Ⅶ　試験結果等

１　整備後の気象変化

小黒智久

1.　はじめに

平成24年3月6日に開催した第4回史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議において、北代縄文広場整備後の気象変化、特に降水量や平均風速、温度（気温）、相対湿度、日照時間、降雪・積雪深を確認し、以後の検討の基礎とした。史跡や復原建物の整備等の計画立案にあたっては、気象や菌、昆虫などの環境を十分考慮したうえで、史跡の保護や復原建物の維持管理上、工事で対応すべき対策を検討し、整備工事に反映させる必要がある。

ここでは、降水量など特に留意すべき気象の推移に絞って概要をまとめ、今後の維持管理の基礎資料とする。また、気象庁の統計資料による平年値（統計期間：1981～2010 年、資料年数：30 年）も併記する。

2.　合計降水量（図１）

5 年間の移動平均値（その年の 2 年前から 2 年後までの 5 年間の平均値）に注目すると、合計降水量の推移には 2 つのピークがあり、18 ヶ年平均は 2,406.7㎜／年となる。合計降

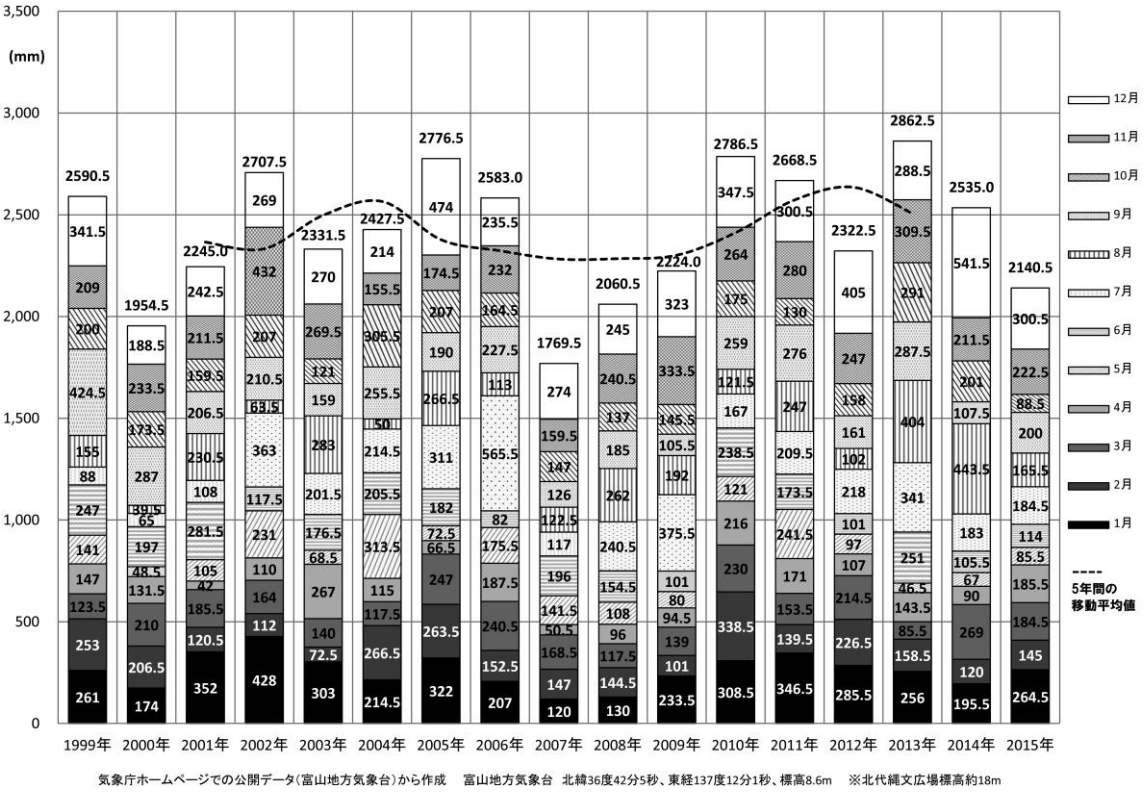


図１　富山地方気象台観測による合計降水量の推移（1999～2016 年）

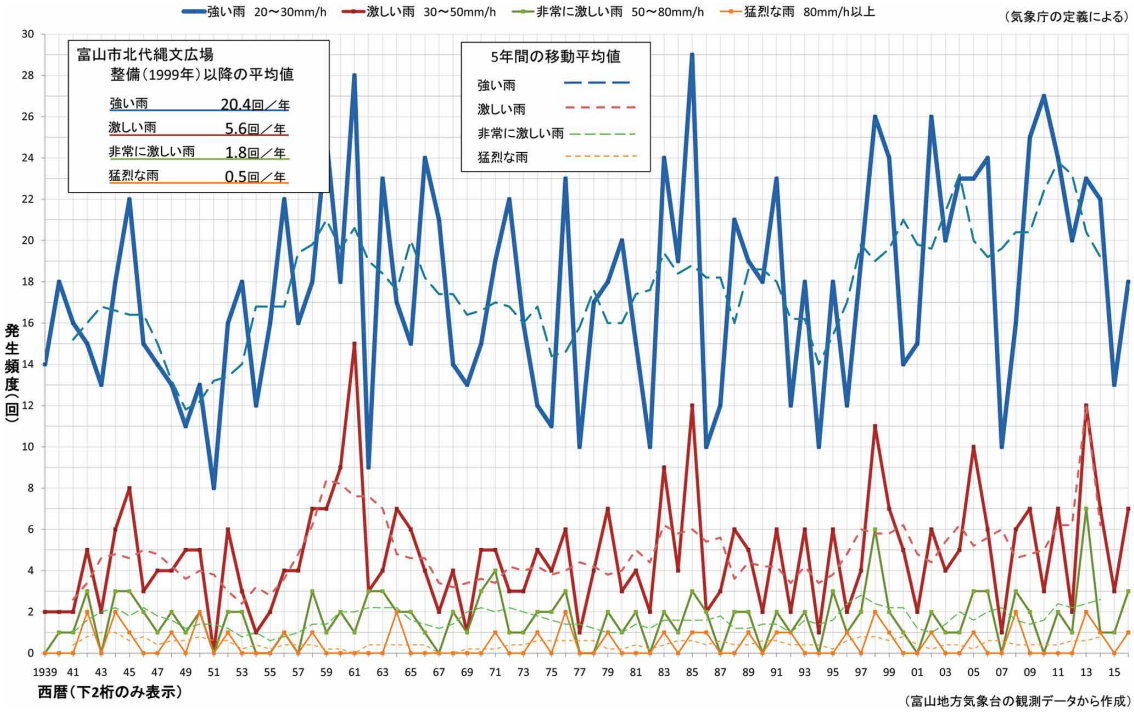


図２　富山地方気象台観測による大雨の年間発生頻度の推移（1939～2016 年）

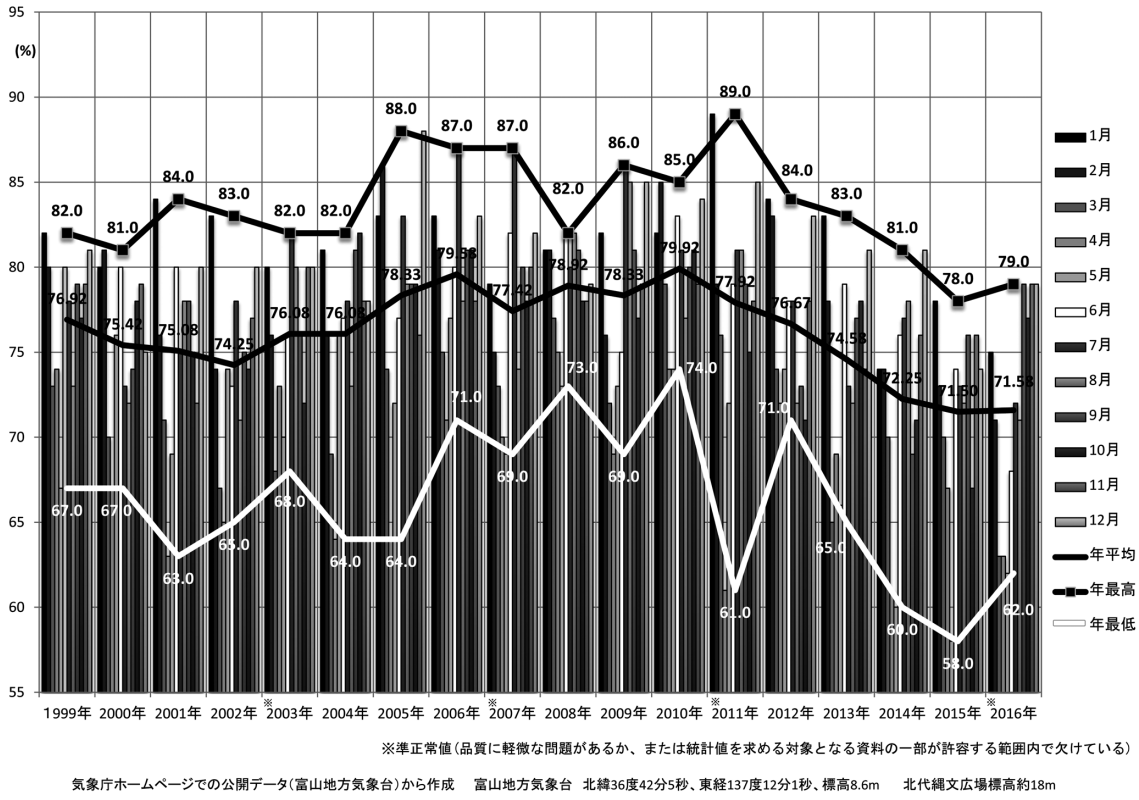


図３　富山地方気象台観測による月平均相対湿度の推移（1999～2016 年）

水量の最少年（2007 年）と最多年（2013 年）では年間で 1.6 倍の差がある。なお、平年値は 2,300.0㎜／年となり、最少月が 4 月（122.2㎜）、最多月は 1 月（259.5㎜）である。

3.　大雨の発生頻度（図２）

降水による復原建物への影響という点では、大雨の発生頻度も重要な要素となる。富山地方気象台の観測データが残る 1939 年以降の推移について、特に 5 年間の移動平均値に注目すると、気象庁の定義による強い雨（20～30㎜／時）と激しい雨（30～50㎜／時）の回数は 1990 年代後半以降増加傾向にあり、地球温暖化の影響を考慮すると、その傾向は今後も継続することが予測される。

気象庁の『気候変動監視レポート 2014』によれば、アメダス（地域気象観測所）による 1976 年からの 39 年間の観測データ（年によるアメダス地点数の違いによる影響を避けるため、年ごとの発生回数を 1,000 地点あたりの発生回数に換算して比較）から、50㎜ 以上／時の降水の年間発生回数は統計期間 1976～2014 年で増加しており（信頼度水準 99％で統計的に有意）、80㎜ 以上／時の降水の年間発生回数も同期間で増加傾向が明瞭に現れている（信頼度水準 95％で統計的に有意）という（レポート 31p）。

富山地方気象台の観測データによると、1999 年以降で日降水量が 100㎜ を超える事例は 1999 年（9 月）・2002 年（7 月）・2005 年（6 月）・2008 年（7・8 月）・2013 年（6・8 月）・2014 年（8 月）・2016 年（７月）に認められる。

『気候変動監視レポート 2014』では、観測データの均質性が均質性が長期間継続している全国 51 観測地点（富山県では高岡市の伏木特別地域気象観測所が含まれている）における 1898～2014 年の年降水量の偏差（1981～2010 年平均からの偏差）から、日本の降水量の変化傾向が解析されている。1898～1920 年代半ばまでと 1950 年代に多雨期が認められ、1970 年代以降は年ごとの変動が大きくなった。日降水量 100㎜ 以上、および日降水量 200㎜ 以上の日数は 1901～2014 年の 114 年間で増加し、日降水量 1.0㎜ 以上の日数は減少している（いずれも、信頼度水準 99％で統計的に有意）。大雨の頻度が増える反面、弱い降水も含めた降水日数は減少する特徴を示すという（レポート 28～30p）。

降水量は、気温に比べて地点による変動が大きい。富山地方気象台の観測データが、全国 51 観測地点の観測データの解析結果と調和的であることを踏まえ、本再整備事業では土屋根や地下に浸透した雨水の排水対策を重視することとした。

4.　相対湿度（図３・４）

復原建物の耐久性向上を検討するうえで、降水量と共に重要になるのが、湿度である。富山地方気象台観測による月平均相対湿度等の推移を図３に示した。年平均相対湿度に注目すると、1999～2016 年は 71.5～79.9％で推移している。なお、平年値は、77％／年となり、最小月が 4 月（69％）、最大月が 1 月（82％）となる。平年値は、全国で最も高かった。北陸に注目すると、福井が 75％（松江と同率 3 位）、金沢が 72％（長野・奈良と同率 14 位）、

新潟が 71%（仙台・熊本と同率 17 位）である。北陸各地の平年値が高いのは、特に冬の湿度が高く、秋も低くならないことに要因を求められると考えられる。日照時間との相関性を認めることもできるだろう。図４には、日平均の温度と相対湿度の散布図を示した。

以上から、本再整備事業では高湿度環境にあることを踏まえて復原建物の湿気対策を講じ、復原建物の屋内相対湿度や主柱基部等の木材表面含水率の推移等に留意しながら復原建物の維持管理を行うこととし、排水対策も重視した。なお、高湿度環境にあることは、復原建物にとってデメリットであるだけではない。保水力が乏しい赤土屋根で復元された

