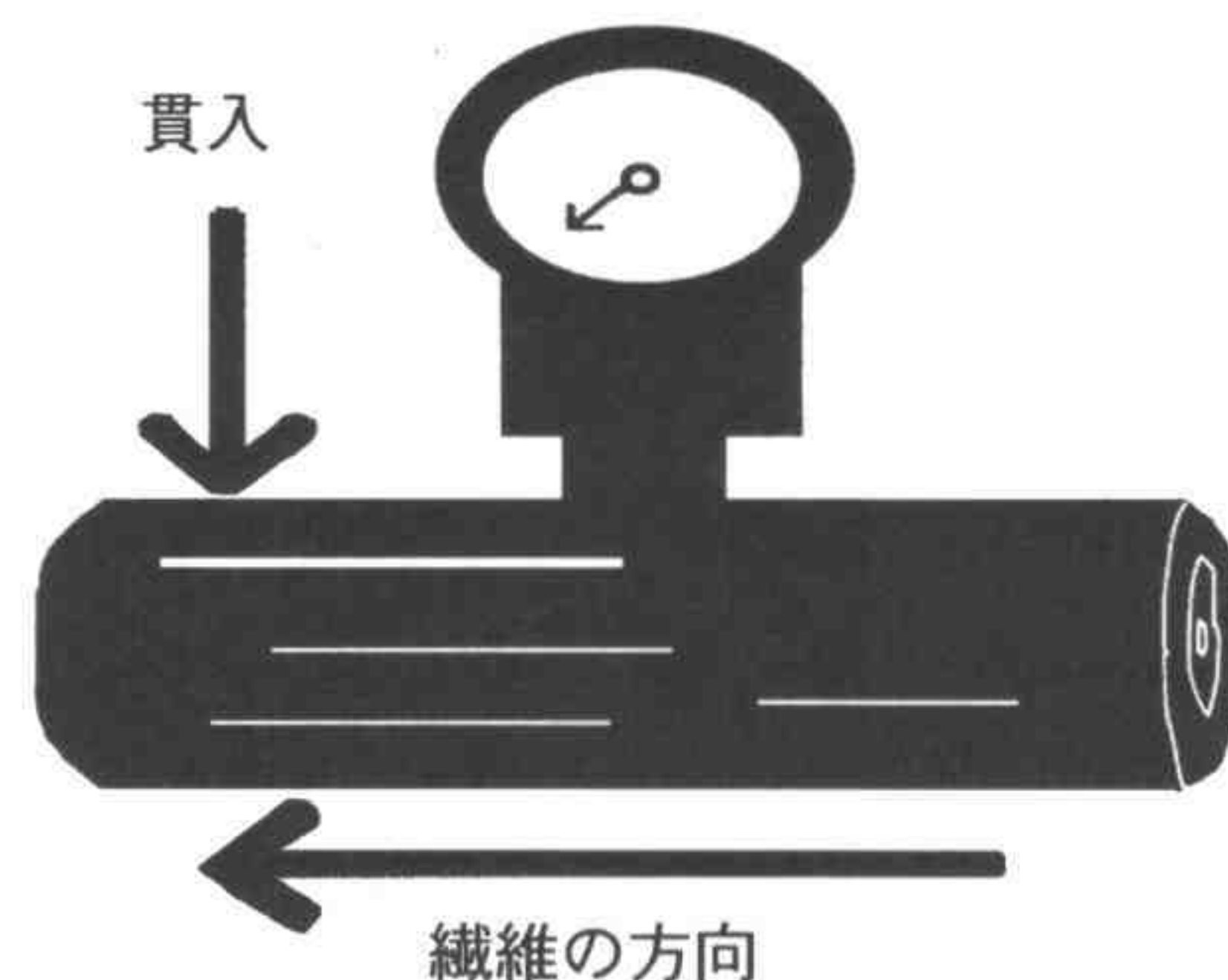


図18 貫入による硬さの測定

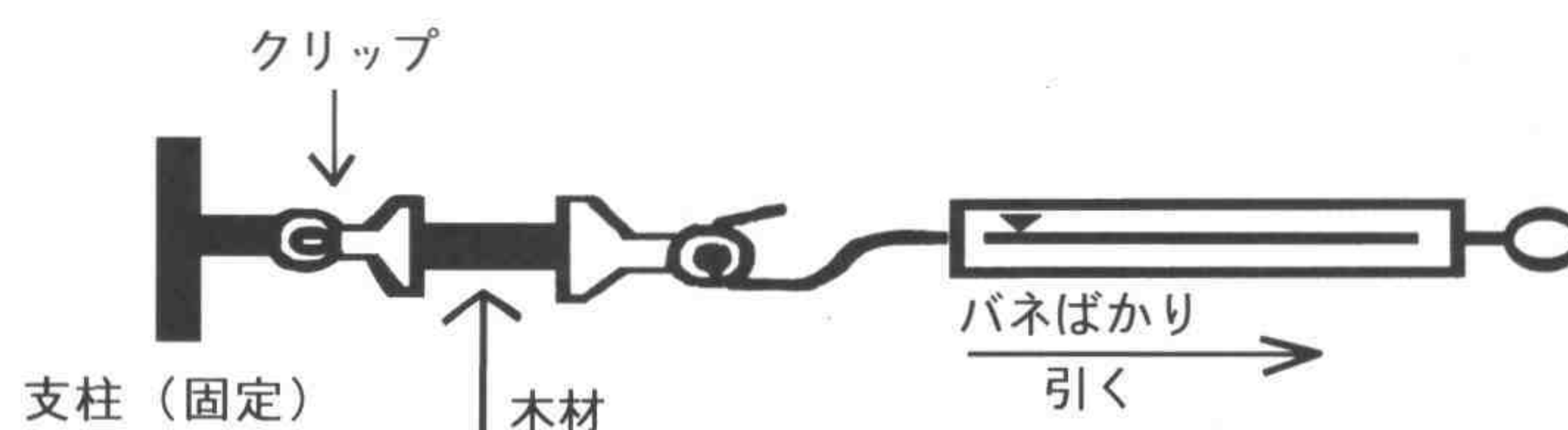
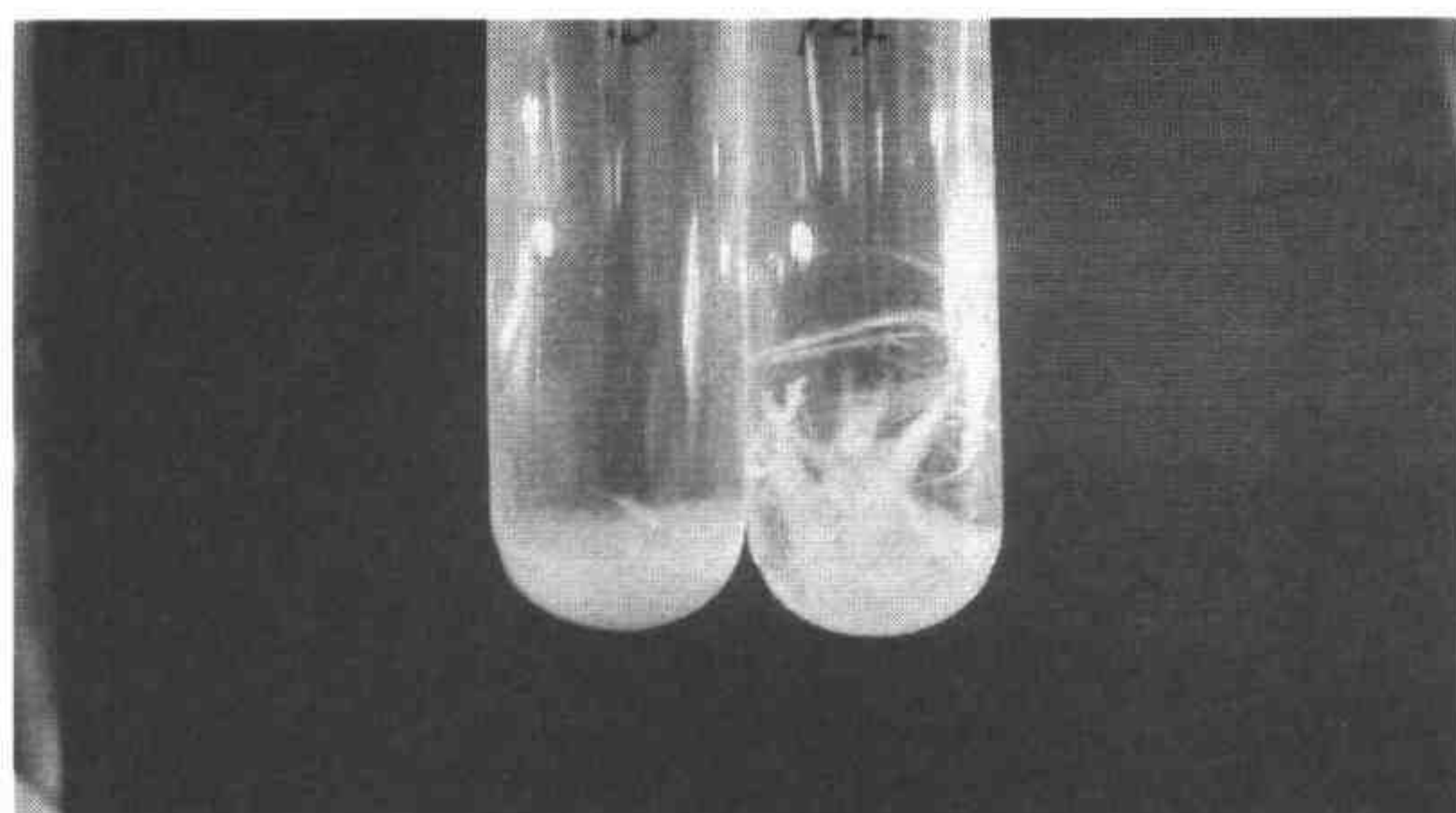
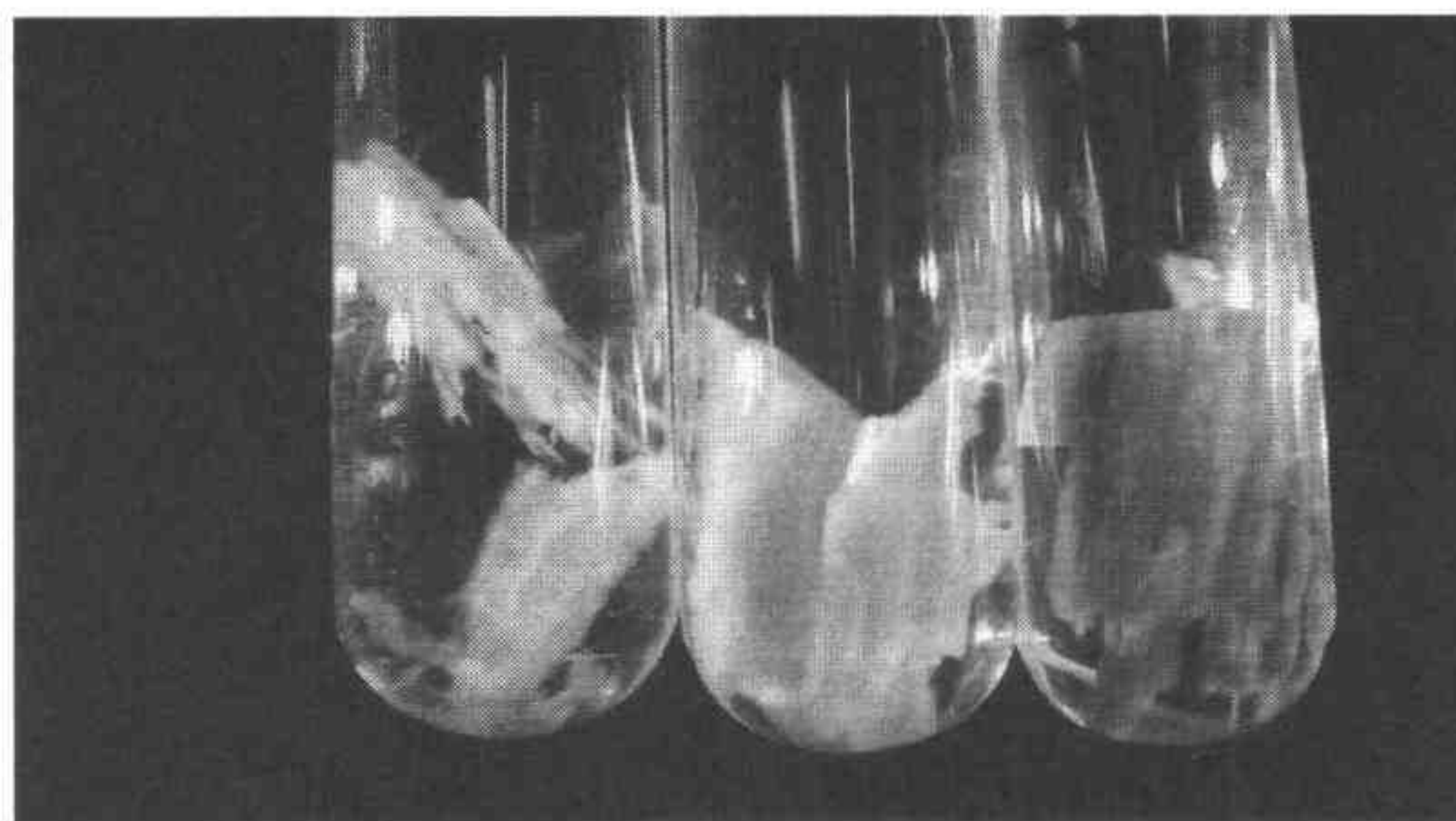


