

正倉の温湿度環境調査(Ⅱ)

—正倉各倉間での比較および聖語蔵との比較—

成瀬 正和

はじめに

正倉院正倉に宝物が良好な状態で保存されてきた要因のひとつとして、古より温湿度環境の優秀さがうたわれている。庫内の保存環境については昭和24年から34年にかけて大阪管区気象台によって本格的な調査が行われた。宝物が実際に保存されてきた唐櫃内の温湿度環境が抜群に安定していることなどが明らかになり、多くの成果が得られたものの、当時用い得た計測機器類の限界などにより温湿度の細かい変化等についてはなお不明な点が残った。このことをふまえ正倉院正倉の温湿度環境を詳らかにするため平成11年の秋から正倉内外で温湿度データロガーを用い、計測を行っている。

紀要第23号では平成12年から約1年間の正倉北倉での計測結果および平成12年4月～6月の40日余の計測結果について報告した。今回は平成13年10月から平成14年9月までの約1年間の正倉内各所における計測結果および平成13年8月～9月の約1ヶ月間の正倉南倉1階、聖語蔵内、持仏堂内における計測結果について述べることにする^(注)。

使用機器

用いたデータロガーは(株)JMS社製スマートリーダープラス[温度(サーミスターセンサー、分解能0.022℃)、湿度(静電容量式高分子膜センサー、分解能0.037%)](以下計測機器Ⅰと記載)、同社製トレンドロガー[温度(サーミスターセンサー、分解能0.36℃)、湿度(静電容量式高分子膜センサー、分解能0.57%)](以下計測機器Ⅱと記載)および米国オンセット社製ストアウエイ温度(サーミスターセンサー、分解能0.36℃)と同ストアウエイ湿度(静電容量式高分子膜センサー、分解能1.8%)(以下計測機器Ⅲと記載)である。

平成13年10月～平成14年9月の調査

平成13年10月11日から平成14年9月26日にかけての正倉内各所の約1年間の計測結果について報告する。計測箇所は北倉1階、北倉2階、北倉2階唐櫃内、中倉1階、中倉2階、南倉1階、南倉2階である。各所における計測箇所を第1図に示した。北倉2階、北倉2階唐櫃内、中倉2階、南倉2階は計測機器Ⅰを用い、北倉1階、中倉1階、南倉1階には計測機器Ⅱを用いた。実際にはこのほか北倉屋根裏、聖語蔵内、持仏堂内でも計測機器Ⅲを用い計測を行ったが、機器の耐用年数の問題などから平成14年春過ぎ頃より特に湿度計にトラブルが生じたので、通年のデータとしてはここで用いない。計測間隔はいずれも10分である。