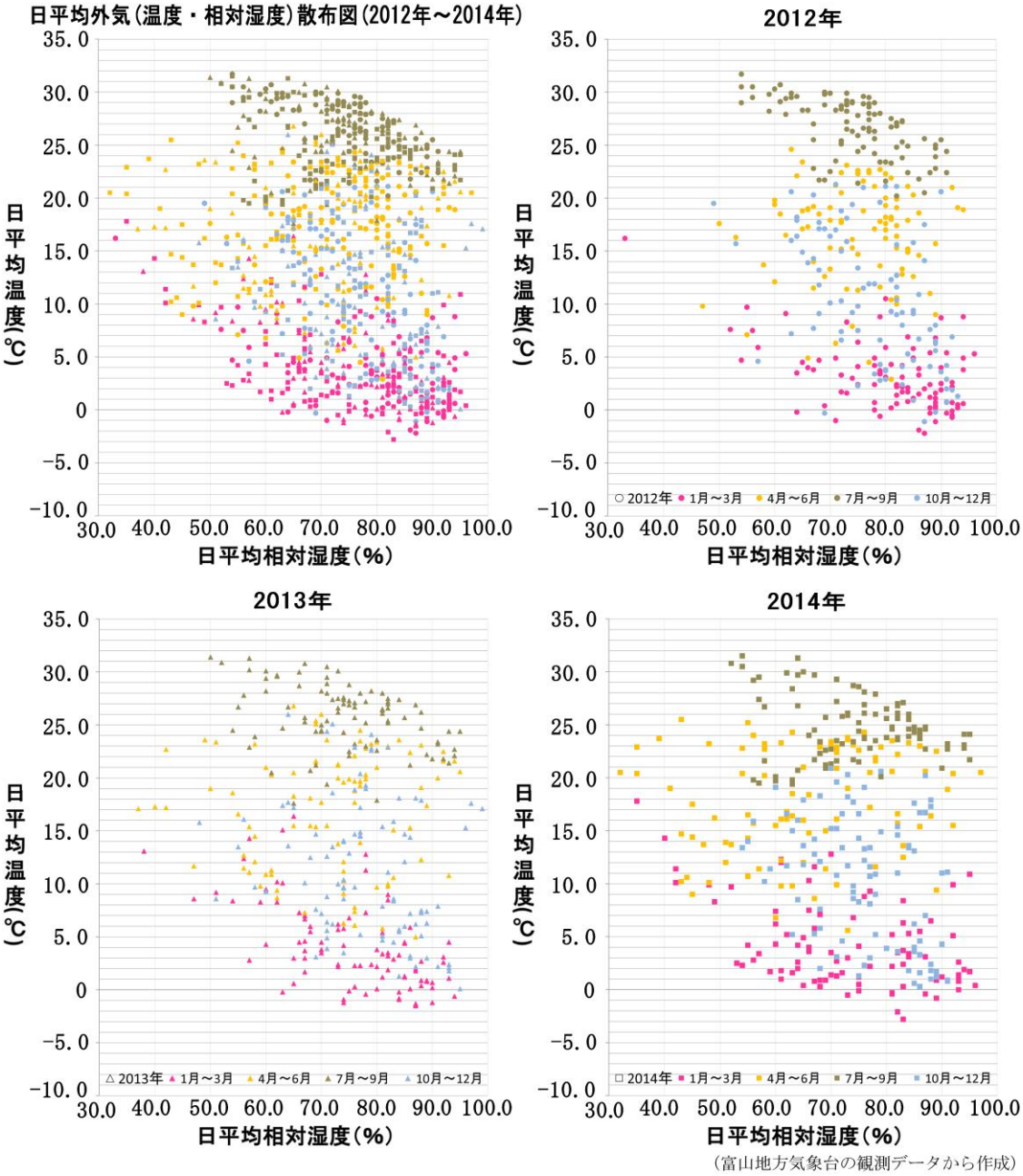


図４　北代縄文広場観測による外気の温度・相対湿度（日平均）の関係（2012～2014 年）

復原建物６（竪穴住居）は、他地域よりは亀裂の発生が遅れることになる。それでも、季節によっては屋根表面にシャワー散水するなどして乾燥を遅らせる必要がある。

5.　合計日照時間と年間雪日数（図５）

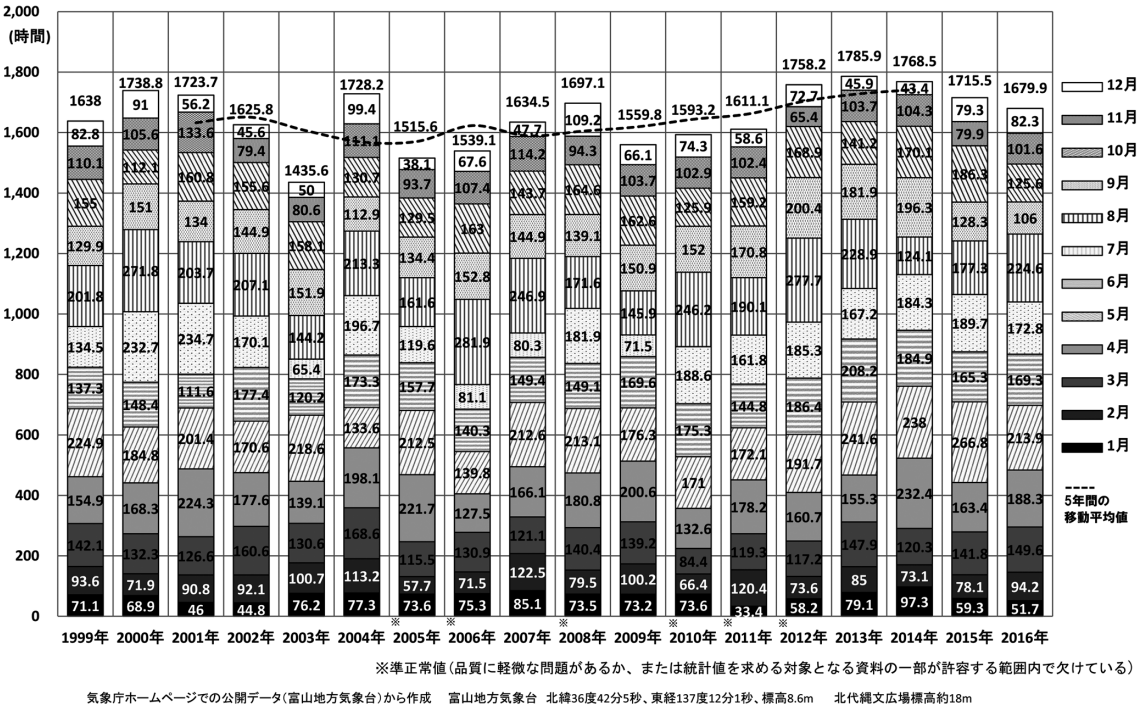
合計日照時間の推移は大きな変化がなく、5 年間の移動平均値に注目すると 1,600 時間／年を前後する時間で推移している。18 ヶ年平均は 1,652.7 時間／年となる。合計日照時間の最少年（2003 年）と最多年（2013 年）では年間で 1.2 倍の差がある。

なお、平年値は 1,612.1 時間／年となり、最少月が 1 月（68.1 時間）、最多月が 8 月（201.3 時間）となる。これは、秋田・青森に次ぎ、47 都道府県で下位から 3 番目に相当する。金沢が 1,680.8 時間／年、新潟が 1,631.9 時間／年、福井は 1,619.4 時間／年と、北陸（日本海側）は総じて合計日照時間が少ない。これは、年間雪日数の平年値とも相関する。富山が 56.0 日／年（10 位）、新潟が 70.8 日／年（7 位）、金沢が 54.8 日／年（11 位）、福井が 52.5 日／年（12 位）、秋田が 98.9 日／年（4 位）、青森は 108.6 日／年（2 位）である。

6.　最多風向（図６）

復原建物への雨水の吹込み対策を検討するうえで、最多風向の把握も重要である。出入口の位置や規模は発掘調査所見や民俗建築学的視点によるものの、それらを重視しつつ可能な限り雨水が吹込まない構造にするなどの対策が必要になる。これは屋内相対湿度を良好に保つための対策でもある。最多風向の観測データは検討材料の一つになる。

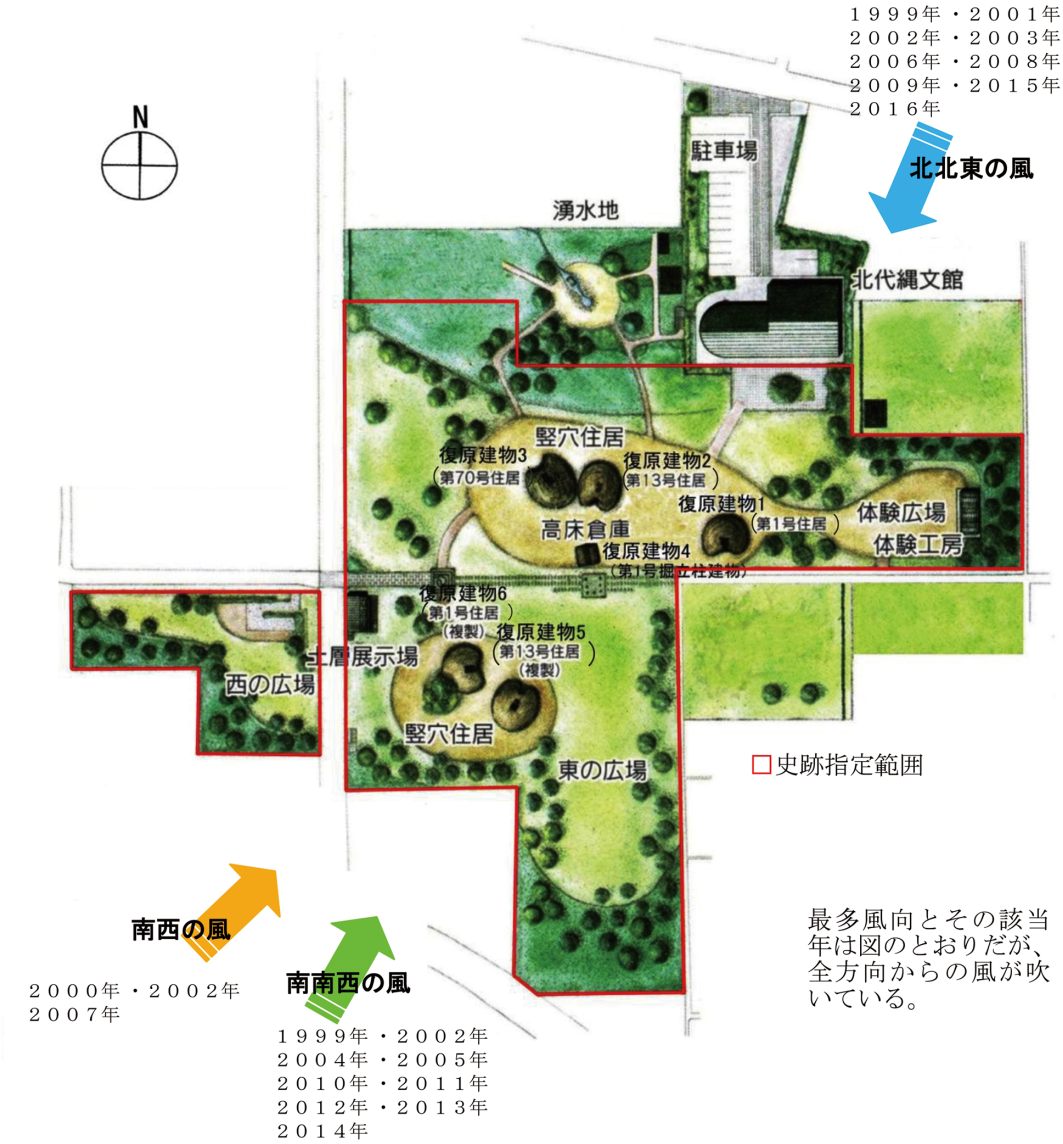
1999 年以降では南南西の風が最多となるが、平年値（統計期間：1990～2010 年）では南



※準正常値（品質に軽微な問題があるか、または統計値を求める対象となる資料の一部が許容する範囲内で欠けている）

気象庁ホームページでの公開データ（富山地方気象台）から作成　富山地方気象台　北緯36度42分5秒、東経137度12分1秒、標高8.6m　北代縄文広場標高約18m

図５　富山地方気象台観測による合計日照時間の推移（1999～2016 年）



最多風向：南南西・北北東

※1999 年	※2000 年	2001 年	※2002 年	※2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年
南南西 北北東	南西	北北東	南西 南南西 北北東	北北東	南南西	南南西	北北東	南西
2008 年	2009 年	2010 年	※2011 年	※2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
北北東	北北東	南南西	南南西	南南西	南南西	南南西	北北東	北北東

※準正常値（品質に軽微な問題があるか、または統計値を求める対象となる資料の一部が許容する範囲内で欠けている）

気象庁ホームページでの公開データ（富山地方気象台）から作成
富山市地方気象台：北緯 36 度 42 分 5 秒、東経 137 度 12 分 1 秒、標高 8.6m
北代縄文広場は標高約 18m

図６　富山地方気象台観測の最多風向

西となる。南西が卓越するのは６ヶ月（2～4・10～12 月）、北北東が卓越するのは５ヶ月（5～9 月）、南南西が卓越するのは１ヶ月（１月）である。

7.　平均風速（図７）

最多風向と共に、平均風速の把握も重要である。構造上、雨水の吹込み対策が難しい部分でも平均風速を把握していることで、天気予報の風向や風速を判断材料としてブルーシート等で覆うなど、臨時の対策を講じることも可能になる。なお、地球温暖化に伴って将来にはいわゆる「スーパー台風」（暴風・大雨・高潮などにより、非常に広範囲な範囲で甚大な被害をもたらす台風）の日本列島への上陸が予測されていることもあり、最大風速・最大瞬間風速の傾向の変化に留意することが必要である。

年平均に注目すると、1999～2016 年は 2.75～3.03m／秒で推移している。なお、平年値は、2.9m／秒となり、最小月が７月（2.6m／秒）、最大月が４月（3.4m／秒）となる。

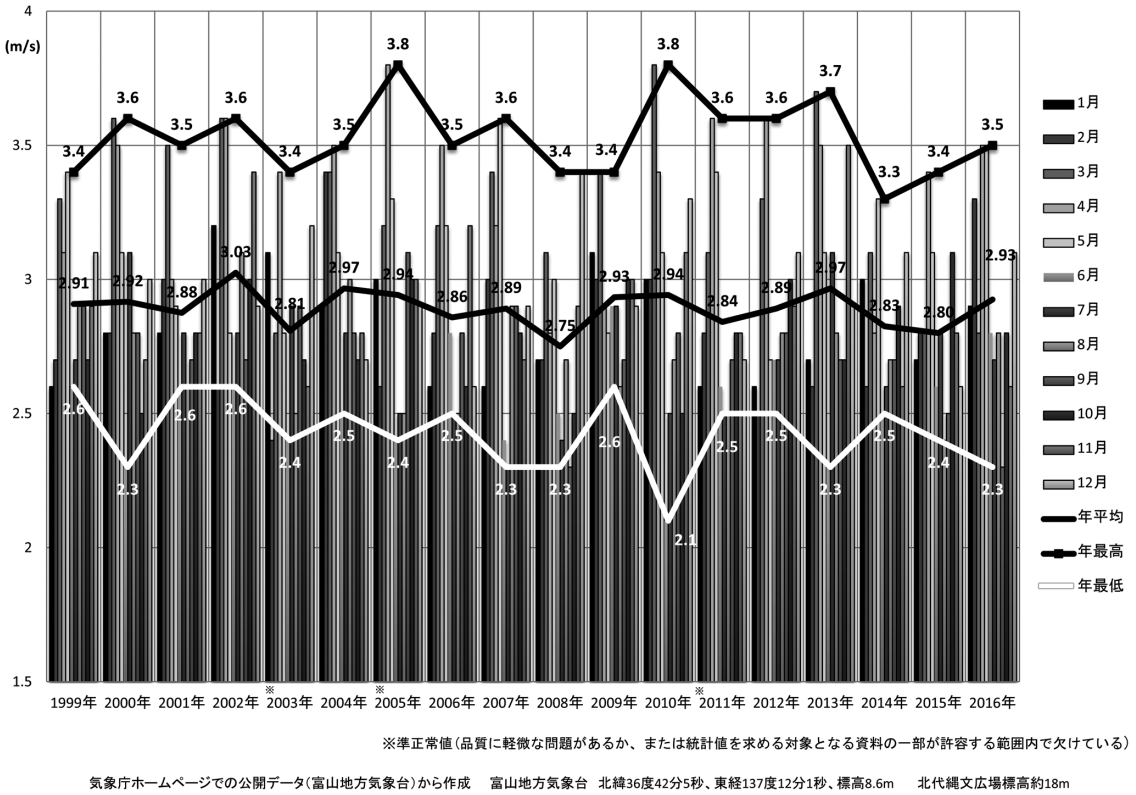


図７　富山地方気象台観測による平均風速の推移（1999～2016 年）

引用・参考文献

気象庁　2015　『気候変動監視レポート 2014』

気象庁ホームページ　http://www.jma.go.jp/jma/index.html

富山地方気象台ホームページ　http://www.jma-net.go.jp/toyama/index.html

２　復原建物に飛来する害虫とその対策

根来　尚・小黒智久・坂田志穂・東　諒子

1.　はじめに

木質建材への虫害には、シロアリ類と甲虫類とによるものがあり、最も注意しなければならないのはシロアリ類によるものと考えられている。日本ではシロアリ類が十数種知られているものの、富山県内で加害する可能性のあるものはヤマトシロアリである。

甲虫類で木質建材への害虫とされるものには、ナガシンクイムシ類、シバンムシ類、ヒラタキクイムシ類がある。各々、富山県内ではチビタケナガシンクイ、ケブカシバンムシ、ヒラタキクイムシなどが加害する可能性がある。その他、カミキリムシ類が建材などから羽化することがあるが、これは製材に至るまでの間に産卵・食入されたことによるもので、建築後に産卵・食入されることはないと考えられる。キクイムシ類、ナガキクイムシ類は、含水率の高い生丸太や立木に穿孔するものの、乾燥加工された木材に加害することはなく、坑道を掘り菌類を養いそれを食すが、材そのものを食害することはない。

2.　シロアリ類

ヤマトシロアリは、国内に広く分布し、富山県内でも平地から山地まで広く生息する。湿気の多い枯死材中に営巣し、営巣材そのものが餌となる。本州南部以南に分布するイエシロアリとは異なり、水を運ぶ能力は乏しく乾燥材には加害しない。一般的には、湿気の多い台所や風呂場周辺の材が加害されることが多い。屋外でも湿気を含む地表や地中の枯死材中に営巣する。5 月ごろ日中に有翅虫が多数個体出現し、それにより加害を知ることが多い。隠れた場所でなければ、食痕、蟻土・蟻道、空洞等に注意することで加害の発見は可能である。

シロアリが新しい生息場所に至るには、蟻道による、有翅虫の飛来による、加害材の持ち込みによる 3 方法があるが、蟻道による移動分散は、ヤマトシロアリでは数十m以内と思われるので近隣での営巣の有無への注意が必要である。有翅虫は数百m飛翔する可能性がある。富山県内でのヤマトシロアリの有翅虫の群飛は、4 月下旬～5 月中の暖かい日中、特に 5 月の連休頃に多く確認されるので、その頃は注意が必要である。なお、ヤマトシロアリの有翅虫には走光性はなく、ライトには集まらない。加害材を持ち込まないよう充分に注意する必要がある。ヤマトシロアリは腐朽菌の生産物質に誘因されることから腐朽材の早期の処理も必要である。

シロアリ類防除

加害を防ぐには、材を湿気させないことが重要となり、また、シロアリの侵入を防ぐ必要もある。木材の防蟻防腐剤による処理、基礎部分とその周辺土壌の薬剤処理を行い、排水を良くし、通風換気による除湿を行い、周辺部の切株・不要木材類の除去にも努める。

重大な被害を受けないためには、早期に気づくことも重要で、常々食痕、蟻土・蟻道、空洞等に注意する。

加害痕を確認した場合には、早急に被害場所・範囲を調査し、薬剤による処理等を行う。

3. 甲虫類（ナガシンクイムシ類、シバンムシ類、ヒラタキクイムシ類）

甲虫類による加害は、小さな坑からの細粒粉の排出によって気づくことが多い。ヤマトシロアリとは異なり乾燥材への加害であり、発見はされやすい。成虫は初夏～夏に現れる。卵は材の割れ目等に生み付けられ、幼虫は材中に坑道を作り、食害する。羽化脱出時に脱出孔から細粒粉を排出する。