図19 引張り強度による材の腐朽の測定

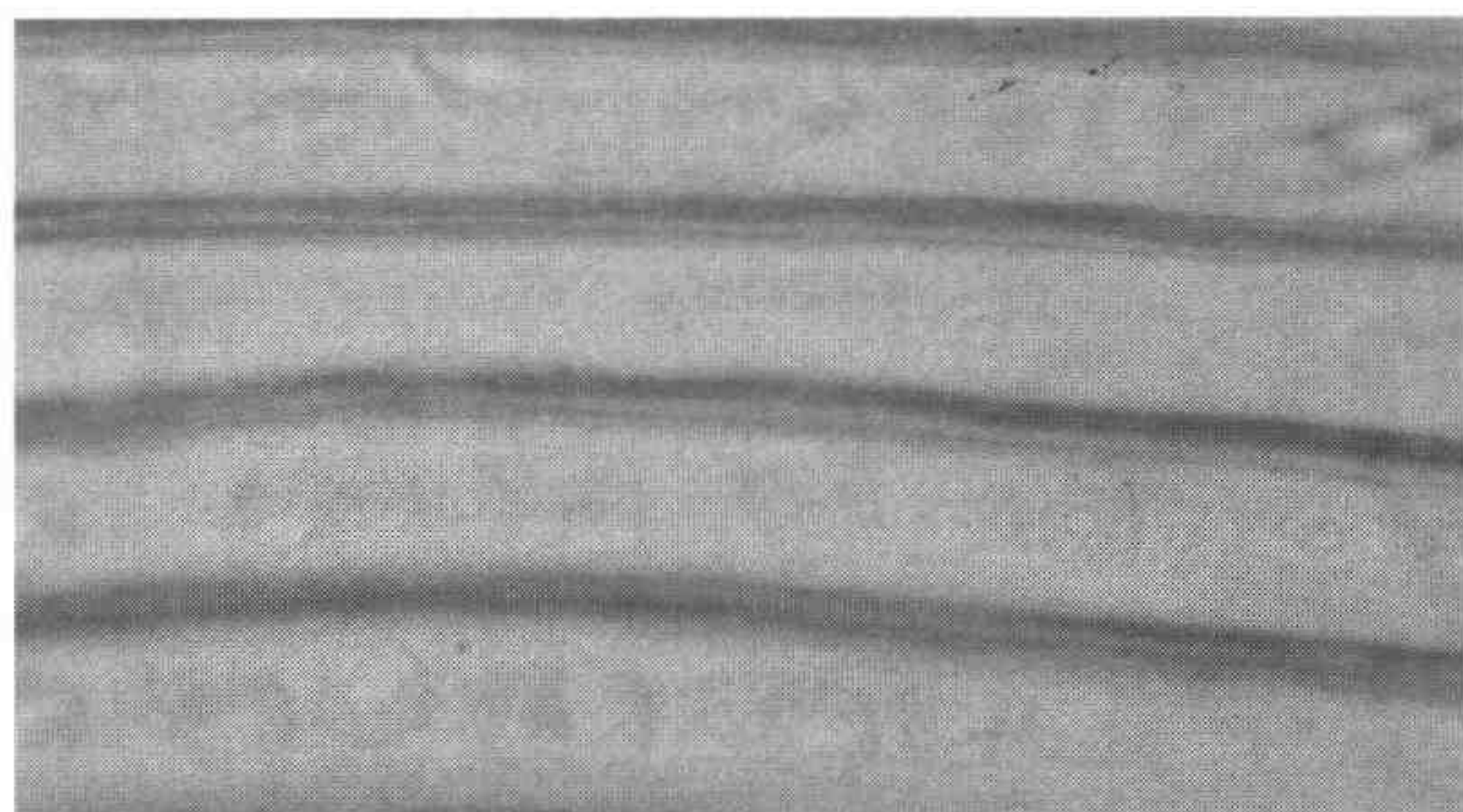


A. 材の硬さ 3 mm と 14mm 貫入深

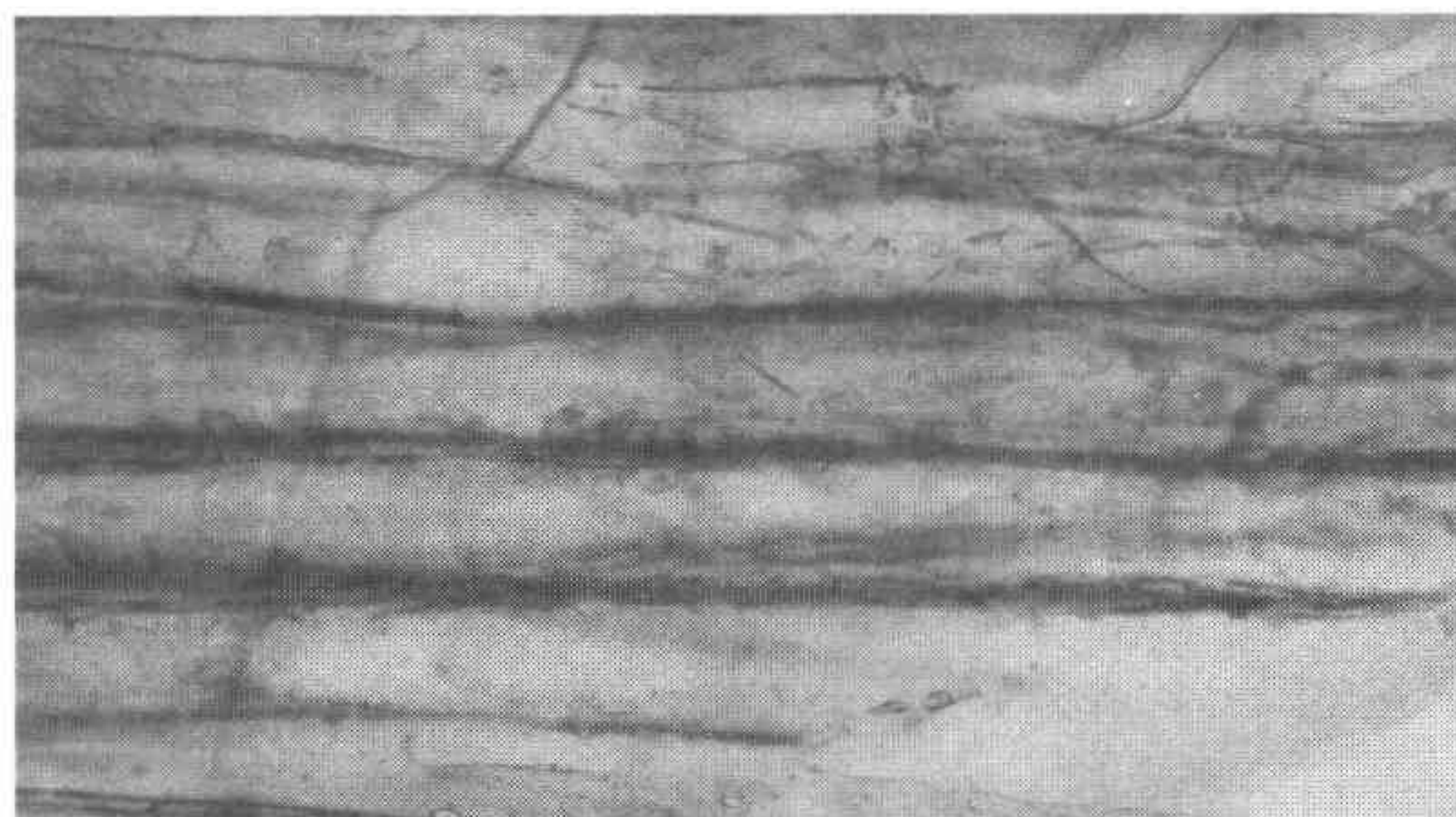


B. 材の硬さ 21mm と 30mm と 38mm 貫入深

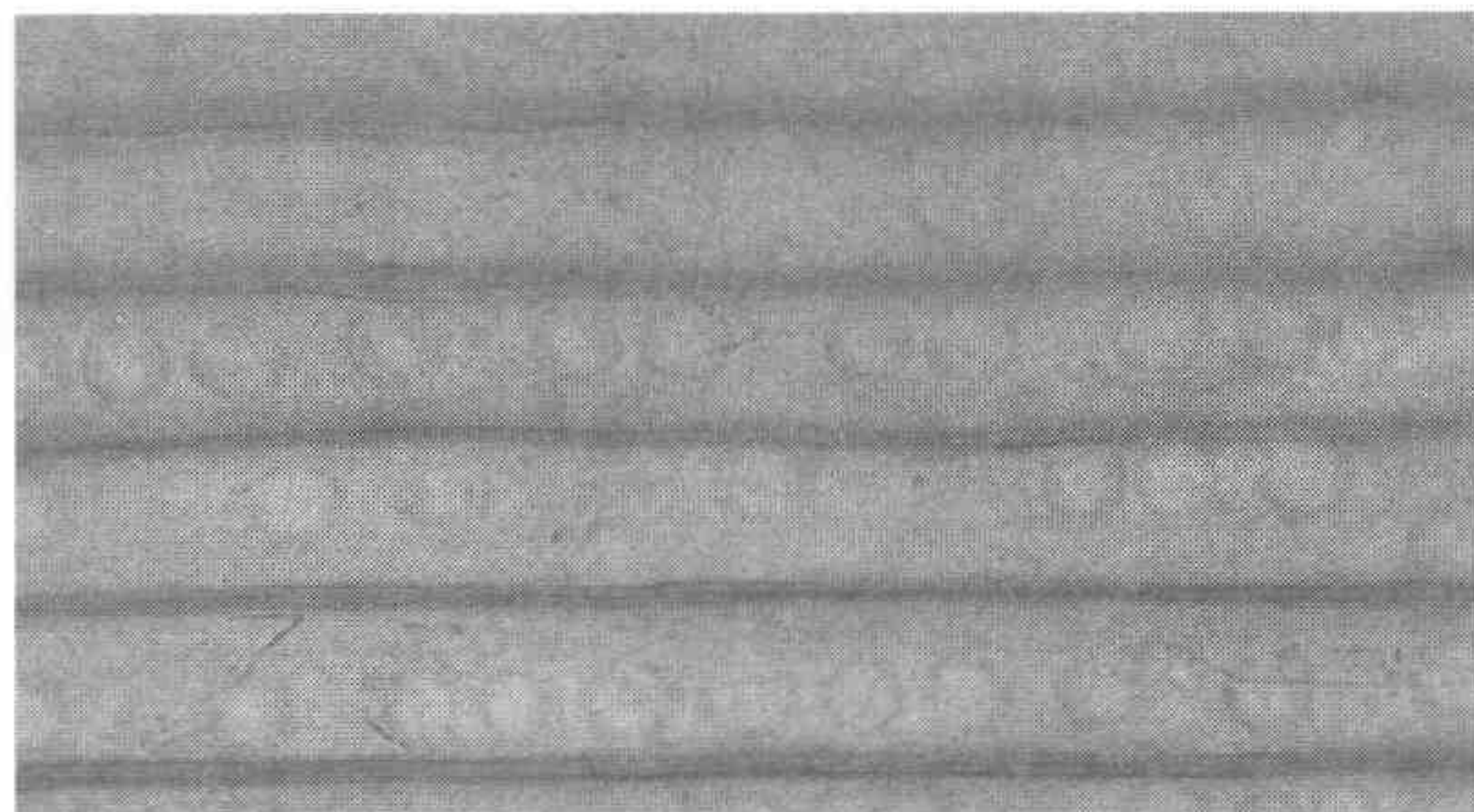
図16 アカマツ材の解繊処理：40%酢酸と30%過酸化水素水等量混合液で煮沸60分処理



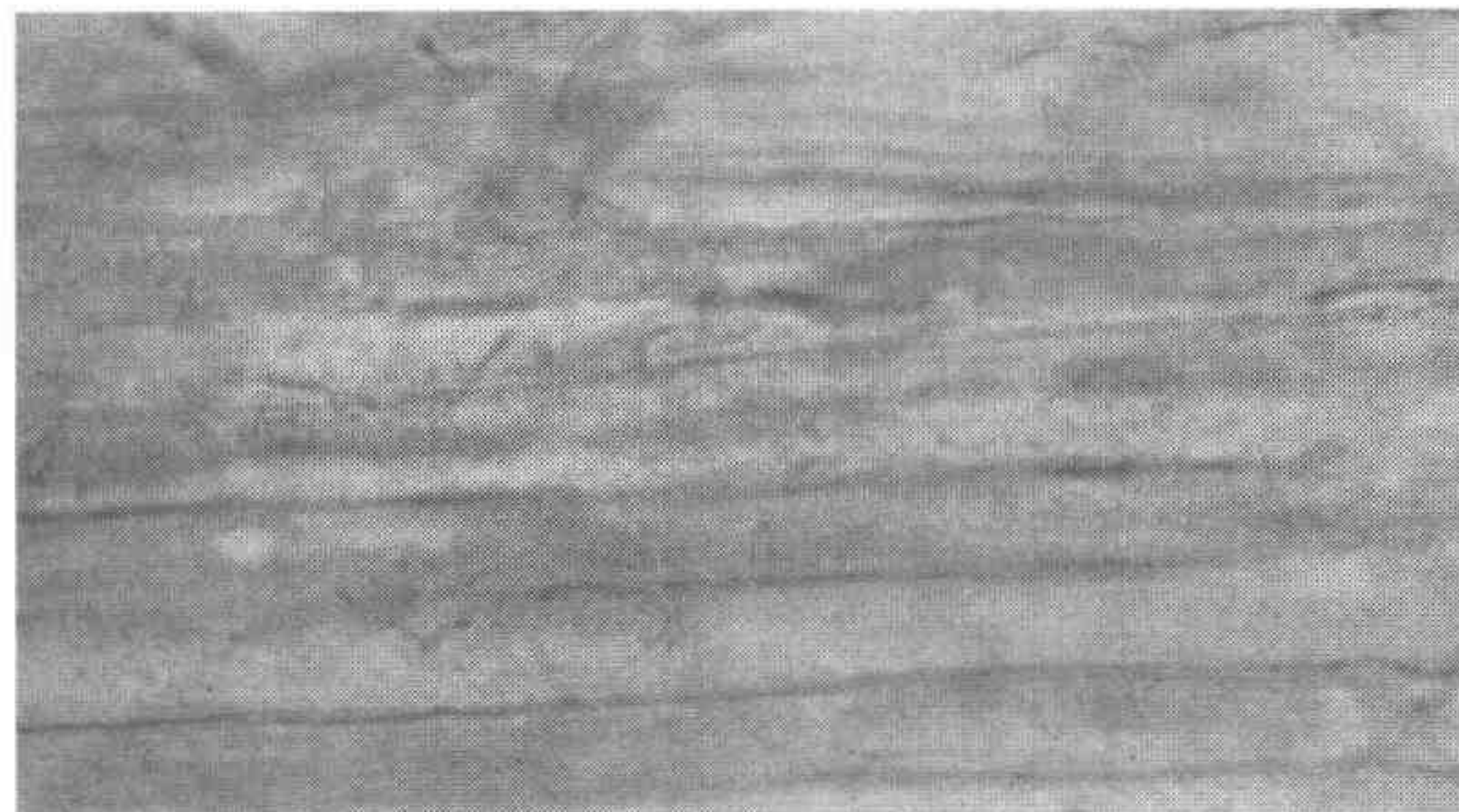
A. 硬さ 38mm 貫入深の腐朽材 仮道管38 μ m径



