

博物館の展示室、収蔵庫における  
保存環境について

独立行政法人文化財研究所  
東京文化財研究所  
名誉研究員：見城 敏子

## 博物館の展示室、 収蔵庫における保存環境について

独立行政法人文化財研究所  
東京文化財研究所 名誉研究員：見城 敏子

### 1. はじめに

我々は祖先から引き継いだ文化財遺産を、後世の人達にできるだけ現状のまま引き渡す責任がある。保存方法が悪ければ、文化財は変形劣化し、修理が必要となり、修理する度毎に製作当時の材料は次第に失われ、製作技法もわからなくなってくる。そのためには、現在残されている文化財の環境を十分に調査し、その雰囲気を知り、現在の科学を駆使しながら最適な保存手段を確立しなければならない。

### 2. 我が国の伝統的文化財保存環境

我が国の伝統的な文化財の保存環境は、密閉型と開放型とに大別されるように思われる。また、保存のための補助手段として保存箱を利用し、更に、包む保存方法ともいうべき特徴的な保存方式もある。

#### (1) 密閉型保存

##### 石室内

密閉型保存の例としては、古墳の石室内に壁画がよく残っている高松塚、虎塚古墳がある。外気の最高、最低温度が変化しても、石室内温度は年間15～17と変化が極めて小さい。また、外気の湿度が変化しても、石室内の相対湿度は98%～95%とほとんど一定である。このように、石室内はその密閉性と断熱性のために、外気と遮断されていることによって、湿度は高いがほとんど一定であること、温度は年変化が2と極めて小さいことが壁画の保存に極めて好影響を与えている。

##### 倉

密閉型保存の第2の例は正倉院の倉である。地上での保存は、土中と違って、外気の接触があるため、かなり難しい。特に、日本のように、夏はむし暑く、冬は寒く乾燥する環境下での地上の文化財保存は正に至難の業である。

わが国では、弥生時代から床を高くし、地面からの湿気の影響を遮断して、穀物などを保存することが行われてきた。正倉院では、木造高床式の校倉内で、宝物が外界の温湿度の影響を直接うけないように、二重の唐櫃(からびつ)の中に収納されている。この保存方式の優れていることは1200年経過した現

在でも、なお、種々の宝物が色鮮やかに残っていることで、世の人々によく知られているところである。

宝庫の気温の年較差(1年の最高温度と最低温度の差)は外気とほとんど変わらず、また、湿度の年較差(1年の最高湿度と最低湿度の差)は外気の約2分の1であるが、唐櫃内の気温の日較差(1日の最高温度と最低温度の差)は外気の10分の1、湿度の日較差(1日の最高湿度と最低湿度の差)は、外気の100分の1以下と極めて小さいことが特徴である。つまり、正倉院宝庫内の唐櫃中という外界からの二重の遮蔽方式が宝物の短時間(1日)に受ける温度及び湿度の影響を極めて小さくする点で、優れた保存法といえる。

##### 土蔵

土壁は断熱性が高く、かつ外壁を白く塗り、外壁自体の熱吸収を極めて小さくし、屋根は土蔵の上に一定の間隙を置いて、その上に置屋根を掛け、太陽の直射熱を遮断して屋根からも倉内へ温度が伝わりにくい構造になっており、内部を板張りにして、吸放湿作用による調湿効果を上げている。

#### (2) 開放型保存

書院造りの建造物内にある障壁画は外気に接触しつつ保存されねばならないので、この保存が最も難しい。

二条城書院障壁画の中で、東面の書院内障壁画付近の温度、湿度の日較差は外気と比較すると、約3分の1と小さい。密閉型保存の場合は光に関係ないが、開放型では光の影響が大きい。外の光の影響は障壁画付近で6.8%に減少している。

それは、開放型保存であっても、長い軒、障子、広い廊下が温度、湿度、太陽光線の影響を二重、三重に緩和しているからである。また、気温の変化による環境の湿度変化に応じて、速やかに水分を吸放出する障子や木質の緩衝作用が書院内湿度変化を極めて小さくしている。

以上、文化財の保存を便宜上密閉型と開放型に分けたが、厳密にいうと、古墳はほぼ密閉状態と考えてよいが、正倉院の庫内及び唐櫃内は密閉度が完全とはいえず、その意味では半密閉型ともいふべきであり、また、二条城のような保存環境は必ずしも開放型ではなく、障子によって外界の影響をある程度遮蔽している。従って、文化財保存の重要な共通概念は「外界影響の遮蔽」だということができよう。そして、この遮蔽によって、外界の急激な変化の程度及び速度をできるだけ減少させることが、文化財保存の最大の目的である。



二条城大広間四の間

### (3) 保存箱

一般に、古文書、工芸品は庫内に裸でなく、唐櫃や保存箱に保存されている。「ムレ」の防止に、先人は箱の素材を選んだように思われる。研究の結果、木材の吸放湿の量の大きさよりも、むしろその作用の速さが必要であることがわかった。温度の急変に伴う吸放湿の速度は樹の種類、比重によって大いに差がある。実際には、桐(比重0.23)、杉(比重0.30)、桧(比重0.34)の軽くて軟らかい材質は吸放湿速度が大きい。これに対して、松(比重0.45)、ブナ(比重0.50)、樫(比重0.67)は吸放湿速度が小さい。一般に、堅くて比重が高いもの程、平衡に達する時間が長い。即ち「ムレ」が起き易い。つまり、「ムレ」易い日本の環境では、杉箱、桐箱が用いられていることがわかった。保存箱には一重箱と二重箱がある。一重箱内の1日の湿度変化は外気の湿度変化の約10分の1に小さくなり、二重箱では約100分の1に小さくなる。この結果、箱内は約70%のほぼ一定の湿度になっている。一般に、文化財は保存箱の中に裸ではなく、布や紙に包んで保存されている。唐櫃に入れなくて、麻布製の袋に入れたまま宝庫内に保存されていた屏風類が今は損耗してしまっている。こ

