

国立歴史民俗博物館の保存環境に関する 調査研究の活動報告 (平成9年度まで)

温湿度, 汚染物質, 生物

Report on Investigation and Research Activity

神庭信幸

はじめに

国立歴史民俗博物館では開館以来, 歴史資料にたいする適切な保存環境を目指して, さまざまな取り組みを行ってきた。展示室あるいは収蔵庫に設置した自記温湿度記録計による温度と相対湿度の読み取り, 収蔵庫および展示室の防虫黴のための定期的なガス燻蒸は, その一端である。当初こうした作業は, 観測結果の評価と環境の改善といった明確な目的意識のもとに開始されたものであると思う。しかしながら, 開館10年近くを経過すると共に, 単純な作業の繰り返しになり, 観測結果は十分に評価されないまま棚の中に埋もれ, 燻蒸は必要性よりも定期的な実施に意味が見い出され, 次第に適切な保存環境の確立という本質的な部分に対する意識が希薄になっていったと思われる。また, 保存環境の確立という観点からは, あらゆる作業が連関性をもち, 相互に補完しあいながら機能するものであるにも関わらず, 現実的にはそれぞれが個別に独立的に行われる状態になっている。こうした現象は国立歴史民俗博物館だけに特有のものではなく, おおかたの博物館施設において起こり得ることである。その根本的な原因は, 博物館運営組織の中に資料保存をあらゆる点から検討・推進する専門の組織体がないことと, 保存研究の専門家が不在かあるいは少ない点にある。こうした状況下では, たとえ組織の外部の専門家からさまざまな貴重な指摘を受けたとしても, それに対する対応は次第に形骸化の方向に向かわざるをえない。

保存環境は常に一定の状態ではなく, 微弱ながらも変化を続けているものである。細心の注意を払ってそれを観察し, 評価する必要がある。歴博が, 適切な保存環境の確立を目指して形骸化した作業から抜け出し, 組織的かつ有機的にそのことに取り組み始めたのはわずかここ数年のことに過ぎない。幸いにも, 歴博は情報資料研究部, 資料課, 展示課などのような研究と事業の作業分担が明確な組織であり, 両者の連携が適切に運用されれば, 目的に向かって歩を進めることが十分に可能な場所であると考えている。

本報告は, 平成4年度から平成9年度まで6年間を通じて行った博物館における保存環境に関する検討と実行内容について, 平成9年度までその総括を担当した筆者が報告するものである。本報告の内容を実行するにあたって, その中心的な役割を果たした燻蒸勉強会には, 情報資料研究部から永嶋正春助教授, 坂本稔助手, 園田直子助手 (現在国立民族学博物館助教授), 神庭信幸助教授 (現在東京国立博物館保存修復管理官), 資料課整理係から西川博孝係長 (平成4, 5年度), 大原正

義係長（平成6, 7, 8年度）、西口徹係長（平成9年度）、施設課担当職員などの参加を得、平成7年度以降の資料保存環境検討会には資料委員会から小林忠雄委員長（平成7, 8年）、吉岡眞之委員長（平成9年）および資料課長、展示課長、施設課長、展示課職員などの参加を得た。館外の研究協力者である青島郁子さん（元日本女子大学教授）には、平成5, 6年度に空中真菌類の調査法の開発、ならびに調査法の指導、必要に応じた定性分析など多大な貢献をいただいた。また、斉藤明子さん（千葉県立中央博物館）、木川りかさん（東京国立文化財研究所）、佐野千絵さん（東京国立文化財研究所）、森田恒之さん（国立民族学博物館）、今津節生さん（奈良県立橿原考古学研究所）には活動に対する指導・助言を適宜いただいた。

1 組織的検討の経緯

平成4年度から始まった検討は、平成10年3月現在のところ6年目を終了したところであるが、この間を中心に歴博における保存環境の整備への取り組みを4期に分けて整理することができる。第1期は平成3年度以前の組織的な対応が特に意識されていない時期、第2期は組織的な対応を意識し始めた平成4年から5年度、第3期は事業として確立していく平成6年から8年度にかけて、第4期は内容的にさらに発展していく平成9年度以降というふうになる。

第1期は、館内の保存環境に対する関心が個別的に独立していた平成3年度（1991）以前の時期である。研究活動の分野では、温湿度の測定の方法や展示ケースの問題点などの検討、展示課および資料課ではそれぞれの担当区域内の温湿度記録の管理、定期的な燻蒸の実施などが主たる作業であり、それぞれを結びつける組織的対応が全く存在しない状態であった。

第2期は、収蔵庫内での燻蒸方法に関する議論を契機にして、保存環境に対する意識が勉強会という形態で組織的なものに移行し始めた時期である。平成4年度（1992）に収蔵庫燻蒸勉強会を発足させ、情報資料研究部と資料課の数名で勉強会を5回ほど開催し、収蔵庫燻蒸の経緯、問題点の検証、改善の方策について研究した。平成5年度（1993）は収蔵庫燻蒸勉強会を2回開催し、収蔵庫内の環境を調査するために空気環境調査および空気中の真菌類についての微生物環境調査を具体的に開始した年である。研究と事業の連携が始動し始めたのはこのころである。平成6年度（1994）には、収蔵庫燻蒸勉強会を3回開催し、昆虫などの生息状況を調査する生物環境調査に踏みきった年である。

第3期は、収蔵庫勉強会を資料保存環境検討会に改め、より広く博物館全体の保存環境に関する問題を扱う組織とした。平成6年度（1994）の最終の勉強会を第1回目の資料保存環境検討会とし、他の博物館施設との情報交換、環境調査結果の検討および評価、歴博の保存環境全般について検討をしながら、環境調査が博物館の事業として定着していった期間である。平成7年度（1995）は資料保存環境検討会を2回開催、平成8年度（1996）も資料保存環境検討会を2回開催した。

第4期目に入る平成9年度からは、組織的充実を一層はかり、内容的にもさらに精度を高めていく時期であると考えている。資料の収蔵・展示環境の状況を調査する環境モニタリングはこれまで通り継続することが重要であり、加えて収蔵資料の点検を定期的に行い、保存状態を確実に把握するための資料モニタリング法の確立を急ぐ必要がある。環境モニタリングおよび資料モニタリングによる解析の結果から、現状の保存環境に対する精度の高い評価方法を案出し、博物館資料の保存を効果的そして効率的に実施して行かなければならない。

2 燻蒸方法の検討から環境モニタリングの開始へ

(1) 燻蒸方法に関する検討

ここでは、燻蒸勉強会の発足と環境モニタリングの実施の契機となったガス燻蒸の問題点を述べる。収蔵庫全体のガス燻蒸は、昭和56年度、58年度、60年度、62年度、平成元年度、3年度と開館以来2年毎に実施し、これまでに計6回を重ねている。対象となった収蔵庫の容積は、庫内、前室、エレベータホールなどを合わせた23626立方メートルで、燻蒸ガス濃度としては60~100g/m³のエキボン⁽¹⁾を使用した。昭和56年度の薬剤濃度は100g/m³で、以後60g/m³で実施している。竣工直後は施設全体の殺虫・殺菌処理によって初期の状態を整える目的で燻蒸が行われたものと考えられる。またその他にも、昭和56年、58年、60年当時は収蔵庫の竣工後それほど間がないために、コンクリートの乾燥が十分ではなく、結露が発生しやすい収蔵庫前室やエレベータホールに黴が発生しやすい状況があったことも、ガス燻蒸の定期的な導入の理由になったものと考えられる。

燻蒸ガスの排気後3日間を経過すると、残留ガス濃度は通常10ppm程度を示している。一方、庫内におかれた保存箱などの中には、さらに高い濃度のガスが滞留しやすい。燻蒸ガスの排気後における庫内の濃度は15ppmまで下げるよう業者に指導してきたが、米国連邦産業衛生局の基準などと照らし合わせると⁽²⁾、さらに濃度が低下するまで排気する必要があることが分かる。このことから、排気直後の庫内での作業は衛生管理上全く好ましくない状況であったといえる。歴史資料などの材質への影響については、昭和60年に新井英夫さん（当時東京国立文化財研究所）から寄せられた実験レポート⁽³⁾があり、それによれば210g/m³のエキボンの濃度で90時間被爆しても問題はないということになっている。しかしながら、実際には燻蒸後の庫内には何らかの臭気が残り、特に太鼓、甲ちゅうの皮革製の部分、文書、桐箱などに著しい臭いの発生があった。

平成4年1月27日から2月7日（平成3年度）にかけて実施した燻蒸の際に、燻蒸ガスが漏洩する重大な事故が発生した。そのときの事故現場のガス濃度は300ppmにまで達している。漏洩の原因としては、収蔵庫が基本的に密閉燻蒸が可能な設計あるいは構造ではないこと、各所に微細な隙間や亀裂があること、ガスの流通経路が把握できる図面がないことなどが考えられる。この事故が動機となり、収蔵庫全体の燻蒸方法について再検討を行うこととなった。

展示場の被覆ガス燻蒸は、昭和60年（1996）12月23日~30日に実施している。その後、昭和61年に展示環境全体の点検が行われたが、特に著しい生物的な被害はそのときには検出されなかったことが報告には記されている⁽⁴⁾。その理由として、前年の燻蒸効果が持続しているためであろうと判断している。また、今後は5、6年毎の燻蒸の必要があると報告されている。実際に行われた燻蒸は、昭和61年12月23日から12月30日のかけて実施した1回だけである。薬剤はエキボンを使用し、展示室全域で60g/m³で48時間の被覆燻蒸であった。大規模密封は困難を究めるので、以後は実施の計画はなかった。

容積83立方メートルの燻蒸用チェンバーを用いた燻蒸庫燻蒸の頻度は、収蔵庫勉強会で資料に対する薬害を検討して以降、平成5年度からは各資料毎に多くても年に1回の燻蒸を上回らないように注意している。それ以前は年に2回の燻蒸処理を受けた資料も存在している。特に、展示あるいは他の博物館施設への貸出し頻度が高いものほど、燻蒸の回数は増える傾向にあるので、適切なコ

ントロールが必要である。燻蒸庫の薬剤除去に使用する活性炭の量は800kg（4kg入りの袋が200個）で、5回の燻蒸を行った後に全量を交換する。薬剤はエキボンを使用し、使用濃度は66g/m³、燻蒸時間は28時間である。ガスの投入や除去は燻蒸業者が実施し、資料の搬出入は、歴博資料課の職員が担当する。

（2）収蔵庫燻蒸の停止

先に述べたように、平成3年度に実施した収蔵庫燻蒸の際に、収蔵庫から数十メートル離れた場所にある機械棟の職員一名が、吐き気をもよおす事故が発生した。その時の臭化メチル濃度は300ppmに達している。後日行った調査により、収蔵庫の地下1階の機械室とそれを運転管理する機械棟とをつなぐトレンチに十分な封鎖が行われていなかったことが事故原因と判明した。この事故は、もともとガス燻蒸が行えるように、ガスに対する密閉性が十分に確保されるような設計がなされていない場所での作業は、十分な安全管理と保証が得られないことを明らかにした。また、燻蒸ガスを十分に吸着除去しないまま排気ガスを大気中に放出することにより、周辺への影響が心配される点、燻蒸後の庫内での作業がしばらくの間困難である点など、ガス燻蒸による人体への影響など見逃せない点が多いなど、問題点を含んでいる。

資料の材質への影響に関しては、燻蒸後に皮革資料、文書、桐箱などから臭気が発生することがしばしばあり、薬剤による資料の材質への影響が十分に考えられる。収蔵庫からの出入の回数が多い資料は庫内の燻蒸とは別に、燻蒸庫での燻蒸も受けることになり、燻蒸の回数が増える傾向にある。資料への影響を最小限に抑えるための必要以上の燻蒸は避けなければならない。

臭化メチルを含む燻蒸ガスは燻蒸終了後に、その一部が大気中に放出されることがあるだけでなく、産業廃棄物として土中に埋設された活性炭に吸着されたガスも、いずれは大気中に放出されることになる。モントリオール議定書⁽⁵⁾にはハロン物質の全廃計画があり、それに伴って臭化メチルの生産も当然のことながら影響を受ける。いずれは代替薬剤あるいは代替方法の開発が必要であることは明らかであり、また社会的な影響力をもつ博物館もオゾン層破壊物質の使用に関して積極的な対応を模索すべき立場にあることなどから、臭化メチルを含む燻蒸剤の使用の是非と代替処置について検討を行うことにした[1, 2, 3]。

以上の点を考慮しながら今後の燻蒸について検討した結果、現在のエキボンを使用した収蔵庫の中の全館燻蒸は中止とし、専用の燻蒸庫を使用した資料の個別燻蒸あるいは局所的な被覆燻蒸を実施することと決定した。代替燻蒸ガスあるいは代替法の開発研究はすでに世界各地で始まっているが、決定的な方法は現在のところない。国立歴史民俗博物館としても、開発に関わる研究プロジェクトなどを他研究機関との間で積極的に行うこととした。一方、収蔵庫燻蒸を中止した場合には、これまでのような全体燻蒸による生物生息環境に関する保証は得られなくなるので、燻蒸の代替処置として定期的な環境調査を全館規模で実施し、収蔵庫および展示環境の状態を定期的に調べることにした。環境調査として、温湿度の測定は従来通り行いながら、空気中の汚染物質、空気中に浮遊する真菌類、生物生息数などの挙動を調べ、資料への影響を評価することにした。

3 環境モニタリング

代替燻蒸法が確立されるまでの間、環境モニタリングにより生物や空気環境の変動を注視するた

めには、温湿度、有害汚染物質、生物などに関する環境調査方法を確立しなければならない。歴博では、開館当初から収蔵庫および展示室の温湿度データを自記記録計により記録してきた。1993年からはそれらに加えて小型のデータロガーを導入して、部分的に温湿度、照度、二酸化炭素濃度の記録、ディフュージョンサンプラーによる二酸化窒素濃度などの連続的な測定を始めている[4, 5, 6, 7]。燻蒸の問題を契機に、空气中に浮遊する真菌類の各月ごとの調査、さらに年間に2回の割合で環境測定専門業者による大気環境調査と生物環境調査を加えることにした。これらの調査は、収蔵庫燻蒸に代わる措置であり、資料にとって有害である環境に移行していないかどうかを定期的に観察していくことになる。さらに適切な環境評価方法があり得るならば、積極的にそうした方法を用いて調査・評価を行うべきである。調査の結果、問題のない環境であることが判明したとしても、今後の推移を注意深く観察するために、調査は継続的に実施していく必要がある。

(1) 温度・相対湿度環境

1 測定方法

歴博では1983年の開館以来、展示室および収蔵庫に置かれた自記記録計による温度と湿度データの記録と保存を行ってきた。1ヵ月巻きの毛髪自記記録計は展示室に22台、収蔵庫に16台が常設され、温湿度が記録されたロール紙は年間500本近くにのぼる。自記記録計と共に温湿度の電気センサーも設置され、収蔵庫に温湿度各14点、展示室内に各23点、展示ケース内に各21点ある。電気センサーは展示ケースの物を除いて、温湿度管理を行う機械棟と呼ばれるコントロール室と結ばれ、職員が常時データを監視している。コントロール室からは、日報として用紙にプリントされた1時間毎の温湿度データが24時間分をひとまとめとして毎日提出される。データは、用紙に打ち出されると同時に消失してしまい、後には磁気的な記録は残らない。また、展示ケース内にある21点の温

表1 博物館環境測定内容

目的	対象項目	方法	測定間隔
温湿度による影響 光放射による影響 入館者による影響	温度, 相対湿度	バイメタル, 毛髪, 温湿度センサー	連続, 20分
	照度	照度センサー, ブルースケール	20分, 6ヵ月
	二酸化炭素濃度	CO ₂ センサー	20分
建材放出気体の影響	アンモニウムイオン	イオンクロマトグラフ	6ヵ月
	ホルムアルデヒド	吸光光度法, HPLC	6ヵ月, (1ヵ月)
	アセトアルデヒド	HPLC	6ヵ月, (1ヵ月)
	ギ酸, 酢酸	HPLC	6ヵ月, (1ヵ月)
	硫黄酸化物	イオンクロマトグラフ	6ヵ月
大気汚染気体の影響	窒素酸化物	吸光光度法	6ヵ月, 1ヵ月
	オキシダント	吸光光度法	6ヵ月
	塩素イオン	イオンクロマトグラフ	6ヵ月
	浮遊粉塵	重量測定	6ヵ月
	臭化物イオン	イオンクロマトグラフ	6ヵ月
燻蒸残留物質の影響	メチルメルカプタン	ガスクロマトグラフ	6ヵ月
	硫化メチル	ガスクロマトグラフ	6ヵ月
生物による影響	虫	トラップ	6ヵ月
	真菌類	培養	1ヵ月

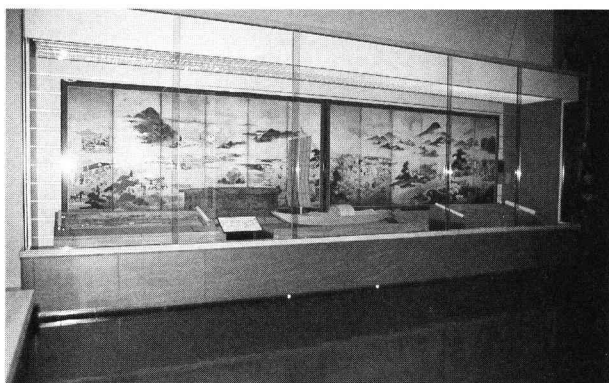


写真1 換気型展示ケース

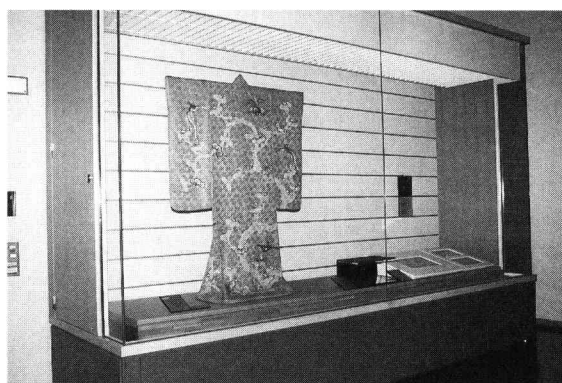


写真2 密閉型展示ケース



写真3 収蔵庫内

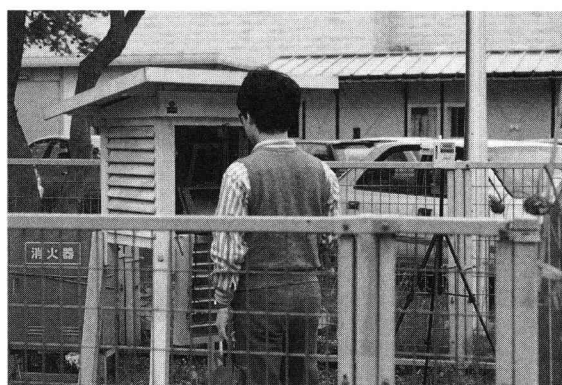


写真4 百葉箱

湿度センサーからのデータは、ビデオコントロール室と呼ばれる部屋において1時間毎にロール紙に打ち出され、機械棟同様にデータはそこで消失する。

より細かな温湿度環境を測定するために上述の温湿度測定とは別の測定装置を部分的に設置している。温湿度データロガー ACR-XT102 (ジェイエムエス)、二酸化炭素濃度データロガー ACR-YS201 (ジェイエムエス) を用いて、第3展示室内にある換気型展示ケース (写真1)、密閉型展示ケース (写真2) および展示場の温湿度、収蔵庫地下2階、1階、4階の温湿度 (写真3)、百葉箱を使用した屋外の温湿度を測定している (写真4)。測定間隔はいずれも20分である。

2 測定結果 (付図1～7)

第3展示室、換気型展示ケースと密閉型展示ケースの内の相対湿度変化を最大値、最小値、中央値、四分偏差を用いて示すと本文中の図1～4、また換気型ケースの夏期期間中の変化は本文中の図5のようになる。

展示室の温度変化は14～30℃、相対湿度は35～65%の変化が年間に生じている。温度の最低値は、空調が全面的に停止する年末年始の休館期間中、最大値は8月上旬の真夏に生じる。もっとも安定している時期は5～7月にかけての期間であることが分かる。相対湿度の最低値は1月中旬、最大値は冷房が始まる直前の7月初旬に生じる。

冷房が開館時間中のみ運転され、閉館後には停止する夏期の相対湿度変化をみると、換気型

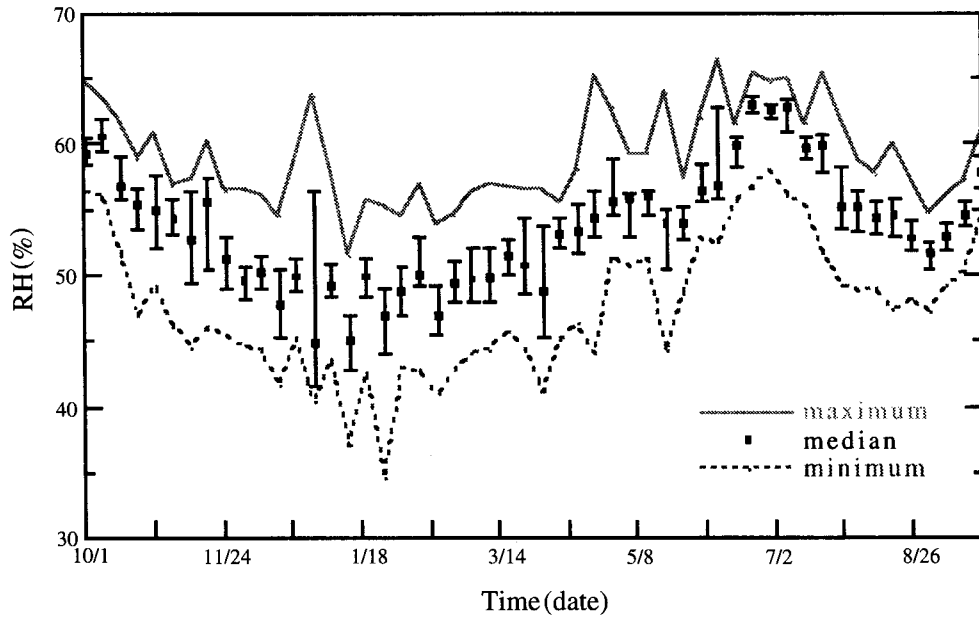


図1 中央値—四分偏差 (Median—Dq) で表示した第3展示室内の相対湿度変化(1994.10—1995.9)

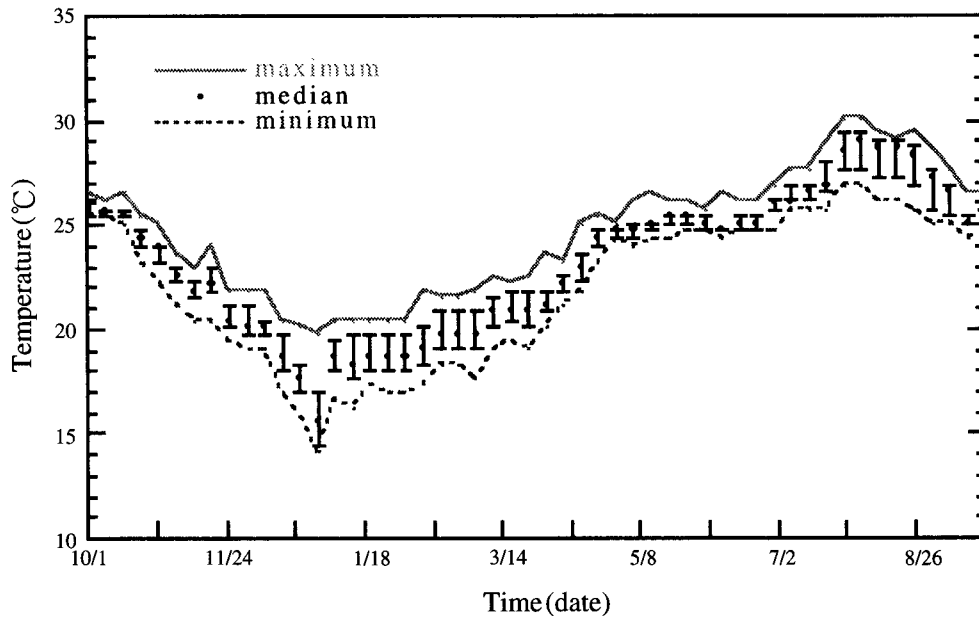


図2 中央値—四分偏差 (Median—Dq) で表示した第3展示室内の温度変化(1994.10—1995.9)