デンプン含有量の多い材に加害するとされ、心材より辺材を加害する。

ナガシンクイムシ類

主に竹材を加害するが、木材を加害することもある。

シバンムシ類

種々の材を加害する。

ヒラタキクイムシ類

主に広葉樹の辺材を加害する。

甲虫類防除

残効性のある防虫剤を塗布含浸させる薬剤処理を行う。早期発見に努め、加害痕を確認した場合には、薬剤による処理等を行う。

4. 復原建物（土屋根竪穴住居）内でのハエ取りリボンによる飛翔昆虫調査

4.1. 調査方法

表３・６のとおり、平成 23 年 4 月から 2 シーズンにわたって、ハエ取りリボンによる飛翔昆虫の調査を行った。調査法は以下のとおりである。

A. 復原建物１・２・３・５の屋内の桁・梁材から、ハエ取りリボン（昆虫の捕獲可能範囲は長さ約 70cm、幅約 4cm）を垂らす。リボン末端は桁・梁材下面からおよそ 80～90cm 下がったところに位置する。1 棟あたり、リボンを 3～5 本垂らし、広場の開場時間帯は出入口を開放し、見学は中止した。各回とも 7～10 日程度の設置期間を設け、期間中の燻煙作業は中止した。

B. 各回の調査期間が終わると、試料を冷蔵保管した。設置・回収・保管は埋蔵文化財センター職員が行った。

C. 試料を科学博物館で同定した。

平成 23 年 8 月 9 日に、目視による復原建物の現地調査を行った。その結果、復原建物の小屋組材や主柱材に、大小数タイプの孔が多数確認され、シバンムシ類やヒラタキクイムシ類の食害と考えられた。また、1 ヶ所だが、クマバチによると思われる孔が認められた。この孔はごく浅く、掘りかけて中止したものと考えられた。

主柱や垂木といった地面に直接接地する材の多くで、菌による腐朽が確認された。シロアリ類による食害と考えられる部分は認められなかった。

4.2.　調査結果

ハエ取りリボンによる調査結果を表１に示した。種名まで判明した個体はごく少数であり、科名もしくは上科までの同定に留めた個体がほとんどである。表１には科もしくは上科でまとめた個体数を示してある。一部の必要な個体は表７に注釈を付けた。ほとんどが飛翔性の昆虫類であったが、クモ類と多足類が少数捕獲された。表２・４に調査場所別および調査時期別にまとめたものを示した。

4.2.1.　平成 23 年度

4 月 19 日～10 月 31 日に復原建物１～３を対象として実施した(夏期に中断期間がある)。ハエ取りリボンによる捕獲調査によって、ゲジ目 1 科 1 個体、蜘蛛目 2 科 15 個体と双翅目等 5 目 29 科（上科）891 個体の昆虫類、合計 907 個体の節足動物が捕獲された。調査に用いた 54 本のハエ取りリボンの総面積は 14,476 ㎠となった。平均すると、1 本のリボン（268 ㎠）あたり、16.8 個体の節足動物が捕獲されたことになる。

目別では、双翅目が最も多く 829 個体で、なかでもクロバネキノコバエ科が圧倒的に多かった。膜翅目 34 個体で、甲虫目では 17 個体であった。

各建物の出入口付近と奥とでは捕獲昆虫数に差が認められ、各建物の出入口近くに置かれた 1 番リボンで最も多くの個体が捕獲された。建物中央上部には煙出しがあり、その開口部は出入口より小さいので出入口から侵入した個体が多いのであろう。

復原建物３では他の 2 棟より多く捕獲されており、これは住居の位置および出入口の位置に関係するものと考えられる。建物３は他より樹木の植栽地に近く、出入口もそちらを向いている。捕獲昆虫数の季節変動については、いずれの建物も 4～5 月と 8 月以降は少なく、6～7 月に増加している。これは双翅目クロバネキノコ

表１　建物・目別の個体数（平成 23 年度調査）

復原建物	地点	双翅目	膜翅目	甲虫目	鱗翅目	半翅目	蜘蛛目	ゲジ目	計
復原建物１	1	110	4	2	2				118
	2	53			2		1	1	50
	3	48	2		1		2		57
	4								53
	5	1	1						2
	6	3							3
復原建物２	1	113	6	5		1	1		126
	2	38	6	3			2		49
	3	25		1			3		29
	4								0
	5	3							4
	6	1							1
復原建物３	1	236	11	3	2		2		254
	2	102	2	1	3		1		109
	3	96	2	2			2		102
計		829	34	17	10	1	15	1	907

地点は図１～３参照

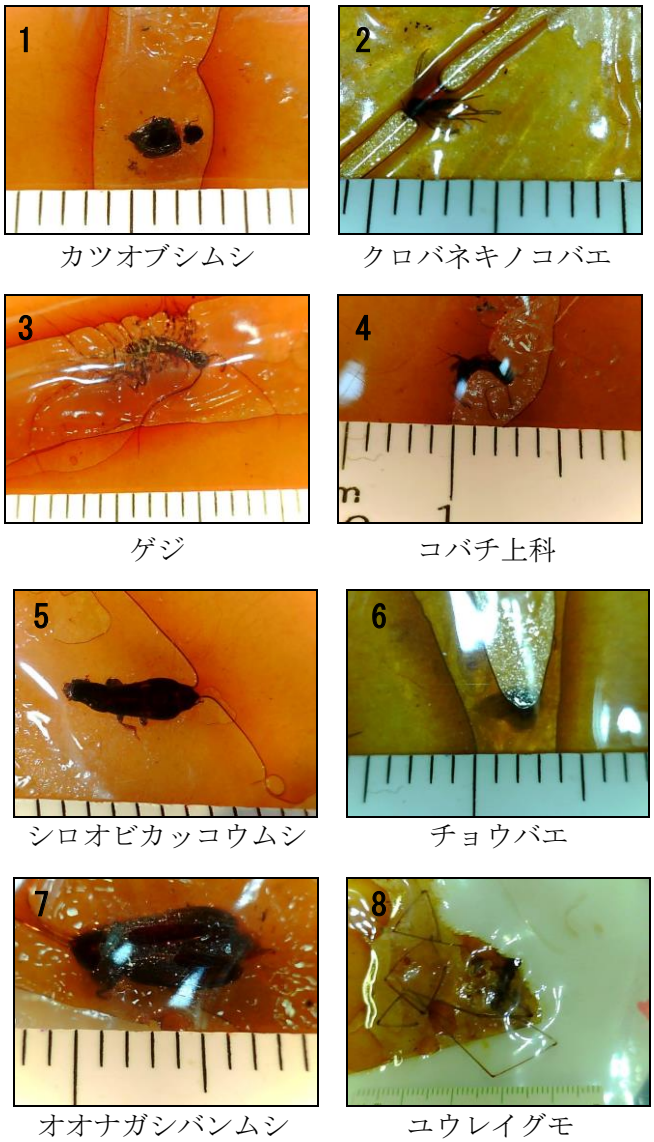
表２　調査日・目別の個体数（平成 23 年度調査）

日付	復原建物	双翅目	膜翅目	甲虫目	鱗翅目	半翅目	蜘蛛目	ゲジ目	計
4月19日－5月 9日	復原建物１	13	1				1		15
5月 9日－5月16日	復原建物２	14	1	1			2		18
5月16日－5月23日	復原建物３	18					1		19
5月23日－5月31日	復原建物１	19		1					20
5月30日－6月 6日	復原建物２	25		4		1			30
6月 6日－6月14日	復原建物３	190		3			1		194
6月13日－6月21日	復原建物１	79					2		81
6月21日－6月28日	復原建物２	62	4				1		67
6月28日－7月 5日	復原建物３	183	11	3	5				202
7月 5日－7月12日	復原建物１	72	1	1	5				79
7月12日－7月19日	復原建物２	76	6	4			4		90
9月27日－10月3日	復原建物３	35	4				2		41
10月 3日－10月12日	復原建物１	17	4					1	22
10月12日－10月18日	復原建物２	3	1						4
10月18日－10月24日	復原建物３	8					1		9
10月24日－10月31日	復原建物１	15	1						16
計		829	34	17	10	1	15	1	907

バエ科の発生消長を反映する。

ハエ取りリボンに捕獲された個体の多くは、調査地周辺の野外に生息する双翅目の昆虫である。この他、甲虫目・半翅目・膜翅目昆虫も捕獲されたが、ほとんどすべてが調査地周辺の野外に生息し、一時的に屋内に侵入した個体であり、木質建材に加害するものとは認められなかった。北代縄文広場の木柵支柱等の劣化状態からヤマトシロアリ有翅虫の捕獲の可能性も考えていたが、今回の調査では得られなかった。クモ類も捕獲されているが、一部は屋外からの侵入、一部は屋内棲の種と思われる。また、ゲジが一個体捕獲されておりこれは屋外からの侵入で、これらは共に昆虫の捕食者である。

しかし、一例、シバンムシの一種（オオナガシバンムシ）が捕獲され、この種の害虫が加害した可能性が考えられた。シバンムシ類等の甲虫類成虫が羽化脱出する時期に集中的に多数のリボンを設置することで、より多くの加害可能性甲虫類が捕獲できるかもしれない。



カツオブシムシ　クロバネキノコバエ
ゲジ　コバチ上科
シロオビカッコウムシ　チョウバエ
オオナガシバンムシ　ユウレイグモ

写真１　捕獲された害虫

写真 1～3 は復原建物１、4 は復原建物２、5～8 は復原建物３で捕獲された。目盛りは１㎜を表している。

オオナガシバンムシ

オオナガシバンムシは、日本特産種とされている大型のシバンムシ類である。近年、関東地方で採集されているほか、静岡県や岩手県、千葉県等で家屋建材への加害が報告され、栃木県日光市の輪王寺本堂の解体修理中に本種による顕著な加害が発見された。貴重な文化財の本種による加害はこれが最初の報告例と思われる。

それらの報告によれば、オオナガシバンムシによる加害は、幼虫による材内部の食害の割には、ヒラタキクイムシ類よりもかじりカス（フラス）の排出が少なく、表面の虫孔も少なく、発見しにくいようである。また、同所では本種以外にも数種のシバンムシ類が採集され、いくつかの種はオオナガシバンムシ同様に加害しているとのことである。

平成 23 年度調査で捕獲されたシバンムシ類は、オオナガシバンムシ 1 個体のみであった。オオナガシバンムシによるものかどうかは現在のところ不明であるが、8 月 9 日の現地調査では、建築材には甲虫類によると思われる虫孔が多数存在し、それらの口径には種々あることから一種のみの加害とも思われない。また、シバンムシ類のみでなく、ヒラタキクイムシ類の加害もあるように思われる。甲虫目カッコウムシ科の 2 個体も捕獲されているが、これらはキクイムシ類の捕食者であり、当調査場所で発生したものである可能性もある。

表３　平成 23 年度調査概要

	復原建物１			復原建物２			復原建物３			合計
	日付	捕獲数	増減	日付	捕獲数	増減	日付	捕獲数	増減	0
第1回	4月19日～5月9日	15		5月9日～5月16日	18		5月16日～5月23日	19		52
第2回	5月23日～5月31日	20	増	5月30日～6月6日	30	増	6月6日～6月13日	194	増	244
第3回	6月13日～6月21日	81	増	6月21日～6月28日	67	増	6月28日～7月5日	202	増	350
第4回	7月5日～7月12日	79	減	7月12日～7月19日	90	増	9月27日～10月3日	41	減	210
第5回	10月3日～10月12日	22	減	10月12日～10月18日	4	減	10月18日～10月24日	9	減	35
第6回	10月24日～10月31日	16	減							16

増減は前回調査比

4.2.2.　平成 24 年度

4 月 18 日～12 月 27 日に復原建物５を対象として実施した。ハエ取りリボンによる捕獲調査によって、ゲジ目 1 科 3 個体、蜘蛛目 2 科 7 個体と双翅目等 6 目 19 科（上科）351 個体の昆虫類、合計 361 個体の節足動物が捕獲された。調査に用いた 30 本のハエ取りリボンの総面積は 11,650 ㎠となった。平均すると、1 本のリボン（355 ㎠）あたり、0.98 個体の節足動物が捕獲されたことになる。

目別では、双翅目が最も多く 304 個体で、なかでもクロバネキノコバエ科が圧倒的に多かった。膜翅目 29 個体で、甲虫目では 13 個体であった。

建物の出入口付近と奥とでは捕獲昆虫数に差が認められ、出入口近くに置かれた 1 番リボンで最も多くの個体が捕獲された。建物中央上部には煙出しがあり、その開口部は出入口より小さいので侵入した個体が多いのであろう。

捕獲昆虫数の季節変動については、4～5 月と 8 月以降は少なく、6 月～7 月に増加している。これは双翅目クロバネキノコバエ科の発生消長を反映する。

ハエ取りリボンに捕獲された個体の多くは、調査地周辺の野外に生息する双翅目の昆虫である。

表４　建物・目別の個体数（平成 24 年度調査）

復原建物	地点	双翅目	膜翅目	甲虫目	鱗翅目	半翅目	総翅目	蜘蛛目	ゲジ目	計
復原建物５	1	223	20	11	1	2		5		262
	2	43	4	1			1	1	1	51
	3	41	5	1	1			1	2	51
計		307	29	13	2	2	1	7	3	364

地点は図４参照

表５　調査日・目別の個体数（平成 24 年度調査）

日付	双翅目	膜翅目	甲虫目	鱗翅目	半翅目	総翅目	蜘蛛目	ゲジ目	計
4月18日－4月25日	3								3
5月 8日－5月16日	8								8
5月31日－6月 8日	41	1	7		2				51
7月18日－7月30日	188	14	5	1			2	2	212
8月23日－8月30日	35	5	1	1			2		44
9月25日－10月4日	24	9				1	3	1	38
10月30日－11月 5日	8								8
12月12日－12月27日									0
計	307	29	13	2	2	1	7	3	364

この他、甲虫目、半翅目、膜翅目昆虫等も捕獲されたが、それらのほとんどすべてが調査地周辺の野外に生息し、一時的に屋内に侵入した個体であり、木質建材に加害するものとは認められなかった。

ヤマトシロアリ有翅虫の捕獲の可能性が考えられていたが、今回の調査では得られなかった。クモ類も捕獲されているが、一部は屋外からの侵入、一部は屋内棲の種と思われる。ゲジが一個体捕獲された。これは屋外からの侵入で、これらは共に昆虫の捕食者である。

表６　平成 24 年度調査概要

	復原建物５		
	日付	捕獲数	増減
第1回	4月18日～4月25日	3	
第2回	5月8日～5月16日	8	増
第3回	5月31日～6月8日	51	増
第4回	7月18日～7月30日	212	増
第5回	8月23日～8月30日	44	減
第6回	9月25日～10月4日	38	減
第7回	10月30日～11月5日	8	減
第8回	12月12日～12月27日	0	減

増減は前回調査比

5.　対策

復原建物の小屋組材や主柱材には多数の甲虫類によると思われる孔が存在し、早急に材の被害程度や強度の調査とともに殺虫などの対策が必要と思われた。

今回は発見できなかったが、ヤマトシロアリにしろ、シバンムシ類にしろ、それらへの加害防止対策は、建築時に材の薬剤処理を充分に行い、湿気対策等の環境整備に注意を払うことが第一である。また、早期に加害痕を発見することで、比較的簡便な殺虫等による対処が可能となる。発見と対処が遅れれば、材そのものの取替えなど大規模な改修が必要となるので、常々の注意が必要である。

引用・参考文献

日本家屋害虫学会編（1995）.「家屋害虫事典」井上書店．468pp.

「文化財の虫菌害と保存対策」(1987)．財団法人文化財虫害研究所．388pp.

小峰幸夫他（2009）．日光山輪王寺本堂におけるオオナガシバンムシ *Priobium cylindricum* による被害事例について．保存科学，48：207-213.

小峰幸夫他 (2011)．日光の歴史的建造物で確認されたシバンムシ類の種類と生態について．保存科学，50：133-140.

坂口諒子（2011）．北代縄文館展示室における有害生物生息調査．富山市の遺跡物語，12：29-32.