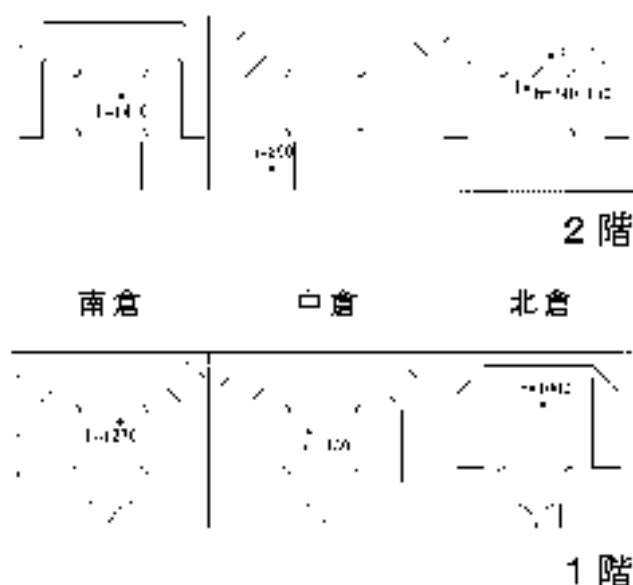


表 1 平成13年10月～平成14年 9 月にかけての調査における各種データ

		北倉 1 階	北倉 2 階	中倉 1 階	中倉 2 階	南倉 1 階	南倉 2 階	北倉 2 階唐櫃内	外気
気温	年平均値 ()	15.3	16.2	15.4	16.1	15.3	16.3	15.8	15.5
	年最高値 ()	30.4	31.1	31.1	31.4	30.7	31.7	30.6	35.5
	年最低値 ()	0.6	1.8	0.6	1.3	0.5	1.4	1.8	-3.2
	年較差 ()	29.8	29.3	30.5	30.1	30.2	30.3	28.7	38.7
	年較差比	0.77	0.76	0.79	0.78	0.78	0.78	0.74	1
	日較差最大値 ()	4.6	3.7	4.9	4.3	4.9	4.3	3.5	19.1
	日較差最小値 ()	0.0	0.2	0.4	0.3	0.4	0.1	0.2	1.6
	日較差平均値 ()	1.4	1.3	1.7	1.7	1.6	1.5	1.2	9.6
	日較差比最大値	0.76	0.55	0.66	0.64	0.66	0.61	0.65	—
	日較差比最小値	0.00	0.04	0.06	0.06	0.04	0.06	0.03	—
	日較差比平均値	0.16	0.14	0.19	0.18	0.18	0.17	0.13	—
相対湿度	年平均値 (%)	69.1	65.8	68.6	66.9	68.0	65.2	66.3	71
	年最高値 (%)	95.3	93.0	92.6	95.1	93.2	92.7	73.6	100
	年最低値 (%)	47.2	39.9	40.9	39.1	44.8	40.7	59.1	15
	年較差 (%)	48.2	53.1	51.7	56.0	48.3	52.0	14.6	85
	年較差比	0.57	0.62	0.61	0.66	0.57	0.61	0.17	1
	日較差最大値 (%)	26.1	26.7	32.0	32.4	28.1	27.0	2.1	81
	日較差最小値 (%)	1.3	1.1	1.6	1.7	1.5	1.0	0.1	1
	日較差平均値 (%)	6.8	7.8	8.2	9.8	8.1	8.3	0.6	44
	日較差比最大値	2.58	3.15	5.29	5.93	5.94	7.56	0.44	—
	日較差比最小値	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.00	—
	日較差比平均値	0.18	0.21	0.23	0.27	0.23	0.24	0.02	—

* 1 時間ごとのデータから算出。外気データは奈良地方気象台の公表値からの計算に基づく

表 2 平成11年 9 月～平成12年 9 月にかけての調査における各種データ (参考)

		北倉 1 階	北倉 2 階	北倉 2 階唐櫃内	外気
気温	年平均値 ()	15.2	16	15.7	15.4
	年最高値 ()	29.9	30.7	30.3	36.1
	年最低値 ()	0.1	0.5	0.5	-3.1
	年較差 ()	29.8	30.2	29.8	39.2
	年較差比	0.76	0.77	0.76	1
	日較差最大値 ()	5.7	3.9	3.9	18.9
	日較差最小値 ()	0	0	0	1.2
	日較差平均値 ()	1.6	1.2	1.1	9.5
	日較差比最大値	1.2	1.2	1.2	—
	日較差比最小値	0	0	0	—
	日較差比平均値	0.18	0.14	0.13	—
相対湿度	年平均値 (%)	70.2	67.7	67.0	72.0
	年最高値 (%)	87.1	95.5	77.2	100
	年最低値 (%)	45.6	45.5	56.6	16
	年較差 (%)	41.5	50.0	20.7	84
	年較差比	0.49	0.6	0.25	1
	日較差最大値 (%)	31.5	28.8	5.3	79
	日較差最小値 (%)	1.5	1.2	0	2
	日較差平均値 (%)	7.1	7.6	1.0	42
	日較差比最大値	2.6	1.86	0.66	—
	日較差比最小値	0.04	0.04	0	—
	日較差比平均値	0.18	0.2	0.03	—

