

# 金色堂の環境変化と漆膜に生じた亀裂に関する考察

三浦 定俊・小川 俊夫\*

## 1. はじめに

中尊寺金色堂は現在、保存施設（覆堂）の中の大きなガラスケースの中に納められているが(写真1, 2), 当初は現在も境内に残る一回り小さな木造の覆屋の中にそのまま納められていた(写真3)。しかし金色堂には年間百万人前後の拝観客があり、むき出しのままではカビや虫の害を受けたり、金箔や螺鈿に思わぬ被害を受ける恐れがあるため、1965年の修理の際に新しく鉄筋コンクリート製の保存施設を作るとともにガラスケースに納められた。

その後、古いガラスケースでは内部の湿度が高くなったり、初夏にケース前面のガラスにおびただしい結露が生じたりする現象が起きたので、温湿度計測を数年間にわたって行いその原因を明らかにした<sup>1~3)</sup>。内部の湿度が高くなった原因は、ケースの隙間や金色堂の下の地面から湿気が侵入したため、ガラス面の結露の原因はガラスケース内の温度が初夏には外気温よりわずかに低くなり、冷えたガラス面に暖かく湿った外気があたり生じたと考えられた<sup>4)</sup>。

不具合を改善するために保存施設の改修工事が1986年から90年にかけて行われた。金色堂床下に地盤からの湿気と冷えを遮断するための断熱・防湿シートが敷き込まれ、背後と側面は二重壁にして、その内壁はケース内の温湿度変化を小さくするために吸放湿性の大きな材料で作られた。ケース内は除湿器を用いて、年間を通じて常に65%程度に保たれている。

その結果、ガラスケース内の相対湿度はそ

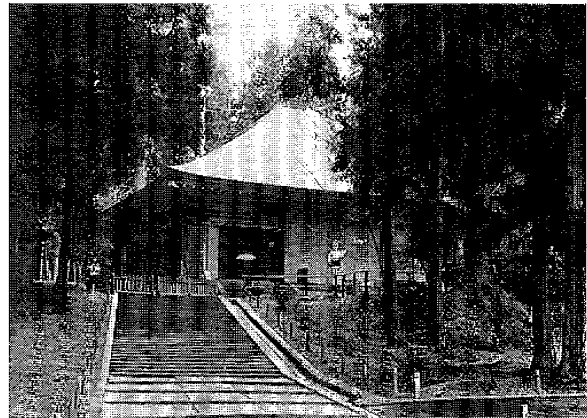


写真1 中尊寺金色堂の現在の保存施設



写真2 金色堂内部



写真3 中尊寺金色堂の古い覆屋

\* 金沢工業大学工学部

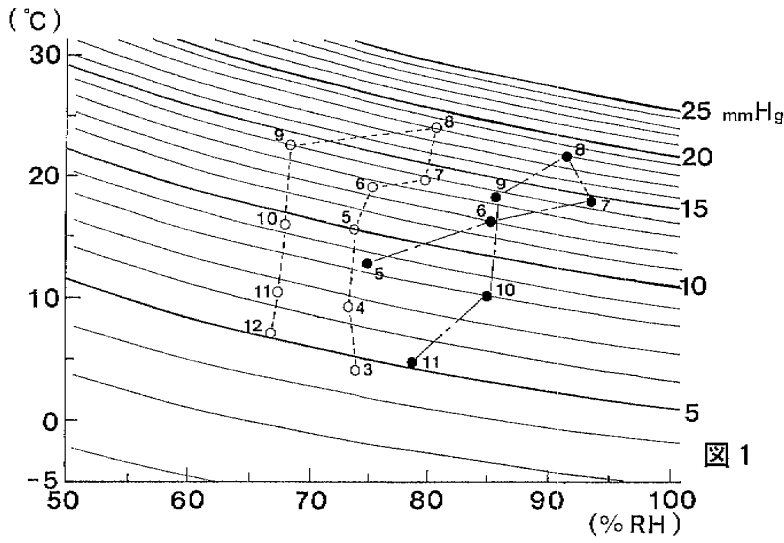


図1 施設改修前の温湿度変化 (1986年)