表７　ハエ取りリボンによる捕獲結果

復原建物１～３（平成 23 年度）

日付・復原建物	地点	目	科	個体数
4月19日−5月9日 復原建物１	1	双翅目	ノミバエ	2
		双翅目	ハナバエ	2
	2	双翅目	クロバネキノコバエ	2
		双翅目	タマバエ	2
	3	蜘蛛目	クモ類幼生	1
		双翅目	ニセケバエ	1
	4	付着無し	付着無し	0
	5	膜翅目	ヒメバチ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	1
	6	双翅目	クロバネキノコバエ	1
		双翅目	ハナバエ	2
5月9日−5月16日 復原建物２	1	甲虫目	不明甲虫	1
		膜翅目	ホソバネヤドリコバチ	1
		双翅目	カ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	5
	2	双翅目	クロバエ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	1
		双翅目	ニセケバエ	1
	3	蜘蛛目	クモ類幼生	1
		双翅目	ニセケバエ	1
	4	付着無し	付着無し	0
	5	蜘蛛目	クモ類幼生	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	2
		双翅目	ノミバエ	1
	6	双翅目	クロバネキノコバエ	1
5月16日−5月23日 復原建物３	1	蜘蛛目	クモ類幼生	1
		双翅目	イエバエ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	4
		双翅目	タマバエ	1
		双翅目	チョウバエ	2
	2	双翅目	キモグリバエ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	3
		双翅目	チョウバエ	1
		双翅目	トゲハネバエ	1
	3	双翅目	クロバエ	2
		双翅目	クロバネキノコバエ	2
5月23日−5月31日 復原建物１	1	甲虫目	カツオブシムシ	1
		双翅目	イエバエ	2
		双翅目	クロバネキノコバエ	7
		双翅目	チョウバエ	1
		双翅目	ノミバエ	1
	2	双翅目	イエバエ	2
		双翅目	クロバネキノコバエ	2
	3	双翅目	イエバエ	3
		双翅目	チョウバエ	1
5月30日−6月6日 復原建物２	1	半翅目	キジラミ	1
		甲虫目	コメツキムシ	3
		甲虫目	ジョウカイボン	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	13
		双翅目	ユスリカ	1
	2	双翅目	イエバエ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	2
		双翅目	チョウバエ	3
		双翅目	ハナバエ	1
	3	双翅目	クロバネキノコバエ	4
6月6日−6月14日 復原建物３	1	甲虫目	コメツキムシ	2
		双翅目	クロバネキノコバエ	83
		双翅目	タマバエ	3
		双翅目	チョウバエ	3
		双翅目	ノミバエ	2
		双翅目	ハナバエ	2
		双翅目	ユスリカ	1
	2	双翅目	クロバネキノコバエ	43
		双翅目	ショウジョウバエ	1
		双翅目	タマバエ	2
		双翅目	フンバエ	1
	3	蜘蛛目	ユウレイグモ	1
		甲虫目	ハネカクシ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	47
		双翅目	チョウバエ	2
6月13日−6月21日 復原建物１	1	双翅目	クロバネキノコバエ	35
		双翅目	ショウジョウバエ	1
		双翅目	チョウバエ	2
	2	蜘蛛目	コモリグモ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	17
		双翅目	タマバエ	1
		双翅目	チョウバエ	2
	3	蜘蛛目	コモリグモ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	14
		双翅目	タマバエ	5
		双翅目	ショウジョウバエ	1
		双翅目	チョウバエ	1
6月21日−6月28日 復原建物２	1	膜翅目	コバチ上科	1
		膜翅目	ヒメバチ	1
		双翅目	イエバエ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	33
		双翅目	チョウバエ	6
		双翅目	ハナバエ	1
	2	蜘蛛目	コモリグモ	1
		膜翅目	コバチ上科	1
		膜翅目	ヒメバチ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	13
		双翅目	タマバエ	1
		双翅目	チョウバエ	1
	3	双翅目	クロバネキノコバエ	5
		双翅目	チョウバエ	1
6月28日−7月5日 復原建物３	1	甲虫目	カッコウムシ※1	1
		鱗翅目	メイガ	2
		膜翅目	コバチ上科	7
		膜翅目	ヒメバチ	2
		双翅目	クロバネキノコバエ	110
		双翅目	チョウバエ	2
		双翅目	ユスリカ	1
	2	甲虫目	シバンムシ※2	1
		鱗翅目	メイガ	3
		双翅目	クロバネキノコバエ	36
		双翅目	タマバエ	1
	3	甲虫目	ゴミムシダマシ	1
		膜翅目	ヒメバチ	2
		双翅目	クロバネキノコバエ	33
7月5日−7月12日 復原建物１	1	甲虫目	ケシキスイ	1
		鱗翅目	メイガ	2
		膜翅目	ヒメバチ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	37
		双翅目	ショウジョウバエ	2
		双翅目	タマバエ	1
		双翅目	ユスリカ	1
	2	鱗翅目	メイガ	2
		双翅目	クロバネキノコバエ	18
		双翅目	チョウバエ	1
	3	鱗翅目	メイガ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	12
7月12日−7月19日 復原建物２	1	蜘蛛目	ユウレイグモ	1
		膜翅目	コバチ上科	1
		膜翅目	ヒメバチ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	48
		双翅目	ニセキノコバエ	1
	2	蜘蛛目	ユウレイグモ	1
		甲虫目	カッコウムシ※3	1
		甲虫目	ケシキスイ	1
		甲虫目	ハナノミ	1
		膜翅目	コバチ上科	2
		膜翅目	ヒメバチ	2
		双翅目	イエバエ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	12
	3	蜘蛛目	ユウレイグモ	2
		甲虫目	ケシキスイ	1
		双翅目	イエバエ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	12
		双翅目	チョウバエ	1
9月27日−10月3日 復原建物３	1	膜翅目	コバチ上科	1
		膜翅目	ホソバネヤドリコバチ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	13
		双翅目	チョウバエ	2
	2	蜘蛛目	ユウレイグモ	1
		膜翅目	コバチ上科	2
		双翅目	クロバネキノコバエ	11
	3	蜘蛛目	クモ類幼生	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	9
10月3日−10月12日 復原建物１	1	膜翅目	コバチ上科	3
		双翅目	カ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	1
		双翅目	キノコバエ	1
		双翅目	チョウバエ	1
	2	ゲジ目	ゲジ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	4
		双翅目	ノミバエ	1
		双翅目	チョウバエ	1
	3	膜翅目	アリガタバチ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	5
		双翅目	ユスリカ	2
10月12日−10月18日 復原建物２	1	膜翅目	コバチ上科	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	1
		双翅目	ニセキノコバエ	1
		双翅目	イエバエ	1
	2	付着無し	付着無し	0
	3	付着無し	付着無し	0
10月18日−10月24日 復原建物３	1	蜘蛛目	クモ類幼生	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	2
		双翅目	キノコバエ	1
		双翅目	ノミバエ	3
	2	双翅目	クロバネキノコバエ	1
	3	双翅目	クロバネキノコバエ	1
10月24日−10月31日 復原建物１	1	双翅目	イエバエ	9
		双翅目	クロバネキノコバエ	2
		双翅目	チョウバエ	1
	2	付着無し	付着無し	0
	3	膜翅目	アリ	1
		双翅目	ショウジョウバエ	1
		双翅目	ノミバエ	1
		双翅目	チョウバエ	1

※1 シロオビカッコウムシ：キクイムシの孔に入り捕食。倒木・薪上に見る。

※2 オオナガシバンムシ：家屋建材への加害有り。被害樹種はさまざま。

※3 ツマグロツツカッコウムシ：キクイムシの孔に入り捕食。倒木・薪上に見る。

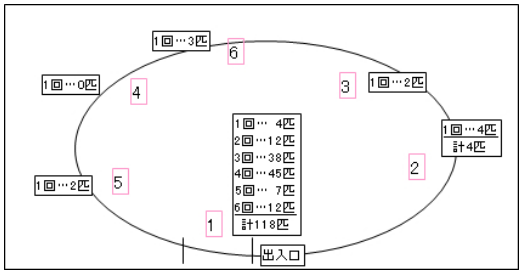
復原建物５（平成 24 年度）

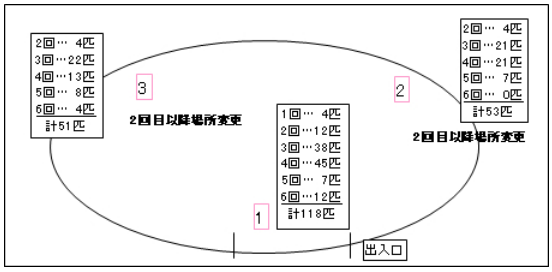
日付	地点	目	科	個体数
4月18日−4月25日	1	双翅目	クロバネキノコバエ	3
	3	付着無し	付着無し	0
	5	付着無し	付着無し	0
5月8日−5月16日	1	双翅目	クロバネキノコバエ	5
	3	双翅目	クロバネキノコバエ	3
	5	付着無し	付着無し	0
5月31日−6月8日	1	半翅目	キジラミ	2
		甲虫目	ハネカクシ	7
		膜翅目	コバチ上科	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	27
		双翅目	ツノキノコバエ	2
		双翅目	ユスリカ	1
	3	双翅目	クロバネキノコバエ	7
	5	双翅目	クロバネキノコバエ	4
7月18日−7月30日	1	蜘蛛目	クモ類幼生	1
		甲虫目	ハネカクシ	1
		甲虫目	ケシキスイ	1
		甲虫目	ゴミムシダマシ	1
		鱗翅目	メイガ	1
		膜翅目	コバチ上科	10
		双翅目	クロバネキノコバエ	125
		双翅目	ノミバエ	4
	3	甲虫目	ハナノミ	1
		膜翅目	コマユバチ	1
		膜翅目	コバチ上科	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	24
		双翅目	ノミバエ	1
		双翅目	キノコバエ	1
	5	蜘蛛目	ユウレイグモ	1
		ゲジ目	ゲジ	2
		甲虫目	ゴミムシダマシ	1
		膜翅目	コバチ上科	2
		双翅目	クロバネキノコバエ	30
		双翅目	ノミバエ	2
		双翅目	タマバエ	1
8月23日−8月30日	1	蜘蛛目	クモ類幼生	2
		甲虫目	ハネカクシ	1
		膜翅目	ヒメバチ	5
		双翅目	クロバネキノコバエ	27
		双翅目	ニセケバエ	1
	3	双翅目	クロバネキノコバエ	4
		双翅目	ニセケバエ	1
	5	鱗翅目	メイガ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	2
9月25日−10月4日	1	蜘蛛目	クモ類幼生	2
		膜翅目	ヒメバチ	2
		膜翅目	コバチ上科	1
		膜翅目	タマゴヤドリコバチ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	18
		双翅目	ニセケバエ	2
	3	蜘蛛目	クモ類幼生	1
		ゲジ目	ゲジ	1
		総翅目	アザミウマ	1
		膜翅目	コバチ上科	2
		双翅目	クロバネキノコバエ	1
		双翅目	タマバエ	1
	5	膜翅目	ヒメバチ	1
		膜翅目	コバチ上科	1
		膜翅目	タマゴヤドリコバチ	1
		双翅目	クロバネキノコバエ	2
10月30日−11月5日	1	双翅目	クロバネキノコバエ	6
		双翅目	ハナバエ科	2
	3	付着無し	付着無し	0
	5	付着無し	付着無し	0
12月12日−12月27日	1	付着無し	付着無し	0
	3	付着無し	付着無し	0
	5	付着無し	付着無し	0

復原建物１

	地点１						地点２						地点３						地点４	地点５	地点６	合計
種類/設置回数	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	1	1	
アリ																		1				1
アリガタバチ																	1					1
イエバエ		2				9		2						3								16
カ					1																	1
カツオブシムシ		1																				1
キノコバエ					1																	1
クモ類幼生													1									1
クロバネキノコバエ		**7**	**35**	**37**	**1**	**2**	**2**	**2**	**17**	**18**	**4**				**14**	**12**	**5**			**1**	**1**	**158**
ケシキスイ				1																		1
ゲジ											1											1
コバチ上科					3																	3
コモリグモ									1						1							2
ショウジョウバエ			1	2											1			1				5
タマバエ				1			2		1						5							9
チョウバエ		1	2		1	1			2	1	1			1	1			1				12
ニセケバエ													1									1
ノミバエ	2	1									1							1				5
ハナバエ	2																				2	4
ヒメバチ				1																1		2
メイガ				2						2						1						5
ユスリカ				1													2					3
計	4	12	38	45	7	12	4	4	21	21	7	0	2	4	22	13	8	4	0	2	3	233
合計	118						57						53						0	2	3	

設置地点と捕獲数





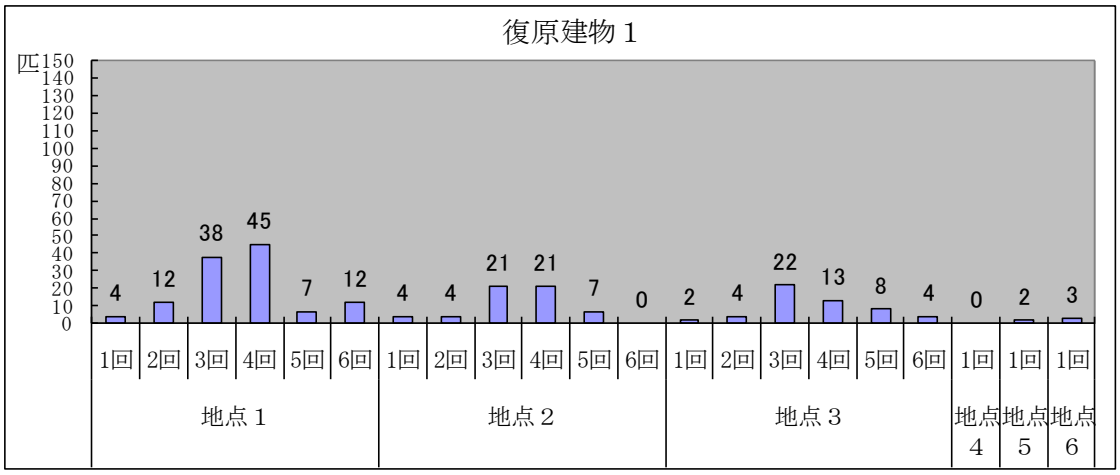
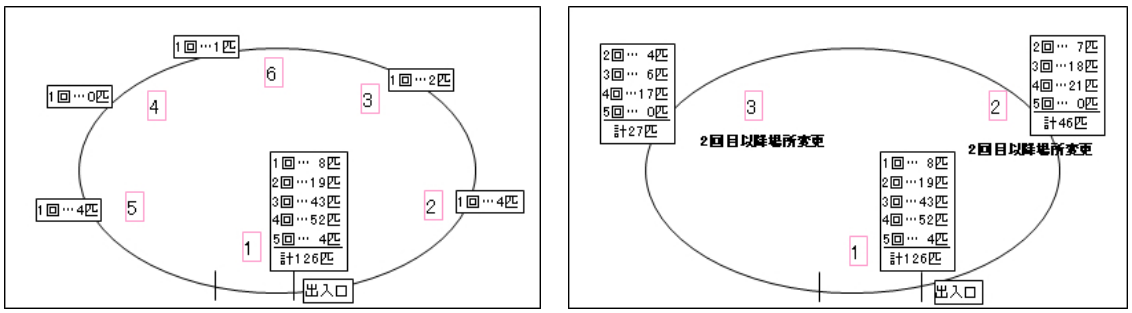


図１　復原建物１の調査結果

復原建物２

	地点１					地点２					地点３					地点４	地点５	地点６	合計
種類/設置回数	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	1	1	
イエバエ			1		1		1		1					1					5
カ	1																		1
カッコウムシ									1										1
キジラミ		1																	1
クモ類幼生											1	4	5				1		11
クロバエ						1													1
クロバネキノコバエ	**5**	**13**	**33**	**48**	**1**	**1**	**2**	**13**	**12**					**12**			**2**	**1**	**143**
ケシキスイ									1					1					2
コバチ上科			1	1	1			1	2										6
コメツキムシ		3																	3
コモリグモ								1											1
ジョウカイボン		1																	1
タマバエ								1											1
チョウバエ			6				3	1					1	1					12
ニセキノコバエ				1	1	1													3
ニセケバエ						1					1								2
ノミバエ																	1		1
ハナノミ									1										1
ハナバエ			1				1												2
ヒメバチ			1	1				1	2										5
ホソバネヤドリコバチ	1																		1
ユウレイグモ				1					1					2					4
ユスリカ		1																	1
不明甲虫	1																		1
計	8	19	43	52	4	4	7	18	21	0	2	4	6	17	0	0	4	1	210
合計					126					50					29	0	4	1	

設置地点と捕獲数



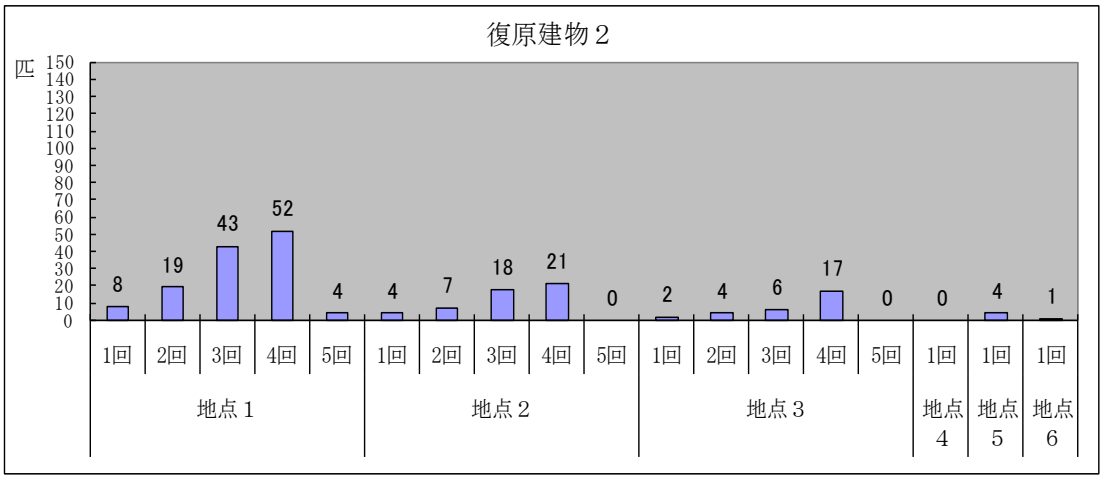
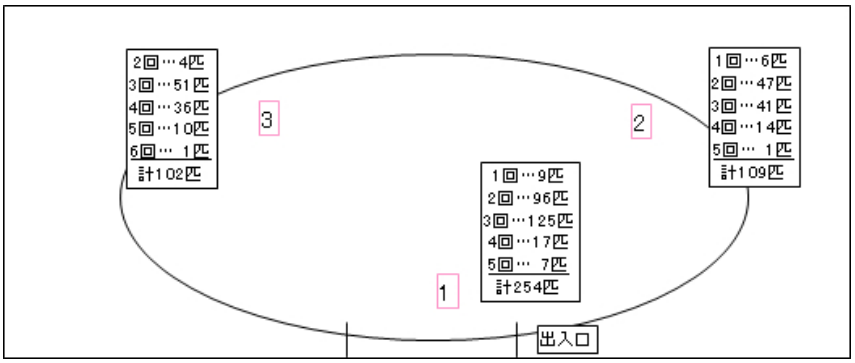