* 計測は 1 時間ごと。外気データは奈良地方気象台の公表値からの計算に基づく

気温が低く、また湿度が高いという現象は一般の木造住宅などで経験するものと同様である。

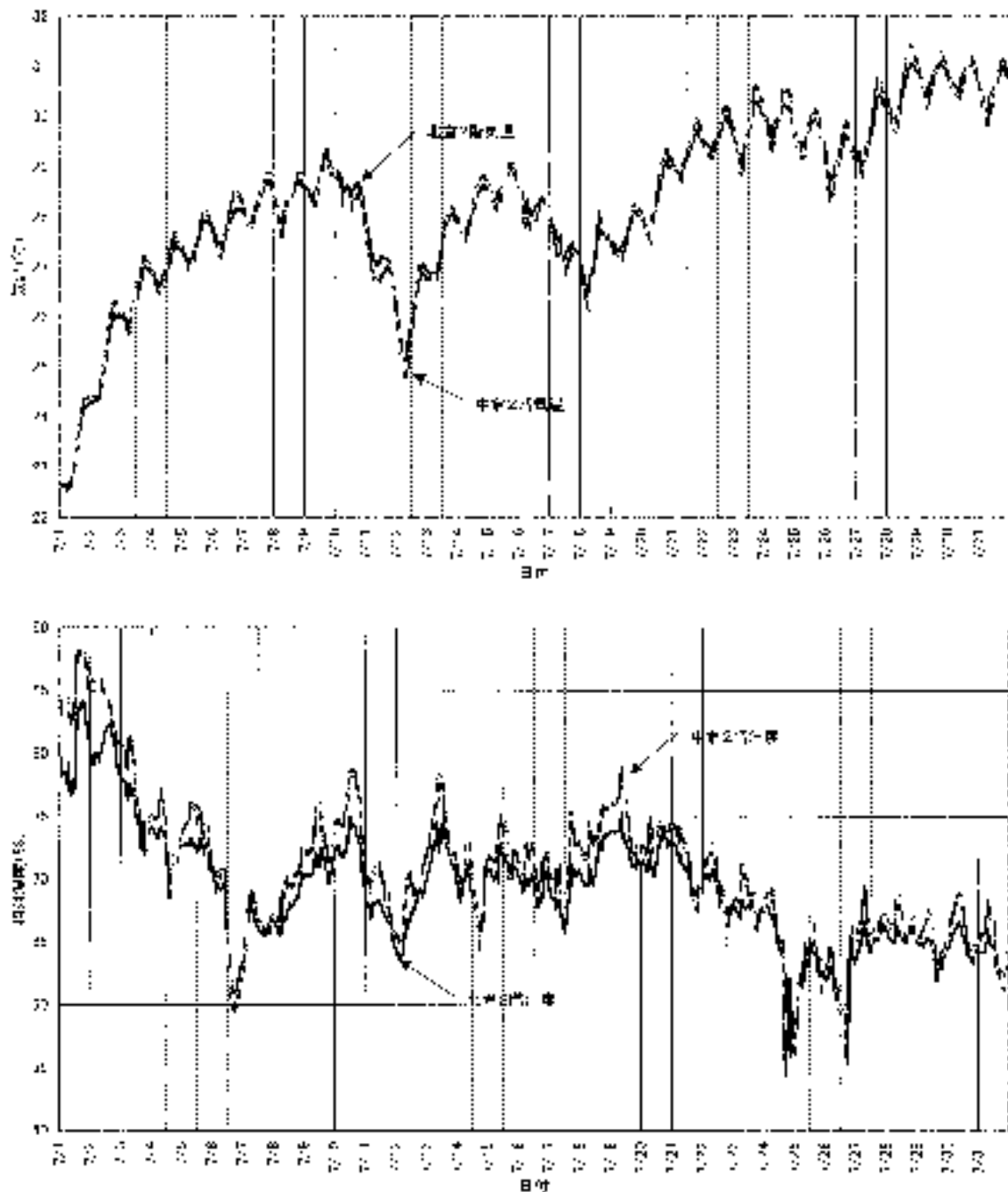
各倉間を比べると、気温の日較差平均値および日較差比平均値は北倉が一番小さく、ついで南倉、中倉の順に大きくなる。

湿度の日較差平均値および日較差比平均値は北倉が一番小さく、中倉と南倉とでは 1 階はほとんど同じであるものの、2 階は中倉が大きい。ただし中倉 2 階のこれらの値が大きいのは、この計測箇所のみ出入口部の壁際付