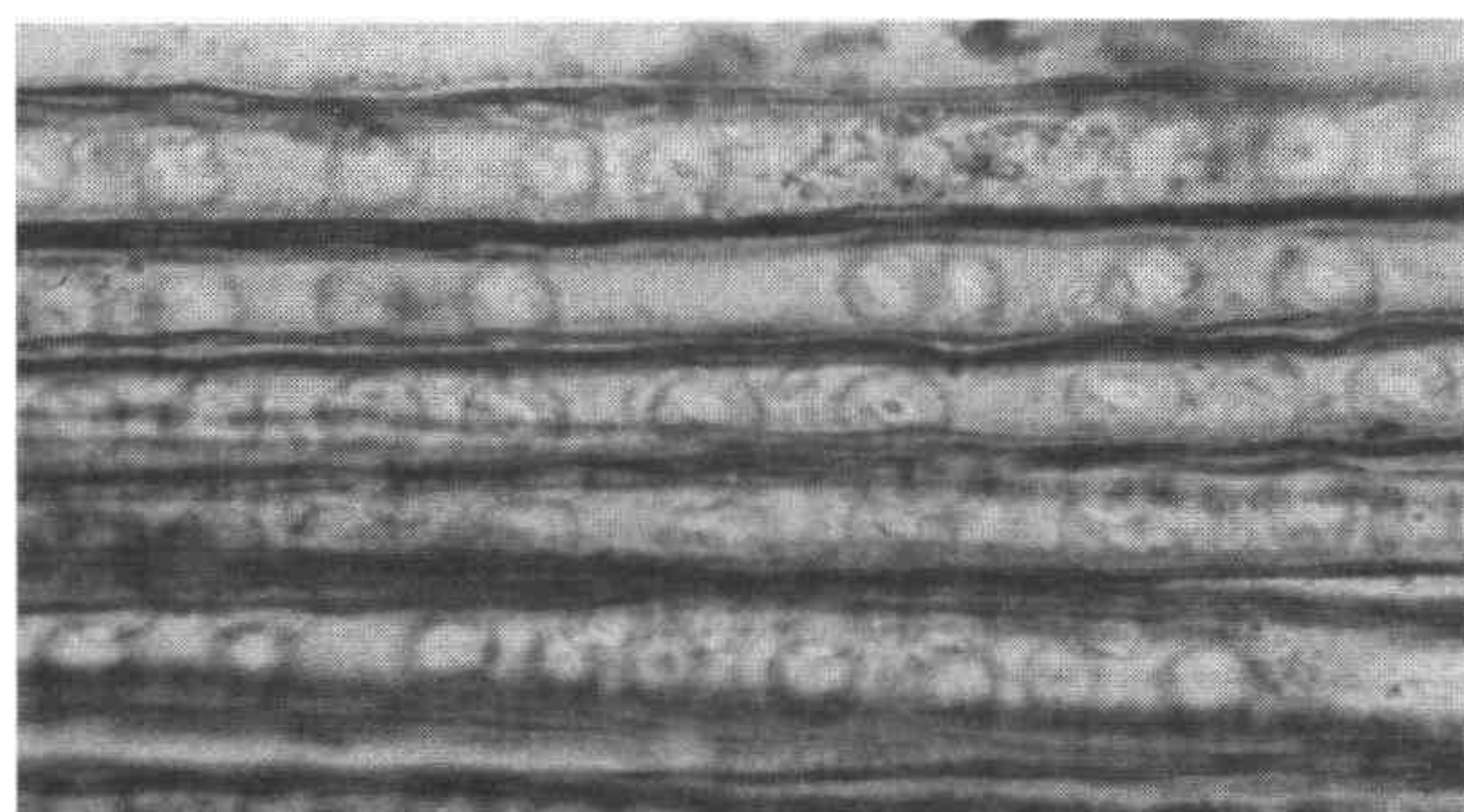
D. 硬さ 14mm 貫入深の腐朽材 仮道管40 μ m径



B. 硬さ 30mm 貫入深の腐朽材 仮道管50 μ m径



E. 硬さ 3 mm 貫入深の腐朽材 仮道管30 μ m径



C. 硬さ 21mm 貫入深の腐朽材 仮道管43 μ m径

図17 アカマツ材の解繊組織の顕微鏡観察：1%サフラニン染色

バネばかりを引いたとき、材がちぎれる力を測定した。その結果、材が柔らかくなると弱い力で切断された（図20）。材の硬さ（mm貫入深）と腐朽程度には関係のあることがわかった。それは変形菌の生育に何らかの影響を与えていると思われた。