図２　復原建物２の調査結果

復原建物３

	地点１					地点２					地点３					
種類/設置回数	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	合計
イエバエ	1															1
カッコウムシ			1													1
キノコバエ					1											1
キモグリバエ						1										3
クモ類幼生	1				1									1		3
クロバエ											2					2
クロバネキノコバエ	**4**	**83**	**110**	**13**	**2**	**3**	**43**	**36**	**11**	**1**	**2**	**47**	**33**	**9**	**1**	**398**
コバチ上科			7	1					2							10
ゴミムシダマシ													1			1
コメツキムシ		2														2
シバンムシ								1								1
ショウジョウバエ							1									1
タマバエ	1	3					2	1								7
チョウバエ	2	3	2	2		1						2				12
トゲハネバエ						1										1
ノミバエ		2			3											5
ハナバエ		2														2
ハネカクシ												1				1
ヒメバチ			2										2			4
フンバエ							1									1
ホソバネヤドリコバチ				1												1
メイガ			2					3								5
ユウレイグモ									1			1				2
ユスリカ		1	1													2
計	9	96	125	17	7	6	47	41	14	1	4	51	36	10	1	467
合計					254					109					102	

設置地点と捕獲数



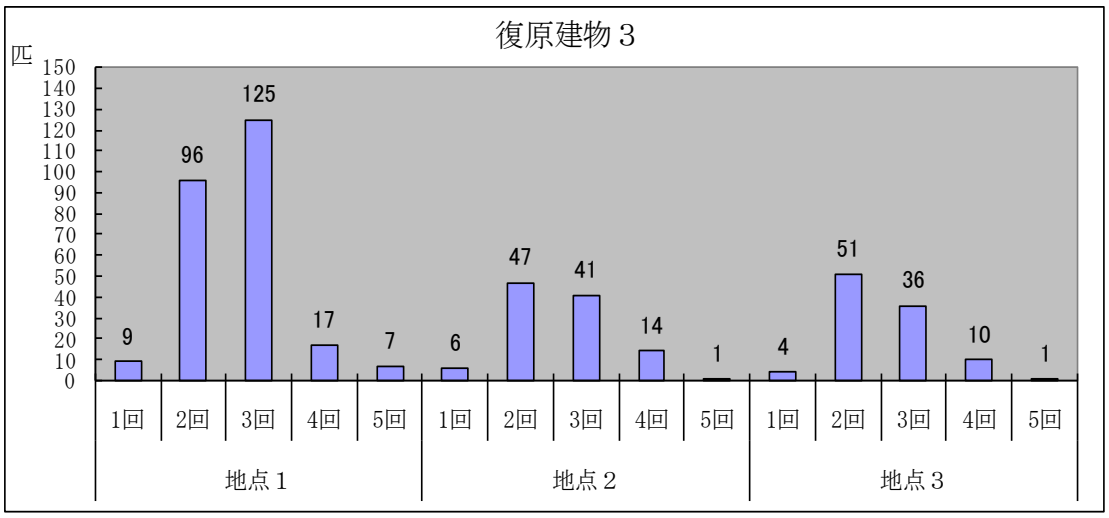
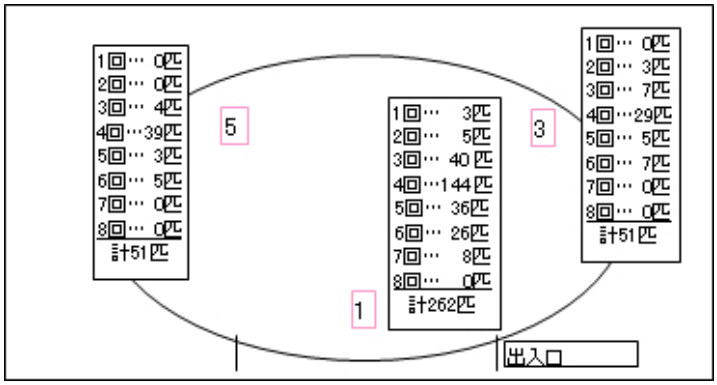


図３　復原建物３の調査結果

復原建物５

	地点１								地点３								地点５								
種類/設置回数	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	合計
アザミウマ														1											1
キジラミ			2																						2
キノコバエ												1													1
クモ類幼生				1	2	2								1											6
クロバネキノコバエ	**3**	**5**	**27**	**125**	**27**	**18**	**6**			**3**	**7**	**24**	**4**	**1**					**4**	**30**	**2**	**2**			**288**
ケシキスイ				1																					1
ゲジ														1						2					3
コバチ上科			1	10		1						1		2						2		1			18
コマユバチ												1													1
ゴミムシダマシ				1																1					2
タマゴヤドリコバチ						1																1			2
タマバエ														1						1					2
ツノキノコバエ			2																						2
トゲハネバエ																									0
ニセケバエ					1	2							1												4
ノミバエ				4								1								2					7
ハナノミ												1													1
ハナバエ科							2																		2
ハネカクシ			7	1	1																				9
ヒメバチ					5	2																1			8
メイガ				1																	1				2
ユウレイグモ																				1					1
ユスリカ			1																						1
計	3	5	40	144	36	26	8	0	0	3	7	29	5	7	0	0	0	0	4	39	3	5	0	0	
合計	262								51								51								364

設置地点と捕獲数



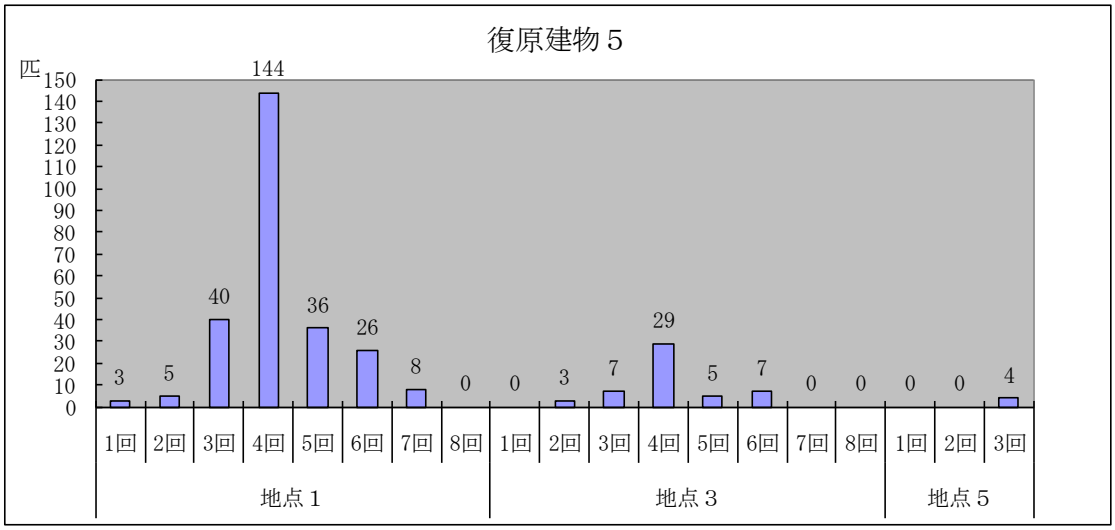


図４　復原建物５の調査結果

３　復原建物１～４の木材劣化診断

岡田浩二・藤井義久・小黒智久

1. 木材劣化診断の実施に至る経過

平成 22 年 12 月 22 日に開催した第 1 回史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議において、主柱や垂木など復原建物の建築材がどの程度劣化しているのか、専門家による診断を経て今後の会議での検討に資することが決定された。それに先立ち、専門家会議の委員である藤井による復原建物木材の予備調査が行われ、木材劣化診断も藤井の指導の下で同時に実施された。

復原建物の劣化や修理にかかる国・県・市の基準は定められていないため、公益社団法人日本木材保存協会（昭和 49 年設立）の認定資格「木材劣化診断士」の有資格者を有する専門業者に診断を委託した。

木材劣化診断士は木材の生物劣化（腐朽と虫害）の診断技術の専門家で、診断は一次（視診・触診・打診など）、二次（機器類使用：含水率計測・穿孔抵抗測定・超音波伝播速度測定など）、三次（精密診断：培養・遺伝子による識別など）に区分される。本再整備事業では、基本的に一次および二次診断（含水率測定）を行い、劣化診断報告書は木材保存協会等からの専門的意見を得て、その指導の下でまとめた。藤井は木材保存協会の木材劣化診断士委員会の委員長でもあり、藤井と連携しながら劣化診断を行った。

平成 22 年度に実施した復原建物１・４の木材劣化診断は、藤井による二次診断（穿孔抵抗測定・超音波伝播速度測定）が追加され、以後の評価にあたっての基礎となった。以下、建物ごとの劣化診断報告を提示する。これを踏まえ、復原建物修理計画が立案・実施された。末尾に、藤井による総括を記す。（小黒）

2. 木材劣化診断報告

2.1.　復原建物１（竪穴住居）

2.1.1.　概要

復原建物１は、建築面積 70.3 ㎡で、5 本の主柱（栗材、φ130～210 ㎜）および 26 本の垂木（栗材、φ130～160 ㎜）を主構造材とした土屋根住居である。平成 15 年に上屋解体修繕（市単独修繕）が実施され、屋根面に防水シート（ウルトラチャンピオン）、調湿建材（ヒューミライト）が追加された。垂木材（栗材）は当初φ80 ㎜を 40 本用いたが、太くして本数が減らされた。小舞材にはすべて旧垂木材が転用された。主柱 1 を除き、その他の主柱は当初のものがそのまま継続使用された。土留丸太は旧材と同規模の新材に更新された。日常管理として、乾燥および燻蒸効果を期待し、週に数回内部で薪を焚いている。

2.1.2.　診断の概要

診断日：平成 22 年 11 月 24 日　9：00～15：00　晴れ（補足診断を 12 月 5 日に実施）

実施者：岡田（報告者）

目　的：対象木部の生物劣化に関する現況の把握、および施工方法の改善の提案

診断方法：一次診断（視診、触診、打診、突刺し診）

診断結果の評価にあたり、京都大学大学院農学研究科の藤井准教授（当時）・藤原研究員（当時）による二次診断（含水率測定、超音波伝播速度測定、穿孔抵抗測定）の結果（表２・図２）も参考にした。

2.1.3.　診断結果

表１　復原建物１の木材劣化診断結果

生物劣化	項目	所見	部位と評価	今後の対応
虫害	進行性のシロアリ被害	認められない		
	シロアリ被害の痕跡	認められる	屋根の小舞材（写真 1）に蟻害が認められるものの、本材は解体修理前に垂木として用いられた材を転用したと推測され、修理後の被害でないと推定される。	被害部位は大きな荷重を受けていない。
	その他の木材加害昆虫の被害	認められる	一部の梁、主柱に虫害が認められる。現状では、重大な被害とは思われないが、主柱 3 では新しい被害も認められる。	被害が進行性であるため、定期的な点検が必要。
腐朽	進行性の腐朽および腐朽の痕跡	認められる	主柱1以外の主柱では下部に白色の菌糸が認められ、腐朽が進行している。主柱 1 も腐朽の痕跡が認められ、含水率が高いことから進行性の可能性が高い。	被害が進行性であるため、定期的な点検が必要。
	腐朽の兆候	可能性がある	垂木については、一次診断では劣化が認められないものの、含水率がやや高く、超音波測定では劣化の可能性があると思われる材がある。 土留丸太の土中埋設部分は腐朽している可能性が高いものの、穿孔抵抗測定の結果から強度低下は軽微と判断できる。	定期的に点検した方が良い。
劣化促進環境	雨水・雨仕舞	比較的良好	内部に雨染み等はなく、雨天時に確認したが、雨漏りは発生していない。ただ、出入口から雨水が浸入し、土間が濡れることはあり、柱下部の含水率が高い原因となっている。外部側は暴露状況だが、常に雨水が溜まっているところはない。ただし、土被りの部分は腐朽・虫害の危険性が高い。	土間および地面に接する木材の防腐防蟻対策が望まれる。
	日照	良好	日当たりや通風は良好である	
その他	日常メンテナンス	良好	土間および地面に接する部分以外は気乾状態を保持しており良好。週数回の薪を焚く行為は有効と思われる。ただし、新規の虫害が認められ、燻蒸効果に過度の期待はできない。	

表２　復原建物１の含水率・超音波伝播速度測定結果

部材名	材No.	測定箇所	含水率測定		超音波伝播速度測定				所見
			含水率 (%)	平均 (%)	時間 (μs)	直径 (mm)	速度 (m/s)	平均速度 (m/s)	
主柱	主柱1	上	14	19	70	144	2057	1891	菌糸は認められないが、下部に初期の腐朽あり。
		中	15		74	146	1973		
		下	29		95	156	1642		
	主柱2	上	16	18	128	175	1367	1477	下部に白色の菌糸が認められ、初期の腐朽が進行している。
		中	15		97	167	1722		
		中下			155	208	1342		
		下	22		測定不能				
	主柱3	上	12	15	65	127	1954	1861	下部に白色の菌糸があるほか、新しい乾材虫の被害も認められる。
		中	14		69	136	1971		
		下	20		79	131	1658		
	主柱4	上	14	18	93	184	1978	1789	下部に白色の菌糸が認められ、初期の腐朽が進行している。
		中	15		101	187	1851		
		下	25		132	203	1538		
	主柱5	上	12	16	105	174	1657	1647	下部に白色の菌糸が認められ、初期の腐朽が進行している。
		中	13		101	181	1792		
		下	22		134	200	1493		
垂木	垂木1	下	17		80	150	1875		劣化は認められない。
	垂木2	下	12		112	142	1268		
	垂木3	下	15		83	147	1771		
	垂木4	下	17		82	153	1866		
	垂木5	下	17		84	147	1750		
	垂木6	下	15		77	140	1818		
	垂木7	下	17		108	152	1407		
	垂木8	下	16		82	152	1854		
	垂木9	下	21		77	139	1805		
	垂木10	下	17		90	140	1556		
	垂木11	下	15		73	135	1849		
	垂木12	下	19		83	148	1783		
	垂木13	下	17		73	133	1822		
	垂木14	下	21		79	137	1734		
	垂木15	下	15		79	150	1899		
	垂木16	下	17		75	138	1840		
	垂木17	下	19		100	162	1620		
	垂木18	下	18		99	161	1626		
	垂木19	下	19		92	148	1609		
	垂木20	下	17		82	149	1817		
	垂木21	下	18		87	153	1759		
	垂木22	下	17		74	144	1946		
	垂木23	下	13		85	150	1765		
	垂木24	下	23		83	141	1699		
	垂木25	下	15		81	155	1914		
	垂木26	下	17		85	153	1800		