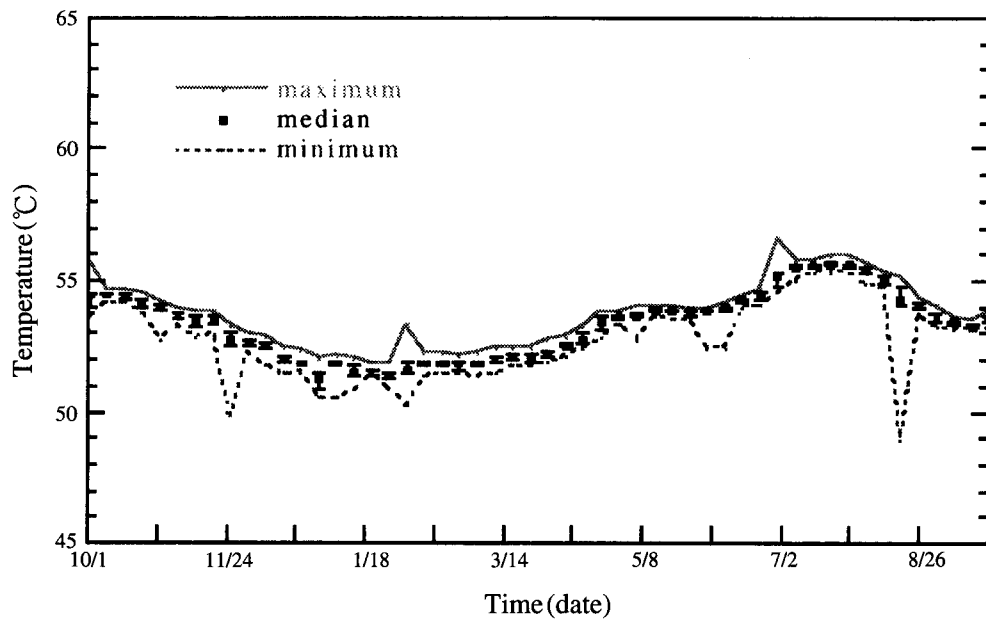


図3 中央値—四分偏差 (Median—Dq) で表示した密閉型ケースの相対湿度変化(1994. 10—1995. 9)

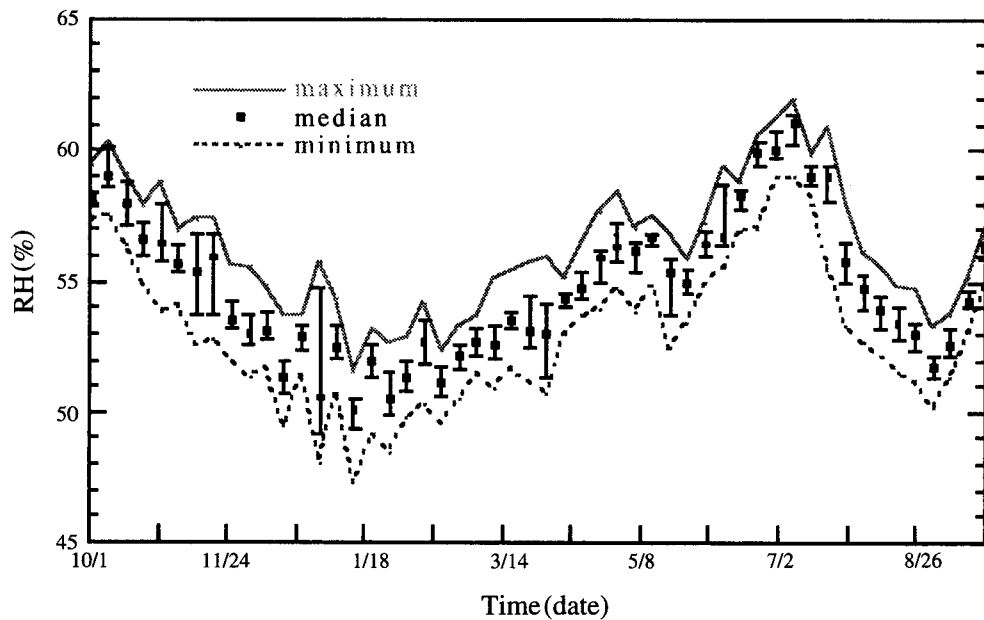


図4 中央値—四分偏差 (Median—Dq) で表示した換気型ケースの相対湿度変化(1994. 10—1995. 9)

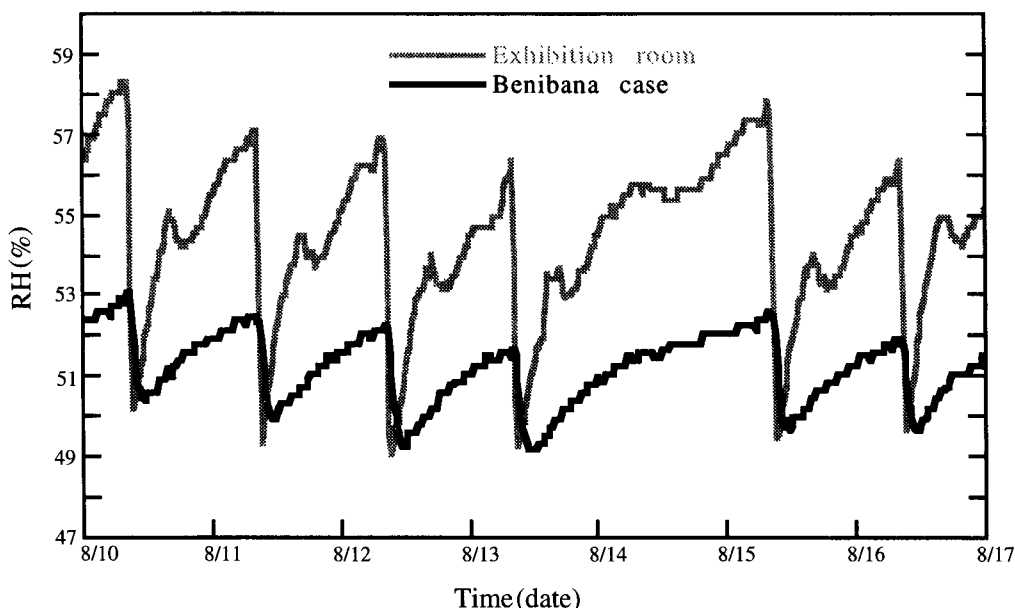


図5 展示室、換気型ケースの相対湿度変化の生データ(1995.8)

ケース内の変化は展示室に比べて緩和され、時間的にわずかに遅れて極大値に達することが分かる。相対湿度変化は約1/3に緩和されている。年間最大較差は13%RHである。測定の対象となった換気型ケースには調湿剤は使用されていない。一方、密閉型ケースは変化がもっと小さい。1年を周期にする季節変動に関しては最大較差8%RH程度の変化が見られた。

収蔵庫内の温度は、電力消費量の軽減の関係から夏期と冬期で設定値が22℃と17℃に変わる。相対湿度変化は、夏期と冬期の温度の相違に対応して、夏期にはやや高く、冬期にはやや低くなり、年間の較差は3%RH程度である。しかしながら、収蔵庫地下2階および地上1階では65%RHを越える期間が存在するので、黴の発生には十分な注意が必要であり、全体的に相対湿度の設定値を下げることを検討する必要があると考えられる。

(2) 空気環境

1 測定方法

環境測定業者(島津テクノリサーチ)に委託して実施する有害汚染物質の調査では、燻蒸残留物質として臭素、メチルメルカプタン、硫化メチル、大気汚染物質としてSO_x、NO_x、オキシダント、塩化物イオン、塵埃、建材放出物質としてアンモニア、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、酢酸、蟻酸、Caイオン、Mgイオンを当初の対象因子とした。測定場所は、収蔵庫では5階庫内、2階庫内、2階前室、地下2階庫内、展示室では第4展示室内、第3展示室内、屋外などである。調査区域は収蔵庫から始めて、徐々に展示室へと拡大して行くこととし、年に2回の実施を1993(平成5年)年より開始した。収蔵庫内の気温は春から秋にかけて夏期温度の22℃、秋から春にかけて冬期温度の17℃になっているので、両者の時期に1回づつ実施する。何度かの測定を重ねることにより、CO₂、CO、Caイオン、Mgイオンなどに関しては特別に注目する必要がないと判断し、測定対象から徐々に除外していった。

アンモニウムイオン、臭化物イオン、塩化物イオンはイオンクロマトグラフ法による分析を行

い、20mLの純粋に1～2 L/minの流量で500～900Lの空気を採取し吸収液とした。ホルムアルデヒドは同様に空気を採取し、吸収液をアセチルアセトン吸光光度法により分析を行った。オキシダントについては、100Lの空気をサンプリングバックに採取し、その空気を中性ヨウ化カリウム溶液20mLに1 L/minの流量で50L採取した。吸収液を吸光光度法により分析した。硫黄酸化物については、100Lの空気をサンプリングバックに採取し、その空気を0.1%過酸化水素水20mLに2 L/minの流量で50L採取した。吸収液をイオンクロマトグラフ法により分析した。窒素酸化物については、100Lの空気をサンプリングバックに採取し、その空気を窒素酸化物吸収液20mLに0.4L/minの流量で20L採取した。吸収液を吸光光度法により分析した。浮遊粉塵については、ろ紙に粉塵を捕集し、捕集前後のろ紙の重量差を捕集粉塵量とし、その粉塵量を粉塵を採取したガス量で割ることによって質量粉塵濃度を求める。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドについては、専用のサンプラー（XPoSure アルデヒドサンプラー、日本ウォーターズ・リミテッド）を用いて試料を採取し、アセトニトリルでアルデヒド類を抽出し、抽出液を高速液体クロマトグラフ法⁽⁸⁾で分析した。蟻酸、酢酸などの有機酸については、20mLの純粋に1～2 L/minの流量で150～200Lの空気を採取し吸収液とした。吸収液を高速液体クロマトグラフ法により分析した。

ディフュージョンサンプラー（NO₂モニター18L型、東泉テクノ株式会社）を用いてのNO₂濃度の測定は、平成5年度（1993）から博物館内および屋外の状況を調査している。ディフュージョンサンプラーとは、トリエタノールアミンを滲み込ませたろ紙の上にフィルターをのせ、拡散現象によってそこを通過した二酸化窒素が捕獲される簡易モニターである。発色液を使用して吸光度を測定し⁽⁹⁾、濃度を計算する。暴露期間は30日である。

二酸化炭素の濃度変化と赤外線の吸収率変化の関係を利用した二酸化炭素濃度センサーを用いて、換気型展示ケース内と展示場の二酸化炭素濃度の自動測定を行っている。測定間隔は20分毎である。センサーの位置は、ケース内ではケースの床面、展示室では床面から50cmの位置に設置した。

2 測定結果（付図8～22）

表2は1995.11.6-7に実施した6ヵ月間隔の測定結果の一部である。測定の定量下限は、オキシダント、ホルムアルデヒド、ギ酸、酢酸がほぼ10ppb、その他は1 ppb以下に設定する必要があることが明らかである。

表3から窒素酸化物濃度は、屋外から収蔵庫の庫内に向かって緩やかに濃度が減少していることから、空調設備による空気浄化がなされていることが分かる。また、付図14をみると、空調設備をもたない展示ケースを比較すると、展示室、換気型展示ケース、密閉型展示ケースの順に窒素酸化物濃度は減少しており、密閉型ケース内の濃度はほとんど0に近い。つまり、換気回数を減少させることは汚染物質の除去につながることを意味しているものと考えられる。

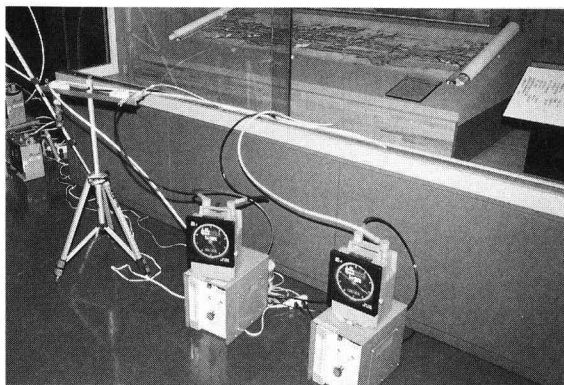


写真5 ホルムアルデヒド調査 100Lの空気を採取

表2 空気環境測定結果(1995.11.6-7)

	収蔵庫 B2庫内	収蔵庫 2F庫内	収蔵庫 2F前室	収蔵庫 5F庫内	第4 展示室	第3 展示室	密閉型展示 ケース	換気型展示 ケース	屋外
Cl ⁻	1.5	4.6	2.8	1未満	3.4				2.7
NO _x	5.6	3.9	8.8	8.0	33				26
Br ⁻	0.36	0.63	0.63	0.40	0.2未満				0.2未満
NH ₄ ⁺	23	9.0	18	0.31	0.49				0.40
HCHO	10未満	15	17	10未満	10未満	29	530	62	10未満

表3 NO₂測定結果(1995.6)

測定位置	屋外	第3展示室	第2調査室	1F収蔵庫 エレベータ室	1F収蔵庫 前室	1F収蔵庫 庫内
NO ₂ (ppb)	10.2	6.1	5.2	6.9	2.8	1.3

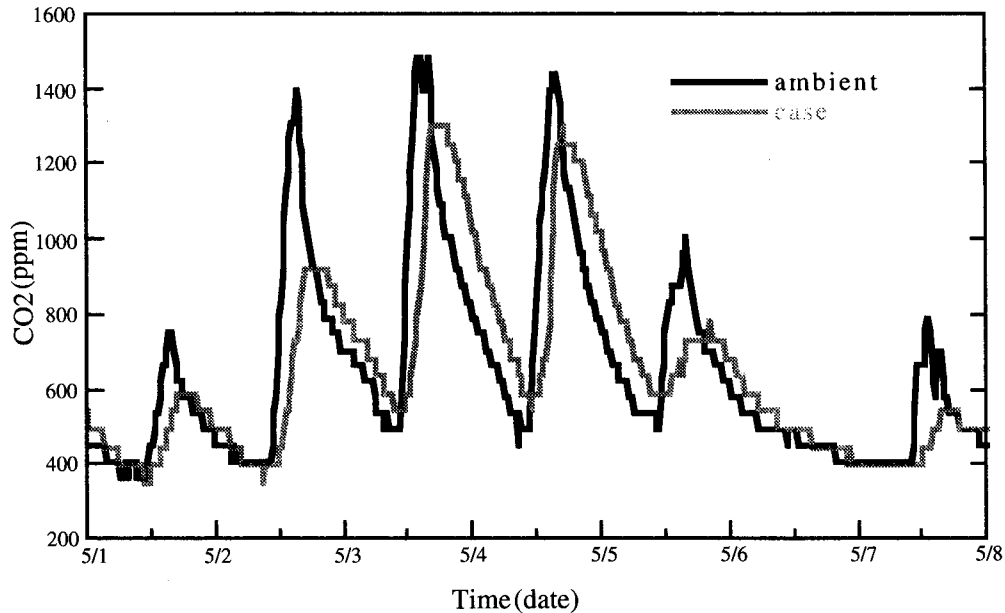


図6 換気型ケース内と第3展示室内の二酸化炭素濃度(1995.5)

展示ケース中のホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの濃度がケース外の空気に比較して異常に高い。換気型、密閉型での比較では、ホルムアルデヒドに関しては密閉型の方が圧倒的に高く、アセトアルデヒドに関しては密閉型の方がやや高めである。ホルムアルデヒドの発生の原因は、ケースの内装材料に使用される合板の接着剤であろうと推定される。酢酸の濃度が両方のケース内で高い。発生原因ははっきりとはしないが、ポリ酢酸ビニール系の接着剤ではなかろうかと推定している。アルデヒド類によって絹、皮革製品などの蛋白質系の資料は影響を受けて劣化する。酢酸などは酸性雰囲気を作るので、金属類などに影響が特に大きくなる。

入館者が最も多い4月下旬から5月上旬にかけての二酸化炭素濃度の日変化をみると（本文中の図6）、換気型ケース内の変化は展示室に比べて緩和され、時間的にわずかに遅れてピークに達することが分かる。ケース内の二酸化炭素の最大濃度は約7/10に緩和されている。ピークを過ぎると翌日の開館直前まで濃度は低下していくが、ケース内の最大濃度が1000ppmを越えた場合には、展示室内の濃度まで低下しない。

（3）生物環境

1 測定方法

空气中に浮遊する真菌類の調査は、空中の真菌類を捕獲して培養し、発生したコロニーを数える。平成5年（1993）より開始し、毎月1回、年に12回実施している。調査法は、ポンプ（MILLPORE、柴田理化学）を使用して空気80Lを採取し、採取した空気が培養用のろ紙のフィルターを通過するときに真菌類が捕獲される。そのろ紙へ、カビ酵母用培地を注入した上で、温度25℃～30℃、期間5日～7日の間培養し、発生するコロニーを数える。必要に応じて、黴の定性分析も実施する。なお、真菌とはカビと酵母を指す。

害虫生息環境調査は国立民族学博物館ですでに実施されていた方法を参考にしながら、粘着シートとフェロモントラップの二種類を使用し、外部業者（イカリ消毒株式会社）に依頼して実施することとした。1994（平成6年）年より開始し、年に2回実施している。1996（平成7、8）年以降は2月と6月の同じ時期に行うようにした。指定した場所にトラップを2週間放置し、その後回収して観察する。設置場所周辺も回収時に目視により観察して、生物の死骸等の存在を確かめる。フェロモントラップはシバンムシ類の棲息、粘着シートトラップはカツオブシムシ類、シミ類、その他の昆虫の調査に適している。

トラップの設置個数は粘着シートトラップが52箇所（212枚）、フェロモントラップが52箇所（126枚）である。設置場所は次の通りである。収蔵庫関係では地下2階庫内、前室、エレベータ室、地下1階庫内、前室、エレベータ室、地下1階中層階庫内、エレベータ室、地上1階庫内、前室、エレベータ室、地上1階中層階庫内、エレベータ室、地上2階庫内、前室、エレベータ室、地上2階中層階庫内、エレベータ室、地上3階庫内、前室、エレベータ室、地上3階中層階庫内、エレベータ室、地上4階庫内、前室、エレベータ室、地上5階庫内、前室、エレベータ室、仮収蔵庫、仮収蔵庫中層、馴化室、仮庫1、仮庫2、資材庫。整理室関係では、民俗整理室、考古整理室、歴史整理室1、歴史整理室2、点検室。調査実験室関係では、展示実験室、第1修復室、第2修復室、第1調査室、第2調査室、第3調査室、第4調査室、第5調査室、台帳調査室、写場(大)、写場(小)、展示室関係では第4展示室である。

採取した生物は以下の分類にしたがって数量を求め、年度毎の推移を観察した。粘管目（トビムシ類）、網翅目（ゴキブリ科）、嚙虫目（チャタテムシ類）、総翅目（アザミウマ類）、直翅目（コオロギ科）、半翅目（ヨコバイ科、アブラムシ類、カイガラムシ類、ヘリカメムシ科、カメムシ科）、鞘翅目（シバンムシ類、ヒメマキムシ類、カツオブシムシ類、ゾウムシ類）、膜翅目（ハチ類、コバチ類、アリ類）、双翅目（ガガンボ科、チョウバエ類、ユスリカ類、カ類、クロバエキノコバエ類、タマバエ類、ノミバエ類、小バエ類、その他の糸角類、クロバエ科）、鱗翅目（ガ類）、真正クモ目（アシダカグモ科、ハエトリグモ科、その他のクモ類）、等脚目（ワラジムシ類）。

2 測定結果（付図23～57）

空気中の真菌に関しては、夏期に多く、冬期に少ない傾向があることが分かる。屋外の量に比較して、収蔵庫内は100分の1程度の量に減少している。1993年9月30日に実施した調査では、屋外で採取した空気からは100～200個のコロニーが発生し、そこに含まれる菌株数は52菌株、収蔵庫前室からは80～100個のコロニー、庫内からは0～10個のコロニーで、菌株数は4菌株であった。屋外から庫内に向かうにしたがって、空中浮遊の真菌類の量が減少し、遮蔽あるいはフィルターの効果が見られているのが分かる。庫内に存在する菌株類は屋外のものに総て含まれ、庫内だけに存在する特殊なものはない。収蔵庫内に存在する真菌類の数量はごくわずかであると推定できるが、まれに庫内1階などの資料表面に黴の発生を認めることがある。民俗資料あるいは船箆筒、古い保存収納箱などの木質資料に多い。空中菌の数量と黴の発生率との間の因果関係については、これまでのところ明確ではない。

嚙虫目（チャタテムシ類）は食菌性が強い昆虫であるため、室内に棲息する黴の指標になる。1995年10月の調査では全体的に他年度と比較して異常な捕獲数である。このとき、特に黴の発生が頻発した形跡はないが、調査を実施してはいないので正確な状況は分からない。真正クモ目は生きた昆虫を捕食して生活するので、昆虫類の棲息の指標になる。生息数は年度によらず、ほぼ一定した数量を示している。双翅目（ガガンボ科、チョウバエ類、ユスリカ類、カ類、クロバエキノコバエ類、タマバエ類、ノミバエ類、小バエ類、その他の糸角類、クロバエ科）の捕獲数量が、収蔵庫のエレベータールームおよび考古整理室で際だって多い。エレベータールームは、排煙口を通じて外気とつながっているため、その影響であろう。考古整理室では土が付着した出土遺物が多数持ち込まれるために、生物も同時に持ち込まれた結果であると考えられる。鞘翅目（シバンムシ類、ヒメマキム

表4 嚙虫目および真正クモ目の年度別捕獲数

調査実施日時	嚙虫目 (チャタテムシ類を含む)	真正クモ目
1994. 9. 12 - 9. 26	172	28
1995. 3. 1 - 3. 15	24	30
1995. 9. 18 - 10. 2	660	22
1996. 2. 5 - 2. 19	49	21
1996. 6. 3 - 6. 17	142	33
1997. 2. 10 - 2. 24	287	20
1997. 6. 2 - 6. 16	86	54

シ類、カツオブシムシ類、ゾウムシ類) など、大きな被害を与えやすい生物に関しては、現時点の所では少量の捕獲数にとどまっているように見受けられる。その他の生物では、燻蒸の停止によって著しく捕獲数が増加しているものは見受けられない。しかしながら、今後の推移を慎重に見守る必要はある。

年度毎に変化する生物の捕獲数量と生物被害との関係は、まだ確かめられていない。今後の大きな課題としてこの点を明確にしていく必要がある。そのためには、資料の定期的な点検を充実していかなければならない。