4. 腐朽材の化学的性質

変形菌が着生した材の化学物質を調べれば、変形菌がどの程度腐朽した材を好むのかということが化学的観点から分かるかもしれない。倒木が腐朽すると、倒木の含有物質の種類、量が変化すると考えた。そこで私達は、アカマツの材を使用し、変形菌の着生がみられたかどうかを区別して材の腐朽程度と化学的性質の変化を調べた。

1) 水素イオン濃度と水抽出液の透過度

木材は、腐朽すると各種の抽出物量が多くなるとある（西本 1982）。材の硬さとpHの関係を図21Aに示す。材のpHは、pH=4.0～4.7の範囲ですべて酸性を示したが、材の硬さによるpHの規則性はなかった。

①変形菌の着生が無い材では、材の硬さ20mm深付近でpHは低くなった。

②硬さ15mm深と硬さ30mm深付近のpHは高くなった。

③着生があった材のpHの平均値はpH=4.6で、着生が無い材のpH=4.2とは有意な差が見られた（ $P<0.01$ ）。

材が腐朽するとpHは低下する（高橋 1989）が、変形菌が生育すると材のpHの低下が抑制されると考えられた。

材の腐朽の違いにより、材に含まれる物質やその量が違うと考え、水抽出液の光の透過率を調べた（図21B）。

④抽出液において、材の硬さによる規則的な透過率の変動はなかった。

⑤変形菌の着生の有無と透過率の間には、関連が見られなかった。

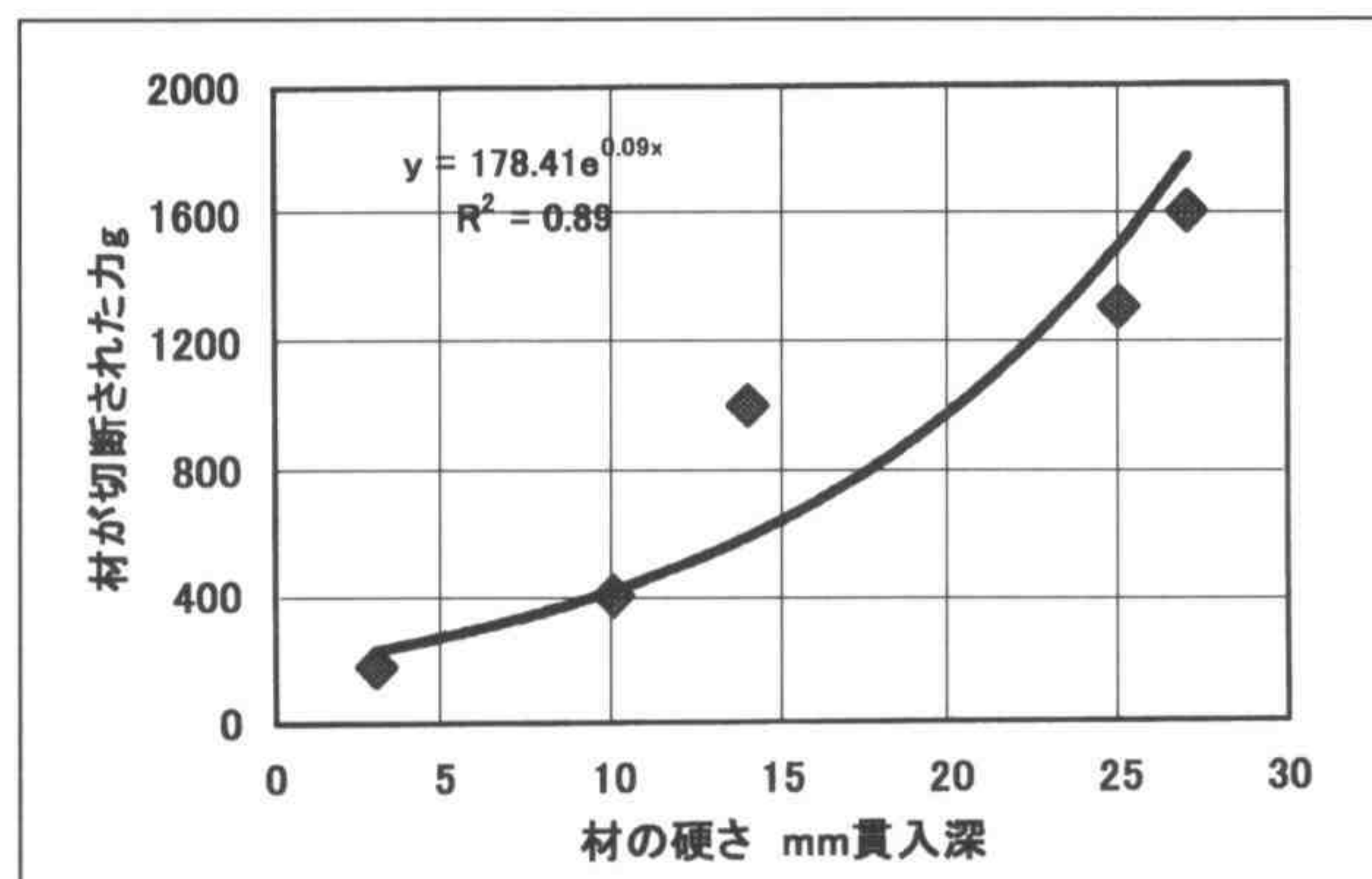


図20 材の硬さと引張り強度の関係

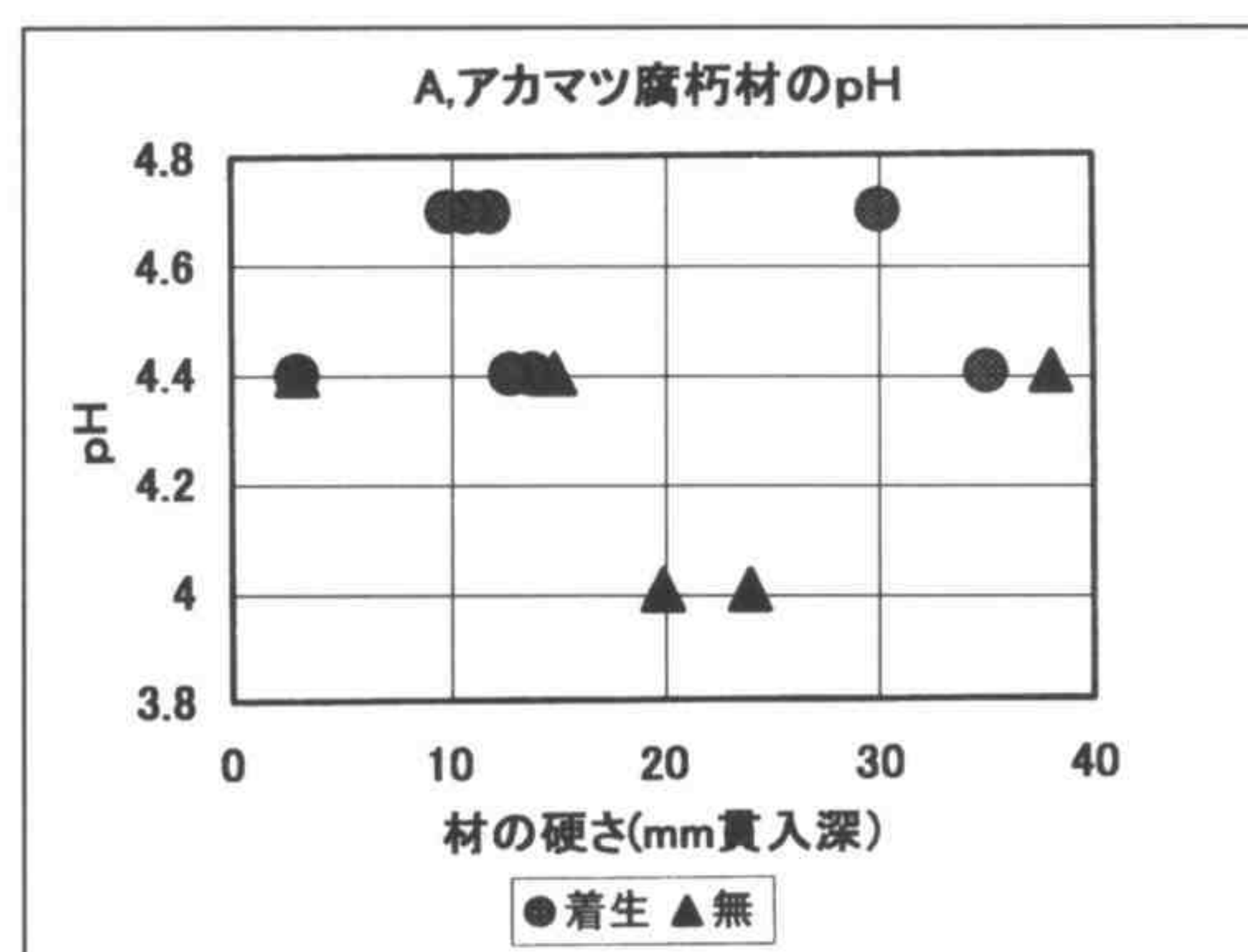


図21-A 材の硬さとpHの関係

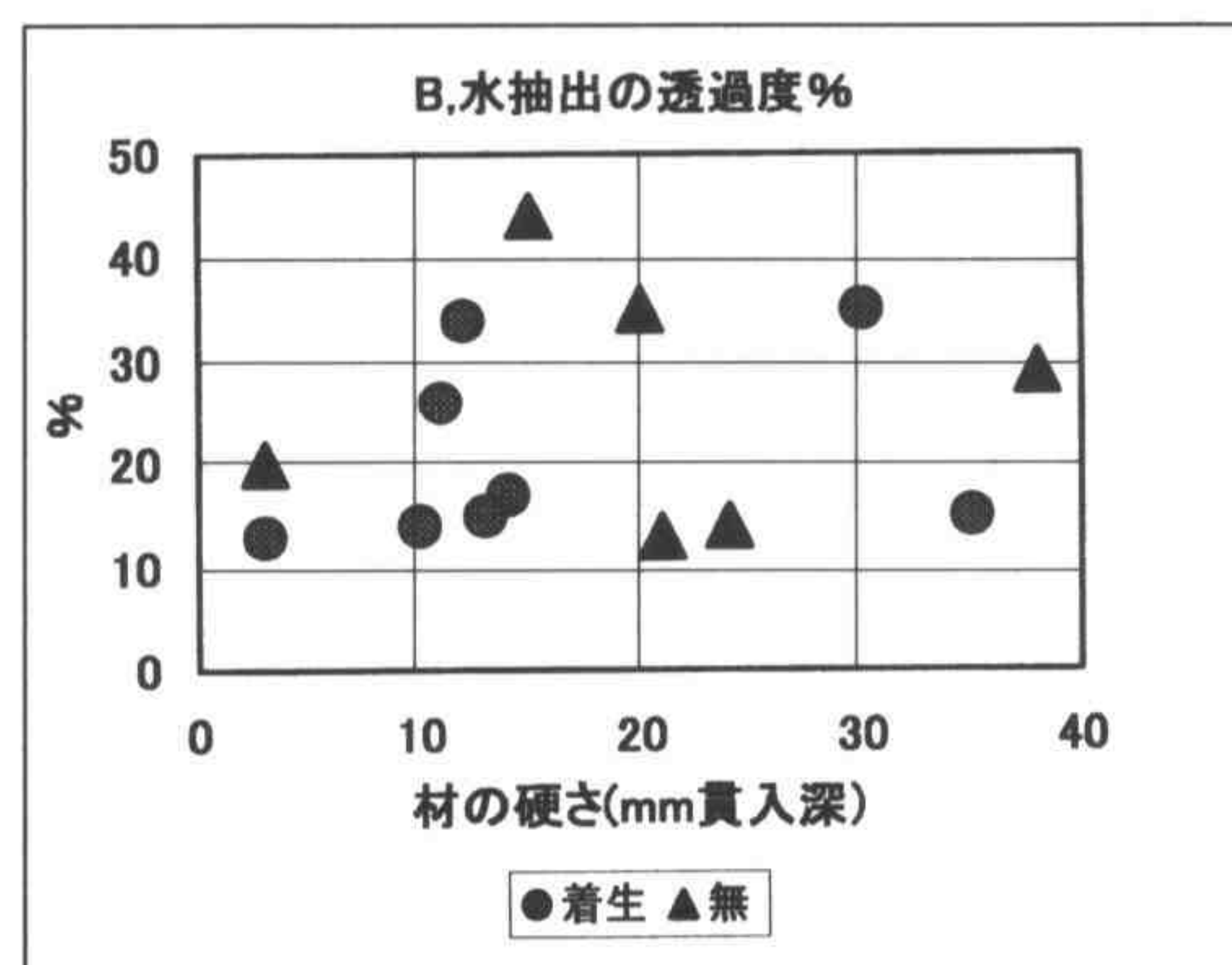


図21-B 材の硬さと光の透過度の関係

実験結果のグラフを見ると、変形菌が着生していたものは、着生していなかったものに比べてpHが有意に高い。これより、変形菌の着生は木材の腐朽を抑制するのではないかと考えられた