主柱2は超音波伝播速度が遅く、内部の欠損や空洞化が懸念される。

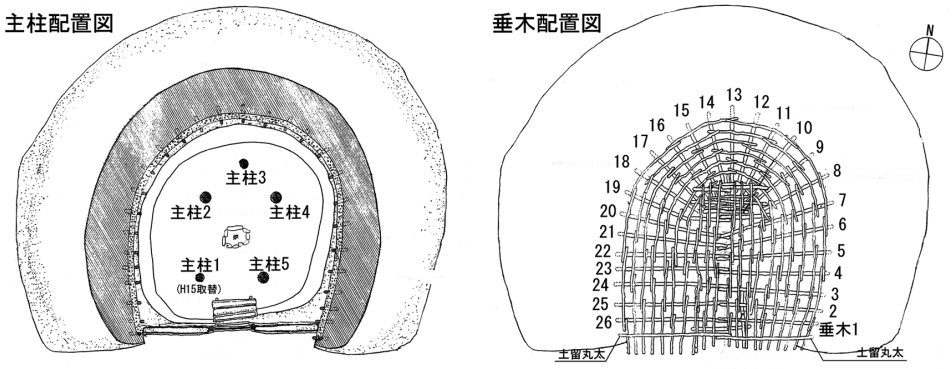
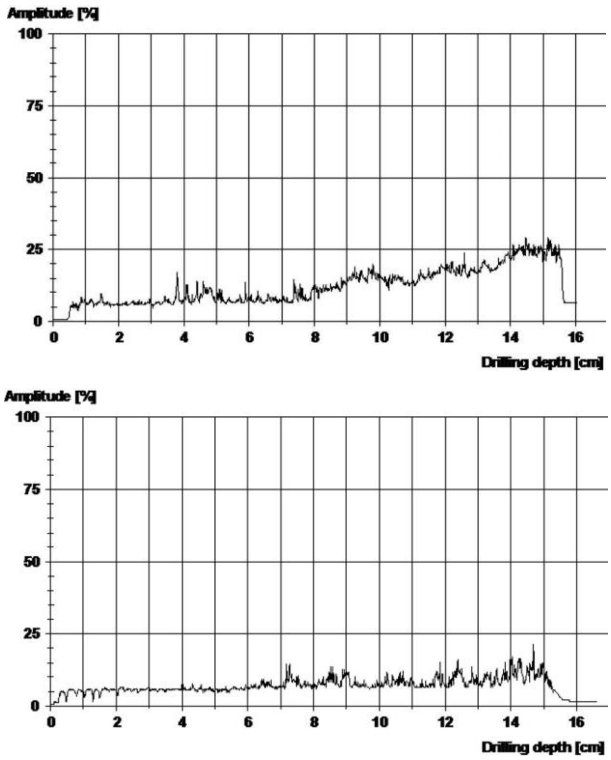


図１　復原建物１の主柱と垂木の配置：1/140

穿孔抵抗測定対象試料（矢印の土留丸太）

穿孔箇所アップ（屋根土を除去して目視調査後、レジストグラフで穿孔試験を行った）



横軸は穿孔深さ(cm)、縦軸は穿孔抵抗（相対値）

図２　復原建物１の土留丸太の穿孔抵抗測定結果

2.1.4.　小結

小屋組材は含水率が低く保持されており、腐朽の危険性は小さい。外部に暴露されている木材は腐朽の危険性があるものの、現状の腐朽度は低い。懸念されるのは 5 本の主柱の下部の腐朽である。すべての主柱の表面に腐朽が認められ、特に主柱 2 では穿孔抵抗測定値から内部にも芯腐れ等による空洞化が推定される。現状では、大きな強度低下とは思われないが、定期的な調査が必要と思われる。

2.1.5.　維持管理上の留意事項

市単独修繕で追加敷設された防水シート・調湿建材の効果はあると思われる。週に数回行われている、屋内で薪を焚く処置も防腐効果はあると思われるが、防虫効果に過度の期待はできない。現状では、早急に補修する必要はないと思われるが、下部の腐朽進行には留意が必要である。修理工事の際は、主柱の下部に防湿処理を講じるか、あるいは主柱材の防腐処理を講じることが望まれる。

2.2.　復原建物２（竪穴住居）

2.2.1.　概要

復原建物２は、建築面積 79 ㎡で、6 本の主柱（栗材、φ150～200 ㎜）および 28 本の垂木（栗材、φ120～150 ㎜）を主構造材とした土屋根住居である。平成 15 年に上屋解体修繕（市単独修繕）が実施され、屋根面に防水シート（ウルトラチャンピオン）、調湿建材（ヒューミライト）が追加された。垂木材（栗材）は当初φ80 ㎜を 50 本用いたが、太くして本数が減らされ、屋根面に防水シート、調湿建材が追加された。この他、桁 1 本が更新された。主柱は当初のものがそのまま継続使用されている。日常管理として、乾燥および燻蒸効果を期待し、週に数回内部で薪を焚いている。

2.2.2.　診断の概要

診断日：平成 23 年 12 月 22 日　8：45～11：00　曇り

実施者：岡田（報告者）

目　的：対象木部の生物劣化に関する現況の把握、および施工方法の改善の提案

診断方法：一次診断（視診、触診、打診、突刺し診）、二次診断（含水率測定）

2.2.3.　診断結果

表３　復原建物２の木材劣化診断結果

生物劣化	項目	所見	部位と評価	今後の対応
虫害	進行性のシロアリ被害	認められない		
	シロアリ被害の痕跡	認められない		
	その他の木材加害昆虫の被害	認められる	多くの梁、主柱に虫害が認められる。現状では、重大な被害とは思われないが、穿孔の状態から過去1年以内に発生したものと思われ、継続、新規に発生の可能性あり。	被害が進行性であるため、定期的な点検が必要。

腐朽	進行性の腐朽および腐朽の痕跡	認められる	すべての主柱に腐朽の痕跡および菌糸が認められ、進行性の腐朽である。土間部分は常に水分が多く、主柱下部の含水率が高い状況にある。	被害が進行性であり、定期的な点検または補修が必要。
	腐朽の兆候	認められない（主柱以外）	主柱以外の部材は良好である。ただし、垂木は土に触れる部分もあり、注意が必要である。	定期的に点検した方が良い。
劣化促進環境	雨水・雨仕舞	比較的良好	屋内に雨染み等はなく、通常時では屋根からの雨漏りが発生していない。ただし、土間は常に浸潤状態であり、主柱下部の含水率が高い原因となっている。土間部分の浸潤の原因は断定できないが、出入口からの雨水の浸入、土壌からの浸み上がり等が考えられる。	土間および地面に接する木材の防腐防蟻対策が望まれる。
	日照	良好	通風は良好である。内部の日当たりは悪い。	
その他	日常メンテナンス	良好	土間以外は気乾状態を保持しており良好である。週数回の薪を焚く行為は有効と思われる。ただし、新規の虫害が認められ、燻蒸効果に過度の期待はできない。	

2.2.4.　小結

小屋組材は含水率が低く保持されており、現状では腐朽が認められず、また腐朽の危険性も小さい。乾材害虫の穿孔がところどころで認められるものの、現状では構造耐力としての問題がないと思われる。問題となるのは 6 本の主柱下部の腐朽である。すべての主柱の下部表面に腐朽が認められ、白い菌糸の存在および主柱下部の含水率の高さから、今後も進行していくと想定される。特に主柱 5 は、現時点で断面積の 50%以上が欠損または耐力低下しており、交換または補修処置が早期に必要と思われる。

2.2.5.　維持管理上の留意事項

市単独修繕で追加敷設された防水シート・調湿建材の効果はあると思われる。週に数回行われている、屋内で薪を焚く処置も防腐効果はあると思われるが、十分な防虫効果は期待できない。主柱下部の腐朽進行には留意が必要で、出入口からの雨水の浸入防止策や土壌からの浸み上がり防止策の実施による土間の乾燥化が必要である。修理工事の際は、主柱の下部に防湿処理を講じるか、あるいは主柱材の防腐処理を講じることが望まれる。

2.3.　復原建物３（竪穴住居）

2.3.1.　概要

復原建物３は、建築面積 85.7 ㎡で、土屋根を主柱 7 本で支える土屋根住居である。平成 18 年の上屋解体修繕（市単独修繕）で、屋根面に防水シート（ウルトラチャンピオン）が追加された。主柱や堰板、刻み梯子は当初の材が継続使用されている。日常管理として、乾燥および燻蒸効果を期待し、週に数回内部で薪を焚いている。復原建物１・２とは堰板の有無、および杈首・垂木尻への防水シート巻付による保護対策の有無が異なる。

2.3.2.　診断の概要

診断日：平成 25 年 1 月 17 日　13：00～15：30　曇り

実施者：岡田（報告者）

目　的：対象木部の生物劣化に関する現況の把握、および施工方法の改善の提案

診断方法：一次診断（視診、触診、打診、突刺し診）、二次診断（含水率測定）

2.3.3.　診断結果

表４　復原建物３の木材劣化診断結果

生物劣化	項目	所見	部位と評価	今後の対応
虫害	進行性のシロアリ被害	認められない		
	シロアリ被害の痕跡	認められない		
	その他の木材加害昆虫の被害	認められる	多くの梁、主柱に虫害（甲虫による穿孔）が認められる。現状では重大な被害とは思われないが、新しい穿孔跡が認められ、虫害は進行している可能性がある。	被害が進行性であるため、定期的な点検が必要。
腐朽	進行性の腐朽および腐朽の痕跡	認められる	すべての主柱の地際部に腐朽症状が認められる。明確な菌糸は認められないが、既往の調査結果から症状の認められる地際部の含水率は 30%以上あるものと思われ、進行性の腐朽である可能性がある。 屋根を支えるほぼすべての杈首・垂木の地際部に腐朽の症状が認められ、主柱と同様に進行性の腐朽である可能性がある。 屋根の小舞は濡れた樹皮（写真 3）に接した部材で腐朽が認められ、部分的には内部まで腐朽領域が広がっていた。 堰板は著しい腐朽が認められ、特に一部では菌糸および子実体もあり、進行性と判定した。	被害が進行性であり、定期的な点検または補修が必要。
	腐朽の兆候	比較的良好	土と接触していない部材は良好である。	定期的に点検した方が良い。
劣化促進環境	雨水・雨仕舞	一部で不完全な部分がある	屋根の下部側の樹皮に濡れが認められ、それに接する小舞が腐朽している。堰板で留められている土が湿潤な状態で（写真 4）、防水シート下部の処置が不完全である可能性がある。 土間も全体的にやや湿潤であり、屋根周りからの水分の影響または出入口からの雨水の浸入の可能性もある。	土に接する木材の防腐防蟻対策が望まれる。屋根の下部側の防水処置の見直しも必要。
	日照	良好	通風は良好である。内部の日当たりは悪い。	
その他	日常メンテナンス	良好	土に接している部材以外は気乾状態を保持しており良好。週数回の薪を焚く行為は上部の部材を乾燥状態に保つ為には有効と思われる。ただし、新規の虫害が認められ、燻蒸効果に過度の期待はできない。	

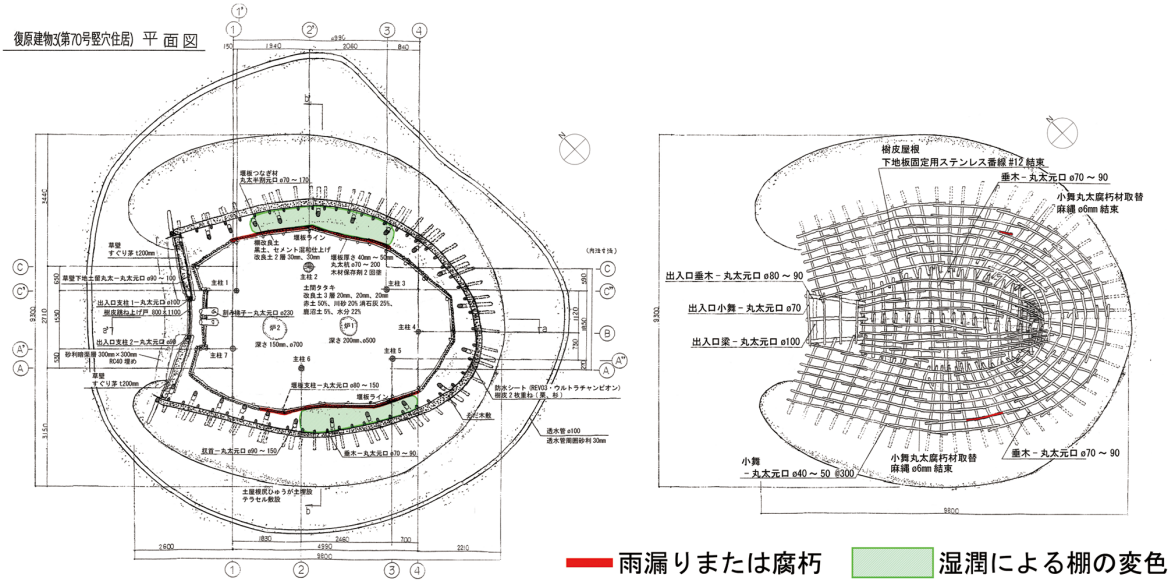


図３　復原建物３の雨漏り箇所

2.3.4.　小結

桁・梁といった土または樹皮と接しない木材は含水率が低く保持されており、現状では腐朽が認められず、また腐朽の危険性も小さい。甲虫の穿孔がところどころで認められるものの、現状では、構造耐力としての問題はないと思われる。

問題となるのは７本の主柱および杈首・垂木の下部、一部の小舞の腐朽である。すべての主柱、杈首・垂木の下部表面に腐朽が認められ、現状では大きな強度低下にいたっていないが、腐朽が進行していく可能性はある。小舞については一部で著しい腐朽がある。現状では数ヶ所だけであり、小舞の役割を考慮すれば補修の必要性は緊急でないものの、取替えが必要な状況である。

補修計画には部材の取替えのほか、部材と接する土の乾燥状態を保つ処置、部材の防腐処置を入れることが必要である。他の復原建物と比較して棚が湿潤状態で、特に隣接する復原建物２と比較して部分的に明瞭な棚の湿潤が認められる（図３）ことから、屋根面の防水シートの不具合による雨水の浸入が考えられ、防水シートの再施工が望まれる。部材の防腐処置については、少なくとも土が接する部分は防腐処理を講じることが望まれる。

2.3.5.　維持管理上の留意事項

週に数回行われている、内部で薪を焚く処置は防腐効果があると思われるが、十分な防虫効果は期待できない。主柱下部、垂木・杈首下部、小舞の腐朽進行に留意が必要である。

復原建物としての性質上、完全に部材を防腐防蟻処理、乾燥状態に保つことは困難であり、定期的な木材劣化診断を実施することが維持保全に重要と考えられる。木材劣化診断については復原建物の重要部材がすべて目視で確認できること、部材寸法が小さいことから、新設・既設とも 5 年程度を目安に一次診断を定期的に行い、一次診断で二次・三次診断が必要と判断された場合には専門家による診断を実行する対応でよいと考える。

2.4.　復原建物４（高床倉庫）

2.4.1.　概要

復原建物４は、建築面積 10.4 ㎡で、6 本の主柱（栗材、φ190～260 ㎜）を構造木材とした屋根倉形式の高床倉庫である。平成 16 年の劣化材取替（市単独修繕）で、主柱 4 のみ取替えられたが、土中埋設部分の保護対策はない。その他の主柱は継続使用されている。

2.4.2.　診断の概要

診断日：平成 22 年 11 月 24 日　9：00～15：00　晴れ（補足診断を 12 月 5 日に実施）

実施者：岡田（報告者）

目　的：対象木部の生物劣化に関する現況の把握、および施工方法の改善の提案

診断方法：一次診断（視診、触診、打診、突刺し診）

評価にあたり、京都大学大学院の藤井准教授（当時）・藤原研究員（当時）による二次診断（含水率測定、超音波伝播速度測定、穿孔抵抗測定）の結果（表６）も参考にした。

2.4.3.　診断結果

表５　復原建物４の木材劣化診断結果

生物劣化	項目	所見	部位と評価	今後の対応
虫害	進行性のシロアリ被害	認められない		
	シロアリ被害の痕跡	認められない		
	その他の木材加害昆虫の被害	認められる	ほとんどの主柱、梁、桁に虫害が認められる。現状では、重大な被害とは思われないが、一部の材に多くの穿孔がある。進行性については不明。	定期的な点検が必要。
腐朽	進行性の腐朽	認められる	一部の垂木（写真 5）に明確な菌糸が認められ、腐朽が進行している。	定期的な点検が必要。
	腐朽の痕跡	認められる	母屋桁、小舞（写真 6）に腐朽が認められる。藻類も付着しており、進行性の可能性も高い。ほとんどの柱の下部に腐朽が認められる。特に主柱 6 では腐朽による欠損が大きい。梯子材は腐朽の程度が大きい。	主柱 6 は補修の必要性あり。梯子材は早急な対応が必要。
	腐朽の兆候	認められない	小屋組材、床材については腐朽が認められず、含水率も低い。	
劣化促進環境	雨水・雨仕舞	比較的良好	内部に雨染み等はなく、雨天時に確認したが、雨漏りは発生していない。ただし、母屋桁を縛る縄に雨染みがあり、雨水が浸入した可能性はある。主柱、梯子材は暴露状態であるため下部の環境が厳しい。特に梯子材は足掛かり部分に雨水が溜まりやすく、劣化進行の速度が速いと思われる。	地面に接する木材の防腐防蟻対策が望まれる。梯子材は早急な対応が必要。
	日照	良好	日当たりや通風は良好である。	
その他	土質	良好	水捌けは良好であり、雨水が溜まる状況ではない。	