のことから、宝物を布や紙に包んで、吸放湿速度の大きい杉や桐の保存箱に入れて保存することが、外気の影響を小さくする保存の要点であることを先人から教えられた。

### (4) 包む保存法

一般に、保存箱の中に文化財を保存する場合、裸ではなく、布や薄葉紙で包んで保存している。この包む保存法は外界の影響を遮蔽、緩和する日本独特の保存法である。

包む材料としては、薄くて柔軟性の紙、布などが用いられる。日本人は物を包むという習性をもっている。戦前は風呂敷が多く使われていた。唐草模様の大風呂敷は布団を包んで、押し入れに入れたり、運んだりする時に用いられるが、布団は外からの摩擦や塵埃から保護されると共に、風呂敷の通気性のために蒸れることがない。大事な物は布か紙に包んで桐箱に収納し、桐箱を更に新聞紙又はハترون紙で包み、風呂敷で包んで保存する。このように大事な物は外気から幾重にも遮断され保存されている。この場合、箱の中の紙の代わりに、ビニールシートで包むと、低温になった時、結露を起し、物を傷

めることがある。戦後暫くはビニールやナイロンの風呂敷が盛んに使われたが、通気性も吸放湿性もないので、「ムレ」を起こし易く、物の保存には不適であるため、今はほとんど使われていない。

日本古来の漆芸品、例えば、茶道具は湿度のやや高い倉の中におかれているものが良く保存されている。漆膜は化学的、力学的には堅牢であるが、漆芸品の素地に用いられている木は環境によって伸縮が激しい。長い間保存されていた場所から移動すると、漆膜に亀裂が生じ易い。茶人が最も大事にしている棗（なつめ）について説明すると、棗は漆塗りの外箱の中に桐箱を入れ、その中に布に包まれ、更に、棗は仕服を着せて蔵われている。倉の温湿度が変わっても、桐箱の中の棗の近くの環境の変化は極めて小さいので、長い年月を経た棗とは思えない完全な形で保存されている。

日本のように、四季を通じて厳しい気候条件の変化の中で、世界でも珍しいくらい、地上の伝世品が数多く残っているのは、昔から、このように大切な物を包むという生活の知恵が活かされてきたからであろう。私達現代人も、知らず知らずのうちに、先人のこの習慣が身についているので、大切な物は決して裸で蔵ったり、持ち運んだりすることはない。従って、二重、三重に包んで物を収納するという保存方式は、あらゆる外界の影響を遮蔽、緩和するための極めて合理的な手段ということができる。

### 3. 近代の収蔵庫の保存環境

我々の先人達は、物を貯え、保存するために、さまざまな倉を造ってきた。土蔵による断熱と保温、置屋根、軒による太陽熱の防止、内装材の板張りによる調湿、高床による地面からの防湿など、目的によって、それぞれふさわしい手法や形式を、長年月にわたる経験から生み出してきた。これらの手法や考え方が、現在の収蔵庫の環境設定の基本となっている。

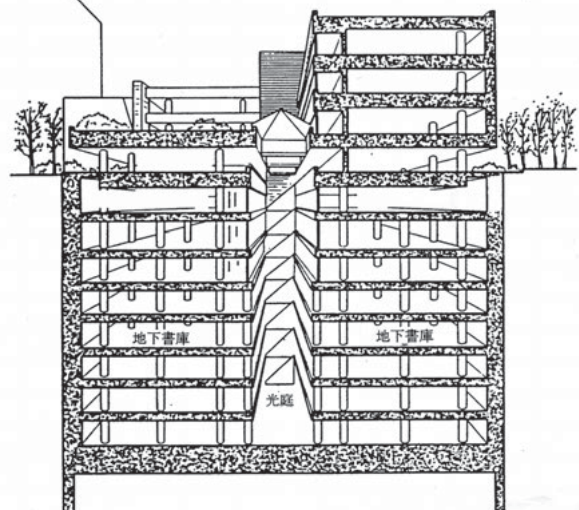
空調設備によって収蔵庫、展示室の温湿度を一定に保つようにするには、密閉度をできるだけ高くし、且つ、エネルギー消費を少なくするため、無窓にしてある。又、外気温度変化の庫内への影響をできるだけ少なくするために、近代工業の所産である断熱材が利用されている。このように近代設備を施すことによって、収蔵庫内に完全な保存環境をつくることことができる。しかし、これに欠点がないわけではない。空調は庫内全体を恒温、恒湿に保つため、絶えず冷却または加温、加湿または除湿を行っており、これらの影響を庫内全体にゆきわたらせるため、必

然的に空気の移動が起こる。文化財の近くで温湿度の異なる気流があれば、文化財の表面と包囲環境との間の平衡が絶えず乱されることになり、表面は乾燥または湿潤の作用を絶えず受け、文化財の劣化が促進されることになる。そのため、これからは、風速をなるべく小さくし、更に、文化財に直接風が当たらぬよう、吹き出し口、吸い込みの位置に十分配慮し、庫内にくまなく、一様な微風が行き渡る空調方式が望ましい。又、空調している場合、一年中適温であるので、フィルターに虫の卵が生み付けられることが多い。従って、フィルターは時々清掃する必要がある。

#### (1) 地下収蔵庫

国立国会図書館は周辺の建物や景観との調和から、地上4階、地下8階で、地下は大部分のスペースが書庫である(図1)。一般に地下の書庫は湿気と黴の問題が多く、いろいろと苦労している。従って、これらの問題を解決するために、地下防水工法として土止め壁には地中連結壁法を採用し、その地中連結壁の表面を平滑にするために、モルタルを塗り、その上に4mmの土木用不織布アスファルト含浸シートを張り、2mmのゴムアスファルトを吹き付けて、外防水処置を行った後、コンクリートを打ち込んで、躯体とし、更に、躯体壁の内側に、中空石綿押出し成形板で内壁をつくり、二重壁にしてある。また、地上でトラブルがあっても、万が一消防注水されても、地下に水漏れがないように、1階の床にも防水がされている。このように書庫内に湿気が入りこむことを極力避ける工夫がされている。

<図1 国立国会図書館地下倉庫>



### 書庫内の環境

貴重書庫は地下8階の南側に設置され、内装材は床、天井にヒノキの合板で仕上げ、廊下側各スパンに扉をつけて、廊下と書庫内の空気移動を防止している。貴重書庫のみ、24時間運転のできる単独空調を設置し、温度 $22 \pm 2$ 、湿度 $55\% \pm 5\%$ に設定されているが、設定値からのずれが小さく、運転は主として新鮮な空気を書庫内に送るために行っている。そこで、貴重書庫内の書籍の保存環境の風速、温度、湿度を2週間測定して、庫内の空気の流通が一様になっているか否かをチェックした。測定した結果、書庫内の温度は $21.5 \sim 23$ 、湿度は $53.5\% \sim 56.5\%$ で、2週間の温湿度変化はかなり小さく、古文書、書籍の周囲の風速は $0.01 \sim 0.03\text{m/sec}$ で、庫内全体にわたって同様であった。また、人の出入りのない日の温度日較差(0.7)、湿度日較差(0.8%)は非常に小さく、庫内の温湿度環境は極めて良好であった。但し、2週間測定した中で1日だけ温度日較差(1.6)、湿度日較差(8.0%)の乱れがあったが、この日は、扉を開けて書庫内の作業を行ったことがわかった。このことから、できるだけ人の出入りを制限し、また、入り口に厚い麻のカーテンをつけ、扉を開けたときに廊下から空気が直接流入しないようにすべきである。