2) 材の1%水酸化ナトリウム抽出液

文献（西本 1982）では、腐朽材中の含有物質の抽出には1%水酸化ナトリウム水溶液（NaOH）が使われていた。1%水酸化ナトリウムでの抽出液には、糖、タンニン、油脂、ロウ、樹脂、精油、ヘミセルロース、リグニンなどが含まれるといわれる。腐朽によって木材主要成分が低分子化されると、それらの断片も抽出される。そこで水抽出の場合と同じ実験を1%水酸化ナトリウム抽出液で行った。その結果が図22のグラフである。

変形菌の着生がある材については、材が柔らかくなると透過率が低下した。つまり、材が腐朽すると抽出された物質が増加していた。このように、材の硬さと抽出物の間に関連が見られたことから、変形菌の生育は材中に集積される化学物質と関連することが示唆された。材の腐朽に伴って、水酸化ナトリウム液への可溶性物質が増加すると考えたが、すべての材において、材の硬さと抽出された化学物質との間に明確な関係があるとはいえなかった。しかし、変形菌が着生した場合のみ、硬さと関連した化学物質の変化が認められた。

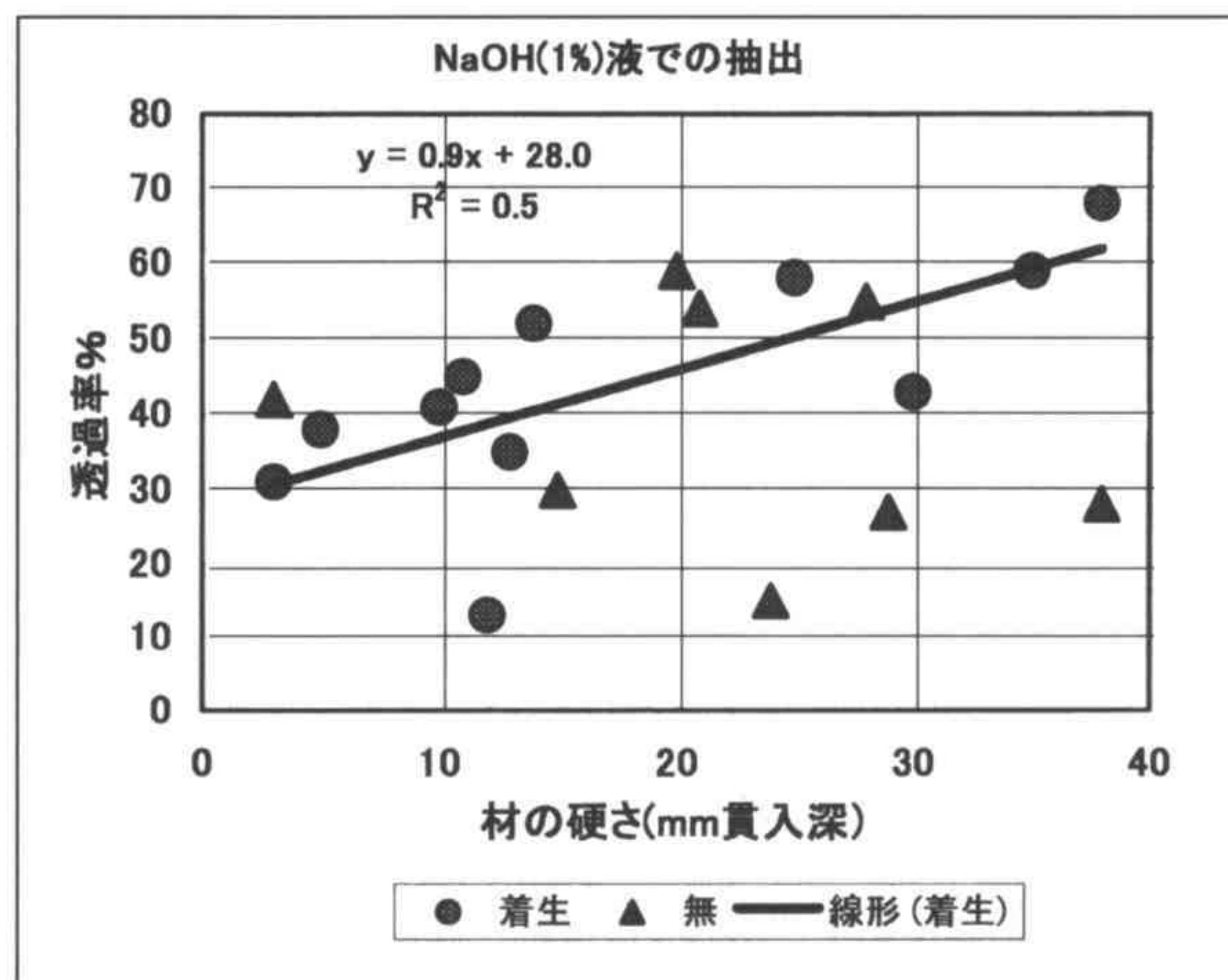


図22 1%NaOH抽出液における材の硬さと光の透過率の関係

材中には腐朽によって分解された木材成分が集積し、その集積量に変形菌の生育と関係があり、材が化学的に腐朽している程度が関係すると思われた。

Ⅳ. 腐朽菌と変形菌の関係

材中に生育する細菌類・真菌類（担子菌類）などの腐朽菌が、材の腐朽に関係し、変形菌の発生にも影響をあたえることが考えられる。ここでは、同量の腐朽材から発生してくる菌糸の培養を行って、変形菌の生育との関係を検討した（図23）。

コーンミールアガー培地では、腐朽材から同心円状に菌糸が発生した。腐朽材中には腐朽菌が生育していることがこの培養によって明らかになった。図24のAとBは、成長するそれらの菌糸である。