○：金色堂内 ●：外気

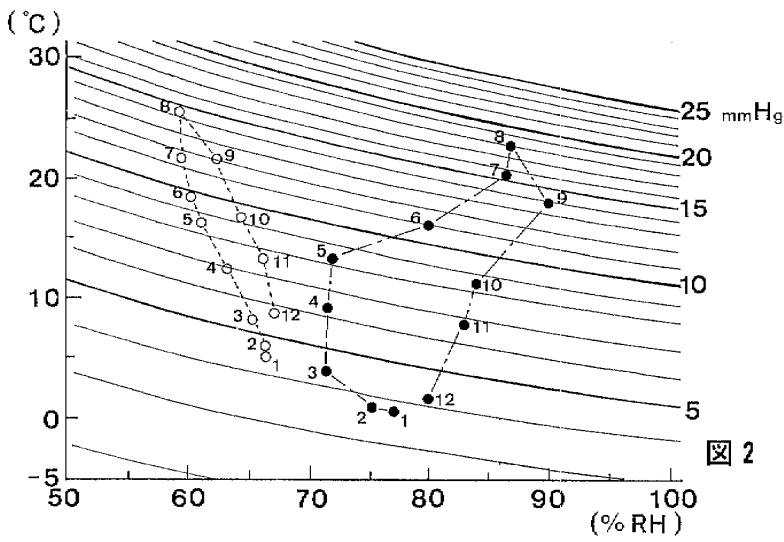


図2 施設改修直後の温湿度変化(1989年)

○：金色堂内 ●：外気

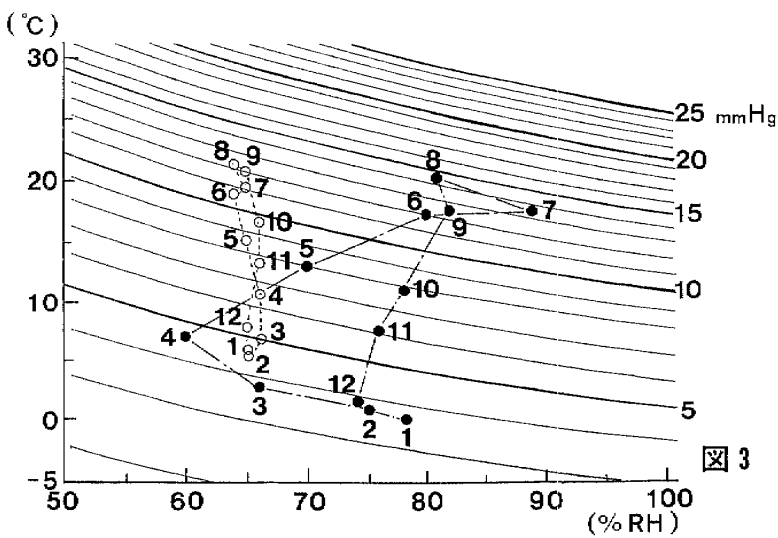


図3 施設改修後の温湿度変化 (1993年)

○：金色堂内 ●：外気

れまで外界の影響を受けて常に70%以上であったものが、一年を通してほぼ65%を保ち安定した環境となった(図1~3)。

反面、1965年の修理の際に取り付けた金色堂の周辺の縁板にねじれ(写真4)や浮き上がりが生じ、部材の接合部などでは表面の漆膜に亀裂が入った。この原因を明らかにするために、本研究を行った<sup>5)</sup>。

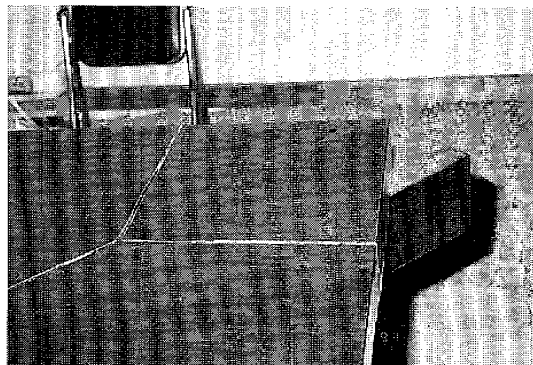


写真4 金色堂の周辺の縁板に生じたねじれ

## 2. 測定

### 2-1. 測定項目

測定は以下の項目について次に示す場所で行った。木材の収縮は1992年7月から行ったが、その他の測定は遅れて含水率測定を1993年8月から、漆膜の歪み測定を1995年12月から始めた。