近であったことも影響しているのかもしれない。いずれにしてもこれらのことから外気の温湿度変化を緩和する能力すなわち調湿機能、調温機能は現在北倉がもっとも優れていることがわかる。

中倉は北倉、南倉に挟まれているため、三倉の中で外気と接触する面積が少ない。しかし気温、相対湿度とも日較差平均値および日較差比平均値は庫内で最も大きい。壁体の木質部、あるいは隙間を通しての熱伝導あるいは透湿が現在最も大きいのであろうか。

北倉内における前回の通年調査のデータを比較のため表 2 にまとめた。今回の計測結果をそ



第2図 平成14年7月の正倉北倉2階、中倉2階の気温変化(上)・相対湿度変化(下)

れと比較すると、気温、湿度の日較差最大値などには少し違いが見られるものの、気温、相対湿度とも日較差比平均値や年平均値あるいは年較差、年較差比などは良く似ていることが明らかになった。特に湿度の日較差比が唐櫃内では著しく小さいことを再確認した。

平成13年8月11日～9月12日の調査

南倉1階、南倉1階唐櫃内、正倉床下(外気)、聖語蔵内、持仏堂内、聖語蔵床下(外気)で1ヶ月にわたる調査を行った。建物内は計測機器Ⅰを、床下(外気)は計測機器Ⅲを用いた。計測間隔はいずれも2分間である。この調査の主な目的は容積の小さい建築物の室内で、温湿

度の変化がいかなる様相を示すか明らかにする事と、北倉以外の倉に置かれた唐櫃中での詳しい温湿度データを得ることにあった。

南倉で用いた唐櫃は古櫃第143号〔南倉186〕である。スギ素木製有脚の古櫃で、身の実質部は奥行75cm、幅115cm、箱の高さ42.5cm、容積約0.37m³である。

聖語蔵はもと東大寺塔頭のひとつ尊勝院の経蔵で、現在の奈良市立鼓阪小学校校庭の位置（正倉院正倉の西200m）にあったものを明治27年に正倉院構内に移設した。

平安末あるいは鎌倉初期の校倉造りの建物である。室内の内法は間口5.6m、奥行4.5m、側壁の高さ3.5m、高さ5.0m、容積103m³である。室内は出入り口部を除く壁面に沿って経巻収蔵用の木製の棚が設けられている。ただし経年のためか床板の合わせ目は隙間が多い。

持仏堂は寛文6（1666）年の建物で、もと東大寺四聖坊の本堂である。したがって物を収蔵するための建物ではない。室内の内法は間口6.09m、奥行6.09m、高さ2.96mの長方体に近いが、天井中央と北側壁際には外に出っぱる部分があり、それを入れると容積は114.3m³になる。また壁面は木質の部分が多いが、一部漆喰壁であり、その面積は内装材の総面積の約15%である。ただし室内には現在机等の器材が少なからず置かれている。

〔調査成果〕

各計測箇所における温湿度に関する各種データを表3に示す。

期間中の正倉床下（外気）および南倉1階および同室内に置かれた唐櫃内の8月11日～26日における温湿度変化を第3図に掲げる。前報において北倉2階の平成12年4月29日から6月10日の温湿度変化を示し、庫内の湿度変化は基本的には庫内の温度変化と同じ位相を示し、これに庫外の絶対湿度変化の影響が重なることを報告したが、1年を通しての細部変化を詳しく見てゆくと必ずしもそうとは言えないことがわかった。南倉1階のこの期間中の湿度変化は複雑である。ただし古櫃中での湿度変化が非常に小さくかつ緩やかである状況に変わりはない。