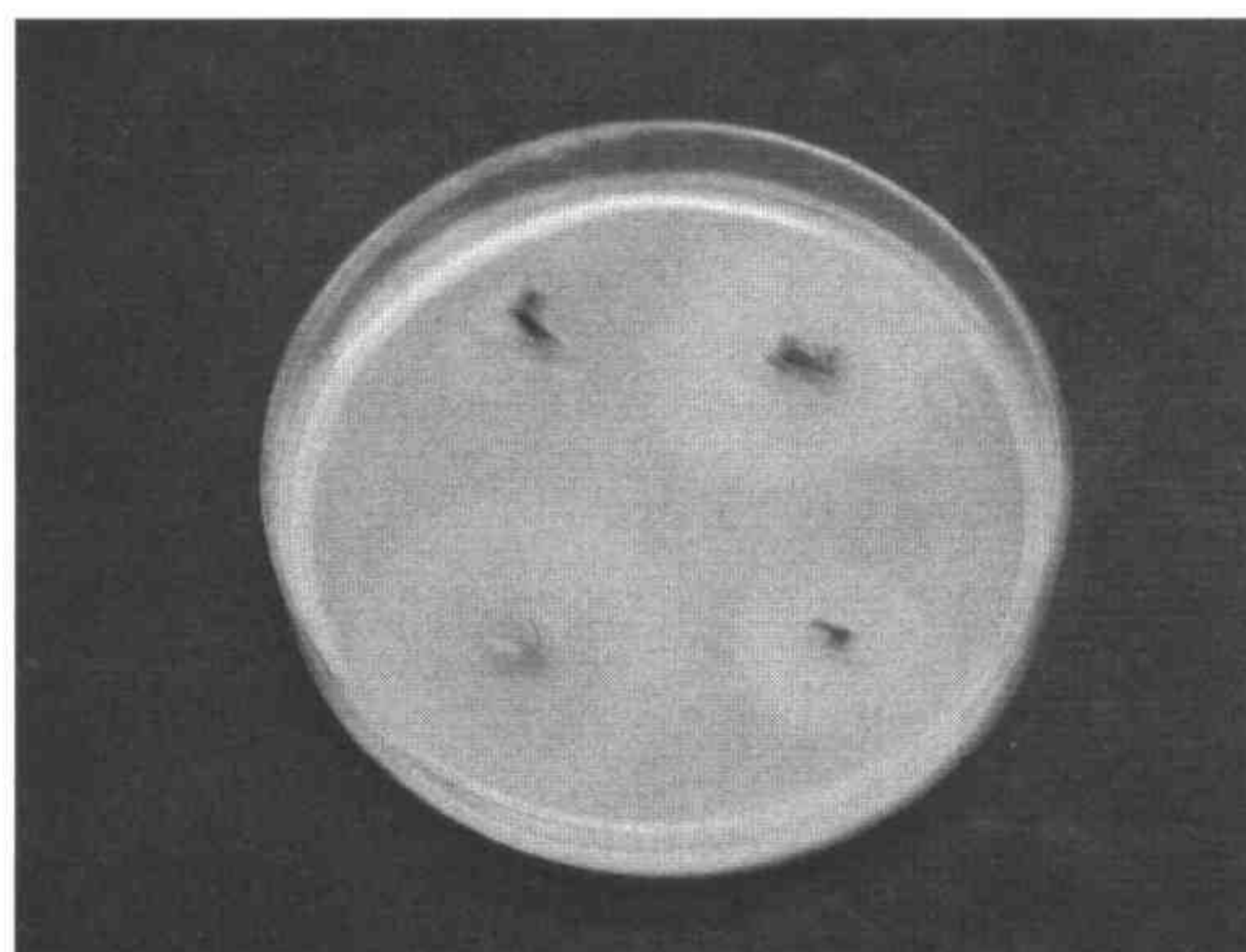


図23 木材片の培養

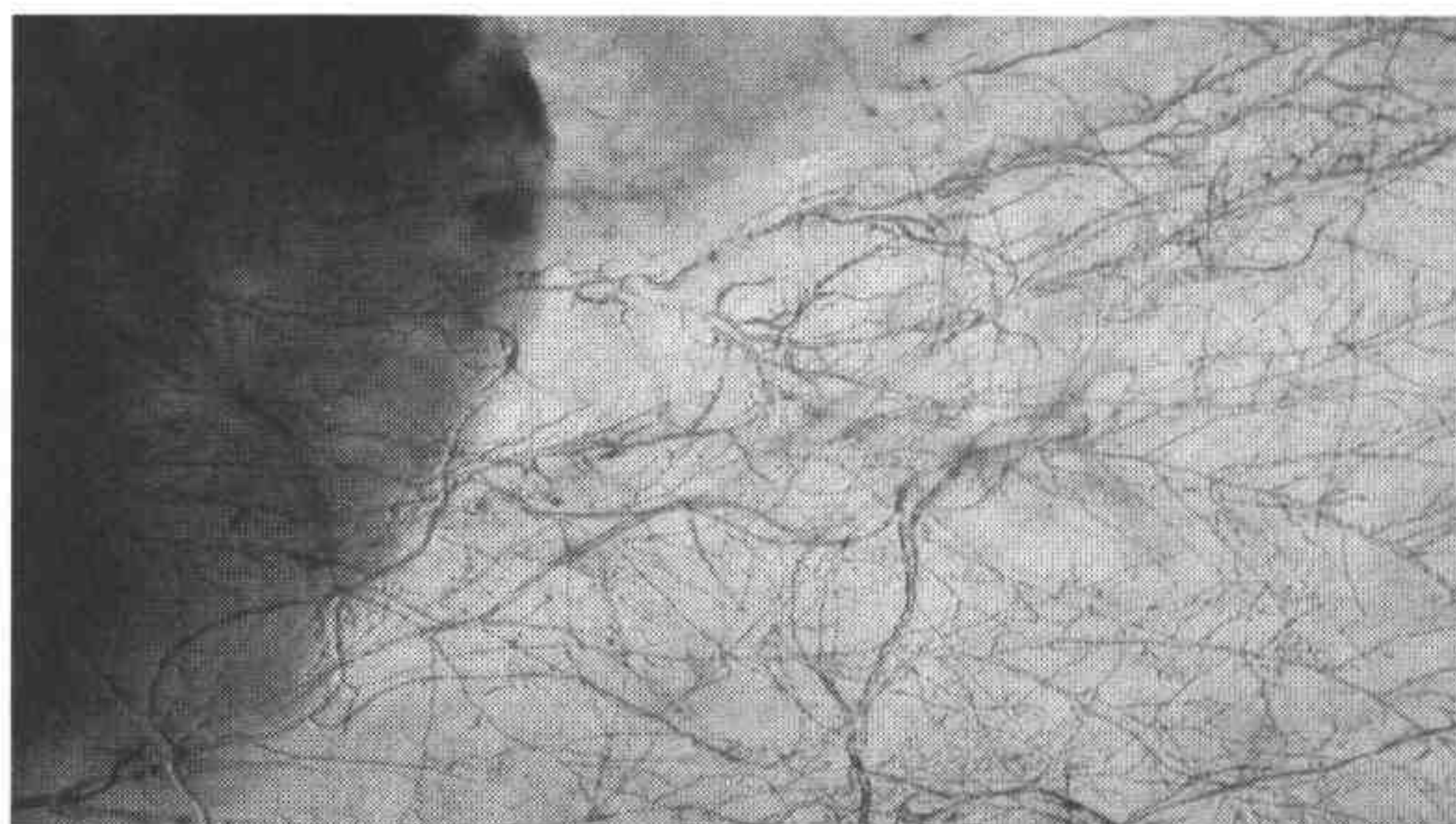


図24-A 腐朽材片から成長する菌糸

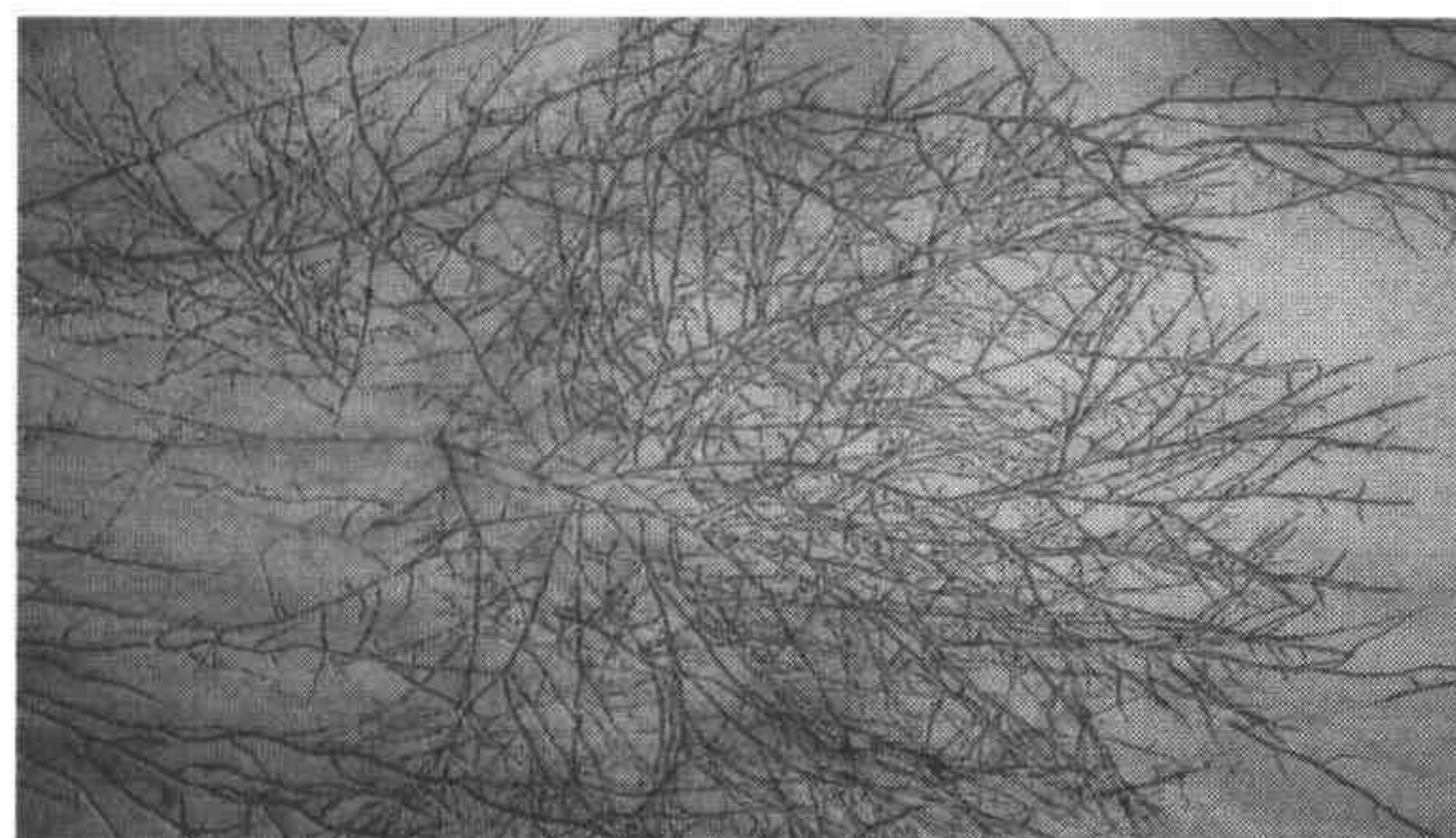


図24-B 伸長する菌糸先端部

1) 菌糸コロニーの面積の比較

腐朽材中に存在する腐朽菌の量が、材から発生する菌糸の面積で比較できると考えた。図25は、材の硬さと発生した菌糸コロニー面積の関係を示す。

材の硬さが異なっても菌糸面積には大きな違いは認められなかった。変形菌の着生の有無に関わらず、菌糸面積はほぼ同じであった。腐朽の程度に関係なく腐朽菌は材中に存在すると考えられた。このことから、変形菌の生育が腐朽材中の菌類の生育量に直接的に影響されているとは考えられなかった。