- ①温度 : 金色堂南側(正面から向かって左側)の床下で1時間ごとに計測(24回/日)
- ②木材含水率: 金色堂南側縁板の下面を1時間ごとに計測(24回/日)
- ③木材の収縮: 同じ縁板の隙間を1時間ごとに計測(24回/日)(写真5)
- ④漆膜の歪み: 金色堂西側(裏側)の漆膜面に生じた亀裂部と亀裂のない部分の2箇所を12時間ごとに計測(2回/日)(写真6)

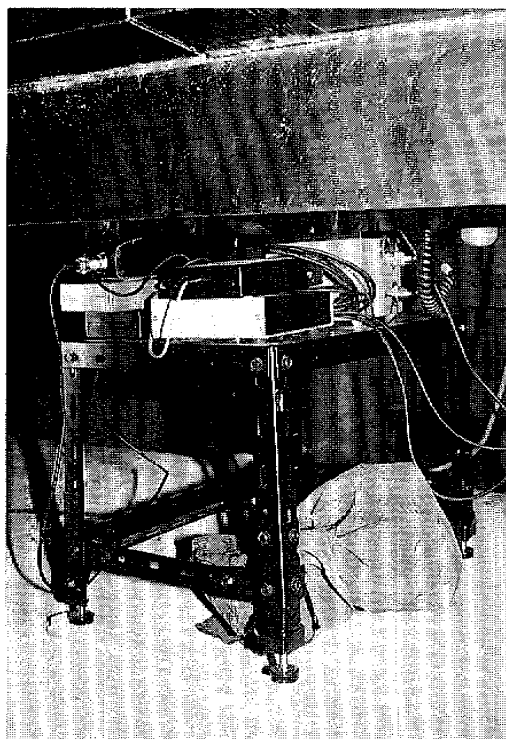


写真5 金色堂南側(正面から向かって左側)の床下における温度・木材含水率・変位の測定

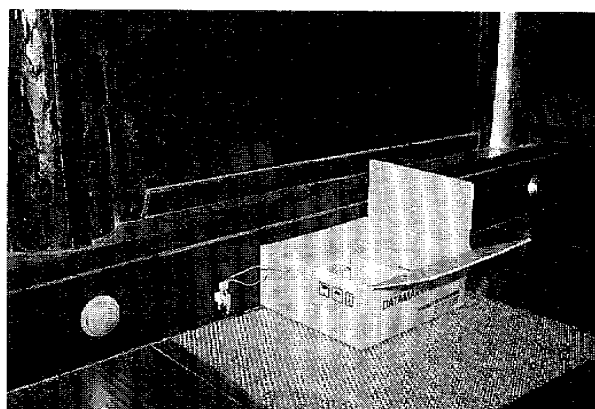


写真6 金色堂西側(裏側)の漆膜面におけるひずみ測定

## 2-2. 測定機器

測定には以下の機器を用いた。

- ①温度 : 白金測温抵抗体 (Pt 100 Ω), ロガー (LT 2001, 白山工業)
- ②木材の含水率 : 木材含有水分自動計測システム (白山工業)  
木材水分計 (MF-8 S, ケット科学研究所)  
ロガー (LT 2001, 白山工業)
- ③木材の収縮 : 変位計測システム (白山工業)  
変位計 (DT-10 F, 共和電業), 増幅器 (F 430, ユニパルス)  
ロガー (LT 2001, 白山工業)
- ④漆膜の歪み : 歪み測定システム (白山工業)  
箔ゲージ (N 11-FA-5-120-11-VMT 3, 昭和測器)  
ロガー (HLS-200, 白山工業)