4 資料モニタリング

極限られた個数による個別資料の定期点検では、害虫による食害は現在までのところでは検出されていない。しかし、表面にカビが発生した資料をときどき検出する。発生場所は相対湿度が62~65%RHに維持された収蔵庫2階と収蔵庫地下1階に集中している。平成6年度(1996)以降、船ダンスなどの木製資料の表面に特に見られるようになった。資料点検の頻度が多少高まり、目が行き届くようになったことも原因の一つではあると考えられる。発生部位は、木製の資料の表面で、表面の塗装が磨耗してなくなり、木地が露出しているところに発生しやすいようにみえる。環境との因果関係はまだ明かではないが、真菌類の調査では真菌類の数が特に増加しているわけではなく、コロニーの数としては非常に少ない状態のままである。黴が発生した資料は、発見後すぐにエチルアルコールを含ませた除菌クリーナーで表面を拭くことで、緊急の対応としている。恒常的対策として、黴の発生しやすい場所の相対湿度を62~65%RHから60%RHに下げること、大空間での局所燻蒸法を採用すること、資料の定期検査の頻度と量が高めることなどを検討中である。

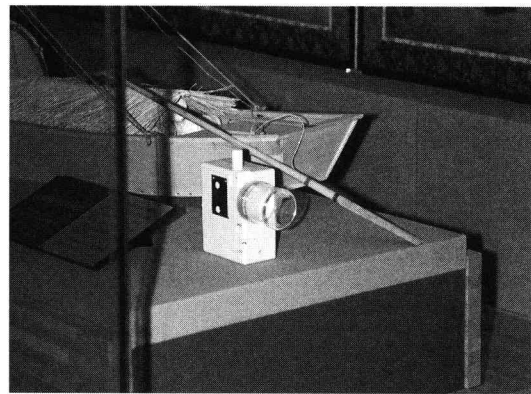


写真6 真菌調査 80Lの空気を採取

平成9年度(1997)からは「歴史資料の保存・修復の管理手法の規格化及び階層化に関する研究プロジェクト」を開始し、資料モニタリングの一層の効率化を図っている。プロジェクトでは、歴史資料の適切な保存・修復を支援する管理システムを構築するために、資料の劣化状態の把握、劣化原因の推定、対応する保存修復処置の検討、優先順位の検討など各段階における問題と対応の規格化、それらの階層化を図るために、資料の保存状態を網羅的に調査することとしている。

註

(1)——エキボンとは酸化エチレンと臭化メチルの混合燻蒸剤(14:86wt)の商品名で、わが国ではしばしば使用される薬剤である。酸化エチレンは殺虫、殺菌力に優れ、臭化メチルは殺虫力に優れている。

(2)——米国連邦産業衛生学会の基準では、臭化メチルおよび酸化エチレンの1日8時間労働中の平均許容濃度はそれぞれ5ppm、1ppmと定められている。

(3)——昭和60年9月27日付けで「燻蒸剤の材質への影

響」と題した実験レポートが、新井英夫さん（当時東京国立文化財研究所）から寄せられている。エキボン濃度210g/m³、温度25～30℃の空間にゴムタイル、展示ケースパッキング、発泡スチロール、漆、皮革などを90時間おいた場合の材質への影響を調べ、いずれについても問題はないと結論している。

(4)——新井英夫さん（当時東京国立文化財研究所）、永嶋正春（歴博）、展示課が出席した検討会では、毎年の燻蒸は必要ないとしている。ただし、次年度以降は春から夏にかけての生物調査を実施すること、5、6年毎の燻蒸の必要があると結論している。

(5)——1985年にウィーンで「オゾン層の保護に関する条約」が締結された。その後1987年に具体的な規制のスケジュールを定めた「モントリオール議定書」では、10年かけてフロン生産と消費を半減するのを目標としていたが、1989年のヘルシンキで開催された同議定書の第1回締約国会議で今世紀内の100%削減と変わった。1990年の第2回締約国会議で2000年までに特定フロンを全廃すること等を内容とする「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」の改正が決定されたことを受けて、日本でも1991年3月国会において「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律の一部を改正する法律」が成立し、交付されている。1997年にはモントリオール議定書第9回締約国会議が開催され、中心的な議題は臭化メチル全廃時期についてであった。日本を含む先進国については、臭化メチルの全廃時期が1995年の第7回締約国会議で決めた2010年から2005年に前倒しされた。

(6)——収蔵庫内の環境調査を実施する前に、収蔵庫内

の空調系統およびフィルターについて検討した。収蔵庫の中に設置された空調設備の循環系統は各階毎に独立しており、空気は外気を取り入れないで、100%循環で運転している。それぞれのダクトは通常のものである。また、途中で空気の漏れや侵入はあり得る。また、フィルターは、2μmの粒子を95%、0.3μm粒子は80%除去できる能力をもつものである。エレベータホール周辺の空調は庫内とは別であり、かつ排煙口を通じて常に外気の侵入がある。

(7)——陰イオンクロマト分析条件 カラム：Chim-pack IC-A3、移動相：8.0mM p-ヒドロキシ安息香酸、流量：1.2mL/min、温度：41℃、検出器：電気伝導度検出器、注入量：90μL、装置：島津高速液体クロマトグラフ用10A。

陽イオンクロマト分析条件 カラム：10NPAC CS12、移動相：20.0mM Methanesulfonic acid、流量：1.0mL/min、検出器：電気伝導度検出器、注入量：25μL、装置：DX-AQ。

(8)——高速液体クロマト分析条件 カラム：Waters Nova-Pack C18、カラム温度：50℃、移動相：純水/アセトニトリル/テトラヒドロフラン混液(65:30:5)V/V、検出器：紫外分光光度計(360nm)、注入量：標準溶液、試料溶液10μL、装置：島津高速液体クロマトグラフ6Aシステム。

(9)——発色液：スルファニル酸10gを蒸留水約1500mLに溶かした後、リン酸100mLを加えよく混合し、更に0.1wt%N-(1-ナフチル)エチレンジアミン二塩酸塩溶液100mLを加え、最後に蒸留水を加えて2Lとする。波長545nmでの吸光度を測定する。

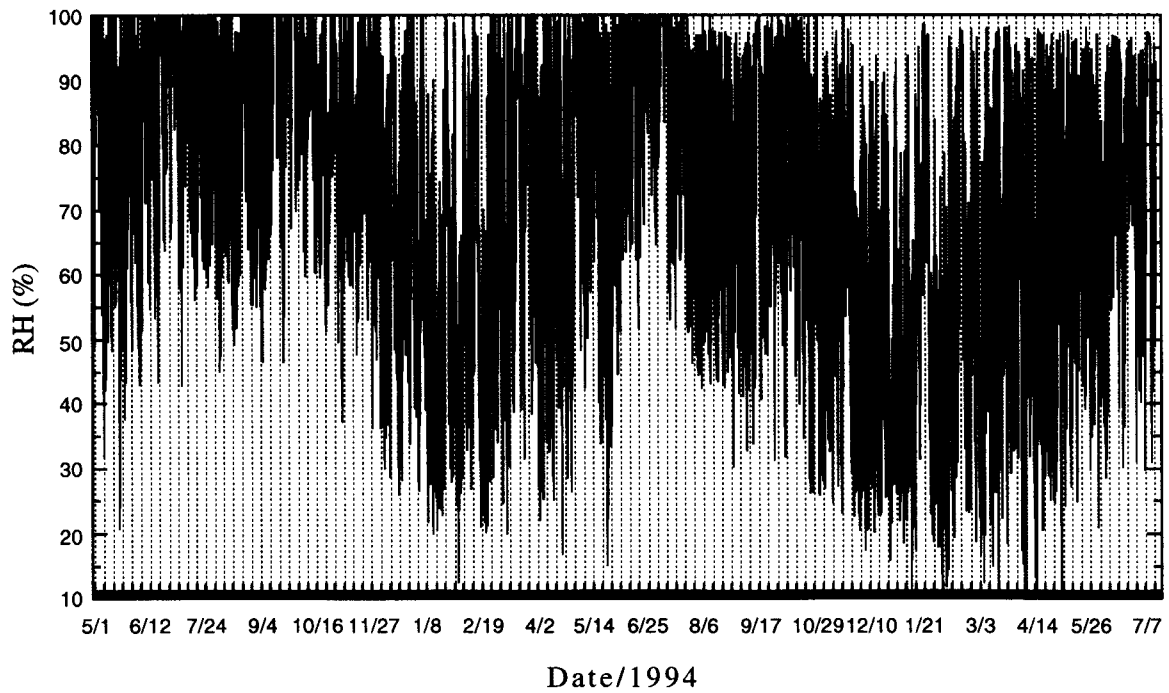
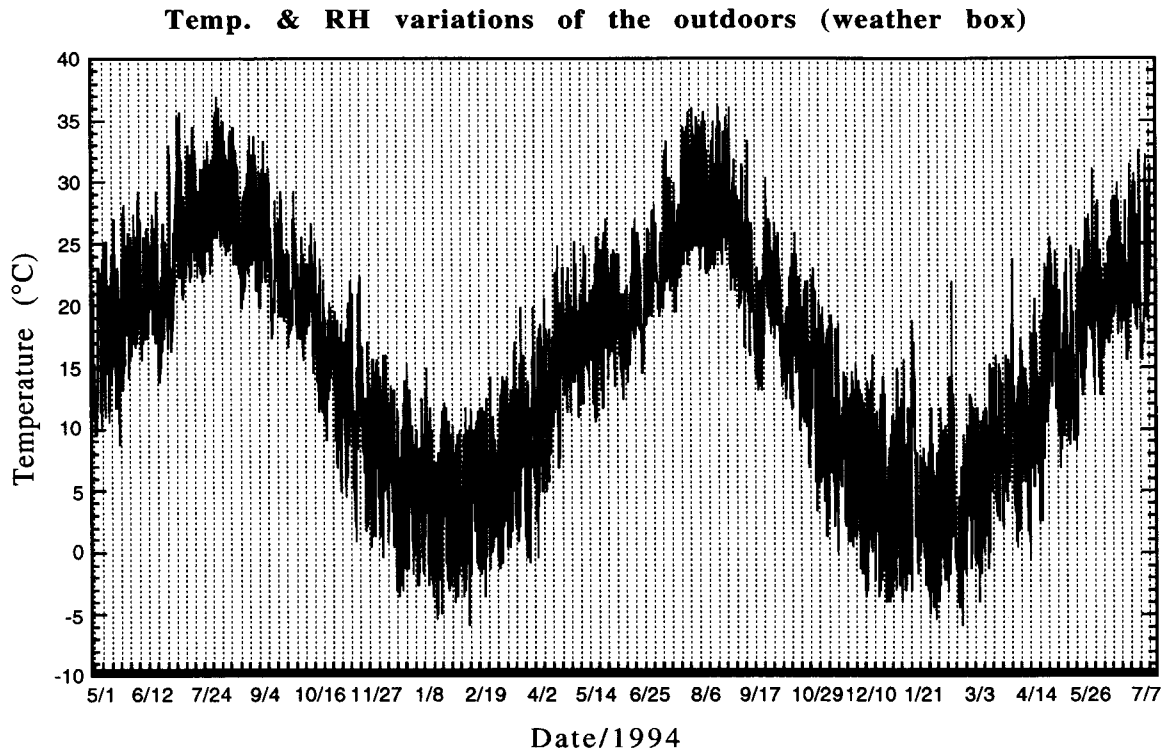
参考文献

- [1] 園田直子、神庭信幸：博物館における防虫徴法の動向、国立歴史民俗博物館研究報告、50集、pp.495～524、1993
- [2] 早川俊章：報告モントリオール議定書締約国会議—臭化メチルの規制をめぐって—、月刊文化財、410号、pp.33～37、1997
- [3] 三浦定俊、木川りか、山野勝次：臭化メチルの使用規制と博物館・美術館等における防虫防徴対策の今後、月刊文化財、pp.41～45、1998
- [4] 神庭信幸：博物館環境のモニタリング—温湿度測定の基本—、国立歴史民俗博物館研究報告、35集、pp.393～407、1991
- [5] 神庭信幸：電話線を使った博物館環境のモニタリング—博物館保存環境データ収集解析システム(McDLAS)のパイロット・プラント—、国立歴史民俗博物館研究報告、50集、pp.483～493、1993
- [6] 神庭信幸：文化財の保存環境と博物館環境、第36回大気環境学会年会要旨集、pp.196～19、1995年11月
- [7] 神庭信幸、坂本 稔：博物館に於ける保存環境のモニタリング、文化財保存修復学会第18回大会要旨集、pp.96～97、1996年6月

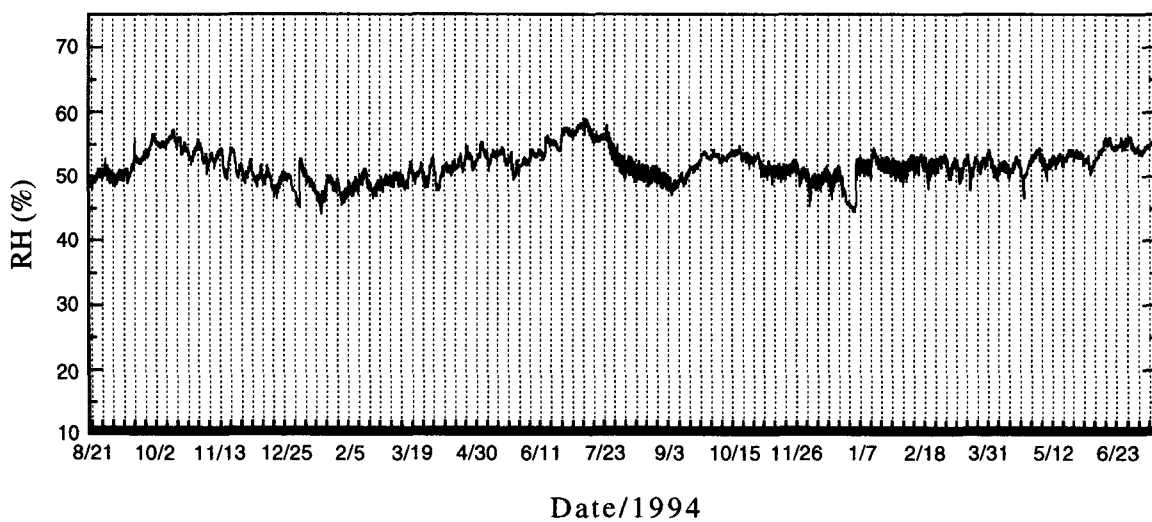
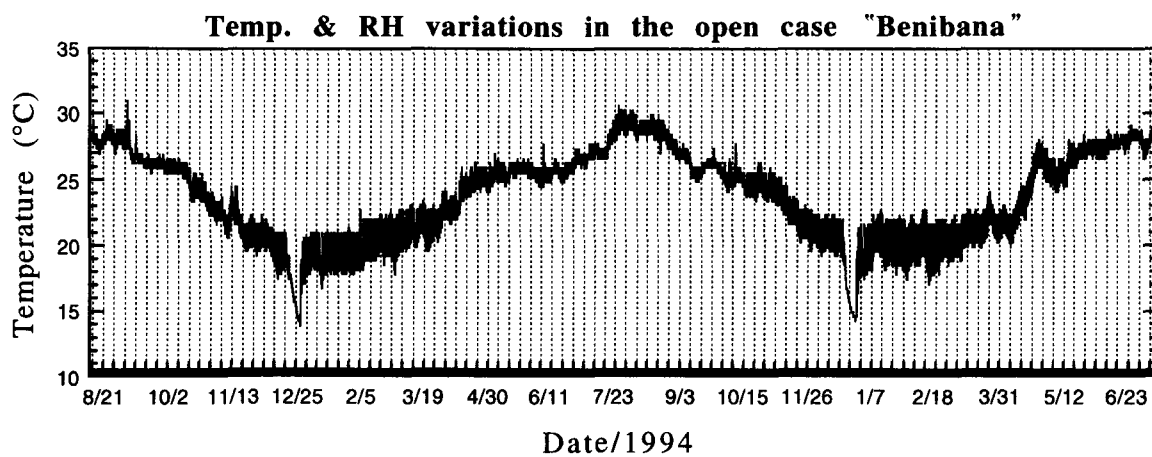
(東京国立博物館、元国立歴史民俗博物館情報資料研究部)

付図 測定データ

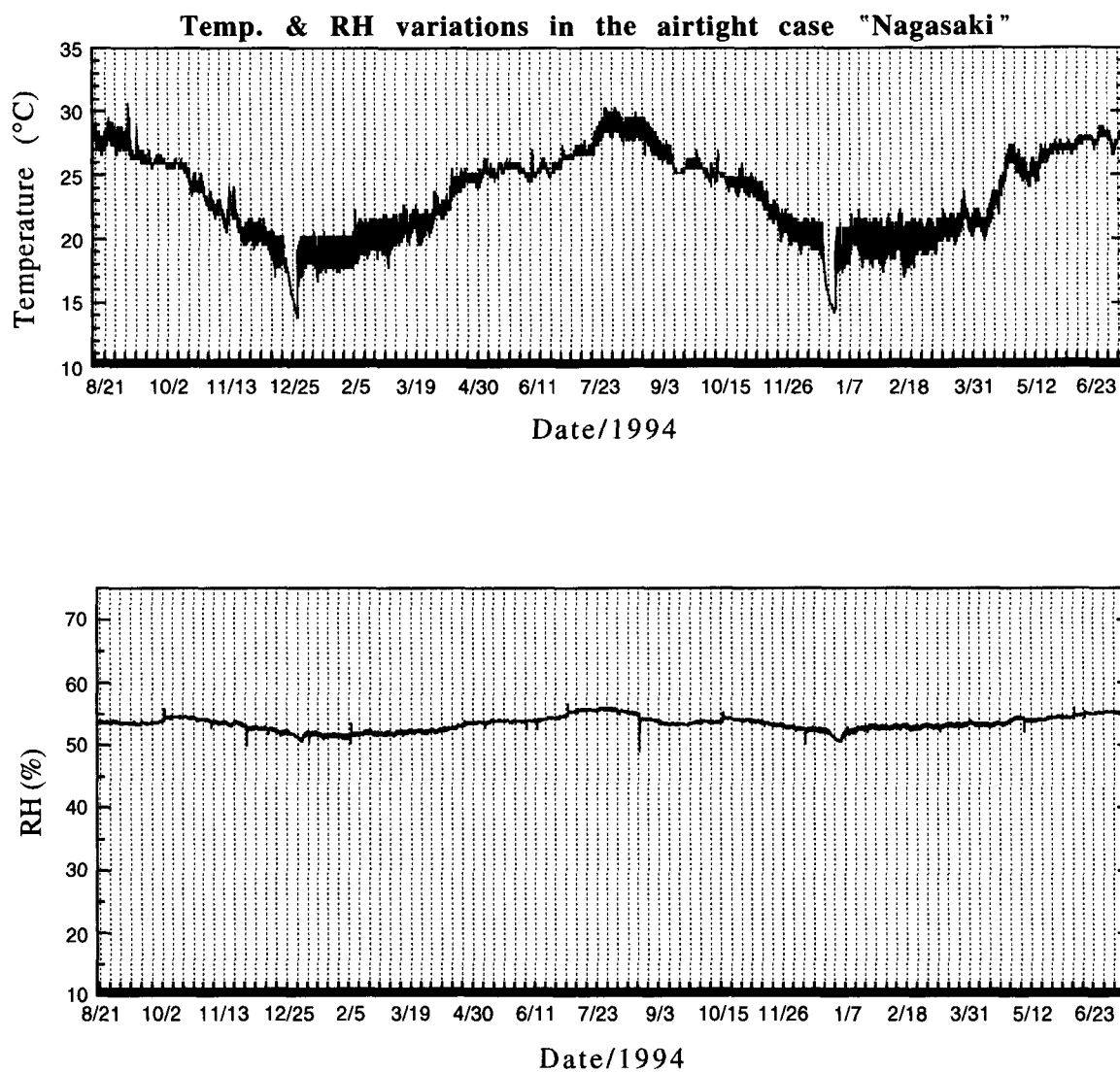
(1) 温湿度データロガーによる温度および相対湿度測定



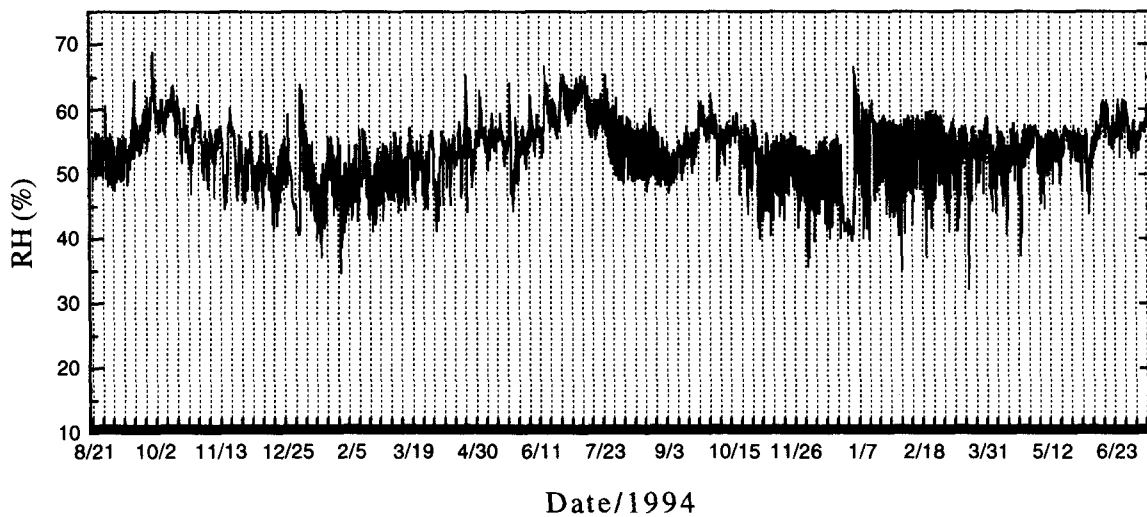
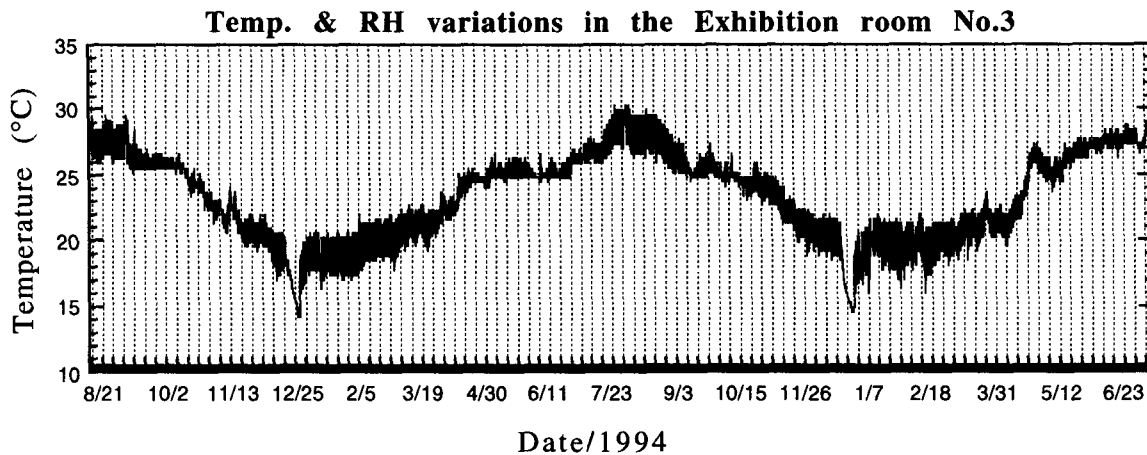
付図1 屋外温度および相対湿度(1994. 8. 21~1996. 6. 23)



付図2 第3展示室換気型展示ケース内温度および相対湿度(1994.8.21~1996.6.23)