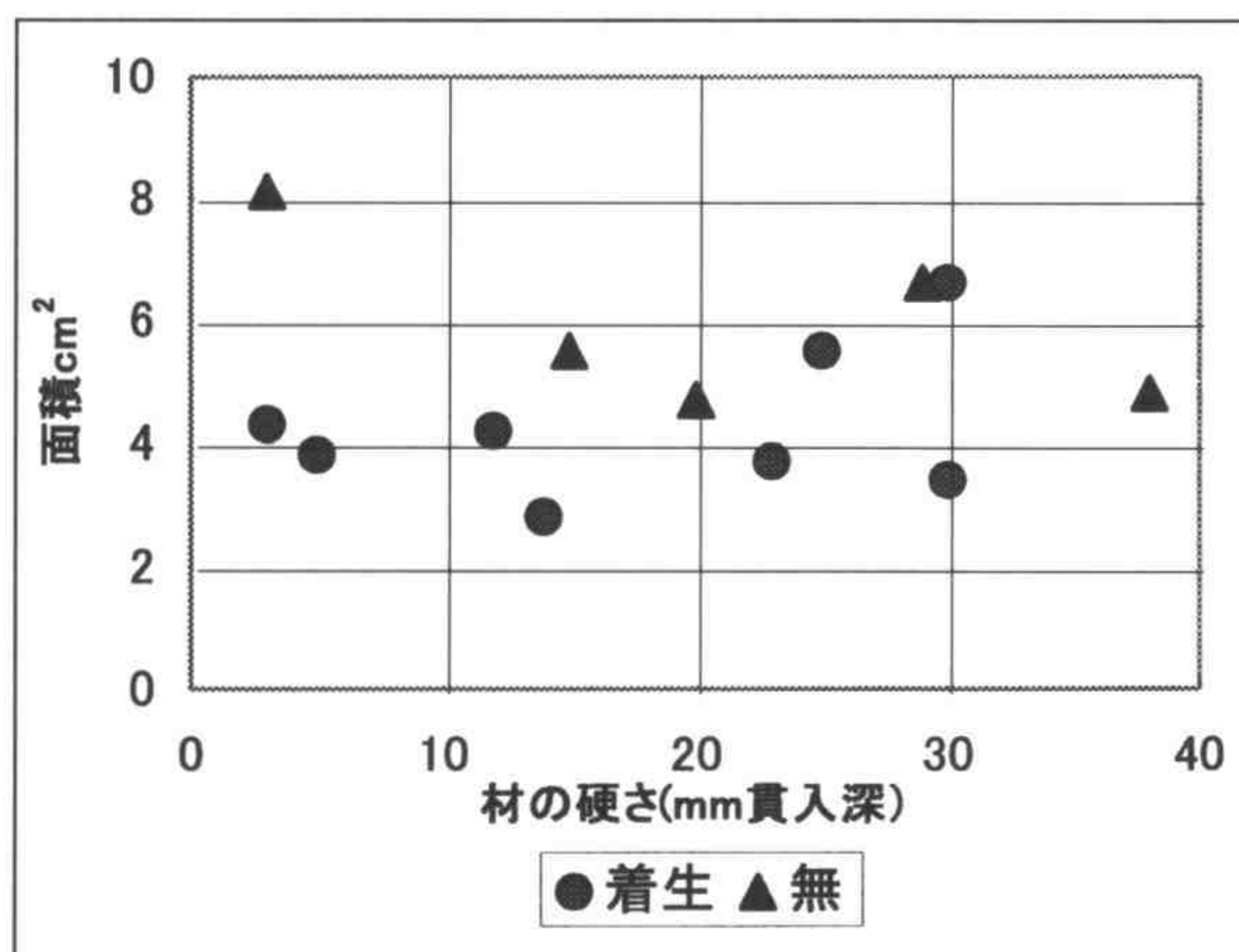


図25 菌糸コロニーの面積

2) 腐朽菌によるデンプンの分解

腐朽菌の働きを培地に加えたデンプンの分解面積によって比較した。材の腐朽程度によって腐朽菌の性質が異なり、それが変形菌の生育に影響することが考えられる。培地に増殖した腐朽菌の菌糸によってデンプンが分解されると、ヨウ素デンプン反応をしない領域が透明層となって現れる(図26)。

図27には、材の硬さとデンプン分解面積の関係を示した。材の腐朽程度により、デンプン分解面積は異なっていた。材の硬さが20mm深あたりで、デンプンの分解面積が最大になった。しかし、変形菌の着生の有無による違いは見られなかった。

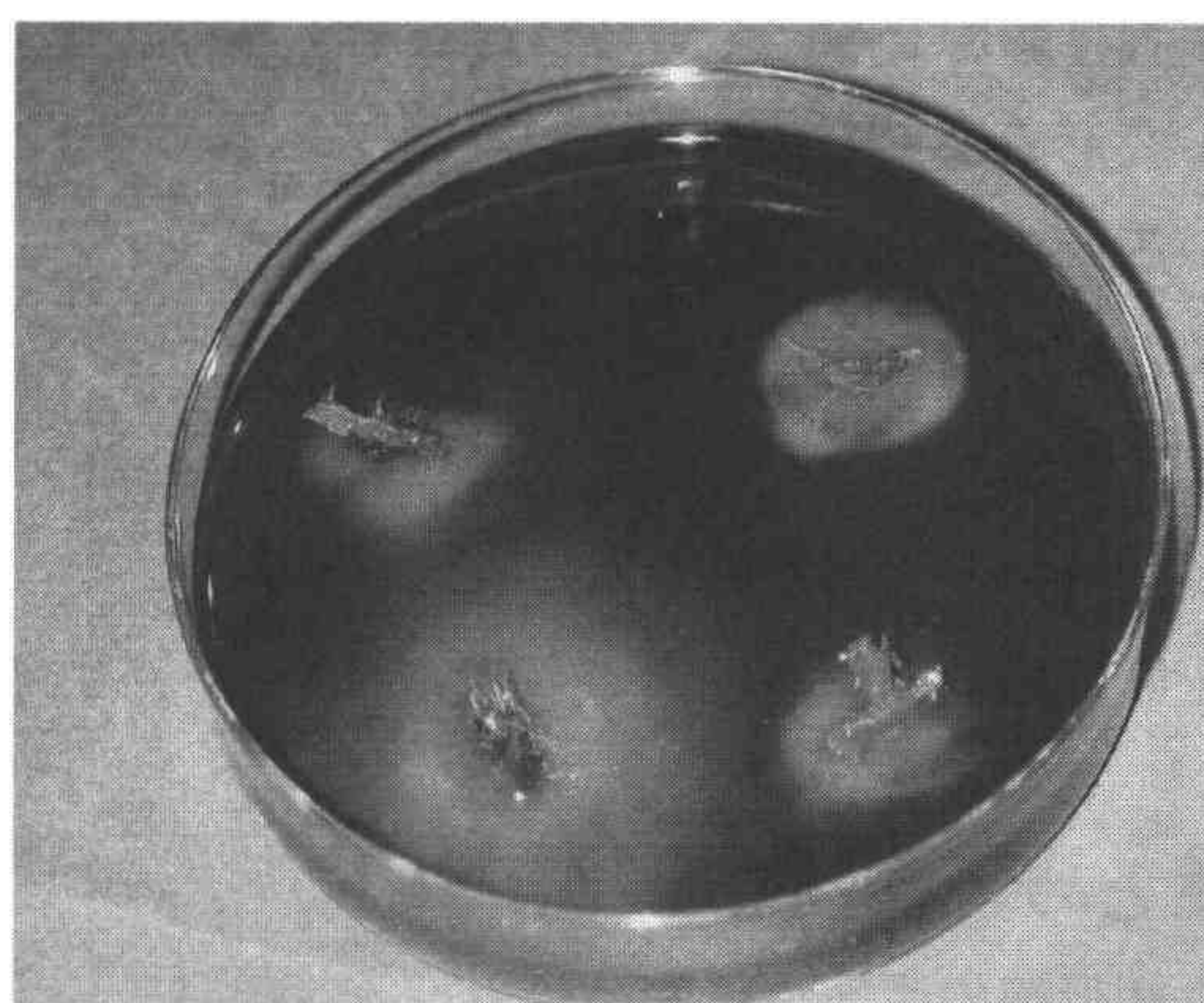


図26 培養地のヨウ素デンプン反応

この実験に際して参考文献を調べてみると、腐朽程度によって菌類層が変化するとあった(高橋1999)。文献の記述と上の結果から、硬い材や腐朽が進んで柔らかい材よりもある程度腐朽した

材（硬さ15～20mm深）で、デンプン分解活性の高い菌が存在していると考えられた。変形菌の生育は、18mm深～24mm深の腐朽材で出現種もコロニー面積も大きくなったことから、腐朽菌の菌類相の変化と関連があることが考えられた。

3) タンパク質の分解

腐朽材中の菌類の働きを培地中に加えたタンパク質の分解で比較した。図28は、材の硬さとタンパク質分解面積の関係を示した。培地に加えたスキムミルクが分解されると培地が透けてくるので、その面積を測った。

変形菌が着生しない材でタンパク質の分解が見られたが、変形菌の着生した材ではタンパク質の分解はほとんど見られなかった。腐朽材中の菌類相は、変形菌の着生の有無で異なっていることが示唆された。

こうしたことから、変形菌の生育は菌類の生育量とは直接関係がなかったが、材の硬さが20mm深あたりのときに変形菌の生育は多いことから、腐朽材中の腐朽菌の菌類相やそれらの分解産物の集積量が変形菌の生育に影響を与えていることが示された。

変形菌は実際にキノコと一緒に着生しているものが多かった。これはキノコが腐朽菌として働き、材を化学的に腐朽させ、その分解産物に直接間接に依存して変形菌が発生することを示唆している。腐朽菌は材の腐朽程度によって出現する種が異なり、さらにその種類によって分解する物質が異なると考えられる。こうしたことに関連して、変形菌がどの程度腐朽した材を好むのかという理由が存在すると考えられる。

まとめ

変形菌の生態や生態系における役割は、未だよく知られていない。一般に倒木上に発生すると言われるので、どのような樹木によく発生するのか、また、倒木の腐朽程度で発生が違ってくるのかなどに関心をもった。腐朽木に発生する変形菌を、青森県のヒバ林と岡山県のアカマツ林で調査した。