つぎに8月11日～26日の聖語蔵内の温湿度変化を第4図に示す。聖語蔵内の気温変化と湿度

変化の位相はほぼ逆

になっており、この

ほか持仏堂内も同様

な変化を示す。これ

が聖語蔵、持仏堂内

における一般的な温

湿度変化の様子であ

ることは平成13年10

月から平成14年9月

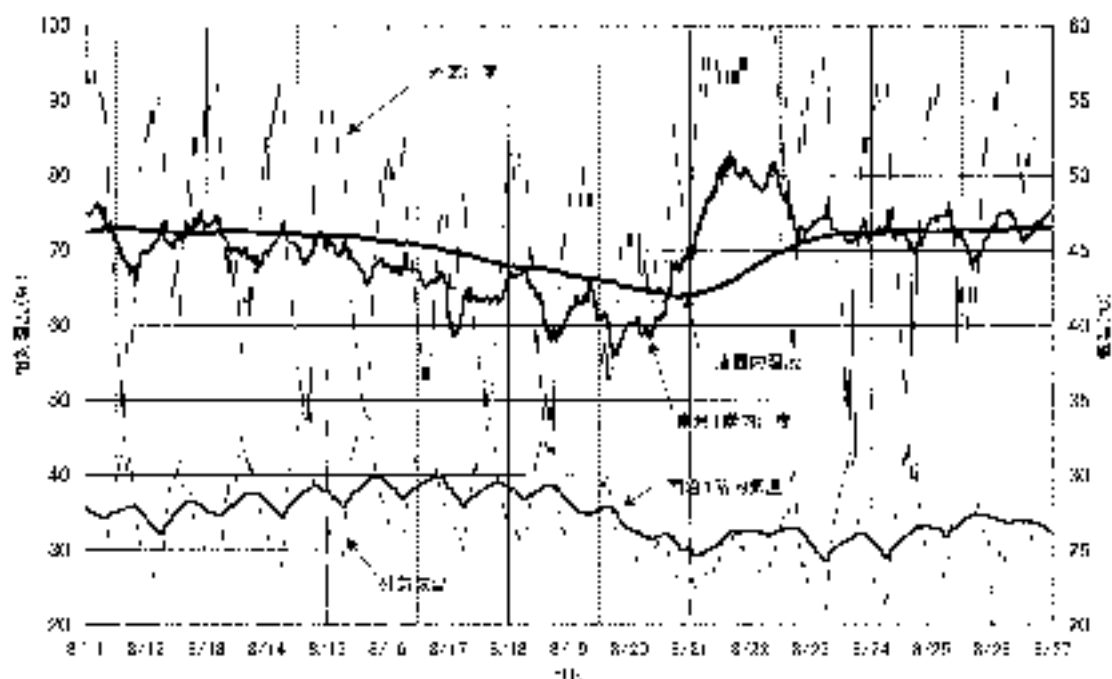
の調査における聖語

蔵、持仏堂における

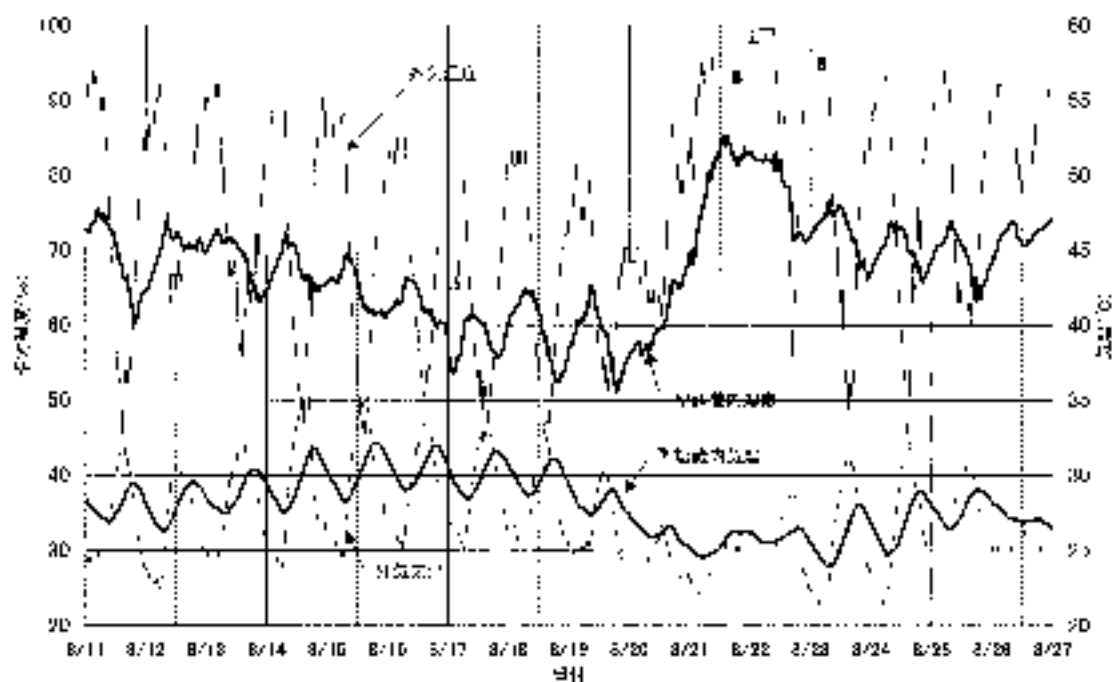
記録（比較的湿度計

表3 平成13年8月11日～同9月12日の調査における各種データ

		南倉1階唐櫃内	南倉1階	聖語蔵	持仏堂	外気(正倉床下)
気温	期間中平均値(°C)	25.9	25.8	26.4	26.2	25.5
	期間中最高値(°C)	30.0	29.9	32.2	32.5	34.5
	期間中最低値(°C)	21.7	21.5	21.1	20.9	18.3
	日較差最大値(°C)	2.1	2.3	4.3	4.9	11.9
	日較差最小値(°C)	0.6	0.7	0.8	1.5	1.4
	日較差平均値(°C)	1.4	1.5	2.7	3.1	7.2
	日較差比最大値	0.59	0.62	1.35	1.19	—
	日較差比最小値	0.09	0.09	0.12	0.23	—
	日較差比平均値	0.23	0.24	0.45	0.48	—
相対湿度	期間中平均値(%)	72.6	72.2	70.5	74.5	80
	期間中最高値(%)	78.9	83.0	85.3	87.9	100
	期間中最低値(%)	63.8	55.7	51.2	55.9	32
	日較差最大値(%)	3.9	14.2	17.3	13.6	67
	日較差最小値(%)	0.3	4.3	4.5	2.6	11
	日較差平均値(%)	1.1	7.7	10.1	7.8	38