### 光庭

地下深い書庫は一抹の不安を感じるものである。地下で働く人達が窓のない建物の中で孤独の不安を感じないように、自然光を地下8階まで採り入れ、「光庭」と名付け、中庭をつくった。書庫の廊下には光庭と接触しているガラス窓がある。廊下の温湿度は外気に近い筈だと考えられがちなので、休館日(12月30日～1月3日)を利用し、空調の運転を中止した場合の書庫内の温湿度変化を確かめるため、廊下と書庫内の中央にデータログを置いて、温度、湿度を測定した。その結果、休館中の書庫内の温度は $20.7 \sim 21.8$ 、湿度は $54.0\% \sim 54.8\%$ であり、この間の1日の平均温度日較差は0.3、湿度日較差は0.2%と極めて小さかった。従って、貴重書庫内の断熱性、調湿性が極めて良好であることがわかった。また、廊下の温湿度は書庫内とほとんど変わらなかった。これは、自然光を採り入れる2階の天井のガラス窓で外気と遮断された深い空気層の光庭が断熱層として有効に働いているからである。この断熱層から更に廊下を隔てた書庫内の環境は石室内の環境と似ているといえる。書庫の西側に光庭を設けることによって、働く人達の孤独感を和らげ、不安感を軽減し、更に、光庭の空気層が断熱層の役割を果

たしているために、書庫の温湿度変化が極めて小さいことが、調査でわかった。このことは、空調に必要なエネルギー量が地上に比べて遥かに少なくすむので、明らかに省エネルギーである。

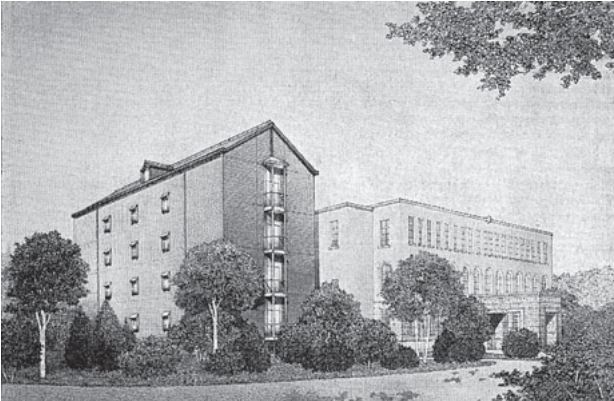
### 防災

天井に配置されている煙感知器が中央制御室及び防災センターに自動的に通報し、更に、消防署へ連絡するシステムがある。又、同時に書庫内にいる人に避難命令を伝達する非常放送の設備がなされている。消火法はハロンガス消火を採用している。ハロンガスを放出する場合は書庫内に人がいないことを確認する必要があるために、書架は見通しよく配置されている。書庫は大きく二つに区画され、万が一の場合には中央の鉄の扉が自動的に閉まる。又、非常用電源で動くエレベーターが設置されており、更に、自然光の入る「光庭」側のガラス窓の内側に防煙シャッターが自動的に閉まるようになっている。閉じられた書庫内と「光庭」に行き来ができるように、「光庭」の上、下、中央の3か所に出入り口が設けてある。地下2階から下の階は耐震壁になっている。書架や資料を支える各階の強固な床は地震ばかりでなく、建物の外側からの土圧にも耐えるようになっている。書架は角パイプで頭をつなぎ転倒を防いでいる。

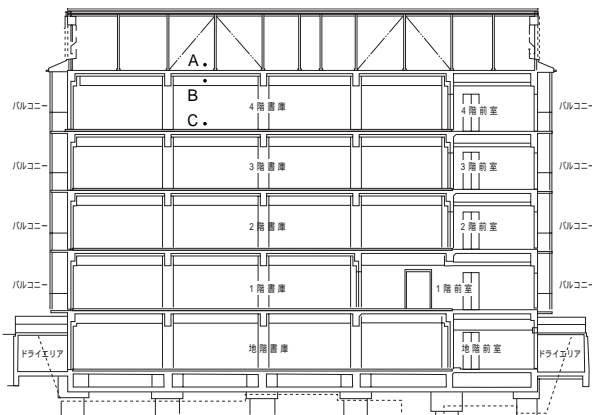
### (2) 宮内庁書陵部書庫

宮内庁書陵部東書庫は平成元年2月に竣工し、西書庫は平成3年9月に竣工した。東書庫は、地面からの影響を比較的受けにくい小高い位置に建てられた地上4階、地下1階の建物である(図2)。地下室は南北にドライエリアを設けて、土中の湿気の侵入を防いでいる(図3)。そして、この書庫は、空調機を設置せず、自然換気になっている。切り妻銅板葺屋根で、外壁は図4,5のような構造を有し、土壁と同じような効果を出すために、断熱材、防湿材、空気層を用いている。また、床を高くし、床に防湿材を張ることによって、地下からの水分を防止している。更に、換気口を大きく開け、風を通して「ムレ」を防いでいる。東西の窓、南北の扉によって、通気性をよくしている(図6)。更に、南北扉と窓は、すべて防火扉とガラス戸と特殊な防塵フィルター(図7)を取り付けた網戸の三重構造になっており、換気時には防火扉とガラス戸を開放し、網戸のみを閉めておき、外気はすべて防塵フィルターを通して書庫内に入るようになっている。