## 3. 結 果

図4から図7に結果を示す。測定計の故障などで一部に測定の欠落があるが、全体としての傾向は十分把握することができる。なお一般に木材の平衡含水率は相対湿度70%の時に約13%wt.とされているが、含水率計の出力と金色堂縁板の含水率との関係を較正することができなかったこと、木材の表面の近くで測定していて必ずしも木材全体の含水率の状況を表しているとは言い難いことから、図5では含水率計の出力をそのまま示し、相対的な変化を見るだけにとどめた。冬に気温が下がると含水率がやや上昇し、夏になると低下するという季節変化が見られる。93~94年の値と最近の値を比較すると含水率はやや減少したようである。また、漆膜に生じた歪みも歪み計の出力をそのまま示し、相対的な変化をみた。測定中に歪みが大きくなって出力範囲の上限を超え、ストレインゲージが断線した。

## 4. 考 察

今回の測定結果(図6)によれば、変位計を取り付けてある金色堂の縁板の隙間は全体として大きくなる傾向にあるほか、季節に応じて変動し、季節変動幅はおおよそ0.2mmである。この変動の原因と漆膜に生じた亀裂との関連について考察する。

漆膜の温度による線膨張率は $15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ で<sup>6)</sup>、湿度による線膨張係数は $2.92 \times 10^{-4}/\%$ であり<sup>7)</sup>、いずれも木材に比べて小さく、表面に漆膜のある木材が温度や湿度の大きな変化を受けたときには、木材と漆膜との間にひずみが生じて亀裂が発生する。

はじめに温度による膨張収縮の影響を考える。縁板の寸法はおおよそ横幅310mm、厚み84mm、長さ1,160mmであり、木材の線膨張率は繊維に直交方向で $35 \sim 60 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とされる<sup>8)</sup>。ガラスケース内の気温の年変動幅が約20°Cであるから、木材には温度変化の影響により横方向に0.2~0.4mm程度の寸法変化が生じると考えられる。この値は今回計測された隙間の年変化幅にほぼ対応することから、気温変化により木材の含水率が1%弱<sup>9)</sup>変化して(図5)季節的な膨張収縮を起こしていると解釈できる。しかし改修工事以前にも金色堂は季節的な温度変化、それも現在より大きな温度変化を毎年受けていたので、この程度の温度変化が今回生じたような漆膜の亀裂を急に起こすとは考えにくい。

次に乾燥による収縮の影響を考える。木材の含水率による平均収縮率はヒノキの場合、含水率1%の変化に対し、柀目面で0.12%、板目面で0.23%であるので<sup>10)</sup>、縁板では0.6mm/%程度の寸法変化が木材含水率1%の変化により生じると予想される。図6で隙間幅が全体として右下が

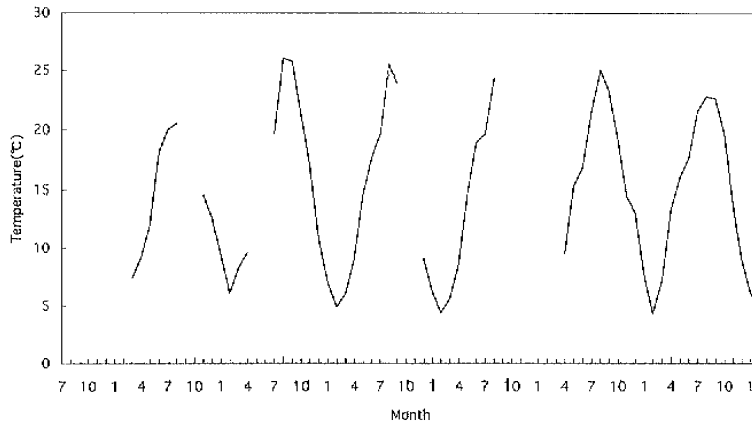


図4 ガラスケース内の温度変化  
(1992年7月～99年1月)