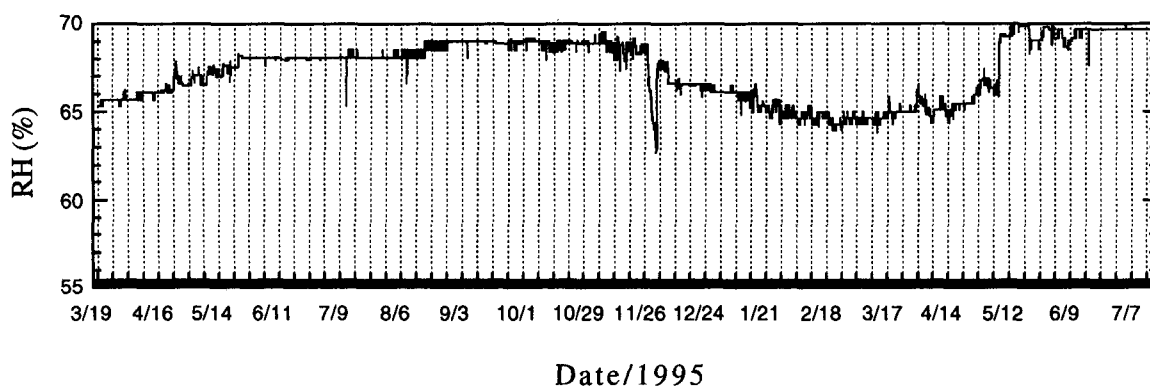
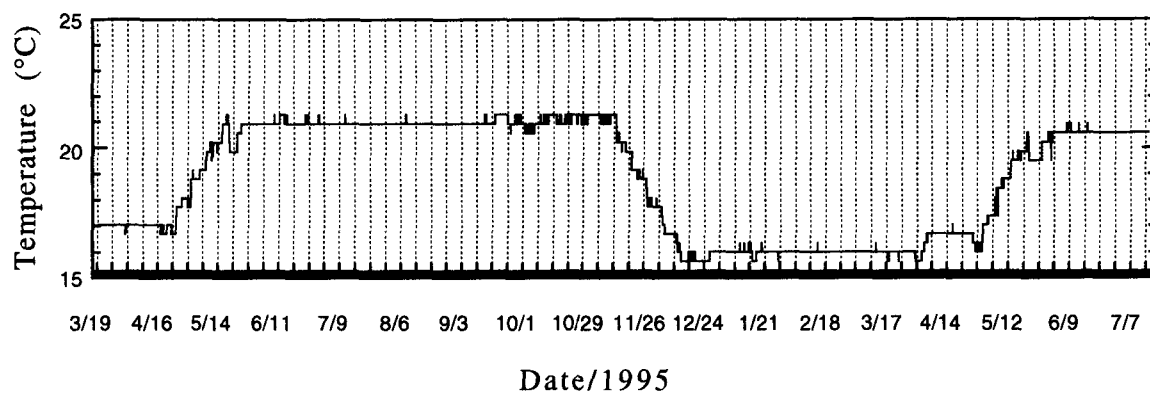


付図3 第3展示室密閉型展示ケース内温度および相対湿度(1994.8.21~1996.6.23)



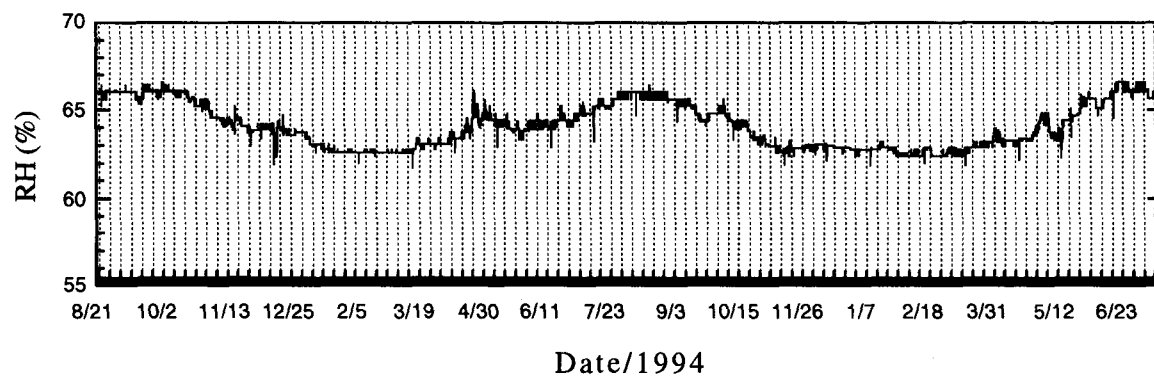
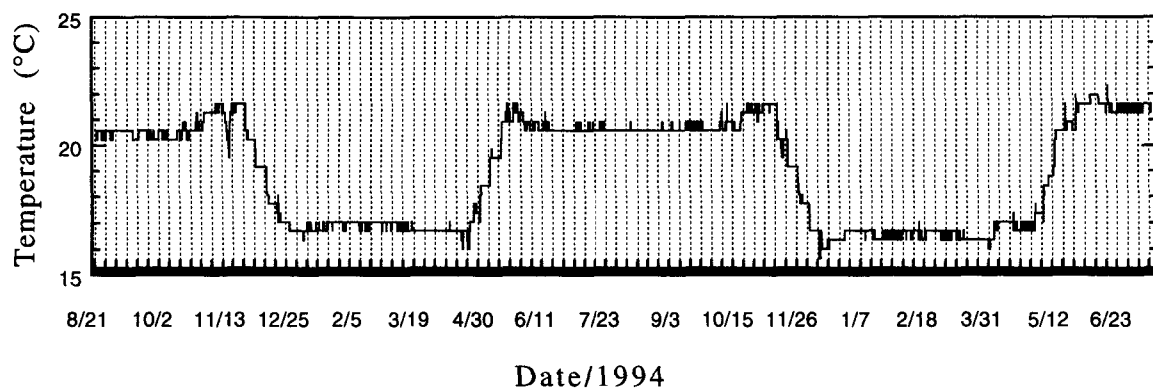
付図4 第3展示室温度および相対湿度(1994.8.21~1996.6.23)

Temp. & RH variations in the storage house B2F



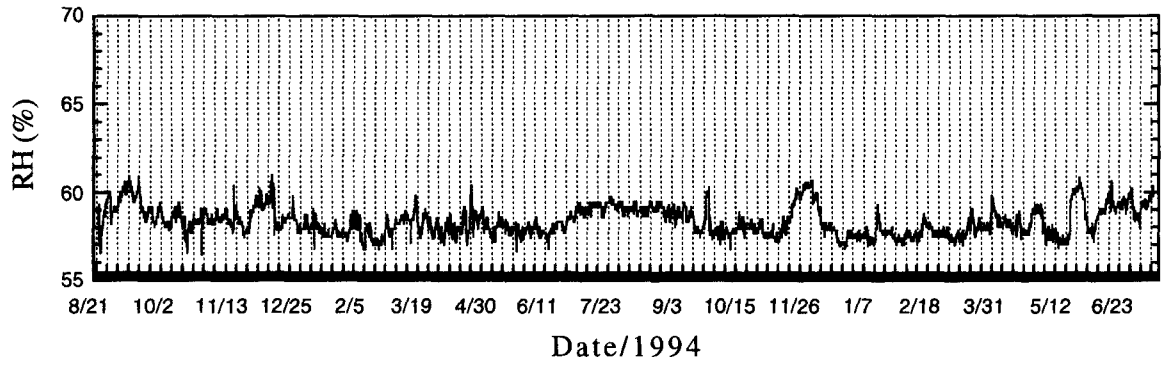
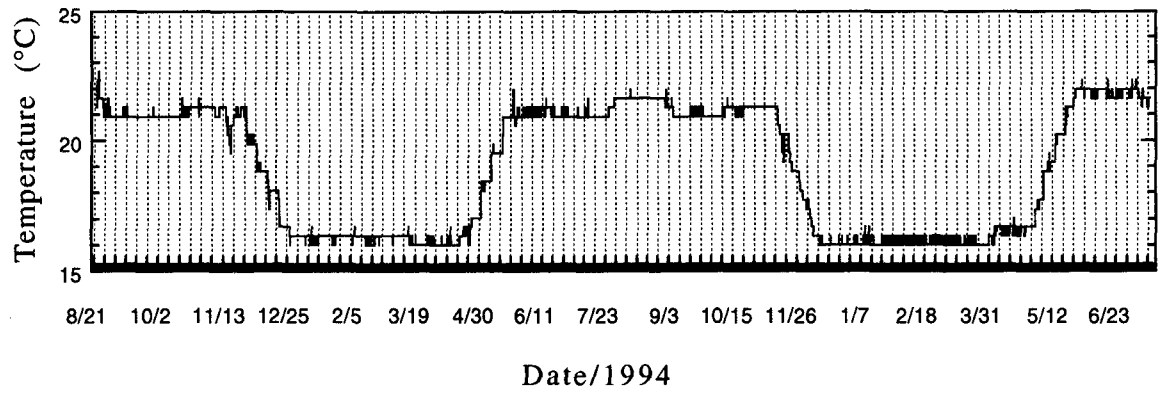
付図5 収蔵庫地下2階温度および相対湿度(1995.3.19~1996.7.7)

Temp. & RH variations in the storage house 1F



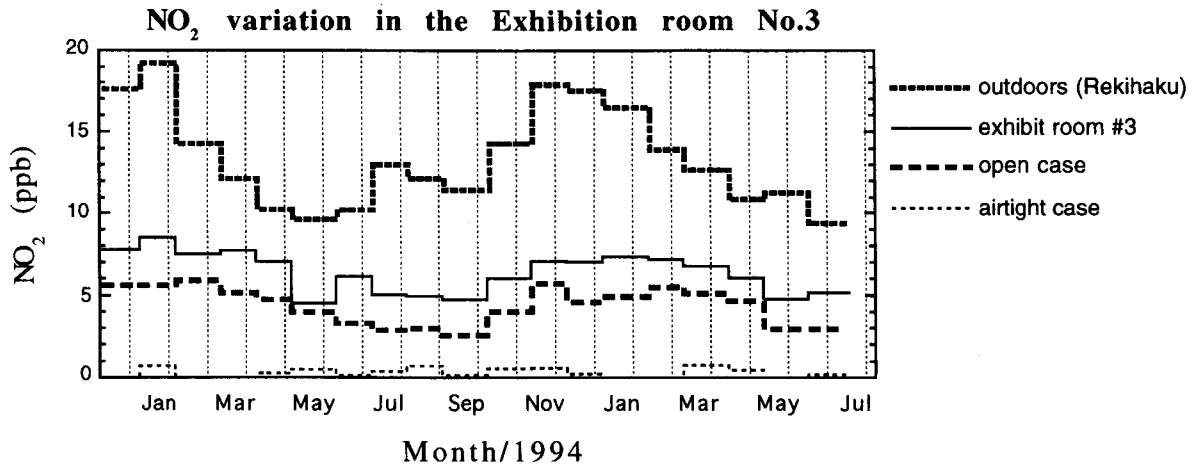
付図6 収蔵庫1階温度および相対湿度(1994.8.21~1996.6.23)

Temp. & RH variations in the storage house 4F

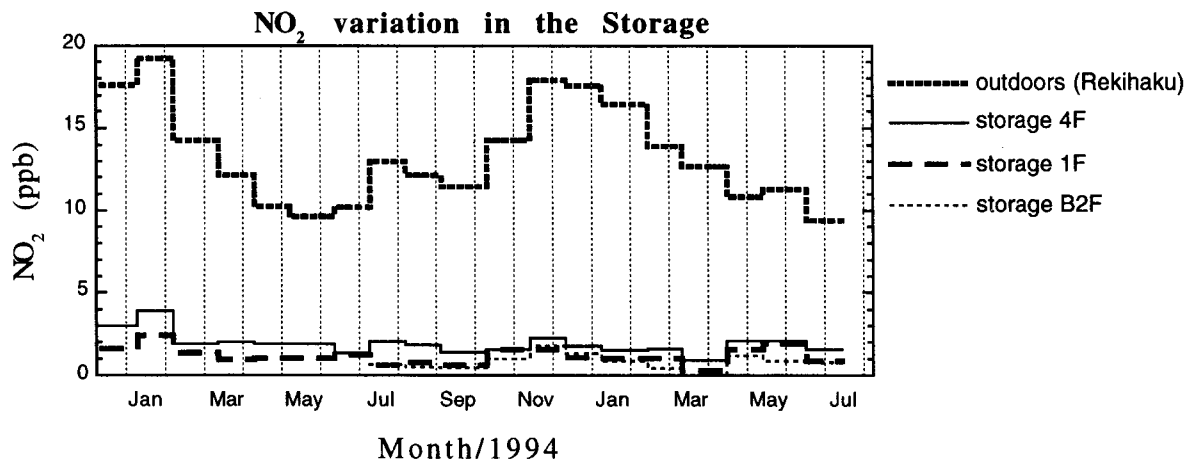


付図7 収蔵庫4階温度および相対湿度(1994.8.21~1996.6.23)

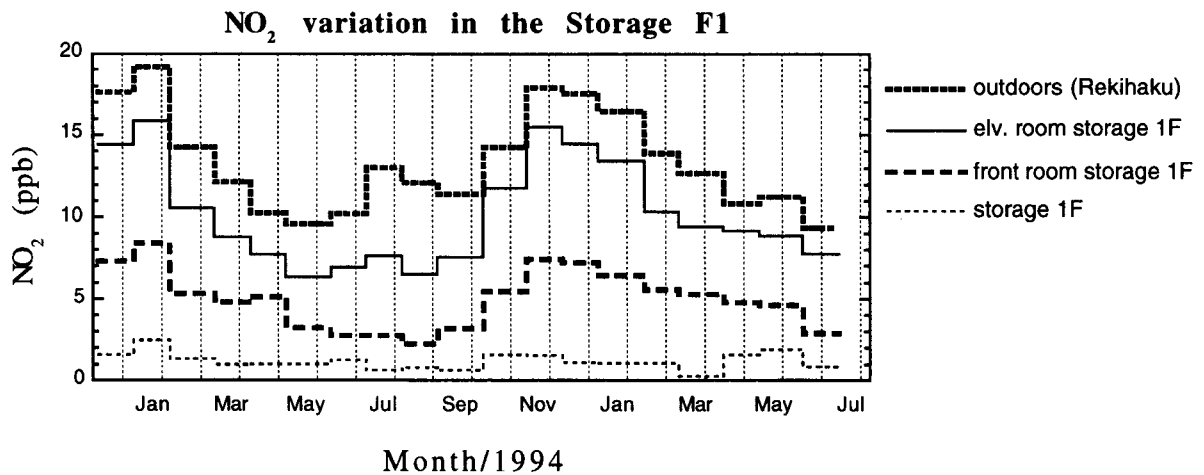
(2) ディフュージョンサンプラーによる二酸化窒素濃度測定



付図8 第3展示室内の二酸化窒素濃度

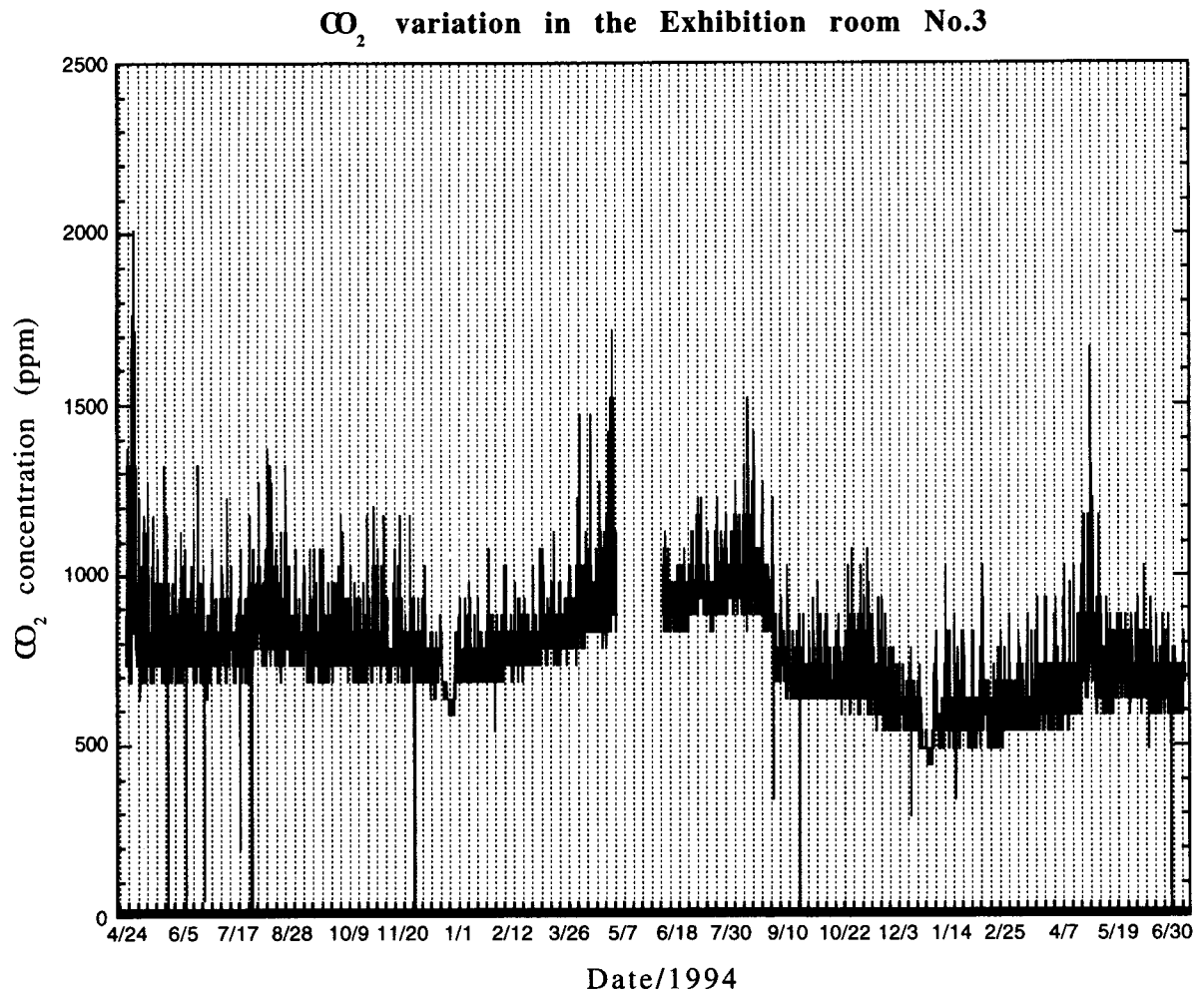


付図9 収蔵庫内の二酸化窒素濃度



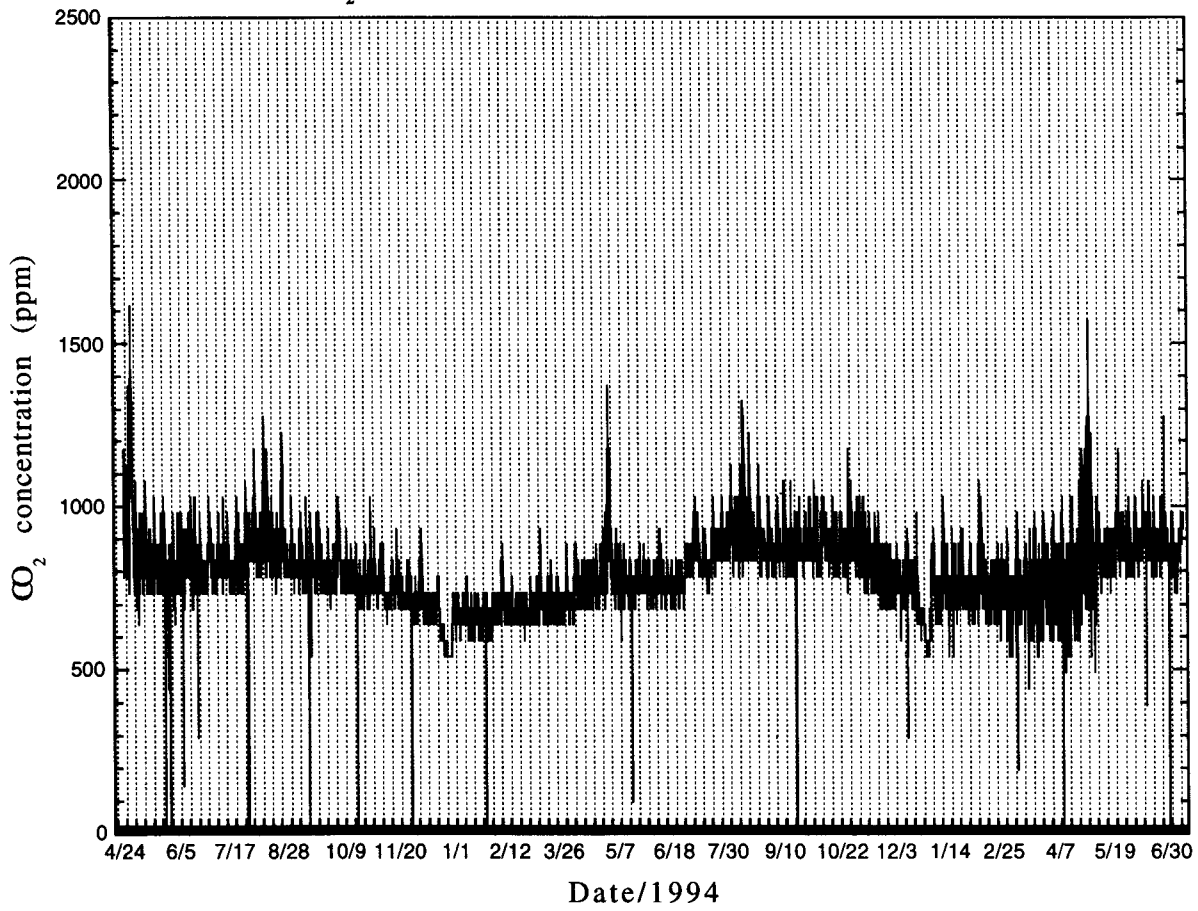
付図10 収蔵庫1階内の二酸化窒素濃度

(3) 二酸化炭素データロガーによる二酸化炭素濃度測定



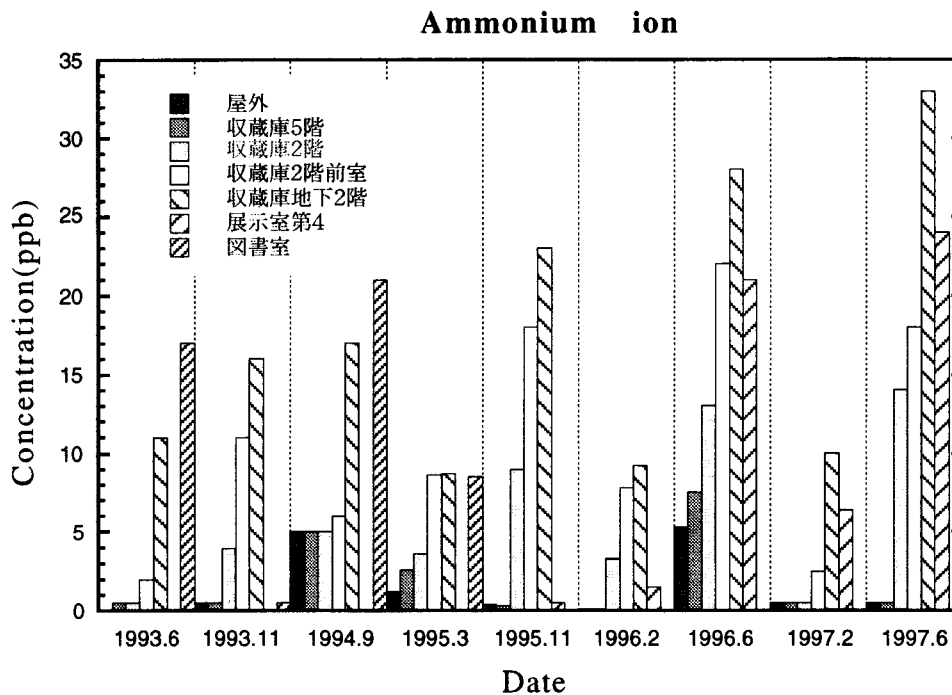
付図11 第3展示室内二酸化炭素濃度
(1995年6月18日以前の測定値は200ppm程度高めに記録されている。センサーの校正の問題。)