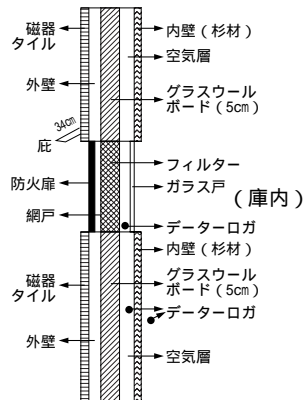
< 図2 書陵部貴重倉庫の全景 >



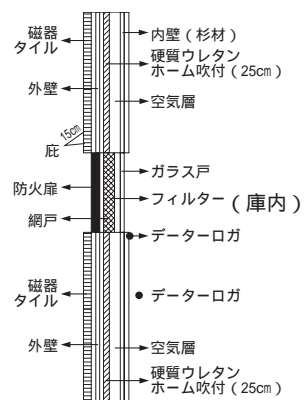
< 図3 書庫断面図 >



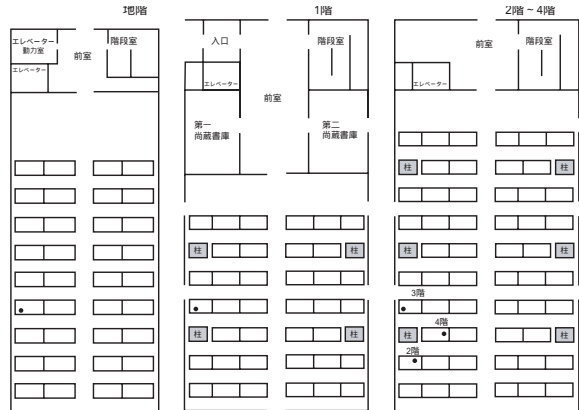
< 図4 東書庫(東・西側)躯体構造 >



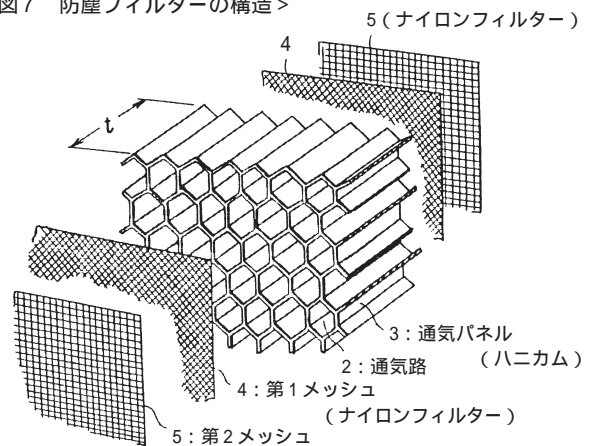
< 図5 西書庫(東・西側)躯体構造 >



< 図6 書庫内平面図 >



< 図7 防塵フィルターの構造 >

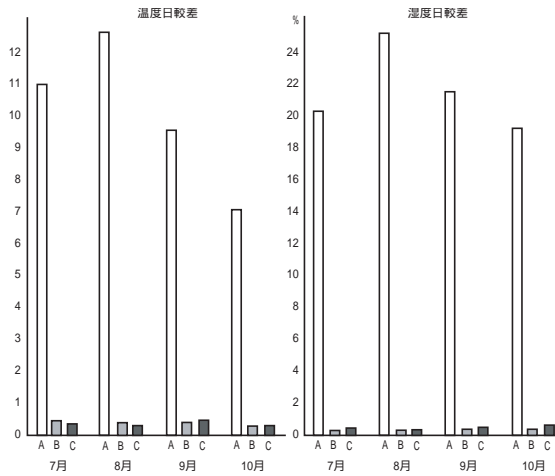


切り妻屋根はたっぷりした天井裏ではなく、浅い切り妻屋根である。例えば1階、2階、3階の温度が約23であった場合に、4階は28であった。これは、屋根裏にたっぷり空気層をとっていないためで、昔の切り妻屋根では丁度4階の1階分が天井裏になっていたのであるが、これから資料がどんどん増える時代に屋根裏にするのは大変もったいないことである。そこで、現在では断熱材を使ってこの効果をあげている。断熱材を使うにも使い方がある。断熱材の張り方は屋根に直接張るのではなく、空気層のある天井の裏に張るのが効果的である。又、切り妻屋根に換気口をつけないと「ムレ」るので、必ず換気口をつけることが大切である。

次に、宮内庁東書庫(図3)の4階の天井に張った断熱材の効果を見た。天井裏(A)、断熱材の下(B)、4階の床(C)に温湿度計を置いて測定した温度及び湿度の日較差の棒グラフを図8に示す。この図は晴れた日の温度日較差、湿度日較差を月平均にしたもので、7,8,9,10月の一番日本の「ムレ」現象の起きる時期に測定した。図8からわかるように、天井裏の温度日較差が非常に大きいにもかかわらず、断熱材の下では小さくなっている。昔の人が切り妻屋根を考えたことは大変素晴らしいと思うが、現代の人が保存を更に進歩させるために科学の力を借りて、

断熱材を使い、4階の部屋が使えるようになったことも素晴らしいことである。

<図8 断熱材の効果>



断熱性、調湿性の検討

4月～10月の「ムレ」の起きやすい時期に、東西両書庫の各階の書庫中央で温湿度を測定した結果、月曜～金曜には人の出入り、窓の開閉があるため温湿度の乱れがあるが、日曜には全くないことがわかった。そこで、人為的な温湿度変化が起らない日曜の温湿度日較差の月別平均値を求め、表1に示した。

<表1 日曜日の月別平均温湿度日較差表(4月～10月)>

		東書庫						西書庫				
月	外気	1階	1階前室	2階	3階	4階	1階	2階	3階	3階前室	4階	
4	8.00	0.32	0.36	0.36	0.32	0.32	0.33	0.35	0.40	0.53	0.46	
5	7.10	0.30	0.38	0.33	0.20	0.28	0.23	0.18	0.27	0.38	0.28	
6	4.60	0.13	0.45	0.23	0.15	0.25	0.25	0.25	0.23	0.55	0.48	
7	7.11	0.38	0.18	0.34	0.24	0.42	0.25	0.34	0.42	0.50	0.66	
8	6.85	0.18	0.35	0.23	0.15	0.18	0.13	0.15	0.25	0.40	0.35	
9	4.85	0.18	0.25	0.23	0.17	0.30	0.20	0.23	0.23	0.38	0.38	
10	2.38	0.20	0.32	0.18	0.16	0.26	0.22	0.28	0.24	0.46	0.38	
平均	5.83	0.24	0.32	0.27	0.20	0.29	0.23	0.25	0.29	0.46	0.43	
対外気率(%)	100	4.2	5.5	4.6	3.4	4.9	3.9	4.4	5.0	7.8	7.3	

