

についてどんな特性を持っているか実験・解析し、第2章以下の章において小空間における相対湿度変化を考慮するため必要な諸条件を明らかにした。

第2章では、緩やかな温度変化のある展示収蔵環境で、展示ケース、額縁、保存箱など内部容積に比べて資料の容積が比較的小さい場合について検討した。第1節では展示ケース、梱包ケース、フィルム保管箱、銭箱、筆筒引き出しや伝統的な保存箱の様々な種類等について、外部から相対湿度変動を与えたときの変化が内部にどのように伝わるか実験検討した。第2節では額縁中の相対湿度変化を調湿剤がある場合と無い場合に分けて比較検討した。第3節では、国立歴史民俗博物館の展示室で用いられている2種類の展示ケース（換気型、密閉型）を用いてケース内の相対湿度変化と空気交換率について測定と実験を行った。第4節では調湿剤を実験用展示ケース内に入れたときの相対湿度変化から、調湿剤の実効的な吸放湿特性を調べた。

第3章は本論文の主要部分であり、内容積に対して資料の量が多く急激な温湿度変化を受ける梱包ケース中の相対湿度変化について検討した。輸送用梱包ケースは密閉度が高いため、水蒸気拡散あるいは対流による外部の相対湿度の影響は受けにくく、内部の環境は温度変化に依存する。ケース内空気が含む水分量は、それと平衡状態にある収納物が含む水分量に比較して極端に小さいため、温度と相対湿度は同じ方向に変化する。ケース内に、類似した吸放湿特性を示す収納物が複数存在する場合、材質中の含水率はケース内の温湿度変化に関わらず一定に維持され、膨潤収縮が起こりにくい。このときの温度変化に対する相対湿度変化の割合は、木材ならばほぼ $\Delta H / \Delta T = 0.4$ の値となり、密閉度が低いとその値からずれる。一方、湿度調節剤のように収納物と吸放湿特性が大きく異なる物質を梱包ケースに混在させた場合、ケース内の相対湿度は安定するが、結果として収納物の含水率に変化が生じる。実際の測定事例として、第1節では国立歴史民俗博物館から展覧会のためにアメリカ、ノースキャロライナ博物館に貸し出された小袖の梱包ケース中に小型のデータロガーをいれて、往復の機内での温湿度を測定した結果について解析した。第2節では断熱性と気密性を改良した梱包ケースを用いてブリヂストン美術館の油彩画をドイツとアメリカの美術館に貸し出した際の、往復の温湿度データを解析した。第3節では梱包ケースの中で相対湿度を一定に保つ旧来の方法と、材料の含水率を一定に保つ新しい方法のどちらの方法を用いた方が木材の寸法変化が少ないか、巧妙に考案した比較実験を行い検討した。第4節では、密閉した梱包ケース内で起きる恐れのある結露について、前節で使用した梱包ケースを用い、材料の熱特性値から結露の発生する条件を主に理論的に計算し、結露を避けるにはどうすべきか検討した。第5節ではフィルムの簡便な保存法としてISOで定められている密封方法について結露が発生する条件を第4節と同様に検討し、内部の結露を避けるにはどうすべきか述べた。以上の検討結果を下に、第6節で梱包ケース設計のための具体的な指針を述べ、最後の第4章では研究全体の総括を行った。

以上、内容を概説したが、本論文の意義は次の点にあると考えられる。まず第1章においては、文化財の保存においては相対湿度が絶対湿度より本質的に重要であることを理論的に明解に示した。次に乾燥穀物、木材、動植物繊維、調湿剤などの様々な材料について、同一条件下でその吸放湿応答速度、ヒステリシス、吸放湿量などを測定比較し、展示・梱包ケース等における内部の相対湿度維持のため実用上重要なデータを提供した。

第2章では、額縁のように小さな空間で空気交換率が低い場合は、作品を構成する材料に比べ

て吸放湿特性が高い調湿剤を入れた場合、急激な温度変化で作品に影響が生じる可能性があることを指摘した。調湿剤の利用を考えるに際しては、資料と同じ吸放湿特性をもった材料を優先して使用すべきである。またケースの空気交換率にケースの構成材料が与える影響について明確な判断を示した。すなわち換気型ケースの見かけの空気交換率は、ケース材料からの吸放湿により本来の空気交換率に比べて4分の1程度に小さくなっていて、木材や布などケース内部に使用された材料の吸放湿特性が内部の相対湿度に大きく影響していることを定量的に明らかにした。

第3章が本論文の主要部であるが、この章の意義は次の三点に集約できる。第一に、実際の梱包ケースの中でどんな温湿度の変化が起きているかわが国で初めて測定を行い、体系だった解析を行った。まず第1節における測定で、小袖梱包ケース内で起きた大きな温度や湿度の変化は見かけのもので、材質（絹）の含水率変化はそれほど大きなものではなかったであろうことを明らかにした。次に断熱性と気密性を高めた梱包ケースを用いた第2節の測定では、調湿剤を入れなかったケースの方が調湿剤を入れたケースより作品の含水率変化は小さかったと推定できることを指摘し、木材や紙、布など資料の含水率変化を押さえるためには、温度による梱包ケース内の湿度変化の比率 $\Delta H / \Delta T$ が0.4程度になるようにすれば良いことを明らかにした。

二番目の意義として、梱包ケース内の調湿剤の使用をめぐるわが国の議論に決着を付けた。著者は、梱包ケース内に大量の調湿剤をいれて相対湿度を一定に保つという従来の考え方の欠点を指摘し、むしろケースの断熱性と気密性を高めることに重点をおくべきで、過度の調湿剤の使用は控えるべきであるという新しい考え方が優れていることを本章において明確に示した。新しい梱包は英国などで提案されていたことではあるが、密閉梱包中の湿度調節法を世界に先駆けて提案し、外国との作品の貸し借りも多い国でありながら、その後の改良はわが国ではほとんど顧みられていなかった。梱包ケース内に調湿剤をいれない場合の問題点として指摘されていたことは内部での結露の発生であるが、この点についても第5節と6節で十分な検討を行い、第2節で利用した改良したケースでは外気温の低下や上昇によって結露を生じる恐れがないことを明らかにした。また断熱を高めたために外気温と梱包ケース内の温度に差が生じる恐れがあるので、現場で留意すべき点として開梱に先だって半日から1日程度の馴化時間（ケースの温度半減期の約4倍）が必要であることを明らかにした。

三番目の意義として、以上の研究成果を指針という形で簡潔にまとめて現場で利用しやすい形とした。

以上、本論文の持つ意義は、博物館・美術館の現場での問題点を保存科学という学問の立場から整理し、それに学問的解釈と解決を与えて、得られた学問的成果をまた利用しやすい形で現場に返し、学問上だけでなく実用上も重要な意味ある成果を上げたことである。