CO₂ variation in the open case "Benibana"

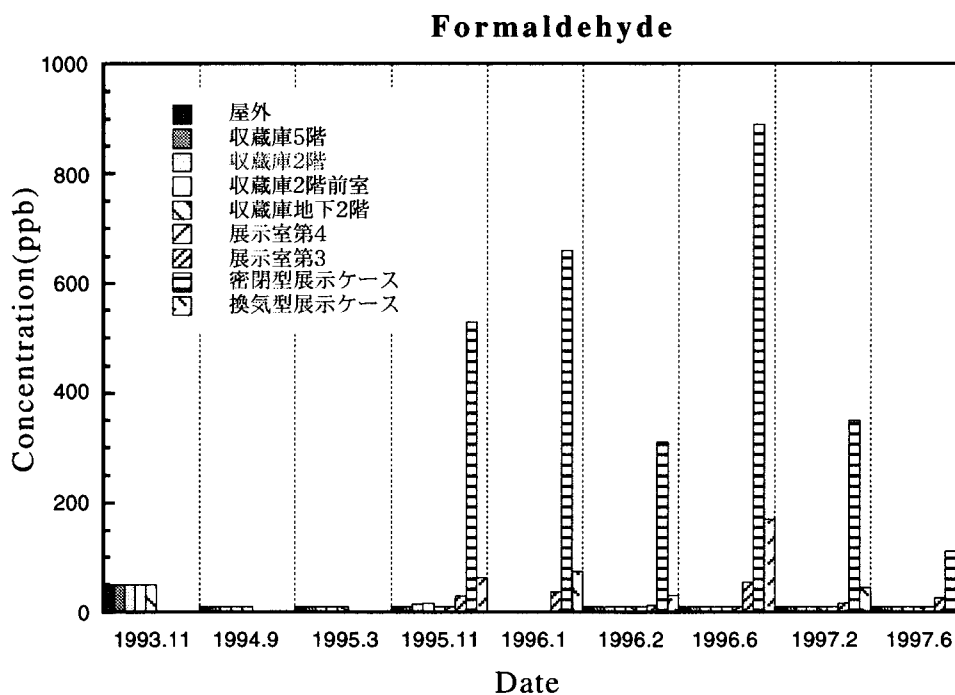


付図12 第3展示室換気型展示ケース内二酸化炭素濃度
(測定値は200ppm程度高めに記録されている。センサーの校正の問題。)

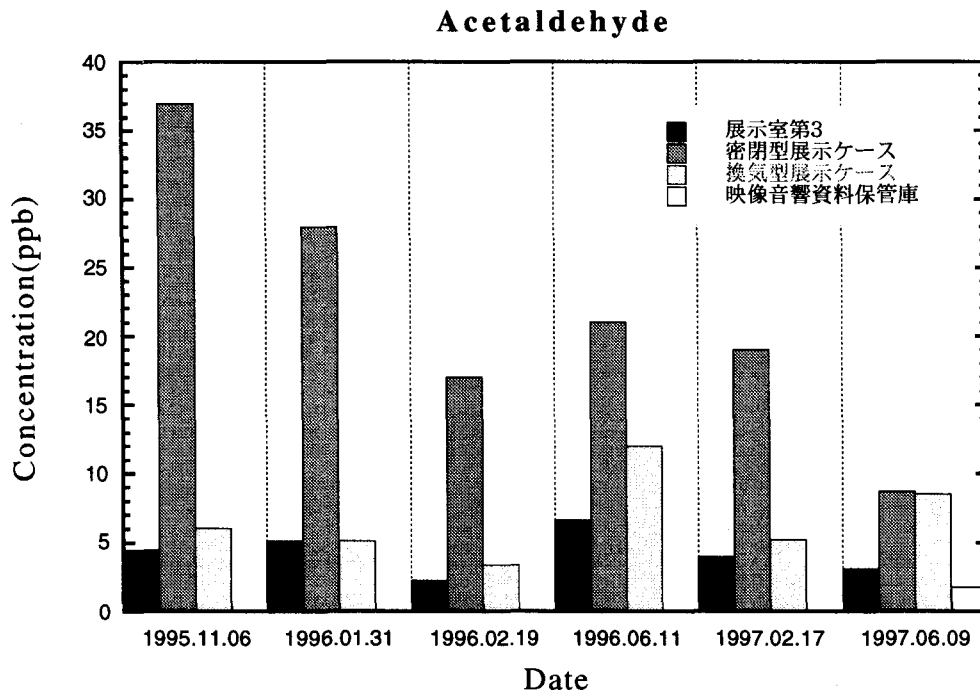
(4) エアースンプラーによる空気汚染物質の測定



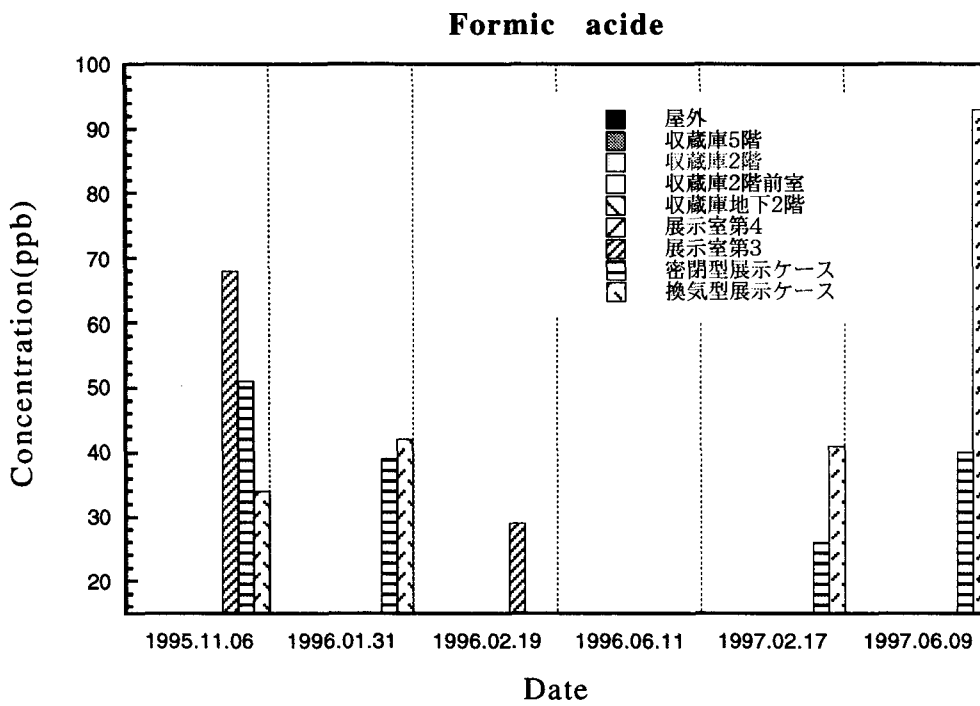
付図13 アンモニウムイオン(定量下限0.5ppb)



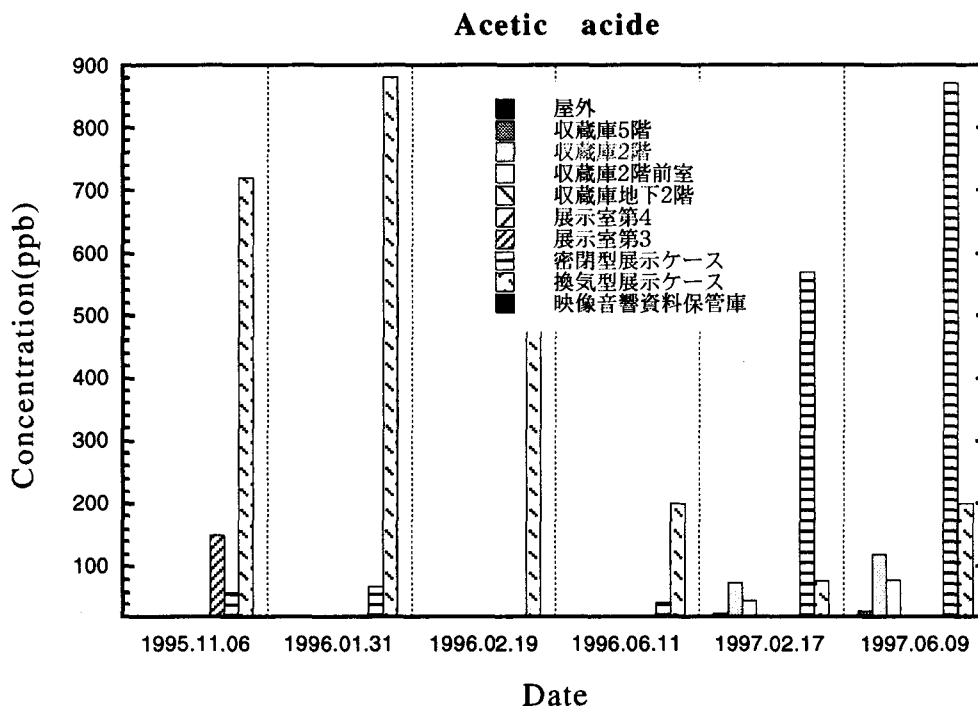
付図14 ホルムアルデヒド(定量下限1ppb)



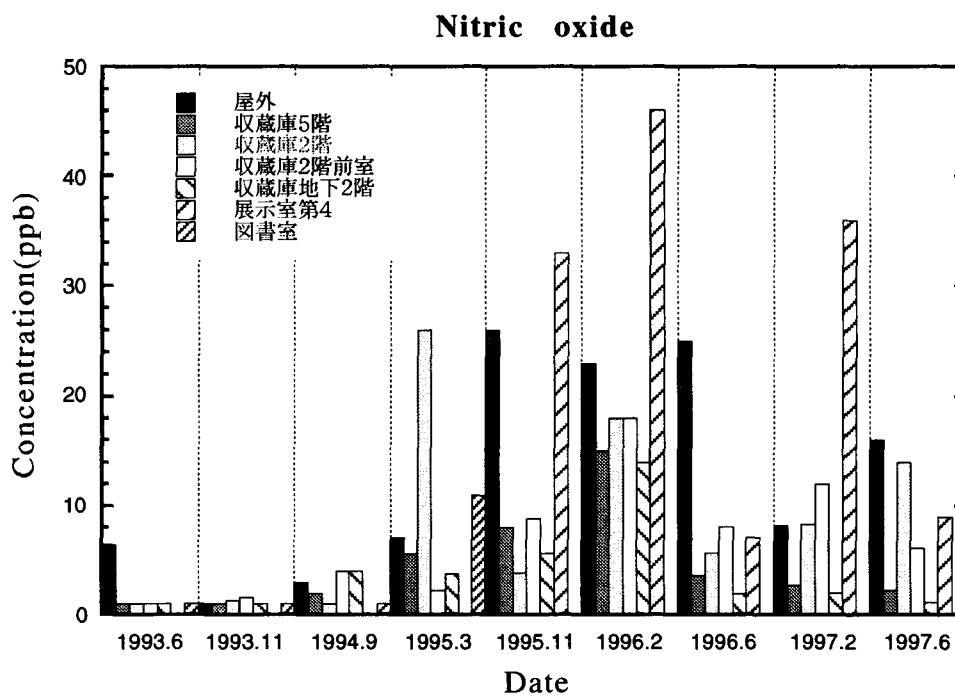
付図15 アセトアルデヒド(定量下限 1 ppb)



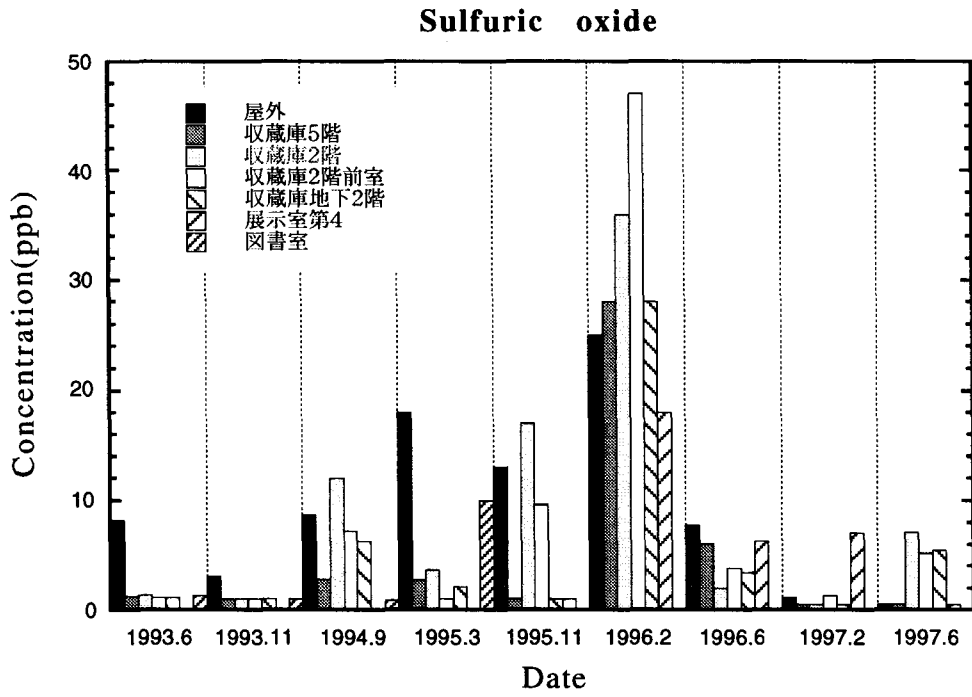
付図16 蟻酸(定量下限15ppb)



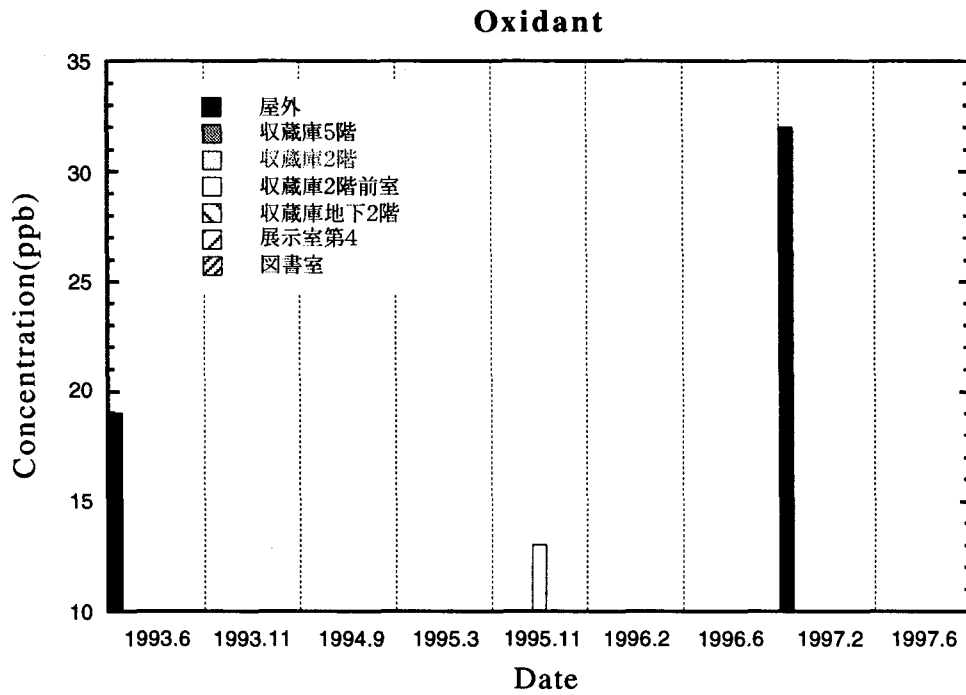
付図17 酢酸(定量下限20ppb)



付図18 窒素酸化物(定量下限1ppb)

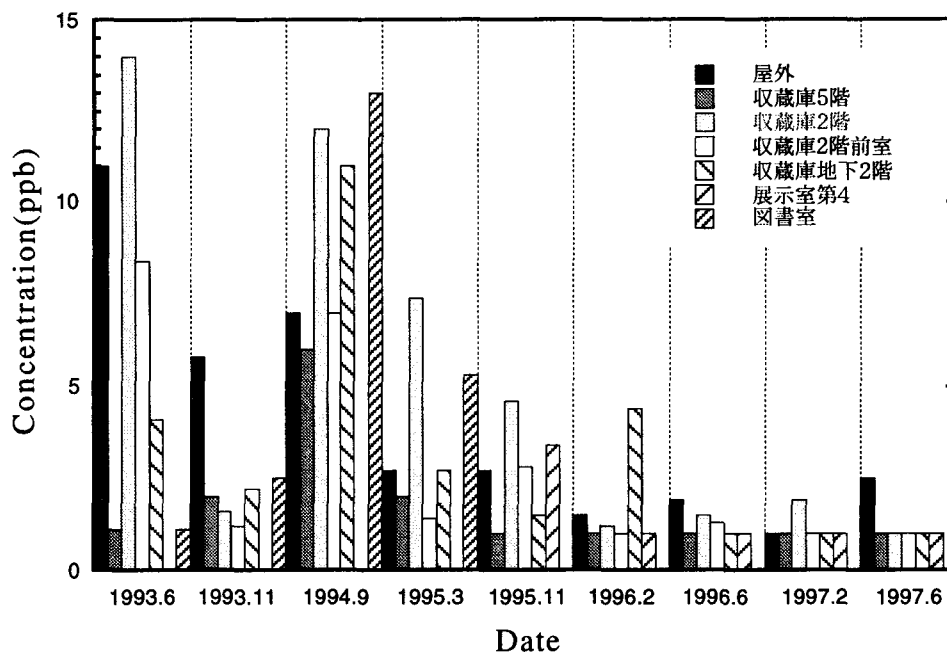


付図19 硫黄酸化物(定量下限0.5ppb)



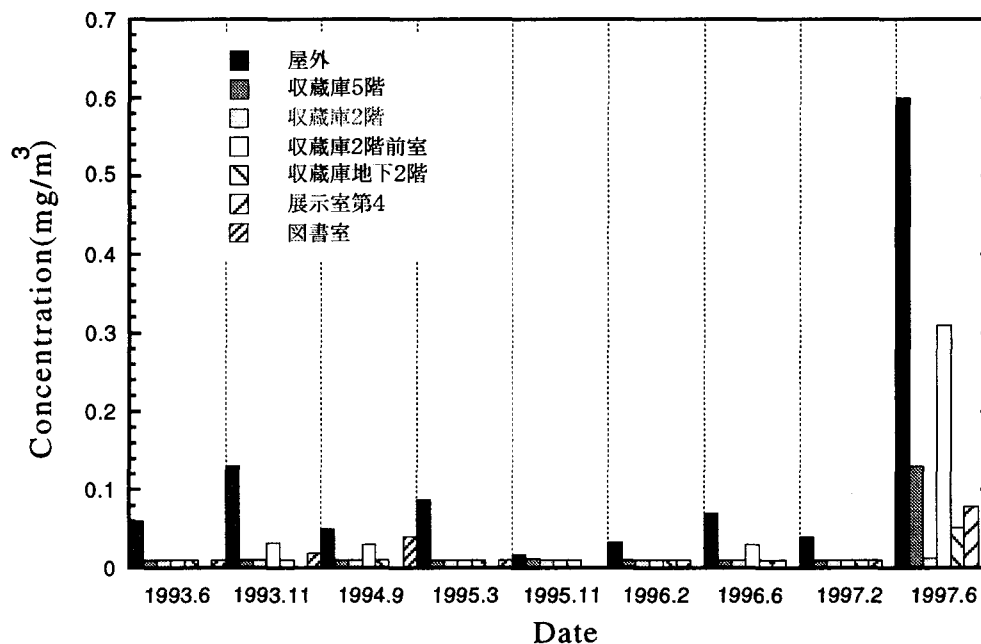
付図20 オキシダント(定量下限10ppb)

Chloride



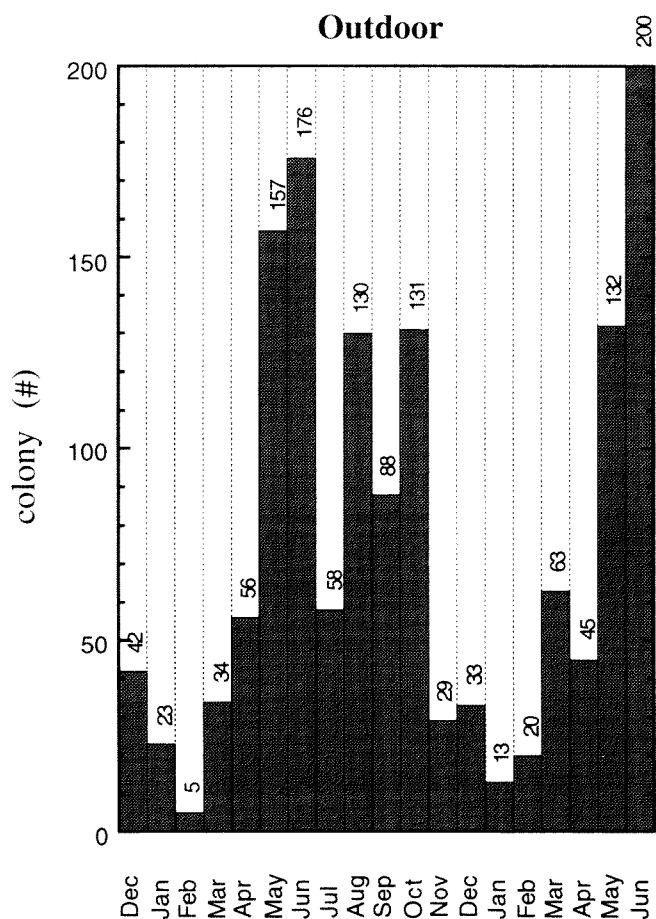
付図21 塩化物イオン(定量下限 1 ppb)

Suspended particulate



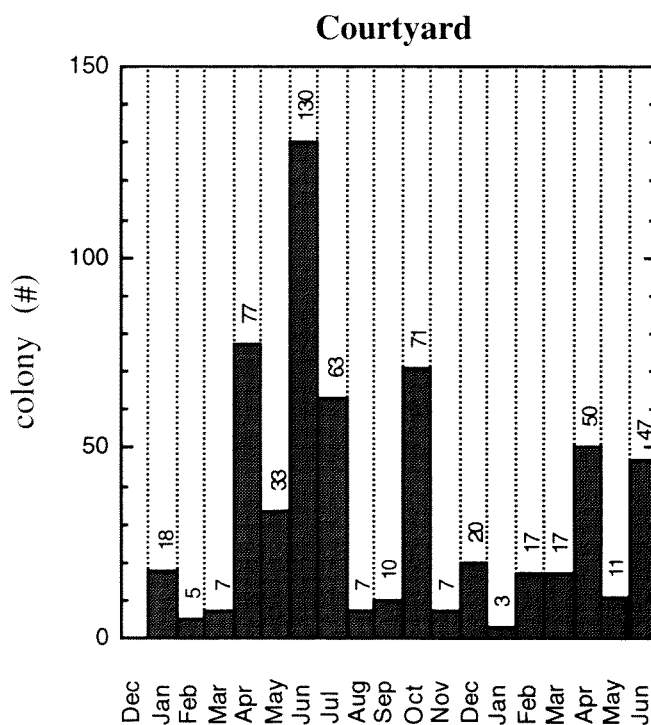
付図22 浮遊粉塵(定量下限0.01mg/m³)