湿度日較差(%)

		東書庫						西書庫				
月	外気	1階	1階前室	2階	3階	4階	1階	2階	3階	3階前室	4階	
4	43.9	0.28	3.08	0.32	0.27	0.28	0.37	0.40	0.40	9.70	0.27	
5	28.7	0.23	1.85	0.35	0.22	0.23	0.25	0.25	0.20	3.31	0.25	
6	36.4	0.35	3.03	0.28	0.30	0.28	0.33	0.35	0.30	10.5	0.40	
7	37.8	0.50	3.62	0.36	0.36	0.32	0.34	0.52	0.68	8.62	0.34	
8	36.5	0.38	2.48	0.35	0.22	0.55	0.25	0.55	0.88	3.93	0.45	
9	24.4	0.43	2.08	0.30	0.33	0.35	0.35	0.48	0.68	9.65	0.42	
10	21.5	0.32	1.80	0.42	0.22	0.24	0.38	0.44	0.48	5.34	0.20	
平均	32.7	0.36	2.56	0.34	0.27	0.32	0.32	0.43	0.52	7.29	0.33	
対外気率(%)	100	1.1	7.8	1.0	0.8	1.0	1.0	1.3	1.6	22.2	1.0	

表1から、温度日較差の4月～10月の平均値は、東書庫では外気に対して3.4～4.9%であり、3階が最も低く、4階が最も高く、1階前室は書庫より高いが対外気率5.5%と、正倉院の唐櫃内の10分の1(10%)より低い。西書庫でも、温度日較差の平均値は外気の3.9～7.3%で、東書庫には劣るが、正倉院の唐櫃内の日変化より小さい。次に、湿度日較差の平均値は、東書庫では、外気の約100分の1であり、正倉院唐櫃内の日平均にほぼ匹敵している。西書庫では、1階と4階は外気の1%であるが、2,3階はやや高く、東書庫に比べて調湿性が劣っている。前室は東書庫、西書庫共に、湿度変化が大きく、書庫に比べて調湿性が劣っている。以上の結果から、両書庫共、断熱性、調湿性が優れていると言える。しかし、西書庫は東書庫に比べて断熱性、調湿性がやや劣っている。ここで調湿性とは湿度変化を小さくするを性質をいう。

西書庫3階の内装材の断熱性、調湿性を検討するために、データログを天井、壁、床に設置して現場に即した実験を行い、表2の結果を得た。

<表2 内装材の温湿度変化>

	平均温度日較差(°C)	平均湿度日較差(%)
ミュージライト(壁)	0.53	1.60
ナラ材(床)	0.40	1.51
吸音板(天井)	0.70	2.27

この結果からわかるように、ナラ材が温湿度変化が最も小さく、次にミュージライトで、吸音板が最も悪い。西書庫が東書庫に比べて断熱性、調湿性が劣っているのは、主として天井の吸音板と杉材との違いによるものと考えられる。

一方、前室について見ると(表1)、温度日較差は東書庫1階前室0.45以下、西書庫3階前室0.55以下で、断熱性は書庫内と大差がないが、湿度日較差は東1階前室1.80～3.62%、西3階前室3.93～10.5%で、東書庫、西書庫共に前室は書庫内に比べて調湿性が非常に悪い。東書庫前室は、床がパーマリュウム、壁が合成樹脂吹き付け、天井は岩綿吸音板、西書庫前室は、床パーマリュウム、天井、壁、特殊繊維入プラスターである。従って、書庫内と前室との調湿性の違いはこれら内装材の違いによるものと考えられる。

東書庫には、1階に4個、2～4階に5個の窓、南北扉、西書庫には1階に2個、2～4階に7個の窓と南北扉がある。書庫内に窓や南北扉があるにもかかわらず、表1のように庫内の保存環境が良いのは何故かという疑問が起こる。そこで、図4のように東書庫4階の西側窓内、壁内、庫内、東側壁内、庫内にデータログを設置し、日較差を求めて表3に示した。

<表3 東書庫4階の窓内、壁内、庫内の温湿度日較差>

		温度日較差(℃)	湿度日較差(%)
西側	外気	11.4(対外気比率)	58.5(対外気比率)
	窓内	5.9(1/2)	18.2(1/3)
	壁内	1.2(1/10)	7.0(1/8)
東側	壁内	0.6(1/20)	3.6(1/16)
	庫内	0.1(1/100)	0.3(1/200)

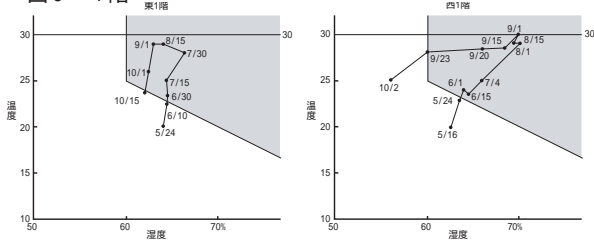
表3のように、外気と接している西側の窓内は外気に対して温度変化が約2分の1、湿度変化が約3分の1と温度、湿度の遮断効果が僅かであるが、壁内ではそれぞれ約10分の1、約8分の1と小さくなり、庫内ではそれぞれ約100分の1、100分の1と極めて小さくなり、庫内は壁と天井と床の断熱効果が極めて良好であり、窓の内面のみがかなり変化するものの、窓の面積が小さかつ窓の数(5個)が少ないために窓の影響は殆どないと思われる。又、東側の壁内、庫内の温湿度日較差は西側に対してそれぞれおよそ2分の1となっており、東側は西側より温度、湿度の遮断性が良好であることがわかる。

換気

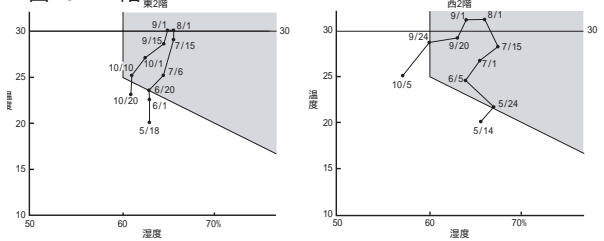
梅雨シーズンから台風シーズンまでの時期には書庫内は温度、湿度が高く、無風状態、すなわち「ムレ」環境であり、虫や黴(かび)が発生し易い。又、文書、書籍の劣化が大きい。東西両書庫は空調設備がなく、自然換気によって風を通して湿度を下げる。この場合、東西の窓、南北の扉を開放して庫内一様に風が流通するように設計されている。窓も扉も防火扉とガラス戸を開放し、防塵フィルターを取り付けた網戸のみを閉めておく。外気はすべて防塵フィルターを通して清浄な空気が書庫内に入っている。