表６　復原建物４の含水率・超音波伝播速度測定結果

部材名	試験材	測定箇所	含水率測定		超音波伝播速度測定				所見
			含水率 (%)	平均 (%)	時間 (μs)	直径 (mm)	速度 (m/s)	平均速度 (m/s)	
主柱	主柱1	上	12	17	172	390	2267	1821	下部にやや腐朽が認められる。穿孔跡あり。
		中	13		143	260	1818		
		下	25		185	255	1378		
	主柱2	上	12	15	125	320	2560	2010	下部にやや腐朽が認められる。穿孔跡あり。
		中	14		121	221	1826		
		下	20		146	240	1644		
	主柱3	上	14	14	209	395	1890	1792	下部にやや腐朽が認められる。穿孔跡あり。
		中	12		142	252	1775		
		下	16		149	255	1711		
	主柱4	上	11	13	178	243	1365	1609	下部にやや腐朽が認められる。
		中	10		107	184	1720		
		下	18		109	190	1743		
	主柱5	上	13	15	131	226	1725	1532	下部にやや腐朽が認められる。多くの穿孔跡あり。
		中	16		121	197	1628		
		下	15		165	205	1242		
	主柱6	上	10	12	164	221	1348	1367	下部に著しい腐朽が認められる。穿孔跡あり。
		中	13		122	204	1672		
		下	14		208	225	1082		
梁	梁1	右	12	13					穿孔跡あり。
		中	14						
		左	13						
	梁2	右	15	16					多くの穿孔跡あり。
		中	17						
		左	15						
	梁3	右	14	16					穿孔跡あり。
		中	15						
		左	18						
	梁4	右	14	14					多くの穿孔跡あり。
		中	14						
		左	14						
	梁5	右	12	12					穿孔跡あり。
		中	13						
		左	12						
桁	桁1	奥	12	12					穿孔跡あり。
		中奥	12						
		中前	11						
		前	12						
	桁2	奥	15	15					穿孔跡あり。
		中奥	14						
		中前	15						
		前	15						
母屋桁	母屋桁1	前	13	14					前側の縄に濡れた跡がある。
		中	16						
		奥	14						
	母屋桁2	前	14	15					
		中	14						
		奥	16						
	母屋桁3	前	12	14					
		中	13						
		奥	16						
	母屋桁4	前	14	13					
		中	12						
		奥	14						
	母屋桁5	前	16	15					
		中	14						
		奥	15						
	母屋桁6	前	14	14					前側の縄に濡れた跡がある。
		中	15						
		奥	13						

主柱6は超音波伝播速度が遅く、内部の欠損や空洞化が懸念される。

2.4.4.　小結

屋根倉材は外側の母屋桁先、小舞先に腐れが認められるものの、内部の木材および床材は含水率が低く保持されており、腐朽の危険性は小さい。懸念されるのは 6 本の主柱下部の腐朽と梯子材の腐朽である。特に主柱 6 は表面の腐朽が進んでおり、穿孔抵抗測定値から内部にも空洞化が推定され、補修の計画が必要と思われる。また、梯子材は腐朽度が高く、早急な対応が望まれる。

2.4.5.　維持管理上の留意事項

主柱６の補修計画をたてる必要がある。腐朽が進行しないような防湿処置や防腐処置が望まれる。梯子材は腐朽度が高いため、取替えが望まれる。梯子材は劣化促進環境が厳しいため、新規材も定期的な取替えまたは防腐処理が望まれる。　　（岡田・小黒）

写真１　復原建物１　小舞蟻害

写真２　復原建物２　主柱５腐朽

写真３　復原建物３　雨漏り（濡れ）

写真４　復原建物３　雨漏り（棚の変色）

写真５　復原建物４　垂木腐朽（菌糸）

写真６　復原建物４　小舞腐朽

（補記）本項は、岡田木材劣化診断士が調査ごとに提出した劣化診断報告書を基に、業務監理を担当した小黒が編集したものである。編集過程で用語等を調整した。

3.　木材劣化診断の総括

3.1.　主柱足元（掘立柱部分）

掘立柱形式の土中部分については、周囲からの浸潤水分による腐朽と、外界から飛来してくるゾウムシなどの甲虫類による食害が発生しうる。

一方、土中埋設部分は嫌気的で、飽水状態に近い状態といえるほどの高含水率となる可能性があり、腐朽はむしろ進行しにくいと考えられる。外気暴露部分で比較的乾燥している部分では、甲虫類（乾材害虫）の食害も発生しうる。さらに土壌から侵入してくるシロアリ食害が発生する可能性がある。

写真７　主柱足元(1)　復原建物１の主柱　木材劣化診断段階　平成 22 年 11 月 24 日

主柱付近の土間面に水染みが認められる。土中埋設部分では、水分浸潤による腐朽が発生している可能性が高い。土間面に発生した水分（降雨時に土間面へと流れ込んだ水分）が主柱の足元に滞留して主柱との隙間に浸みこんでいる可能性、地下水が影響を及ぼしている可能性がある。この部分で腐朽が進行すると、やがて湿材害虫（ゾウムシなど）が飛来し、食害が発生する可能性が高い。

写真８　主柱足元(2)　復原建物２の主柱　修理工事段階　平成 27 年 9 月 8 日

修理工事で主柱の周囲を開削した状態。土に接触している部分は、腐朽と虫害によって断面が欠損している。部分的には著しい劣化が認められる。

写真９　修理工事前に主柱の足元を開削した状態　復原建物４　平成 24 年 5 月 11 日

柱脚金具天端より上側部分で地面（GL）より以下の部分は、土中の水分によって帯状に劣化して、腐朽と虫害による欠損が生じている。この部分ではポリプロピレン製ロープ（コーキング処理時の芯材）が巻いてあったが、これに劣化の抑制効果は認められない。柱脚金具に差し込むために柱を削り込んでいるが、この部分では断面欠損となり、かえって強度低下をもたらしているともいえる。

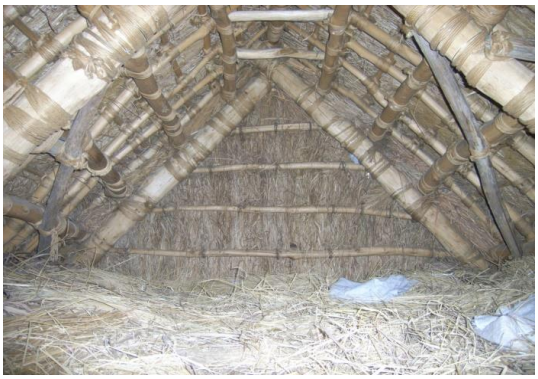
主柱６下端部の染みは木材加害昆虫の忌避を目的に塗布した油類被膜（他の主柱よりも広範囲・多量に塗布）。

3.2.　主柱・梁・桁などの土壌非接触部分

建築後、出入口から侵入してくる甲虫類による食害が発生しうる。この食害は建築後 5～10 年程度の期間の後に発生しはじめ、その後は虫の生活環に応じて 1～2 年単位で徐々に拡大・進行するが、食害はおおむね辺材に留まることが多い。

写真 10　復原建物１の屋内（天井部）　木材劣化診断段階　平成 22 年 11 月 24 日

垂木や野地の内面側に目立った劣化は認められない。



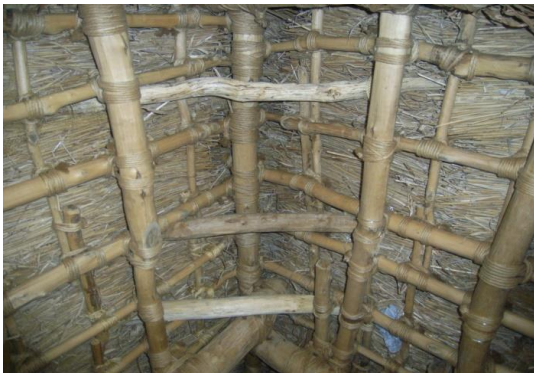


写真 11　復原建物４の屋内　木材劣化診断段階　平成 22 年 11 月 24 日

重大な劣化は認められないが、経年で屋根の茅が脱落し、雨漏りするようになると垂木などの腐朽が発生しうる。

写真 12　復原建物４の床板・梁・桁　木材劣化診断段階　平成 22 年 11 月 24 日

重大な劣化は認められない。

写真 13　復原建物４の主柱などに認められる虫孔　木材劣化診断段階　平成 22 年 11 月 24 日

甲虫類による虫孔の可能性がある。

3.3.　垂木などの土壌接触部分

土壌からの浸潤水分による腐朽が発生しやすい。特に含水率が 30～80%程度で外気に露出している部分から腐朽が発生進行しはじめ、比較的短時間で腐朽は材内部にまで進行し、著しい強度低下をもたらす可能性がある。北代縄文広場の環境では、土壌に直接木部が暴露している場合には 10 年程度で著しい劣化が発生しうると考えられる。（藤井）

写真 14　復原建物３の杈首・母屋桁・垂木・堰板裾部　現地調査段階　平成 26 年 12 月 25 日

野地からの水分浸潤により、裾部は激しい腐朽が発生している。土屋根の防水シートが透水管まで敷設されていないことが原因で流入した水分によると思われる。腐朽部分には、虫害（湿材害虫）による劣化も認められる。

写真 15　復原建物３の堰板・杈首・母屋桁・垂木・小舞裾部　平成 26 年 12 月 25 日

堰板の下部は、土中の水分によって腐朽が発生している。白く見える部分は腐朽菌の菌糸である。母屋桁・垂木の裾部は野地からの水分によって腐朽を起こしている。

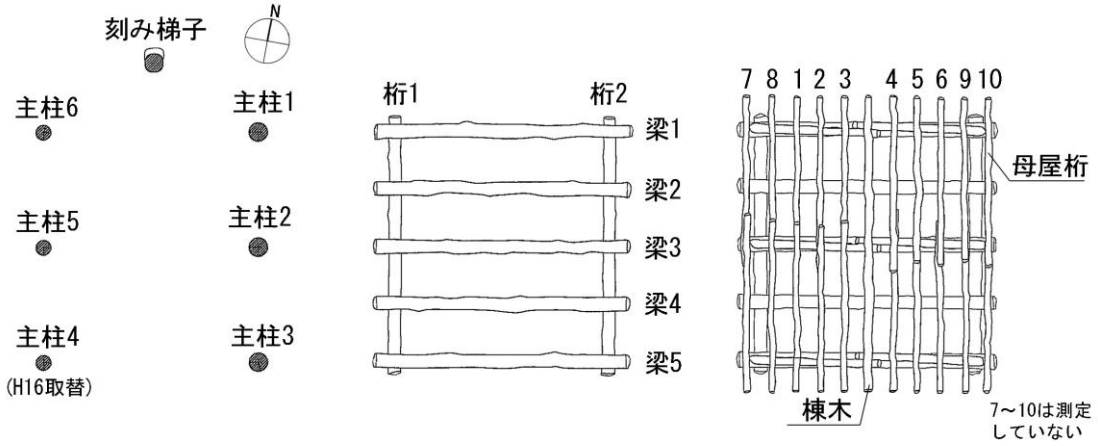


図４　復原建物４の主柱と梁・桁、母屋桁の配置：1/100

４　復原建物４～６の木材劣化

藤井義久

1.　復原建物５の解体材

1.1.　試料概要

主柱材 3 本、小舞材 4 本、土留丸太材 2 本、不明材 1 本、健全小丸太材 1 本

1.2.　外観観察結果

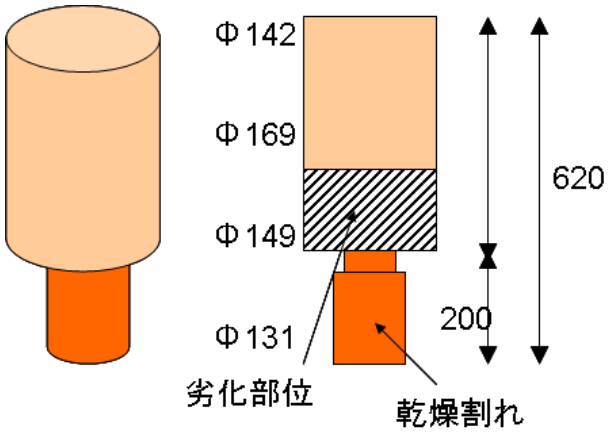


図１　試料の模式図

写真１　主柱の状態（左から主柱 1～3）

写真の青線が土間面（FL）の位置（以下、同じ）

主柱１の土間面（FL）より下は柱脚金具との隙間にコーキング材が充填されていた様子であり、その芯材としてロープやダンボール紙が巻かれていた形跡が認められた。

FL より下の部分は、褐色化しているが、比較的硬く、内部の強度低下はあまり大きくないかもしれない。土中で嫌気的なので重大な腐朽は進行していない様子であった。シロアリ食害も認められなかった。ただし土中部分は、湿潤状態に近かったと思われ、採取後の乾燥による割れが発生している。この割れは健全部の干割れより大きかった。

下部のくびれより下の部分は、柱脚金具に挿入されていた部分で円柱状に削り込んである。この部分は褐色化して、腐朽症状が認められるが、材は比較的硬く、一定の強度を保っていたようである。

FL より上部は、地際部からの水分で、内部および表層から菌類が発生し、腐朽している。同時にこれによってくる甲虫の被害の痕跡が認められる（孔道や穿孔、糞）。昆虫の種類は現時点では不明だが、カミキリ類、キマワリ類などが想定される。この領域は FL から 10cm 程度までで、それより上の部分は、外観上はほぼ健全とみなせた。

主柱 2・3 も同様の傾向であるが、腐朽と虫害による断面欠損が相当大きい場合もあると

考えられる小舞・土留丸太についても、虫害と腐朽を併発しているような劣化が認められる。屋根材や土壌に接しているところでは表面からの腐朽が優勢で、外気にさらされている面では、割れと虫害（甲虫）が優勢であるように思われる。

1.3.　菌類の分析

解体材から劣化部位や菌糸様付着物を少量採取し、PDA 培地に接種し、30℃で培養した結果、菌糸の成長が認められた（写真２）。白色で綿状の菌糸が成長するものを選択的に残しながら適宜分離培養を行い、菌糸を CCD マイクロスコープで観察した結果、菌糸に木材腐朽性を示す担子菌特有のクランプが確認できた（写真３）。

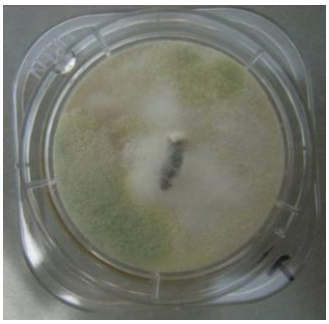
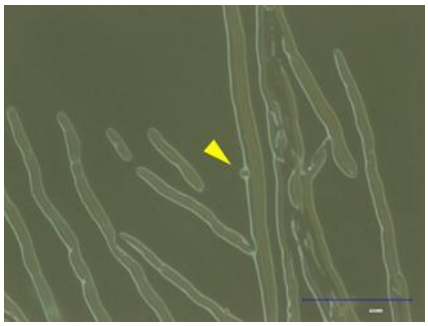


写真２ 培地上に成長した菌糸



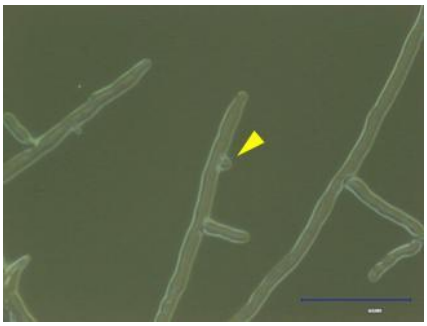


写真３　菌糸の顕微鏡画像（矢印はクランプ）

公園内の大気中や土中には多様な菌類が生息しており、これには木材腐朽菌も含まれる。主として大気中を浮遊しているこれらの菌類の胞子が木部表面に付着し、胞子の発芽、菌糸の成長とそれに伴う木材の分解（腐朽）は容易に起きうる。特に、土壌に接する部分や雨漏り部分の近傍で菌類の成長に好適な水分状態が長期間にわたって継続するような部位（主柱の足元付近や垂木など）では、腐朽しやすい環境にある。

1.4.　主柱足元の虫害の分析

主柱の足元、特に土中部分では、腐朽とともに甲虫類によると思われる食害痕跡が認められた（写真４）。昆虫同定の専門家の助言も得てこれを詳しく検討した結果、「オオゾウムシ」による加害であると判定された。

同定根拠は以下のとおりである。

①クリという硬質な樹種を食害する種であること（穿孔害虫はごく限られており、シロスジカミキリ、ゴマダラカミキリ、オオゾウムシなど数種である）。

②穿孔が芯に達しておらず、辺材部を中心に食害されていること（カミキリムシの場合は穿孔が芯材に達する）。

③幼虫の坑道が垂直方向に直線状でなく、水平方向に不規則であること（カミキリム

シの場合は直線状に食害する)。

④蛹室が細長い楕円形ではなく、縦 25mm、横 21mm と幅広で円形に近いこと（カミキリムシの場合は細長い楕円形の蛹室となる)。

⑤地際部のみ加害していること（カミキリムシの場合は、食害が地際部に限定されない)。

発生原因については、オオゾウムシはクリなどの地際部から地中にかけての根部を中心に穿孔することが知られており、部材が地際部であり雨水等の浸潤により本種の加害を受けやすい環境が整ったことによると考えられる。

写真４　主柱 2・3 の足元の虫害の痕跡とオオゾウムシの成虫（体長 12～25mm）

1.5.　残存強度の評価

主柱など、劣化症状を示す部位について、レジストグラフによる穿孔抵抗測定法による強度推定を行った（写真５)。主柱材（クリ）について、土中部位、腐朽や虫害が認められる部位および健全部位における穿孔抵抗を 2 本の柱材について測定し(写真６)、比較した。土中部位や劣化症状が認められる部位では若干の穿孔抵抗の低下が認められたが、おおむね健全部位とほぼ同等の値を示した（図２～５)。