(5) エアースンプラーを用いた真菌類の測定



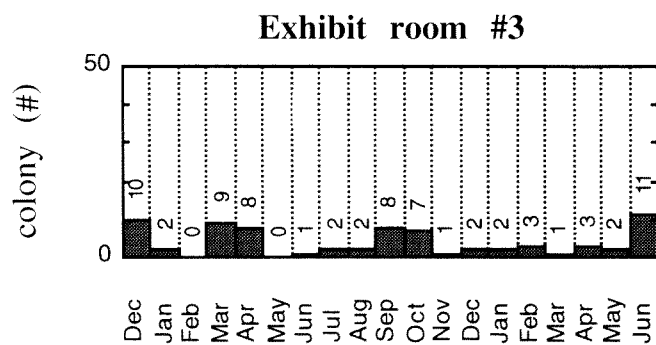
Month/1994

付図23 屋外の真菌



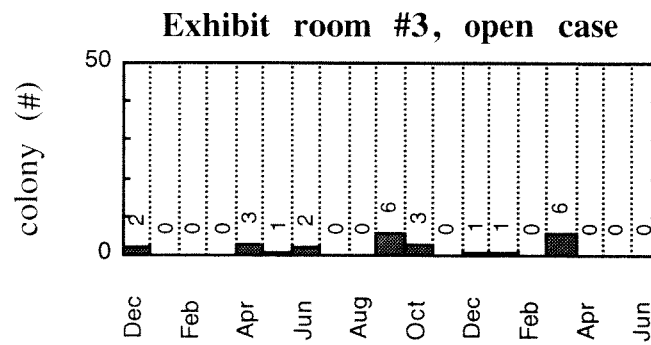
Month/1994

付図24 中庭屋外の真菌



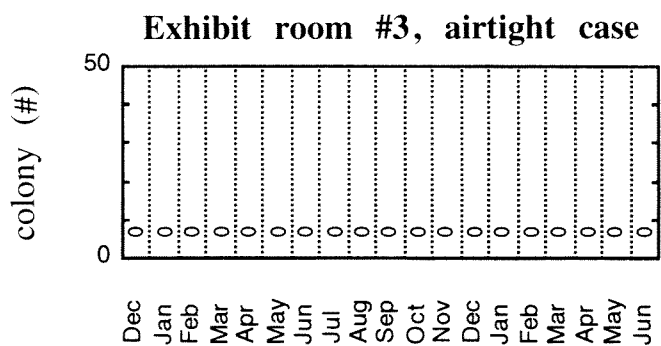
Month/1994

付図25 第3展示室内真菌



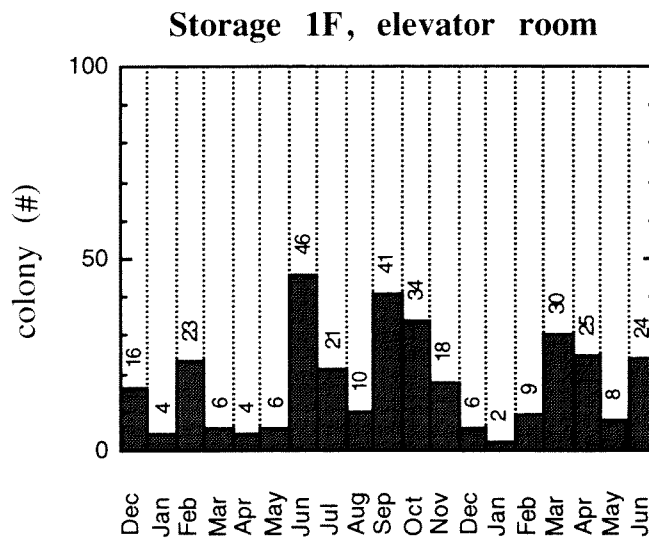
Month/1994

付図26 第3展示室換気型ケース内真菌



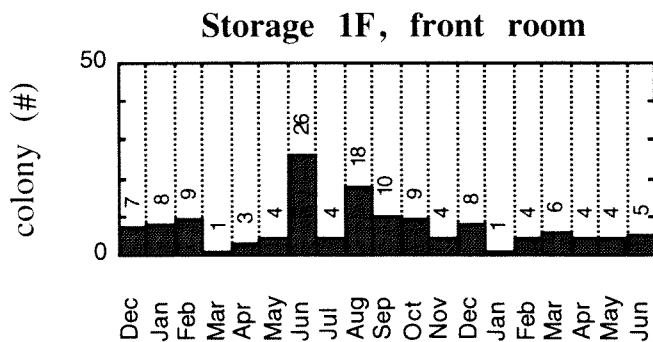
Month/1994

付図27 密閉型展示ケース内真菌



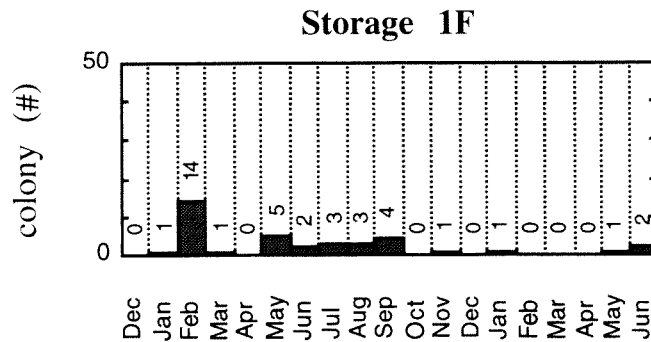
Month/1994

付図28 収蔵庫1階エレベータ室



Month/1994

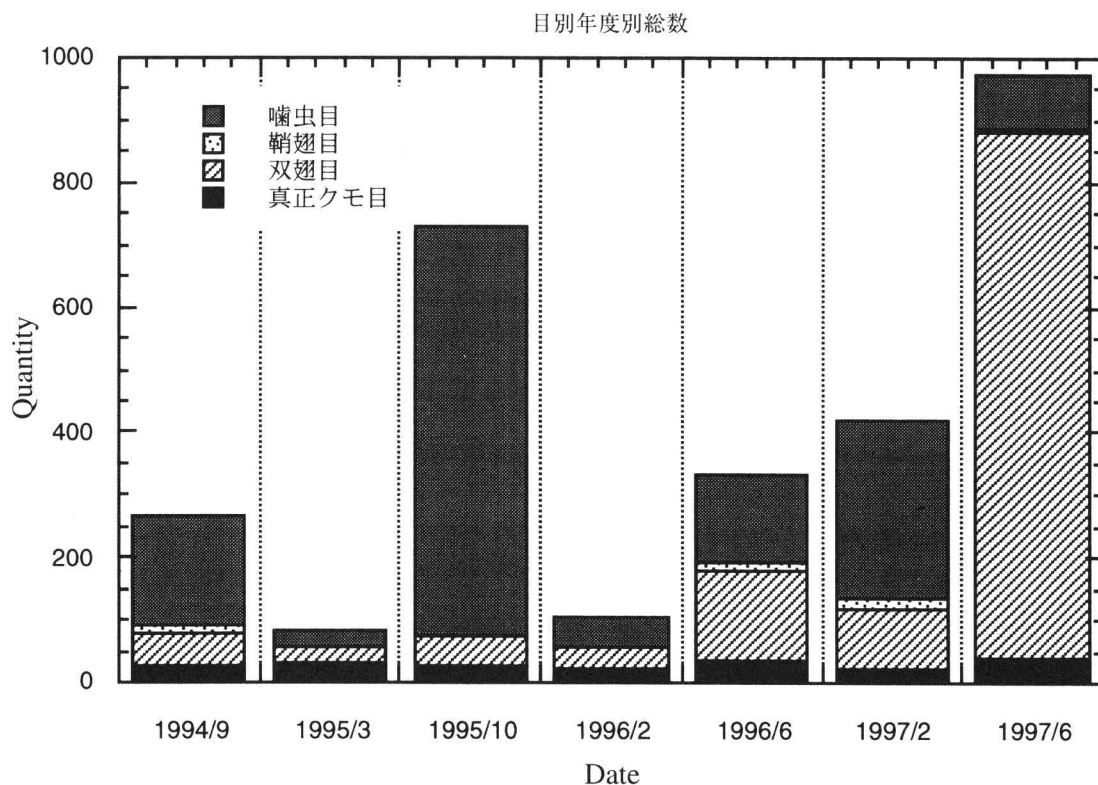
付図29 収蔵庫1階前室



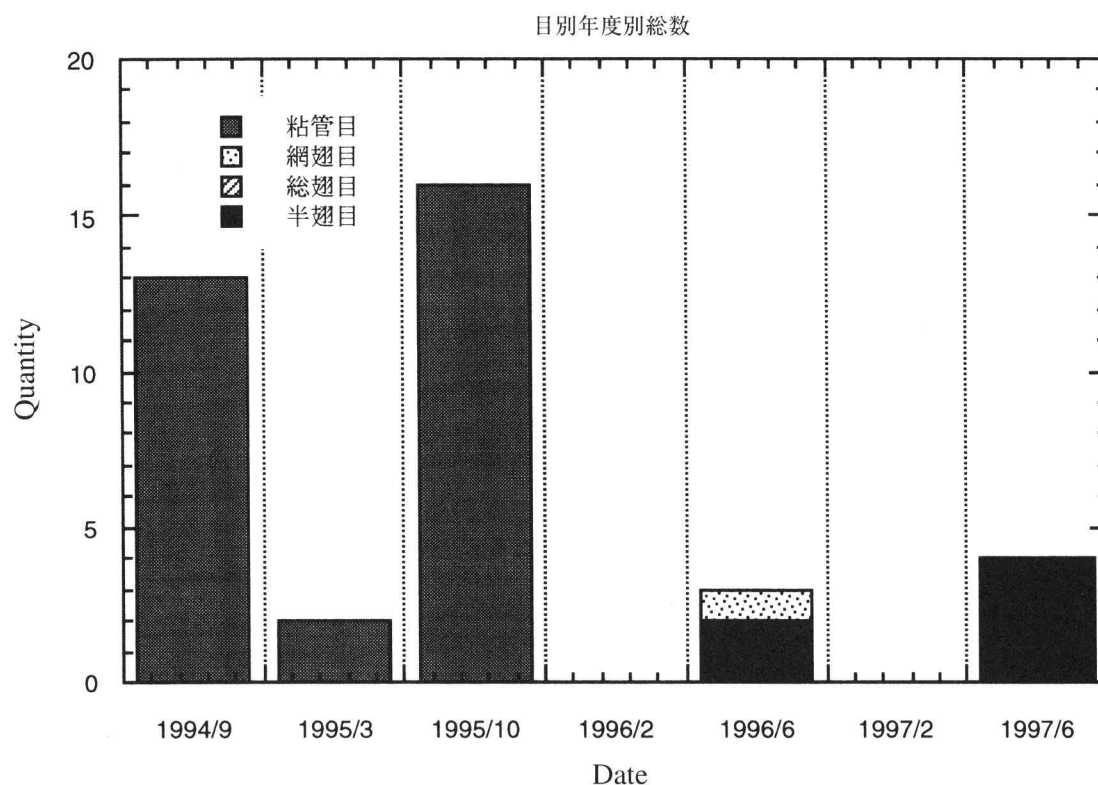
Month/1994

付図30 収蔵庫1階庫内真菌

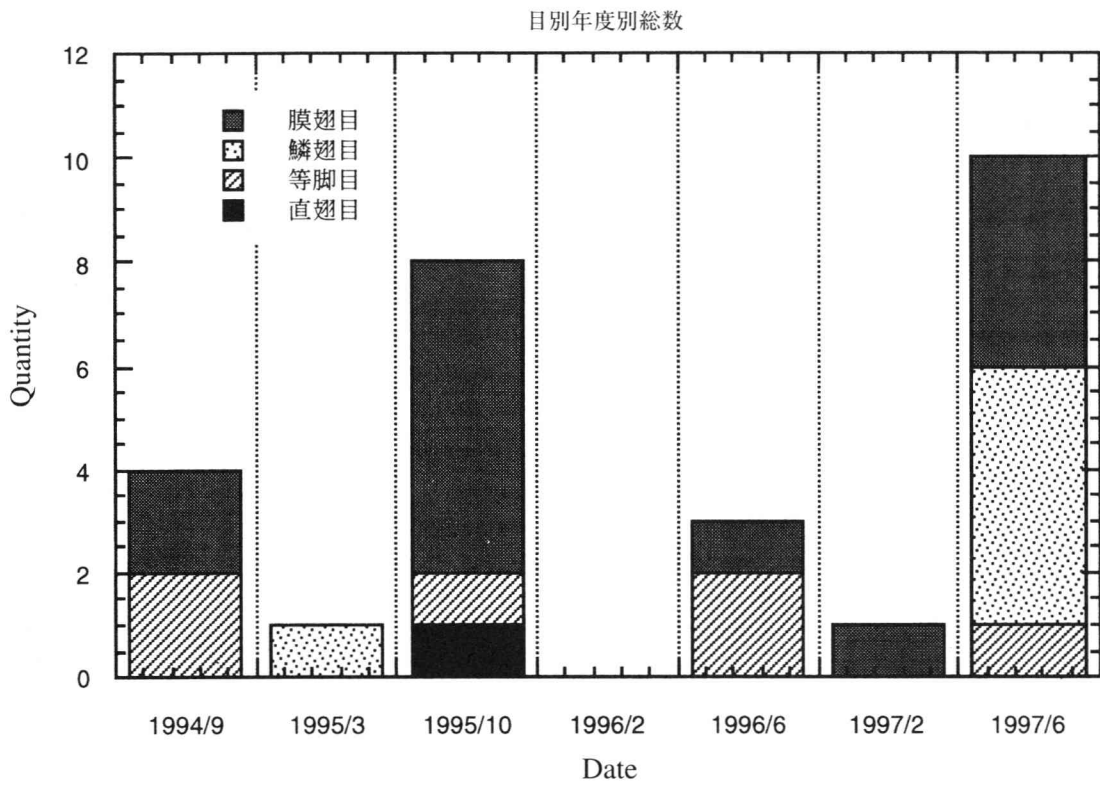
(6) トラップによる生物棲息数の測定