そこで、最も「ムレ」やすい5～10月の日曜の東書庫、西書庫の各階書庫の日平均温湿度のクライモグラフを図9～12に示す。図中には、乾性黴の生え易い危険領域を斜線で示してある。図9～12から東、西書庫の各階書庫が危険領域に入る期間は表4のようになることがわかる。

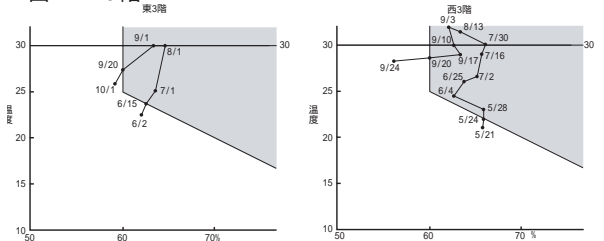
<図9 1階>



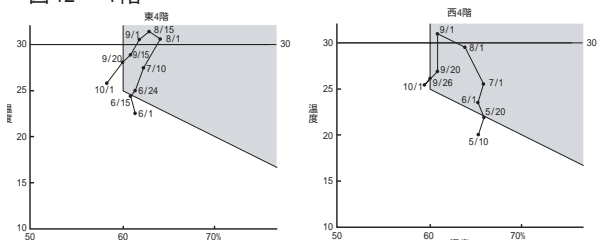
<図10 2階>



<図11 3階>



<図12 4階>



<表4 東書庫、西書庫各階の乾性黴が生え易い期間>

	東書庫	西書庫
1階	6月10日～10月15日	6月24日～9月25日
2階	6月20日～10月10日	5月24日～9月24日
3階	6月15日～9月20日	5月24日～9月20日
4階	6月15日～9月20日	5月20日～9月26日

この期間には、温度又は湿度を危険領域から下げるために、例えば窓や南北の扉を開けて、風を通して換気する必要がある。その場合、庫内より僅かに低い温度、湿度の外気で換気することが理想的である。そのためには、毎日の温湿度のグラフをとり、外気と庫内の温湿度の差異及び天候(快晴、晴、曇など)を考慮し、換気の時期と時間を定めるべきであり、また、除湿機を利用することも必要である。しかし、実際の換気や除湿機使用の場合には、温湿度の推移を監視し、湿度が異常に低くならないよう、かつ庫内の局所的な湿度変化が起きないように注意しなければならない。更に、外気温が書庫内より著しく低くなる2月～5月には、特に窓の開放に注意する必要がある。

(a) 換気時の箱内の環境

書庫内で、文書は桂、桐、杉箱内に入れて保存されている。湿度日較差の大きい日に箱内の温湿度環境を調べておく必要がある。そこで、温湿度日較差の大きい西書庫3階前室(表1)に桂の保存箱を1週間放置し、環境に順応した後、3日間の温湿度日較差を求めた(表5)。



<表5 西書庫3階前室と保存箱内の温湿度日較差>

	1日	2日	3日	平均
箱内	0.15	1.00	0.35	
( )室内	0.25	1.10	0.53	
(箱内/室内)×100	60.0	90.9	66.0	72.3
箱内	0.6	0.7	1.2	
湿度(%)室内	11.0	37.0	42.0	
(箱内/室内)×100	5.45	1.89	2.86	3.40

表5に示すように、温度変化は外気(室内)の約70%とかなり変化するが、湿度変化は外気の約3%と極めて小さくなる。従って、書庫内に風を入れて庫内湿度が大きく変化しても箱内の湿度変化の心配はない。

収蔵庫内環境対策

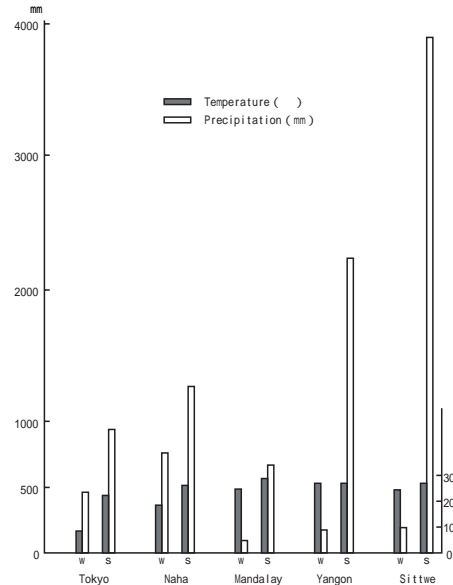
最近、文化財保存対策に薬品を使わずに、温湿度の調整や清掃によって環境管理を行う方法が考えられている。今回、クライモグラフを作成することによって、書庫内の危険(虫、黴)領域の時期を知ることができた。そこで、梅雨シーズンに入る前に書庫内を清浄にし、7,8,9月には換気によって庫内の湿度を下げながら、クライモグラフを利用して虫、黴の発生を効果的に防止し、10月上旬には箱の中を点検するのがよい。梅雨期に25以上の高温で長い間雨が降っていると、どうしても換気ができない。このような高温、高湿時には「ムレ」現象が起きることがあるので、その時には補助的に除湿機を利用し、もしくはゆっくりと回るファンを庫内の天井につけることが望ましい。

4. ヤンゴンの保存環境

(1) ヤンゴンの気象

ヤンゴンはミャンマーの主要な都市である。ミャンマーは熱帯地域に属し、気温は1年を通して28前後で、雨期(5月~10月)も乾期(11月~4月)も平均気温はほとんど同じである(図13)。しかし、降水量は、乾期には極めて少ない(200mm以下)のに、雨期には海岸に近いヤンゴン(約2200mm)、シッドウェー(約3900mm)では多く、内陸のマダレー(約700mm)では少ない。日本の雨期は、ミャンマーに似て気温が高く、降水量(1000~1400mm)がヤンゴン程ではないが比較的多いので、古文書、文化財の劣化はこの時期に多く、この時期の保存は難しい。その点で、ヤンゴンでの雨期の保存は極めて難しいはずであり、ヤンゴンでの保存環境は、我が国の梅雨シーズンにおける文化財保存の参考になることが多い。