調査の結果、青森県では、変形菌はブナやミズナラなどの広葉樹に多く出現し、ヒバやスギな

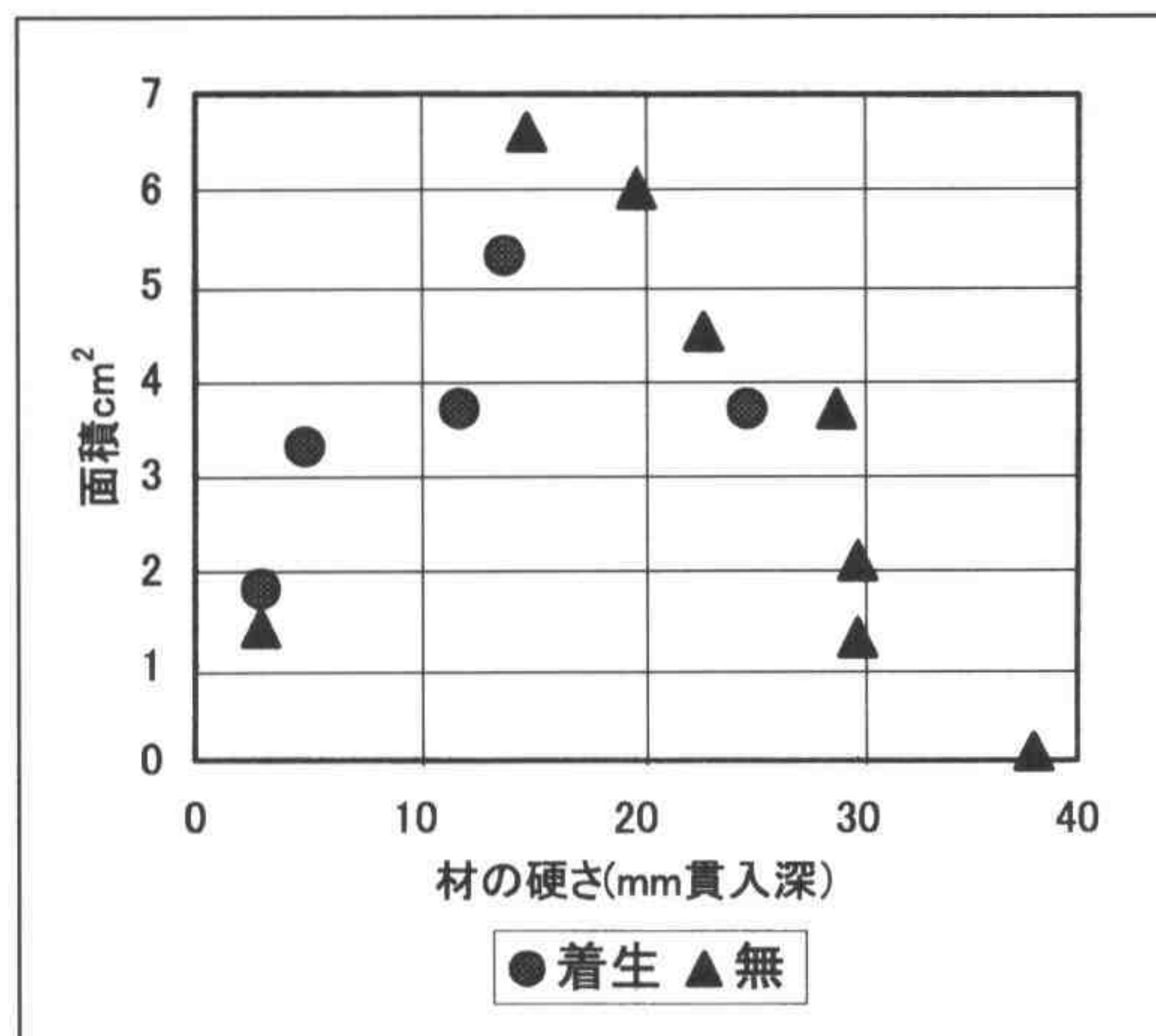


図27 材の硬さとデンプン分解面積の関係

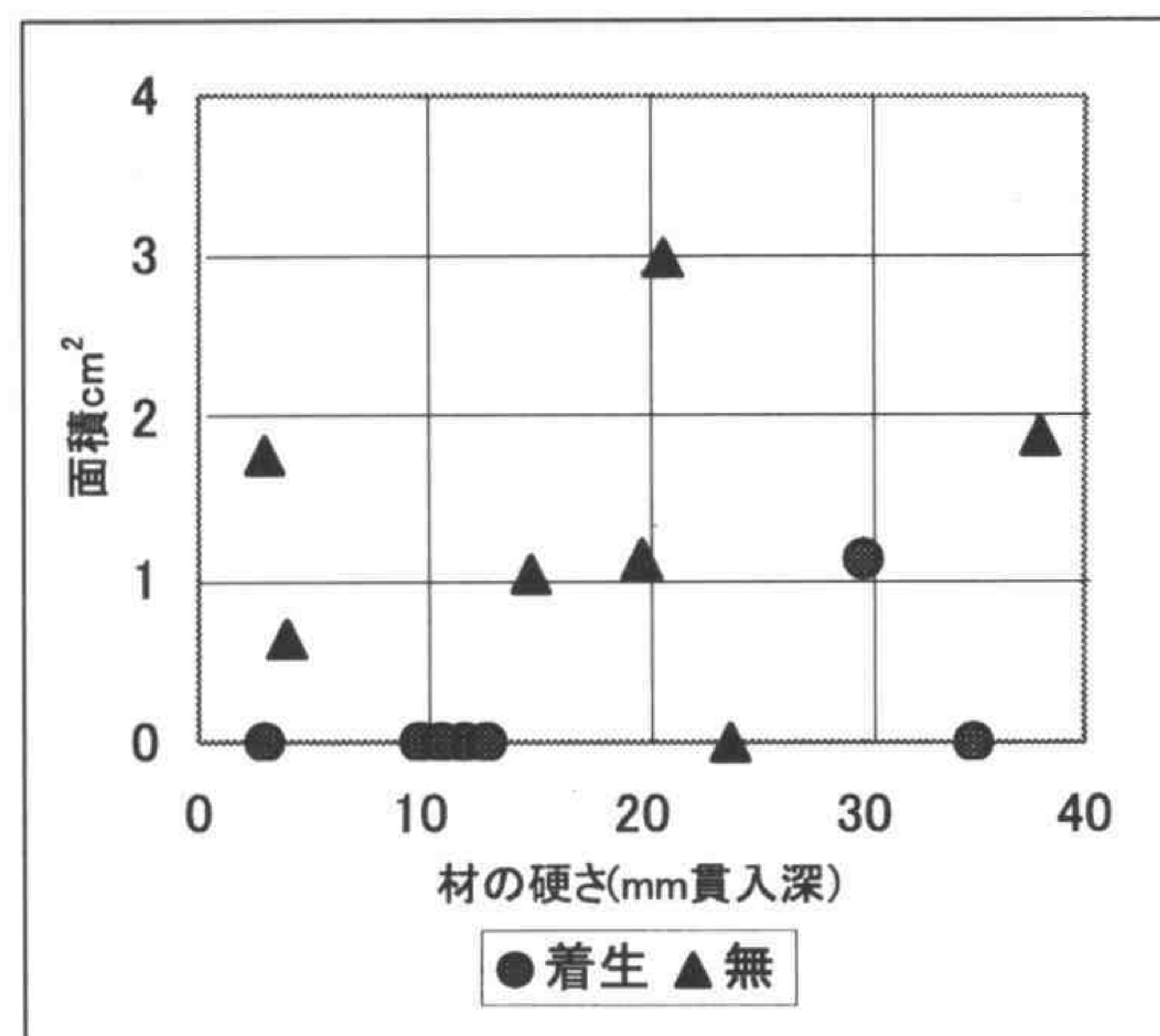


図28 材の硬さとたんぱく質の分解面積の関係

どの針葉樹にはあまりみられなかった。ヒバ・スギは建材などにも使用されるように、シロアリや腐朽菌に強いという性質がある（西本 1982）が、変形菌にも好適な材ではなかった。しかし、針葉樹のアカマツには広葉樹と同様に変形菌は発生したことから、変形菌の生育と材の種類には関係があると考えた。変形菌の子実体を231コロニーについて検討した結果、変形菌は針葉樹よりも広葉樹を好んで発生し、硬い材よりも腐朽した材に多くの種類が出現することがわかった。また、硬い材と腐朽した柔らかい材では、発生する種類が異なっていた。

腐朽材を顕微鏡観察すると組織が段階的に腐朽しているのがみられた。また、材の引張り強度の測定で、硬い材ほど引張りに対する強度が強かったことと、1%水酸化ナトリウム抽出液の透過度は、柔らかい材ほど溶けだした化学物質の量が多かったことから、土壌硬度計で測定した材の硬さは、物理的・化学的な腐朽段階を表していることを検証できた。

材を腐朽させる腐朽菌に着目した。それらの菌類は、材の成分であるリグニン・セルロースを分解する菌類と考えられ（高橋 1989）、変形菌の着生は腐朽材中の化学物質の存在量と関係していた。変形菌は、腐朽菌類と材中で競争関係にあるのではなく、それらが分解した分解産物を利用しているのではないかと考えられた。文献に、材の持つ養分は環境条件、樹種、樹齢などにより異なるとある（堤 1989）。変形菌の発生はこうした腐朽材中の養分に関係していると考えられた。

おわりに

世の中には、発見されていてもまだその生態や自然環境の中での役割を知られていない生物が数多くある。変形菌もその一つだろう。図鑑をひもといてみてもその生態についてはあまり述べられていなかった。近年はこの変形菌に注目が集まり始めている。幾つかの詳しい図鑑、専門書なども出版されている。しかし、それらの文献でもやはり変形菌の生態については解明されていなかった。このような中で、この研究を通して、今まで知られていなかった変形菌の好む生育環境を明らかにすることができた。本研究が、一般の人が変形菌を観察するときの参考になるとよいと思う。

変形菌という不思議な生物に興味を持ち、研究しているうちにまた新たな疑問が出てきた。例えば、生態系の中で変形菌は、どんな役割を持っているのだろうか。生命の進化における変形菌の意味とは何だろうか。また、変形菌の生育に対して水分や温度の影響があると思うので、変形菌の季節的な発生の様子や、変形菌が発生する腐朽材の化学的性質はどうなっているのだろうか。ひとつひとつの疑問を大切に、今後の新たな研究で未知の世界へさらに一歩ずつ近づいていきたい。最後にお世話になった先生方にこの場をかりてお礼申し上げます。

参考文献

- 萩原博光・山本幸憲・伊沢正名, 1995. 日本変形菌類図鑑. 平凡社 東京.
西本孝一 他, 1982. 木材保存学. 文教出版 大阪.
萩原博光・伊沢正名, 1983. 森の魔術師たち. 朝日新聞社 東京.
堤利夫, 1989. 森林の生活. 中央公論社 東京.
高橋旨象, 1999. 褐色腐朽菌のミステリー. 日本菌学会西日本支部会報 9:22-26.
高橋旨象, 1989. キノコと木材. 築地書館 東京.