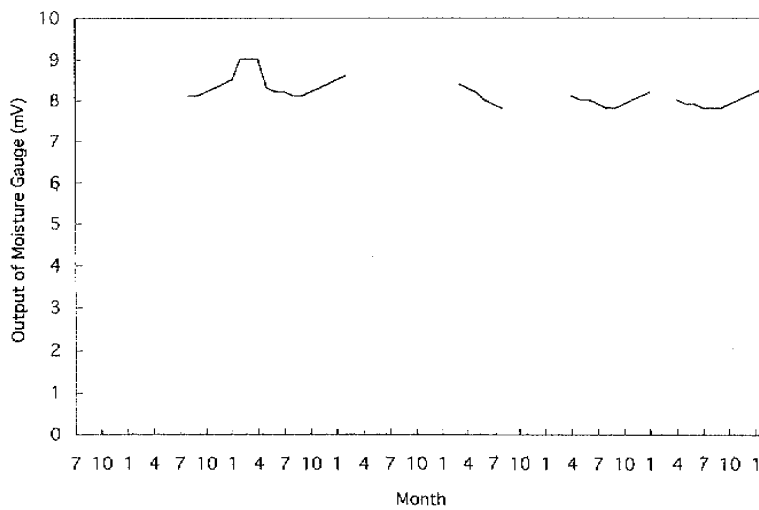


図5 木材含水率の変化  
(1992年7月～99年1月)

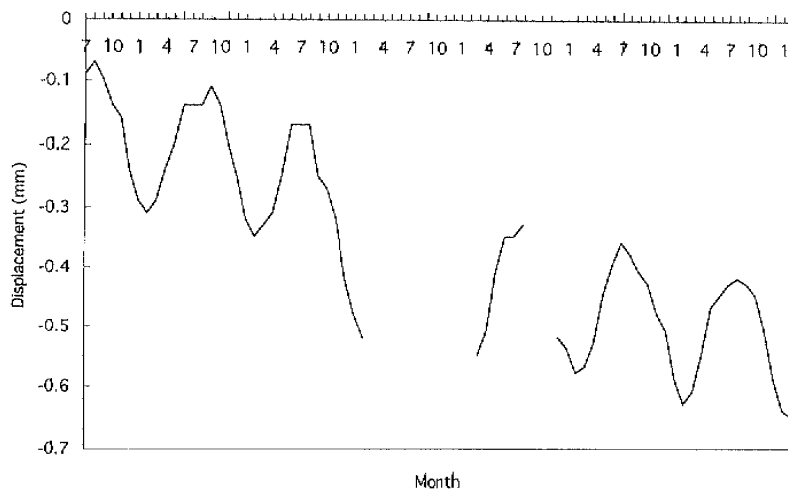


図6 木材の変位  
(1992年7月～99年1月)

りに0.4 mmほど大きくなっているが、これは図5で含水率計の値が当初より全体としてやや減少している結果に対応する。今回の測定は改修工事終了後約2年たってから開始したので、初期の大きな変化が測定できていないが、金色堂の環境湿度が70%を超える高い値から65%RHに低下したことで、木材の平衡含水率は2～3%減少したと推定される<sup>9)</sup>。このため乾燥による当初からの収縮は大きな値になり、様々な場所で木材表面の漆膜に亀裂が生じたと考えられる。

1998年の測定では隙間幅が広がっていく傾向はごくわずかしかみられず、乾燥による木材の収縮はほぼ終了したように思える。しかし漆膜の亀裂部における歪み測定(図7)や目視による亀

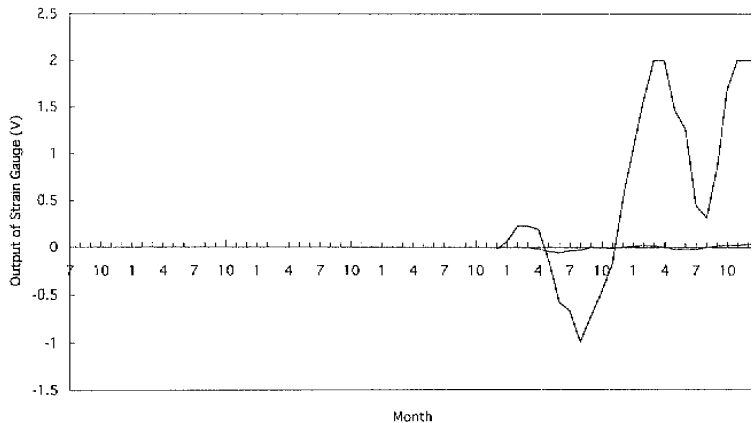


図7 漆膜に生じた歪み  
(亀裂部とコントロール)  
(1992年7月～98年1月)