<図13 都市の乾期(W)と雨期(S)の平均気温と降水量>



(2) ヤンゴン市内の図書館の保存環境

ヤンゴン市内の国立図書館などの主要な古文書所蔵機関には、紙とは異なるペーパーやパラパイという文書媒体に書かれた貴重な文書が多数保管されている。図書館の建物は伝統的木造建築で、切妻屋根の機能を損なわないように、屋根の上層に換気口を二層に設け、屋根裏の空気が熱くならないように換気している。また、長い軒の下に窓又はすのこ状の棧を設け、空気が淀まないようにしている。更に、書庫の入り口には厚い黒いカーテンがあって、光と風をある程度遮断している。室内には、小型の空調機(温度のみ)が4台くらい並列に設置され、室内環境が均一になるように、天井にファンが設置されている。また、天井の直下には、間仕切りが棧で作られていて、風通しをよくしている。

平成9年7月7日~11日(雨期)にヤンゴン市内の国立図書館の書庫内及び外気の温度、湿度、風速を、午前10時30分頃、ミャンマーの雨期独特のスコールが止んでから測定したところ、表6のように、外気の温湿度が高いのに、庫内の温湿度はかなり低く、しかも適度な微風(3~4cm/sec)があり、保存環境は比較的よかった。

<表6 外気と書庫内の温湿度風速差>

	温度(°C)	相対湿度(%)	風速(cm/sec)
外気	30~30	98.5	10~13
書庫内	26.5~27.8	75~77	3~4

ペーパーの文書は、日本と同じように、チーク材でできた保存箱内に入れられて、保存されており、箱内又はケース内の温度は約25°C、湿度は約65%であった。書架は、一般に木質で、棚と側面はすのこ状で、風がよく通るようになっている。また、スチー

ル製の書架は、棚が木質ですのこ状になっている。更に、書架には、ペーザーやパラバイの文書が手漉きのパラバイ紙や木綿の布に包まれて保存されている。包んでいる紙や布の中の温度は25.5、湿度は70～75%であった。箱の材料のチーク材は、硬い木で、比重0.57～0.69、寸法安定性が大きく、耐虫性であり、耐久性が大きく、材面は口ウ状の感触で、加工が容易であり、家具材としては最高級である。最も印象的であったのは、どの古文書所蔵機関でも、書庫内が非常によく清掃されていたことである。

## 5. 展示環境

昔、文化財は、主として特定の人々の所有物であったから、これを鑑賞のために公開することは稀であった。しかし、現代では、一般に公開されることが多く、特に外国で展示されることも多くなった。又、最近では、文化財を一つの博物館から他の博物館へ移動することが多い。このような移動に際しては、文化財の周辺環境が急変する可能性がある。又、展示の場合、展示室の温度が急激に変化しても、展示ケース内は、できるだけ湿度が一定であるようにしなければならない。そこで、正倉院宝物を保存している唐櫃のように、外気の温度が急激に変化しても、唐櫃内の湿度変化が外気の100分の1以下と極めて小さくなる保存法が基本となる。

### (1) 展示室の環境調査

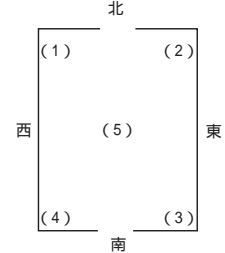
展示室内の環境を調査するため、正倉院も宮内庁書庫も南北に長く東に面しているの、南北に長く東に面して、独立している展示室内の西北、東北、東南、西南、中央を温度、湿度計で測定(表7, 図14)した結果、東北の温度日較差0.41、湿度日較差0.57%、西南の温度日較差0.69、湿度日較差1.53%、西北の温度日較差0.64、湿度日較差0.90%、東南の温度日較差0.71、湿度日較差1.08%、中央の温度日較差0.31、湿度日較差0.68%で、温度、湿度日較差は、共に、中央が最も小さく、次いで東北が小さく、西南が最も大きく、東南が次いで大きい。従って、西南は材質の劣化が最も大きくなる。西南側の壁に額、屏風などを一時でも立て掛けて置くと、損傷が起きやすい。このため、西南、東南には、できるだけ断熱材、防湿材を強化すべきである。実際の展示に当たっては、重要な展示物は外気の影響ができるだけ小さい場所、つまり中央付近に展示すべきである。そして、中央には独立ケースを配置し、東南及び北東にはウォールケースを壁から10cmくらい離して設置するべきである。南西側に展示ケース

を置いた場合には、虫の発生を見たことがあり、原則として、南西側には、展示ケースを置くべきではない。

<表7 展示室の温湿度差>

設置場所	日較差平均値	
	温度( )	湿度(%)
西北(1)	0.64	0.90
東北(2)	0.41	0.57
東南(3)	0.71	1.08
西南(4)	0.69	1.53
中央(5)	0.31	0.68

<図14 測定場所>



## 6. 粉塵、排気ガス対策

「ムレ」る時期(6月～9月)には、必ず風を入れなければならない。窓を開けると、昔はさらさらした砂埃が庫内に入って簡単に掃除ができたのであるが、今は排気ガスを含んだ粉塵が侵入する。書庫内はべとべととしているので、これを除去するためにパネル(図7)を考えた。このパネルは、排気ガスを含んだ粉塵を除去するためのナイロンフィルターがパネルの表裏両外面を形成し、両外面のそれぞれの内側に外気中のバクテリア、黴の胞子を除去するためのマイクロフィルターを付け、最も内側に風速を落とし且つ湿度調節する調湿紙で作った八ニカム(厚さ5～10cm)を配した複合パネルである。このパネルをウインドウパネルと名付け、窓にはめ込んで使用する。このパネルで汚染を吸着することができる。

## 7. ヤニ対策

昔、保存箱の材料は、十分に時間をかけて自然乾燥され、ヤニが完全に発散し、十分に枯れていたが、現在は人工乾燥で、比較的短時間で水分だけを蒸発させているので、ヤニが残っている。このような材料で保存箱や収蔵庫の内壁を作ると、ヤニが放出してくる。木の香りがある時には、ヤニ成分が放出されており、昔は新しい家は桧の香りが珍重されていたが、昔の家は開放的だったので、新しく建てても、暫くするとヤニ成分が外に発散されてしまうが、現在の収蔵庫や民間の家は密閉性が高いので、中に籠もって壁を汚すことになる。そして、収蔵庫内に木の香りが残っている間に保存箱等を収納すると、箱や文化財の表面にヤニが付着して褐色の斑点が生じる。これは、黴ではなくて樹脂の斑点であり、又、付着したヤニは湿度が少し高くなると黴の養分になり、ヤニの付着した所に黴が生えることもある。このヤニは非常に厄介なものである。ましてや、新しい木箱を保存箱に使うと、いくら保存箱が良いとって保存しても、箱自体がヤニ成分を放出しているので、直接箱内の書籍にヤニ成分が付着してしまう。その