	日較差比最大値	0.18	0.71	0.86	0.68	—
	日較差比最小値	0.01	0.07	0.10	0.08	—
	日較差比平均値	0.03	0.24	0.32	0.24	—



第3図 平成13年8月11日～26日の南倉内外の温湿度変化



第4図 平成13年8月11日～26日の聖語蔵内外の温湿度変化

が安定していた頃の記録)からも確認できる。

聖語蔵、持仏堂などでは室外の気温変化に対する室内の気温変化の割合が、大型建造物である正倉内部などに比べて大きい。具体的に言えばこれら室内気温の日較差平均値および日較差比平均値は南倉1階の約2倍である。このためこれら小容積の建造物室内では建築木材などの放吸湿などによって基本的には気温変化とほぼ同じ位相で絶対湿度が変化しているものの、気温変化に伴う飽和水蒸気量の変化が大きく効いて、相対湿度変化の位相は気温変化の位相と逆

になるものと考えられる。ただしそうであっても、これら建造物の室内でも構造材でもある木材が相対湿度変化を緩和していることには間違いなく、湿度の日較差比平均値は、聖語蔵でも南倉の1.5倍程度であり、持仏堂は南倉1階と同程度であった。

収蔵庫である聖語蔵の温湿度環境を総括すると、正倉と比べ日較差、日較差比も大きく、またそのぶんより高温、高湿側にも振れやすいので、モノの保存にとっては正倉よりも悪い条件にあったものと考えられる。ただし収蔵されていたものはあくまで経巻であり、温湿度変化の繰り返しが原因となる劣化については、さほど問題はなかったと考えられる。

逆に正倉院正倉を聖語蔵と比べると、温湿度の日較差、日較差比がより小さいということが、大型木造建造物の保存環境上の利点として改めて浮かび上がって来る。

注)このほか平成13年3月～4月の約1ヶ月間、北倉内4箇所においても計測を行ったが、この結果については省略する。



持仏堂



聖語蔵