裂部の観察によると、収縮した木材と漆膜の間にはまだ歪みが残留しているようで、亀裂の進行が止まるまでにはもう少し観察が必要と思われた。

### 5. まとめ

中尊寺金色堂の納められている保存施設は1986年から1989年にわたり大幅な改修が加えられた。改修の結果、常に70%以上あったガラスケース内の相対湿度は65%前後に安定した。しかし金色堂の周辺の縁板にねじれや浮き上がりが生じ、部材の接合部などでは表面の漆膜に亀裂が入った。木材や漆膜に生じた変位やひずみをモニターして、その原因を調査したところ、ガラスケース内の湿度変化により木材が乾燥して収縮し、表面の漆膜に亀裂が生じたと考えられた。木材が厚く表面が漆に覆われているために、周囲の湿度と木材が平衡するまで予想以上に長い時間がかかっているが、この数年は気温の季節変化による影響がほとんどで、ほぼ安定したように思える。ただし漆膜と木材の間にはまだ歪みが残留していて、亀裂の進行が止まるまでにはもう少し観察が必要と思われることがわかった。

本研究は平成7～9年度科学研究費補助金（基盤C（時限））「環境の湿度変化が国宝中尊寺金色堂に与えた影響に関する研究」によった。

### 謝 辞

研究にあたってお世話になった破石澄元氏はじめ中尊寺の方々と白山工業㈱の小林正幸氏にお礼申し上げます。

### 引用文献

- 1) “国宝中尊寺金色堂保存施設（新覆堂）改修工事報告書”，（1990），中尊寺
- 2) S. Miura: Temperature and humidity in a large glass showcase for a temple hall, Preprints for 8th Triennial Meeting of ICOM-CC, pp.897-900 (1987, Sydney)
- 3) S. Miura: Temperature and humidity in a large glass showcase for a temple hall (Part 2), Preprints for 9th Triennial Meeting of ICOM-CC, pp.592-595 (1990, Dresden)
- 4) 三浦定俊：保存施設改修工事前後の中尊寺金色堂の温湿度環境，第12回古文化財科学研究会大会要旨集，pp.20-21（1990，東京）
- 5) 三浦定俊：環境の湿度変化が金色堂に与えた影響の評価，第20回文化財保存修復学会大会講演要旨集，pp.42-43（1998，東京）
- 6) 小川俊夫，浜田嘉一，亀井孝宏：鋼球上の塗膜付着力に及ぼす温度効果，日本接着学会誌，

**30** (11), 536-541 (1994)

- 7) 小川俊夫, 浜田嘉一: 吸湿過程における剛球に塗布された漆膜の力学的挙動, 材料, **42** (482), 1287-1292 (1993)
- 8) “理科年表”, pp.483 (1996) 丸善
- 9) 北原覚一: “木材物理”, pp.30 (1966), 森北出版
- 10) 同上 pp.40 (1966)

Study on the Relation Between the Occurrence of Cracks on  
*Urushi* Coating and Climate Change After the Intervention of  
the Shelter for the Golden Hall of Chusonji

Sadatoshi MIURA and Toshio OGAWA\*

Konjikido (Golden Hall) of Chusonji temple located at Hiraizumi, Iwate Prefecture, was built between 1109 and 1124 by Kiyohira as a mausoleum for himself and as an Amida Hall. The hall is so called because it is covered with gold leaves. Konjikido is placed in a glass showcase within a building constructed as a shelter for the hall. The glass showcase was replaced in 1989 because the inside had been humid (more than 70%RH through a year). After the intervention, the climate inside has been kept at almost 65%RH. But cracks were observed on *urushi* coating. The authors conducted research from 1992 to find the cause of these cracks by monitoring temperature, humidity, moisture and displacement of wooden boards, and strain of *urushi* coating. The result showed that gap between two wooden boards (310mm wide and 84mm thick) changed about 0.2mm in a year due to the seasonal temperature change and that this gap had broadened about 0.4mm these seven years. The total increase of the gap after the intervention would certainly have been more than one millimeter, probably causing cracks on the surface of *urushi* coating. The shrinkage seems to have finished in recent years. But a careful observation is still required because a strain was found remaining at the crack being observed.

---

\* Kanazawa Institute of Technology