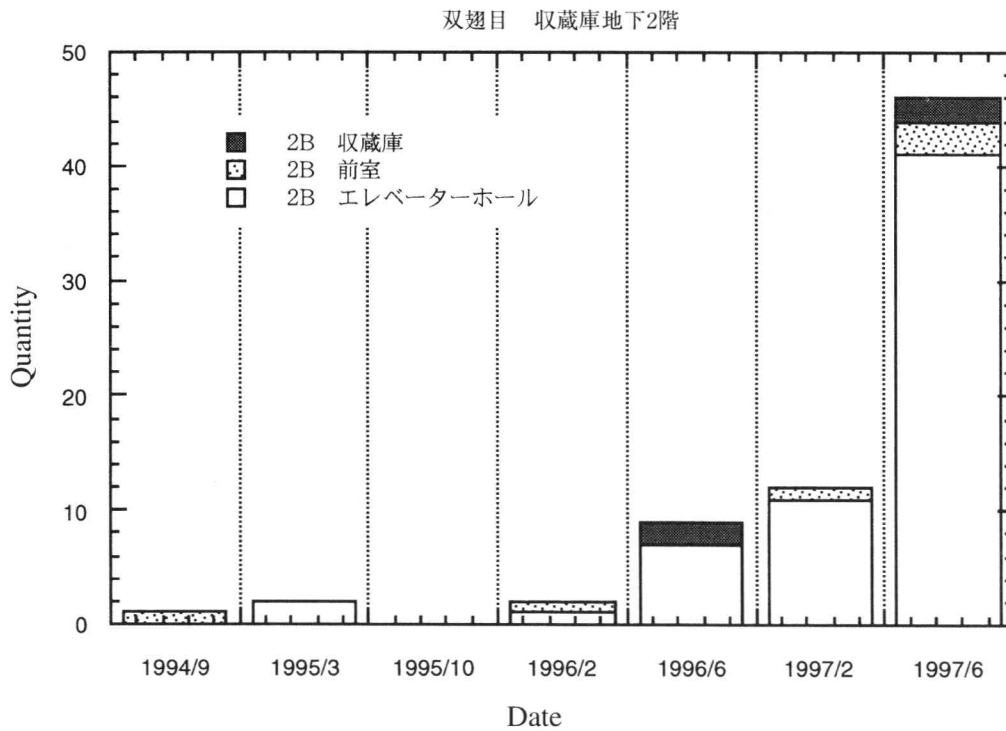
付図31 目別年度別の捕獲総数



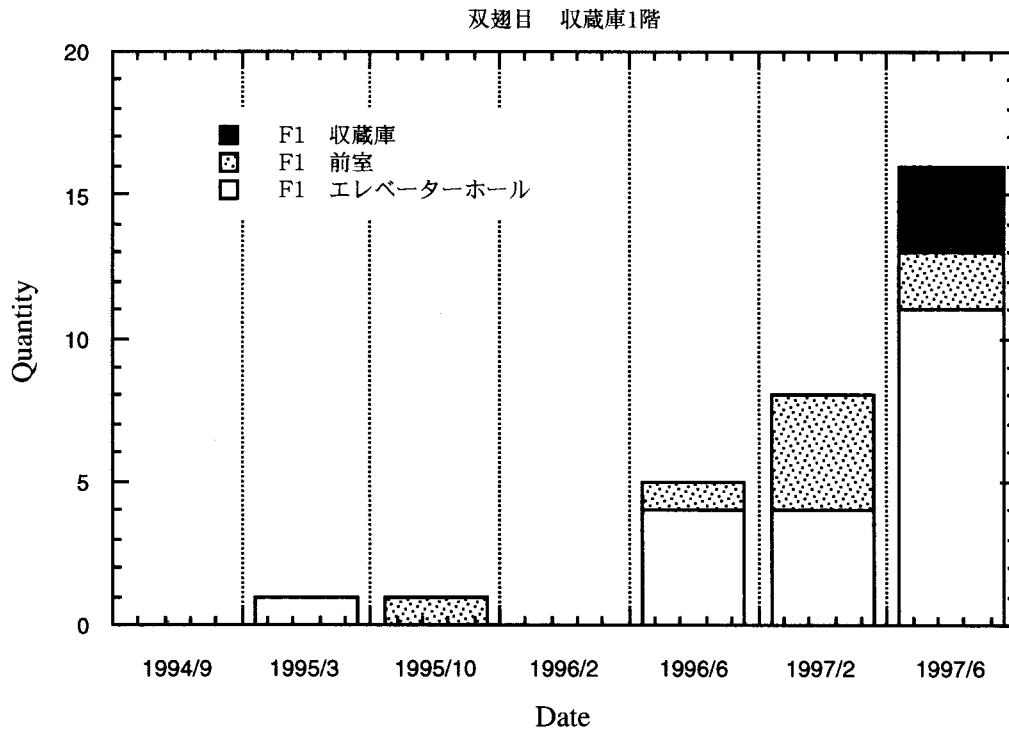
付図32 目別年度別の捕獲総数



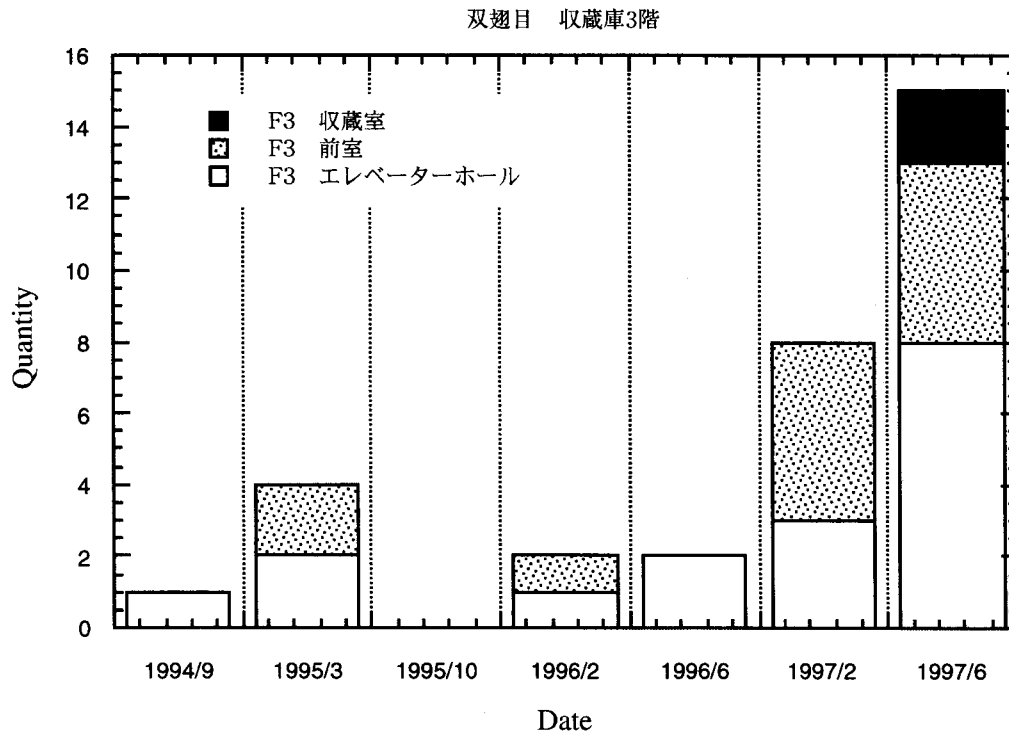
付図33 目別年度別の捕獲総数



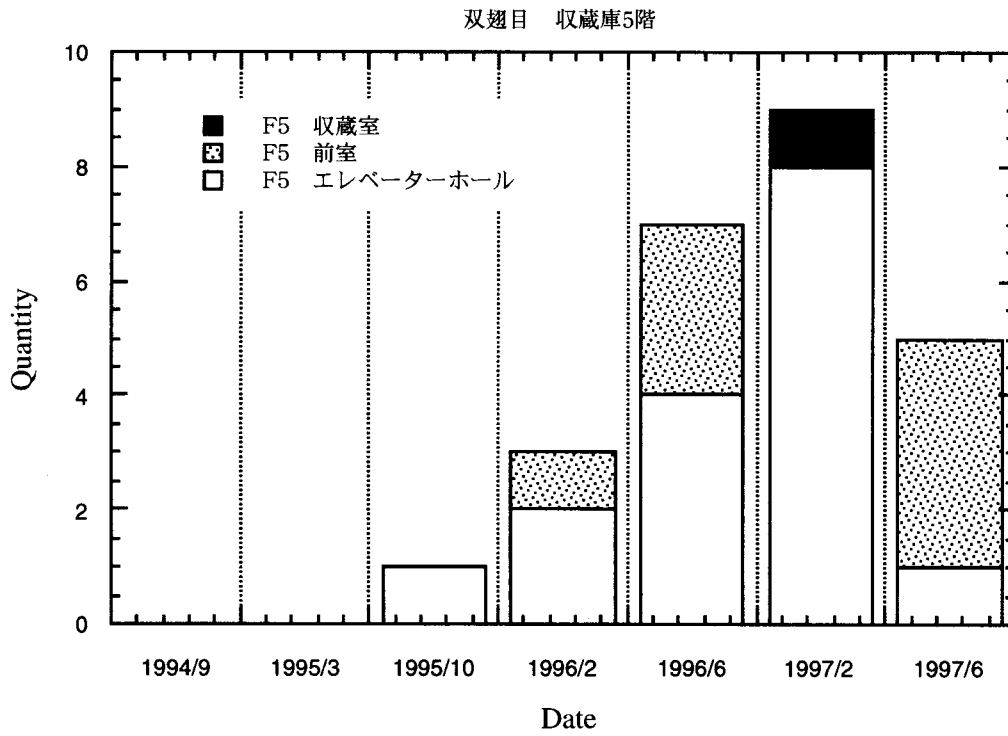
付図34 双翅目



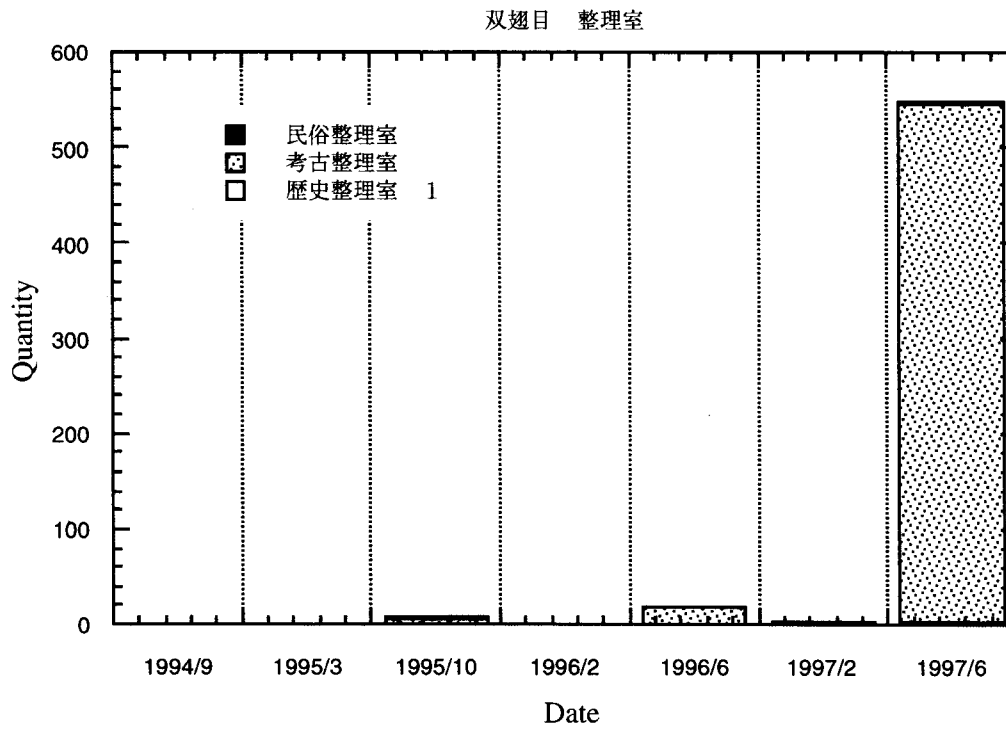
付図35 双翅目



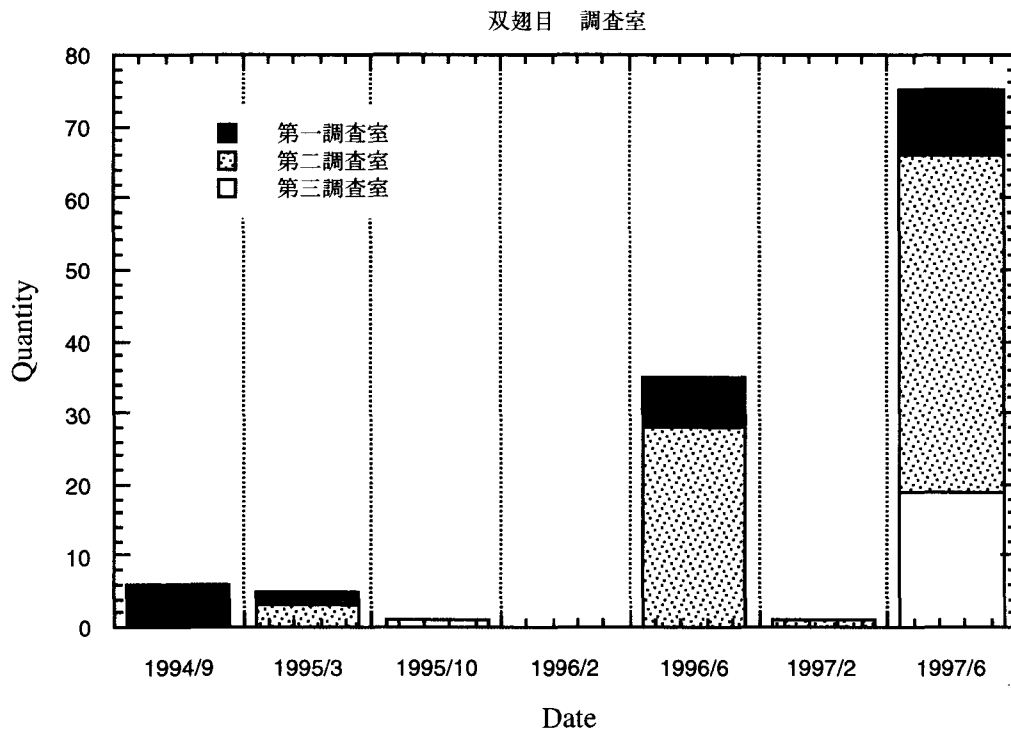
付図36 双翅目



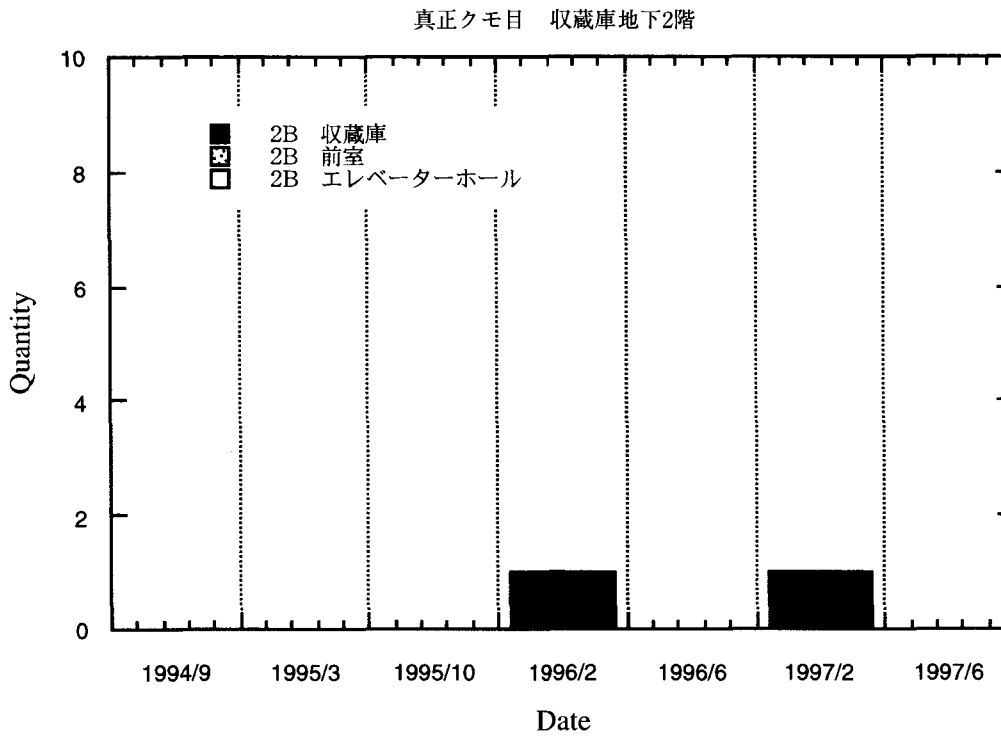
付図37 双翅目



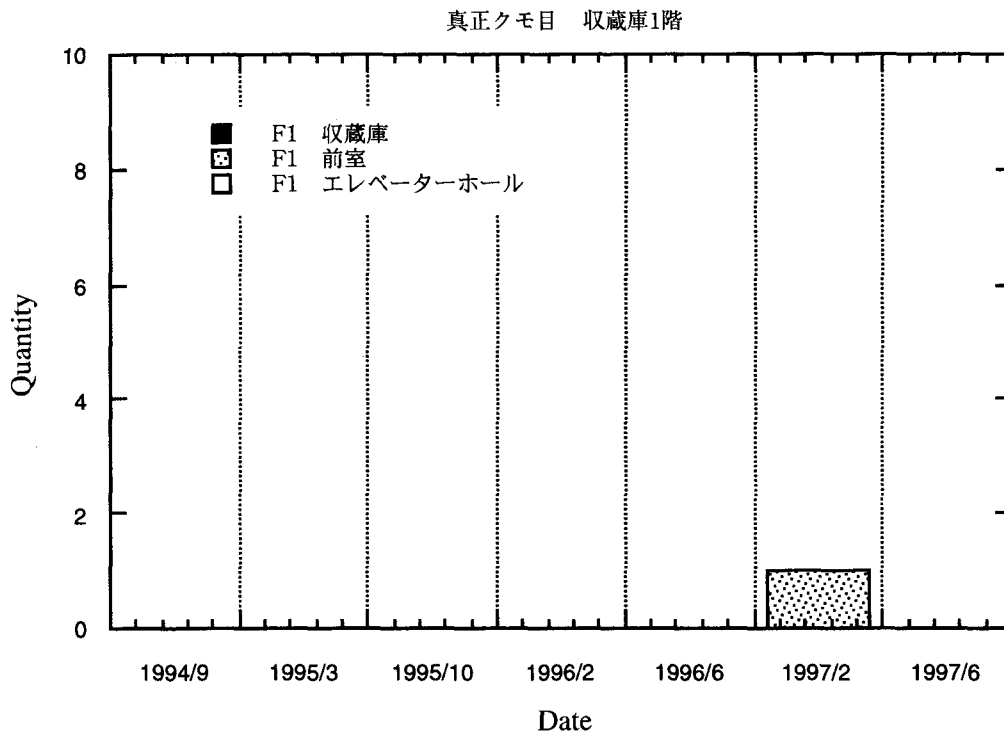
付図38 双翅目



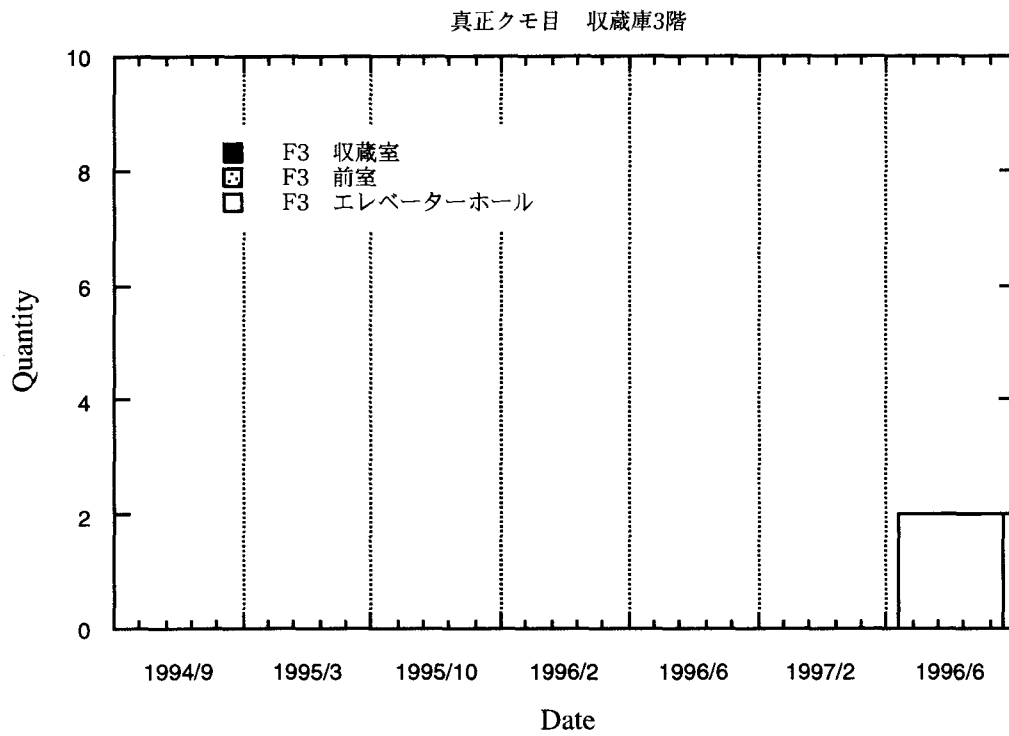
付図39 双翅目



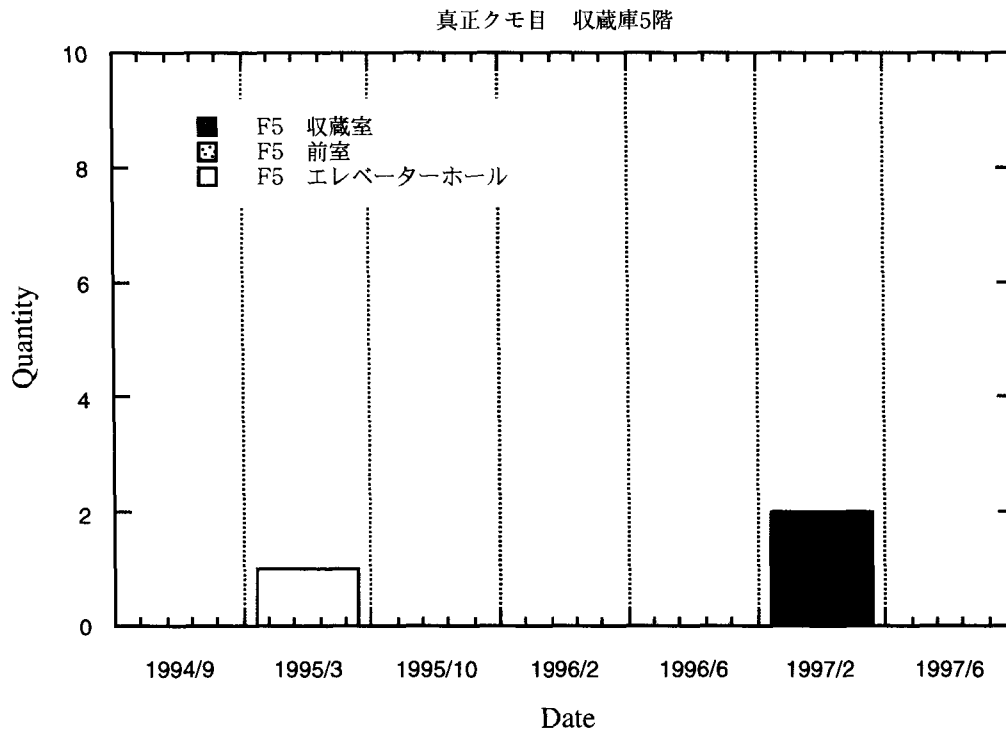
付図40 真正クモ目



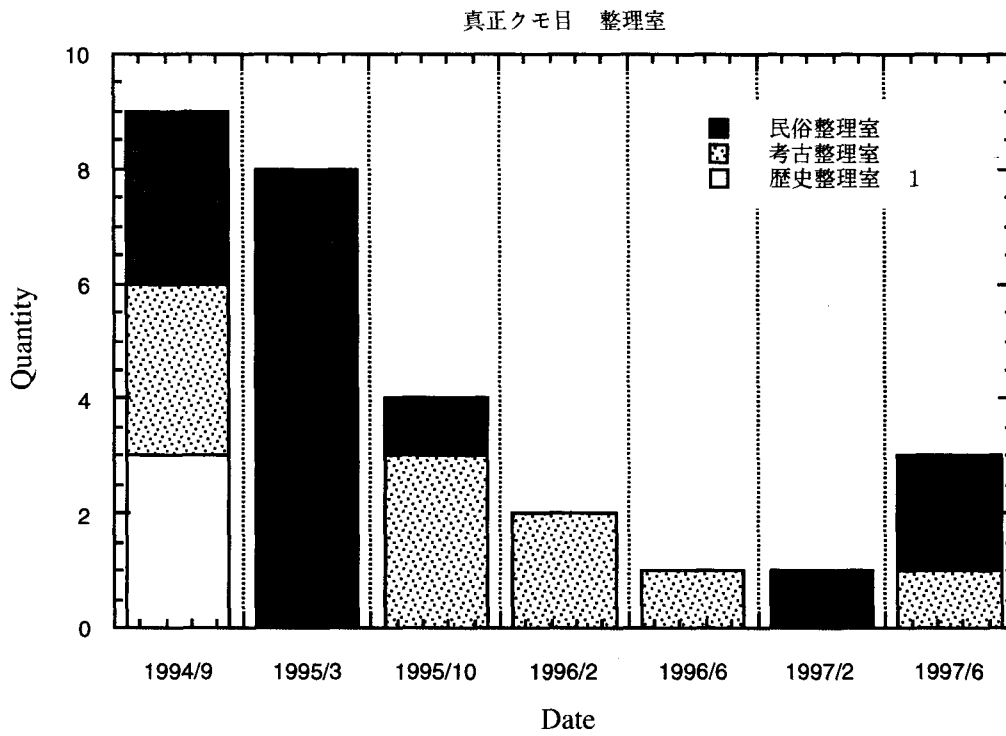
付図41 真正クモ目



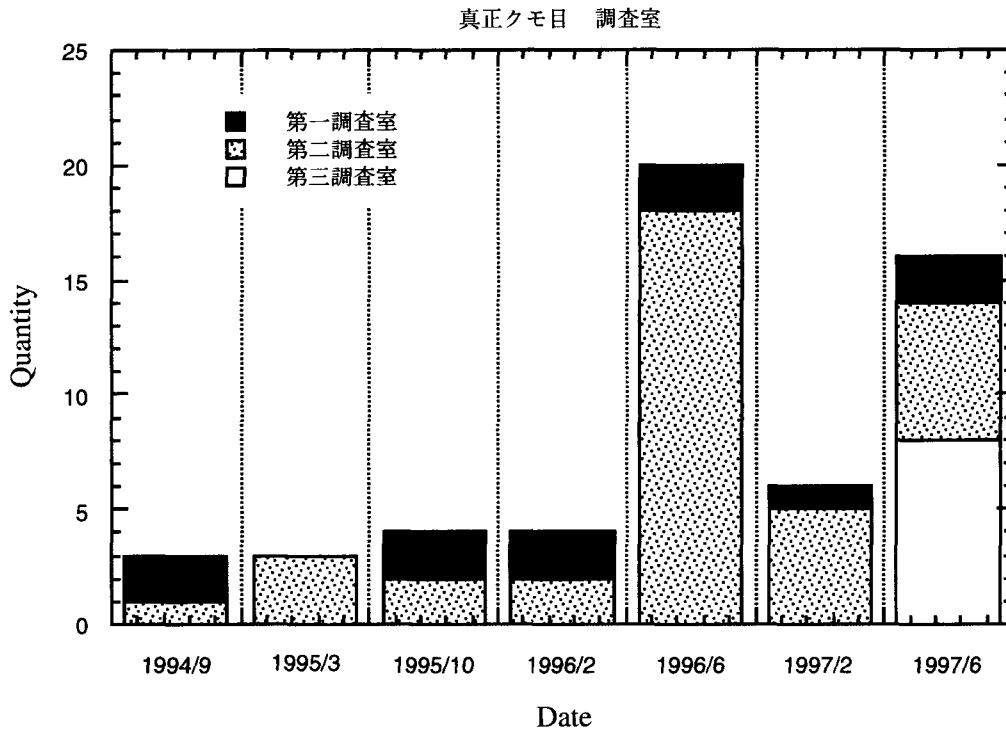
付図42 真正クモ目



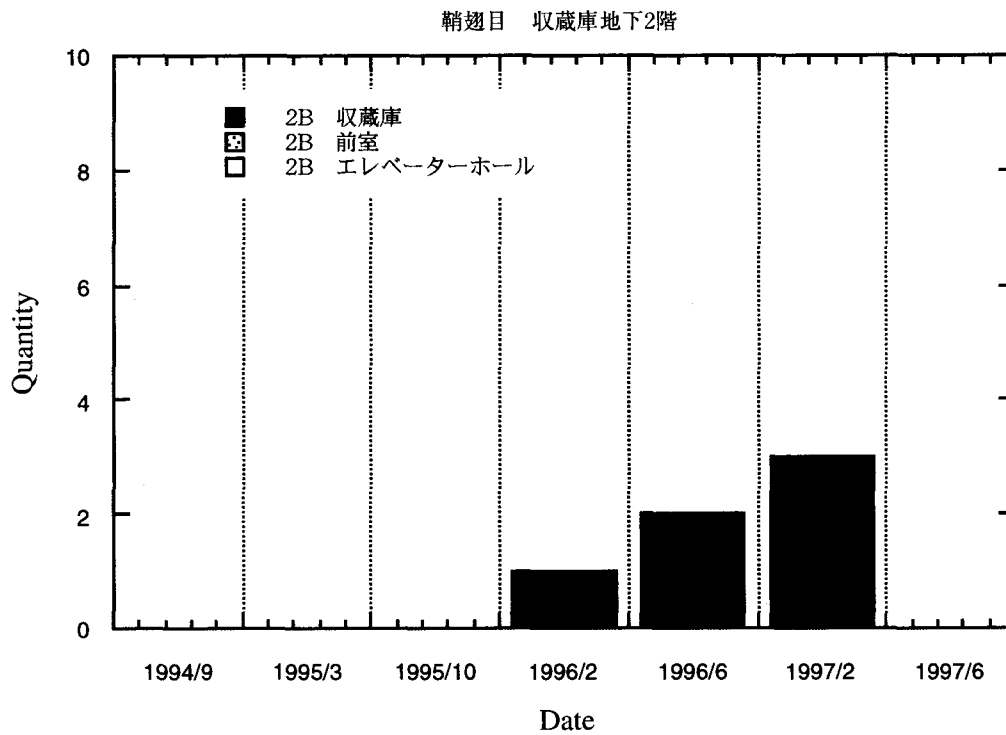