ままにしておくと、ヤニ成分は酸性なので、紙が酸性紙のようにぼろぼろになってしまう。従って、収蔵庫や保存箱に文化財等を収納する場合には必ずヤニに配慮しなければならない。新しい収蔵庫や保存箱の環境をチェックするために、環境モニターが用いられている。

## 8．環境モニター

リトマス試験紙を水に浸けると、その水がアルカリ性が酸性かがわかる。リトマス試験紙と同じように、環境モニターを空気中にぶら下げて、この空気が酸性かアルカリ性をカラーチャートから判定することができる。この環境モニターは、中性(正常)では黄緑、酸性では黄色となり、アルカリ性では緑から青に変わる。ヤニは酸性なので黄色になる。正常な色になって初めて収蔵庫や保存箱の中に文化財を収納しないとヤニの被害が出てしまう。又、この環境モニターは、アルカリ性、酸性の雰囲気ばかりでなく、溶剤の雰囲気でも変色するので、単なるpH試験紙ではない。

## 9．クリーニング

ヤニとは別に、収蔵庫や保存箱の中に粉塵が侵入してくる。粉塵が付着すると、黴が生えたり、文化財を劣化させたりする。収蔵庫の内壁、棚、床から粉塵を除去することは保存にとって大切なことである。従って、必ず掃除をすべきであるが、水拭きで掃除をすると湿度がかなり上がるので、乾燥させてから収納しなければならない。そこで、例えば、プロピレングリコールを主剤としたクリーニング液を用いて掃除する。桐箱について実験したところ、処置前の箱内は相対湿度は62%で、よく絞った布で水拭きした時には、箱内の相対湿度は84%に上がるが、クリーニング液を浸した布で拭くと、相対湿度65%と僅かに上がるだけである。更に良いことは、このクリーニング液には、除菌作用があり、この除菌作用は密閉であれば10年くらい長期間持続し、温度が40 ぐらいになっても黴は生えなかった。但し、このクリーニング液は、文化財に直接用いるのではなく、文化財を収納する収蔵庫の内壁、棚、床や保存箱の清掃のみに使用するものである。

## 10．防災

火災時には、土蔵と同じような耐火箱が欲しいが、耐火箱といっても普通の不燃材の箱を作ると、どうしても密閉にならないので、木と同じような性質をもち、細工もでき、水分を吸ったり吐いたりするこ

とができる珪酸カルシウム(エースライト)という材料を使って、密閉性で、上から重いものが落ちてもしっかり強度がある耐火箱を作った。この箱を炉内に入れて耐火試験を行い、炉の温度を徐々に上げてゆき、8分くらいで1000 に達し、1000 で約30分置いた後、箱の中は約130 くらいになった。この耐火箱は完全なものではないが、災害は何時来るかわからないので、現時点に於ける火災時の文化財の一つの保存手段として実用化されている。勿論、この程度の耐火箱では古文書の防災手段として理想的でないので、火災時に約1000 の中に1時間置かれていても、箱内部の温度が40 くらいで相対湿度が約60~65%くらいに保たれる耐火箱があれば理想的である。まだそこまで研究は進んでいないが、スペースシャトル等の研究で開発される高耐熱性材料を利用することによって、近い将来に理想的な耐火箱ができると考えている。

## 11．おわりに

収蔵庫の保存環境としては、できるだけ外界の影響を遮断することが大切であり、そのためには、人の出入りをなるべく少なくし、かつ出入りの際の外気の侵入を極力避けるため、二重扉にするか、あるいは前室を設けることが望ましい。また、本文中で詳述したように、収蔵庫の建設に当たっては、外壁の断熱性を最優先に考えるべきである。断熱性を良くすれば、宮内庁書庫に見られるように、外気温が大きく変化しても、庫内の温度変化は極めて小さく、それが湿度変化を小さくすることになる。更に、庫内の内装材にはなるべく吸放湿性の良い内装材を使用することによって、調湿性をよくして湿度変化を一層小さくすることができる。こうすることによって、収蔵庫には、原則として、空調をする必要はなくなるが、空調を利用する場合も、その運転費が非常に節約され、経済的に有利であるばかりでなく、空気汚染の減少、地球温暖化の抑制にも寄与するものである。

また、本文中でも述べたように、空調は庫内と異なる温湿度の空気を庫内へ流入させるので、文化財表面の湿度を著しく変化させる可能性がある。これに対して、ヤンゴンの図書館で見られたように、大きなファンをゆっくり回転させることは、庫内の温湿度環境をあまり乱さずに文化財表面の淀んだ雰囲気を徐々に動かすことになり、「ムレ」対策として優れている。

更に、これからは、火災や地震のような災害が発生し、停電して空調が止まった場合に、1週間程度は庫内の温湿度がほとんど変わらないような断熱性、調湿性のよい収蔵庫を造ることが望ましい。

## 参考文献

---

- (1) 正倉院の気象，大阪管区气象台，昭和35年1月。
- (2) 見城敏子，理想的な資料保存環境 国立国会図書館の地下書庫，『びぶろす』，Vol.44，No.6，1993。
- (3) 中田準一，国立国会図書館新館地下外壁の防水防水ジャーナル，1988，No.8。
- (4) 中田準一，国立国会図書館の書庫，月刊建設，1988，No.11。
- (5) 見城敏子，宮内庁書陵部貴重書庫内，環境調査と対策，書陵部紀要，43号，1992。
- (6) T.Kenjo, An Environmental Survey of the Ninomaru Palace Ohhiroma in Nijo Castle, International Symposium on the Conservation and Restoration of Cultural Property, 1985.
- (7) 登石健三，美術工芸品の保存と保管、フジテクノシステム，1994，p329。
- (8) 見城敏子，文化財の防塵対策，文化財の虫菌害，29号，1995。
- (9) 見城敏子，環境測定 - 変色モニター，文化財の虫菌害，18号，1989。