付図43 真正クモ目



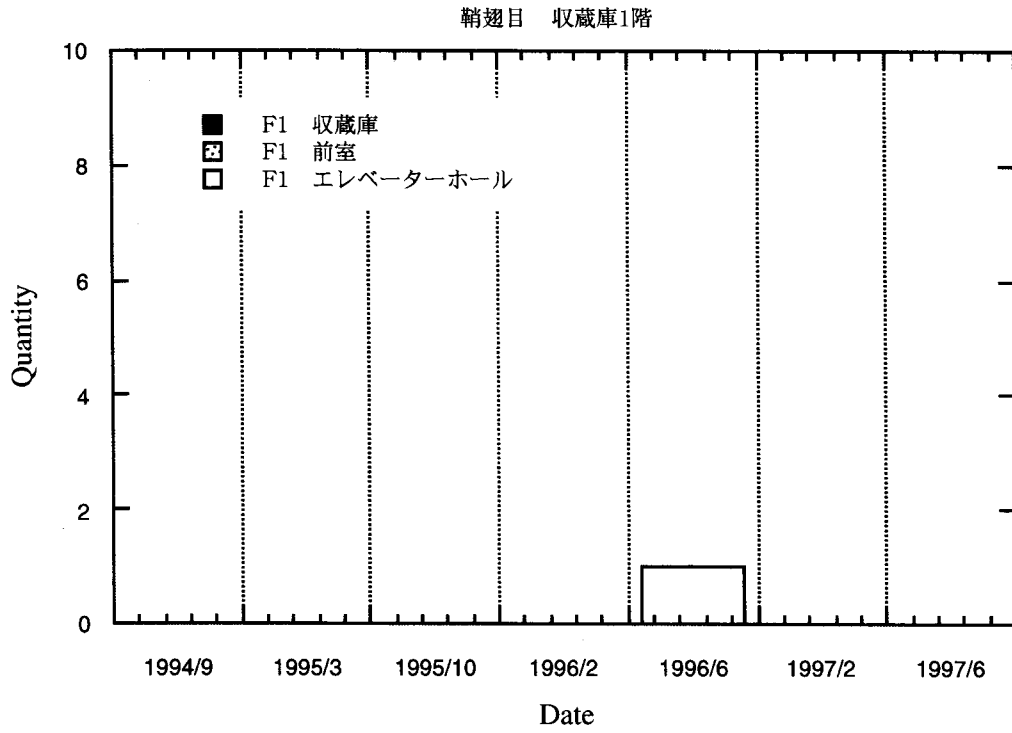
付図44 真正クモ目



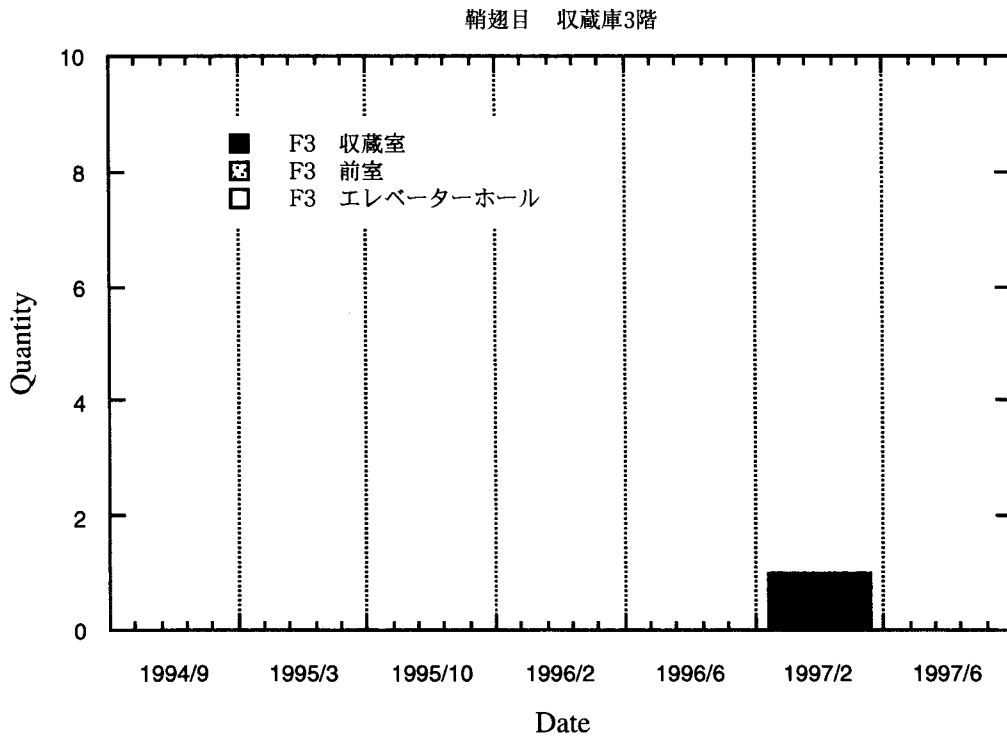
付図45 真正クモ目



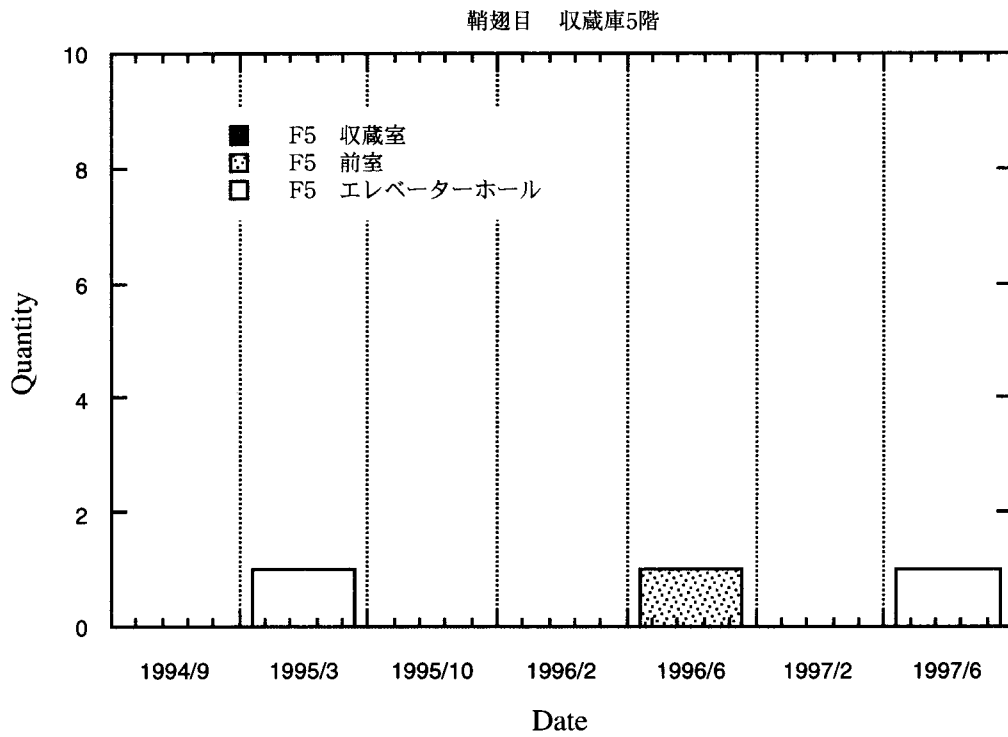
付図46 鞘翅目



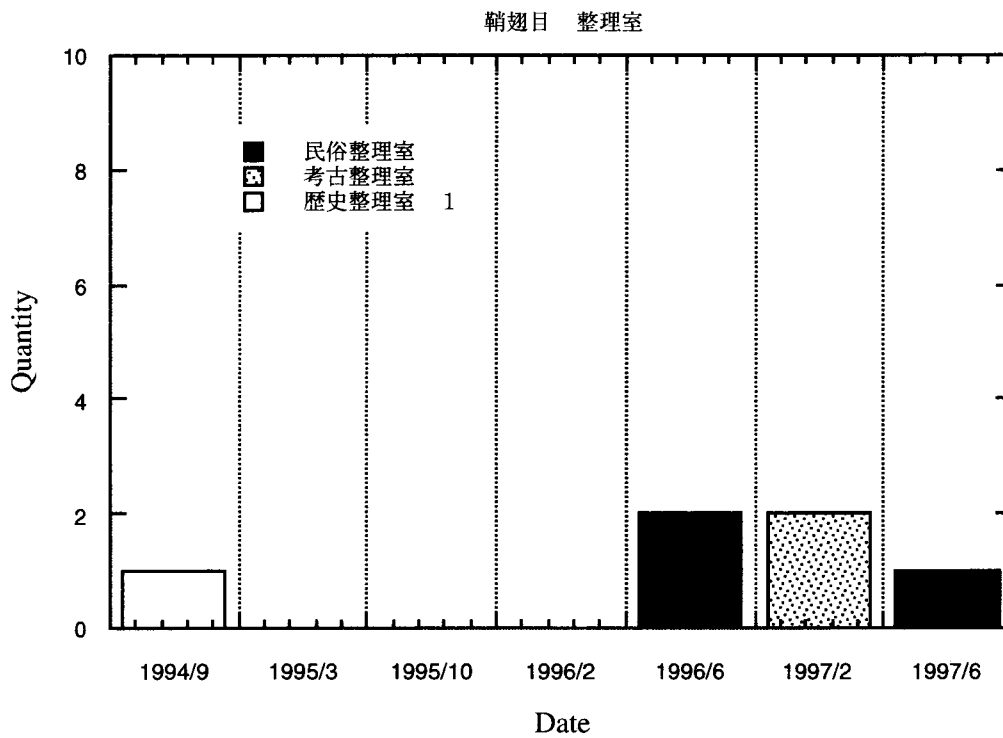
付図47 鞘翅目



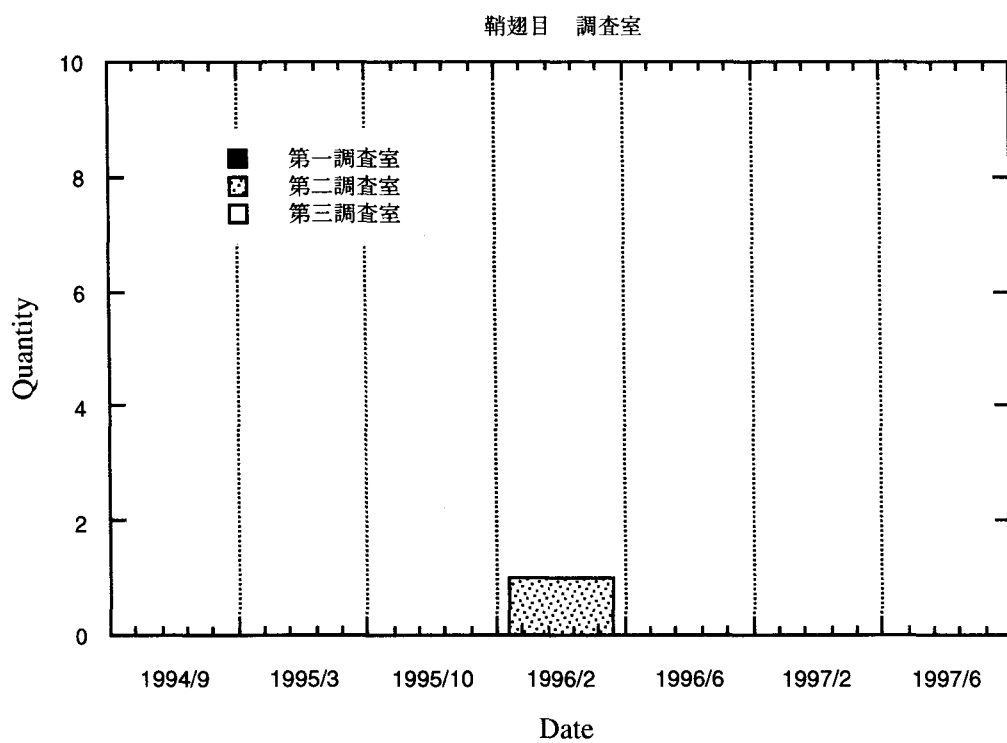
付図48 鞘翅目



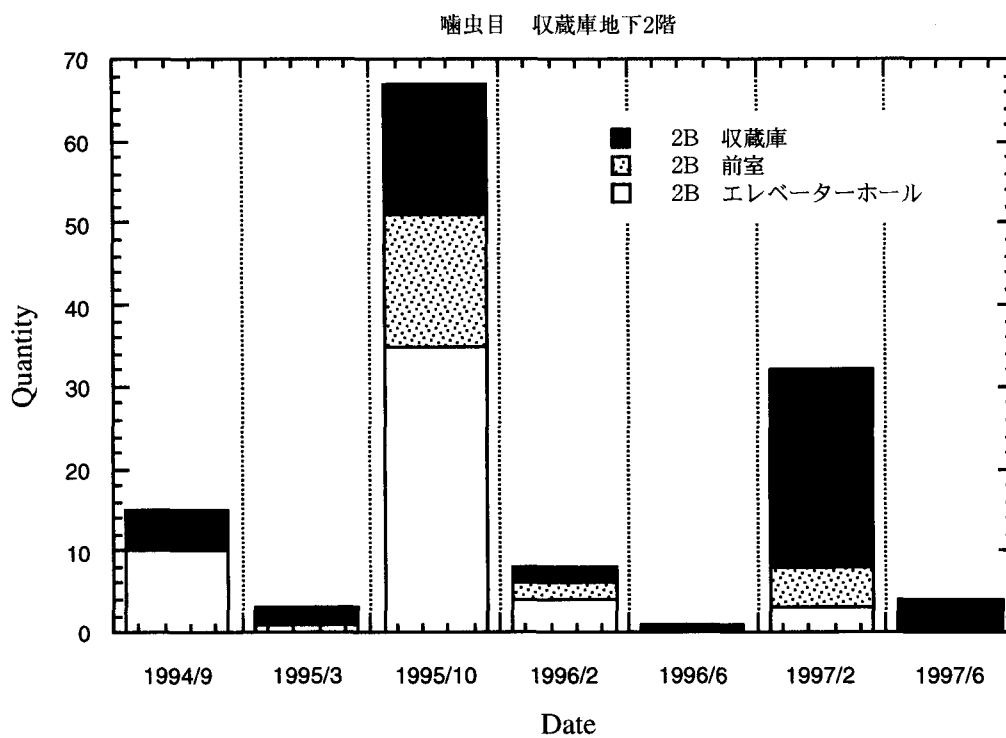
付図49 鞘翅目



付図50 鞘翅目

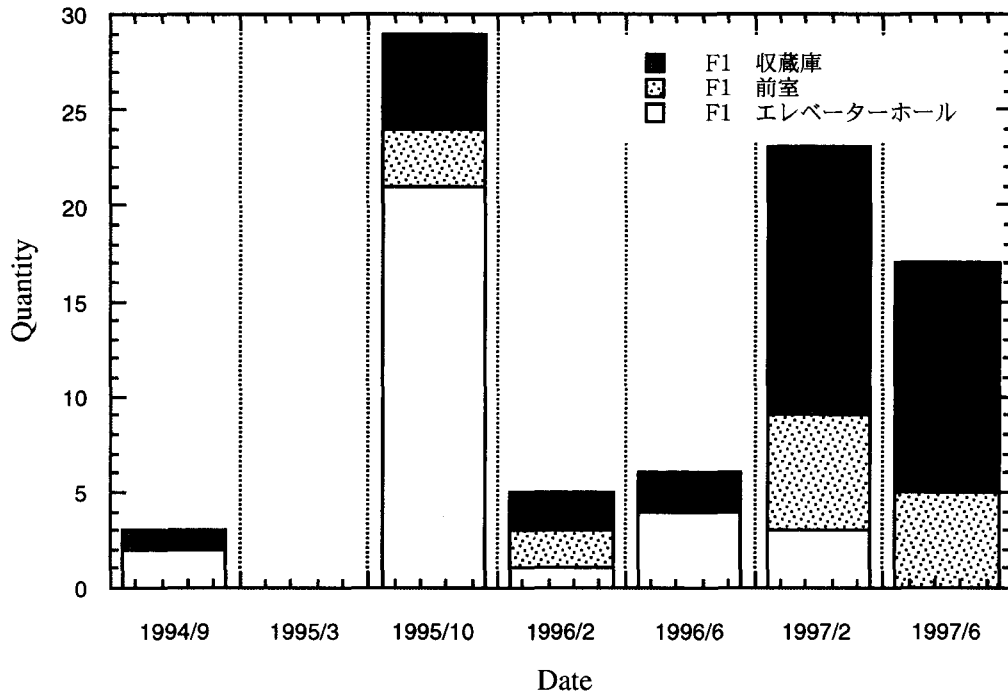


付図51 鞘翅目



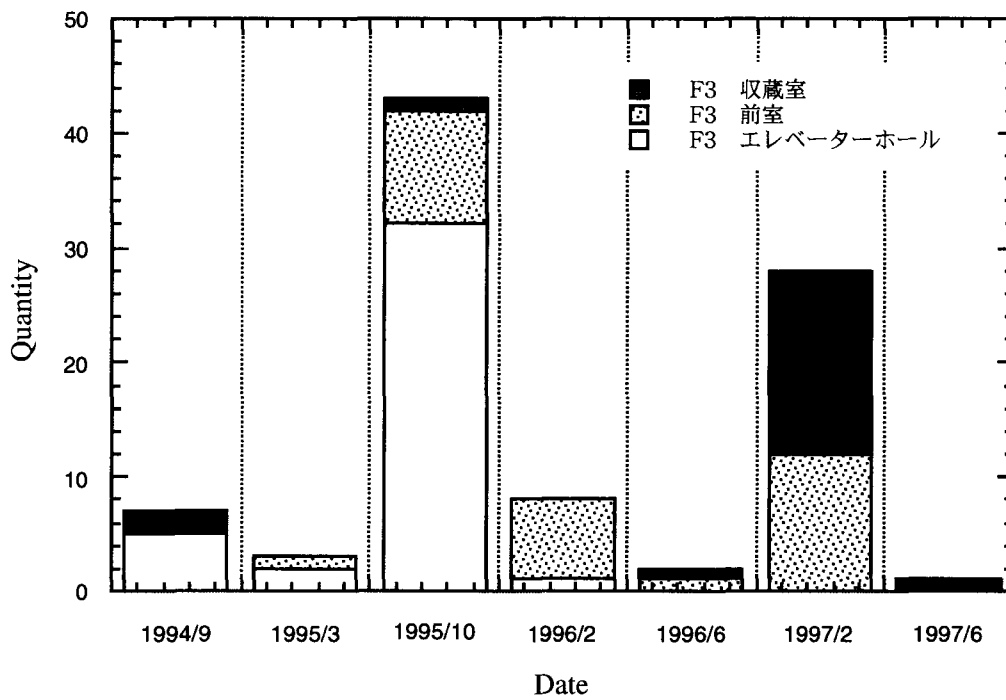
付図52 嚙虫目

嘯虫目 収蔵庫1階

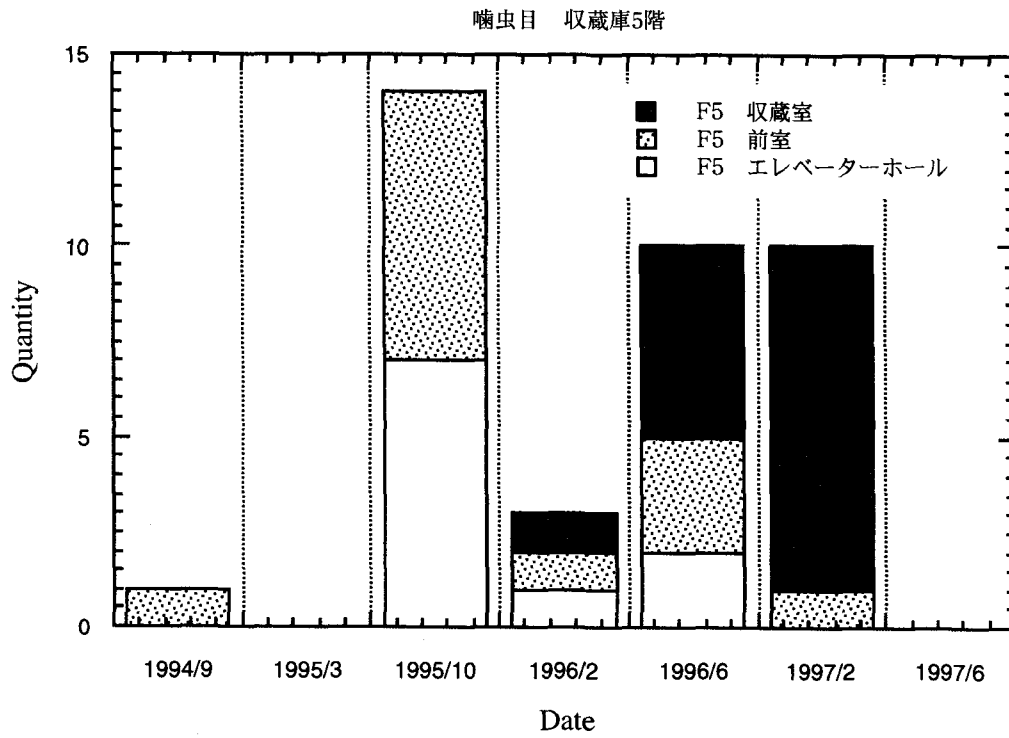


付図53 嘯虫目

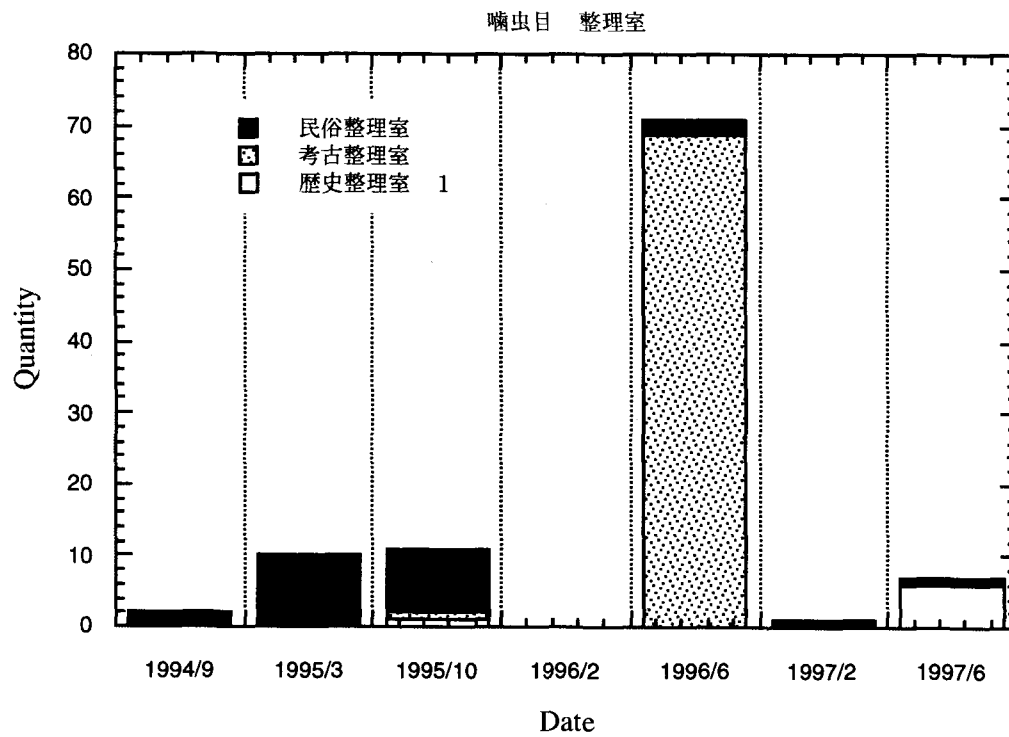
嘯虫目 収蔵庫3階



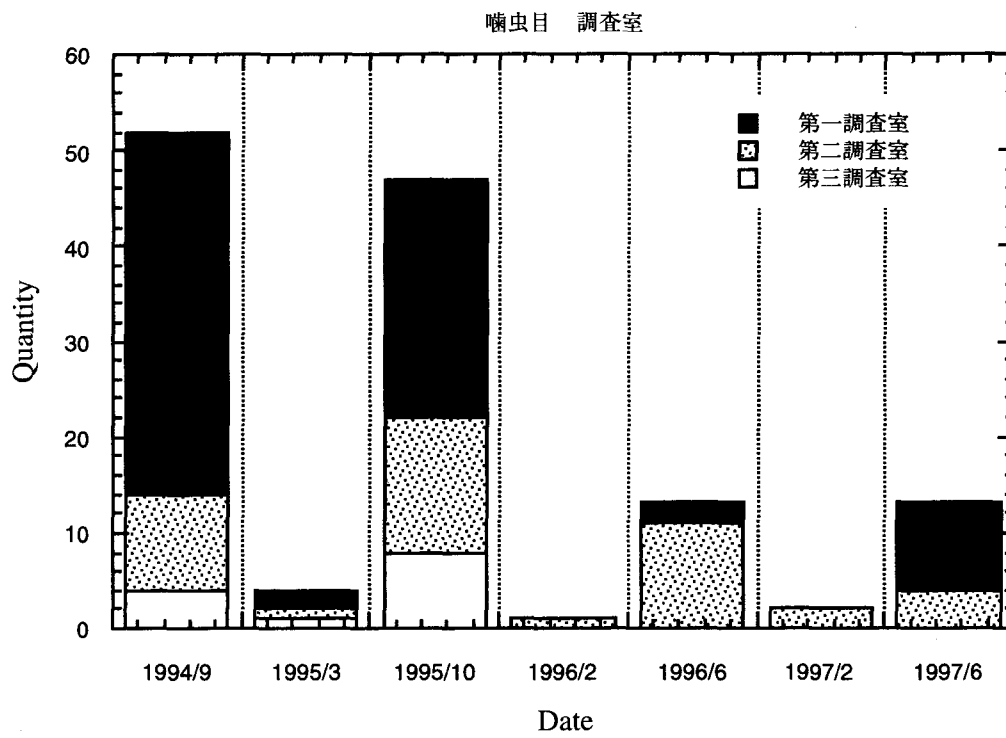
付図54 嘯虫目



付図55 嘯虫目



付図56 嘯虫目



付図57 嘯虫目