写真５　レジストグラフ

先端径 3㎜ の鼠歯錐で材を穿孔する際の抵抗（最大深度 300㎜）を測定する。

写真６　柱材と穿孔抵抗測定部位（白チョークの部分）

左から 1～3 は柱脚金具内、4・5 は土中埋設部分、6・7 は地上部分

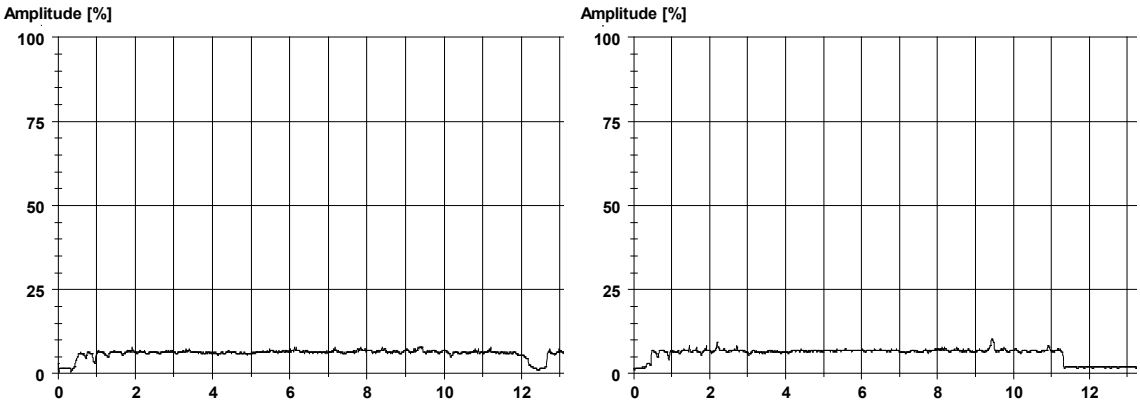


図２　穿孔抵抗（部位１・2）柱脚金具内(1)

横軸は穿孔深さ(㎝)、縦軸は穿孔抵抗（相対値）

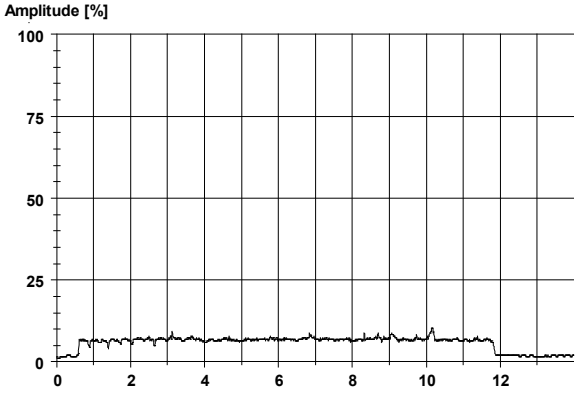


図３　穿孔抵抗（部位 3）柱脚金具内(2)

横軸は穿孔深さ(cm)、縦軸は穿孔抵抗（相対値）

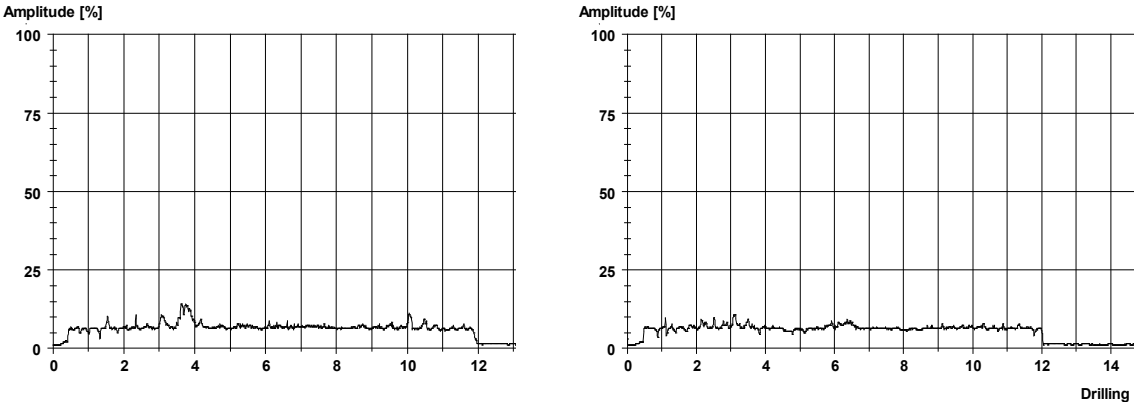


図４　穿孔抵抗（部位 4・5）土中埋設部分

横軸は穿孔深さ(cm)、縦軸は穿孔抵抗（相対値）

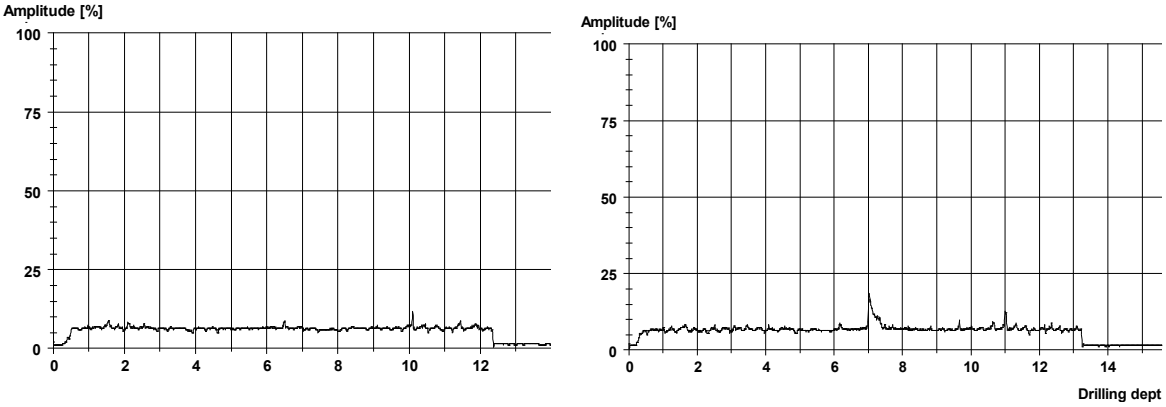


図５　穿孔抵抗（部位 6・7）地上部分

横軸は穿孔深さ(cm)、縦軸は穿孔抵抗（相対値）

2.　復原建物６の解体材の分析

2.1.　試料概要

主柱材４本、出入口支柱材１本、垂木材１本、出入口階段部材１本

2.2　分析結果

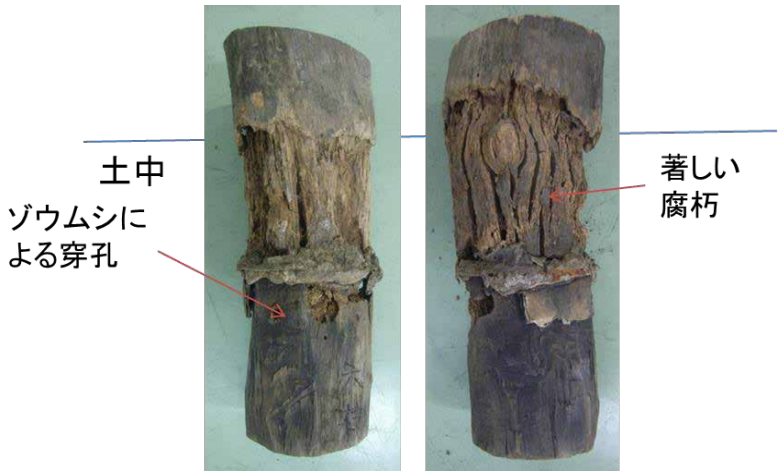


写真７　主柱１下端部の状態

土中部分の上半分は土中に埋設されていた部分、下半分は柱脚金具に挿入するために円柱状に削り込み、柱脚金具との隙間はコーキング材（芯材としてのポリプロピレン製ロープ等を含む）が充填されていた。上半分は水分に接し、高含水率状態のため、腐朽が発生している。表層部は激しく劣化している。上半分の上端部を中心に虫害の痕跡（孔、腔道など）が認められる。湿潤で腐朽した材を加害する湿材害虫による食害と思われる。種としては、カミキリ類、キマワリ類やゾウムシ類と推定される。土中の下半分は柱脚金具内にあり、湿潤状態にあって表層部を中心に腐朽が認められるが、比較的硬い。

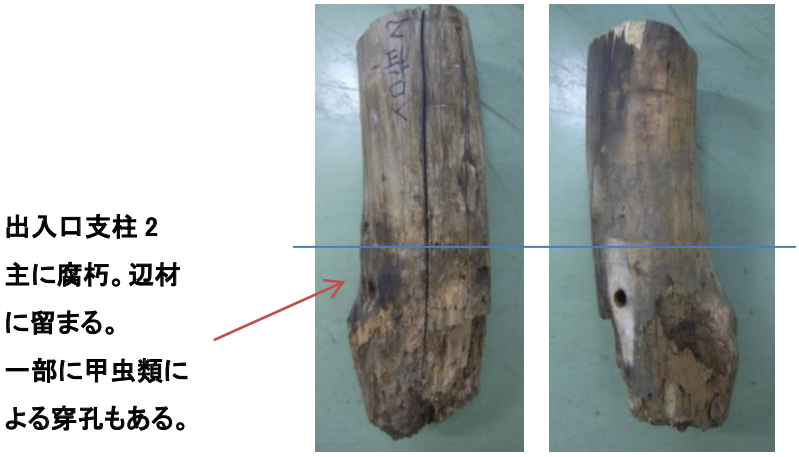


写真８　出入口支柱２下端部の状態

写真７と同様の兆候が認められるものの、全体的に軽微であった。

解体前に折れていた根元のパーツを柱脚金物から取り外す前に崩れたもの。

写真９　主柱４下端部の状態(1)

写真７と同様の兆候が認められる。柱脚金具に挿入された部分は劣化が激しく、かつその上部は、腐朽による強度低下が認められるため、解体時にこの部分で折損したと思われる。柱脚金具に挿入するための削り込みは、結果的にこの付近での強度低下をもたらしているともいえる。

他の柱と同様、根元部分が水分浸潤し、腐朽が発生するとともに甲虫の侵入と食害がみられる

写真 10　主柱４下端部の状態(2)

柱脚金具内の部分。写真７と同様の兆候が認められ、表面には腐朽菌の菌糸が認められた。また、木材加害昆虫の食害痕跡がこの部位にまで認められた。

写真 11　主柱５（地上部分）の断面

乾燥による干割れが辺材部分を中心に発生しているものの、断面には腐朽や虫害の痕跡は認められない。

写真 12　主柱５下端部の状態

写真 7 と同様の兆候が認められるものの、全体的に劣化はより激しい状態にあった。建物内部には 5 本の主柱が設置されており、場所によって劣化の程度にバラツキが認められた。おそらく土中埋設部分への水分の浸潤と滞留の程度に依存するものと思われる。

垂木19上端部
水分浸潤による腐朽が認められるが表層に留まる一部には甲虫類の穿孔も認められる。

写真 13　垂木 19 の状態

屋内側に暴露した部分（右側）はたき火よる燻煙によって褐色化しており、この部分での虫害は抑制されているようである。野地からの雨水の浸潤により表面から腐朽が発生している。

写真 14　出入口階段部材（ステップ）

土階段の土部分に接触した部位から、水分浸潤による腐朽が認められる。割材を用いて心材側が土に接触していたが、水分への暴露面から腐朽しており、虫害の痕跡も認められる。

3.　復原建物４の解体材の分析

3.1　試料概要

主柱材ほか

3.2　分析結果

写真 15　主柱３（工事中の仮名称 A-2 柱）の状態（方位 1）

写真 16　主柱３（A-2 柱）の状態（方位 2）

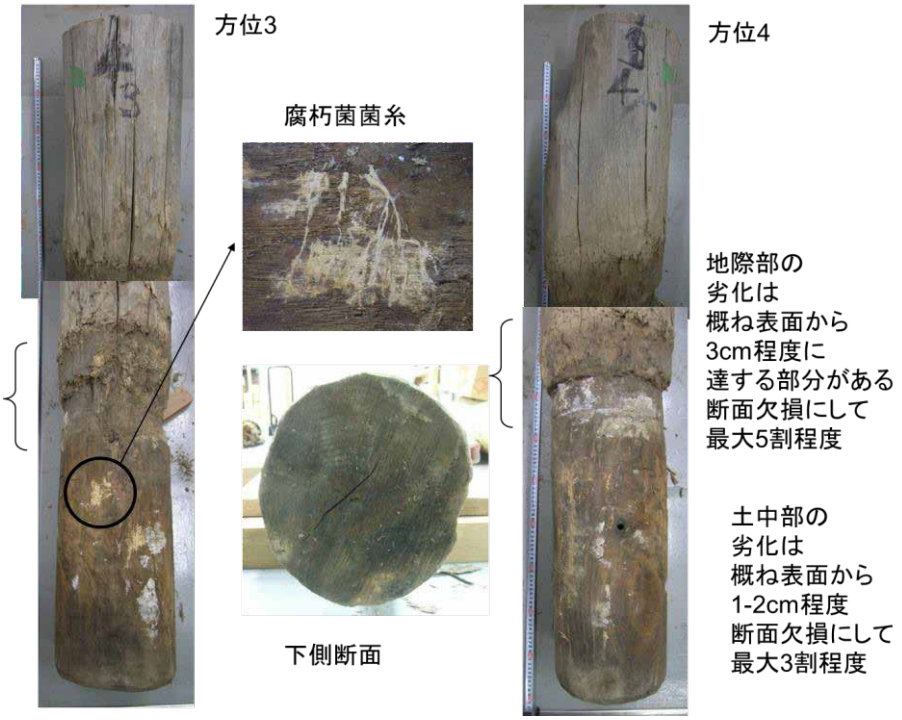


写真 17　主柱３（A-2 柱）の状態（方位 3・4）

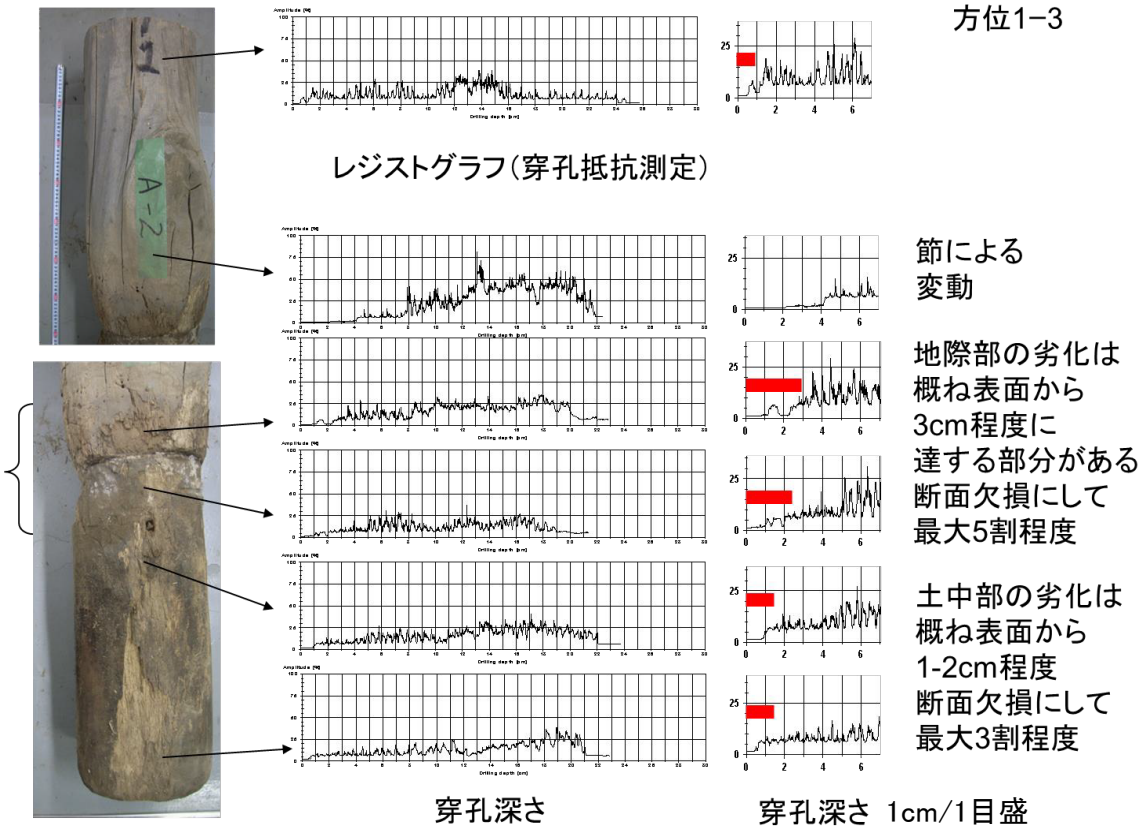


図６　主柱３（A-2 柱）の断面欠損の評価（方位 1−3）

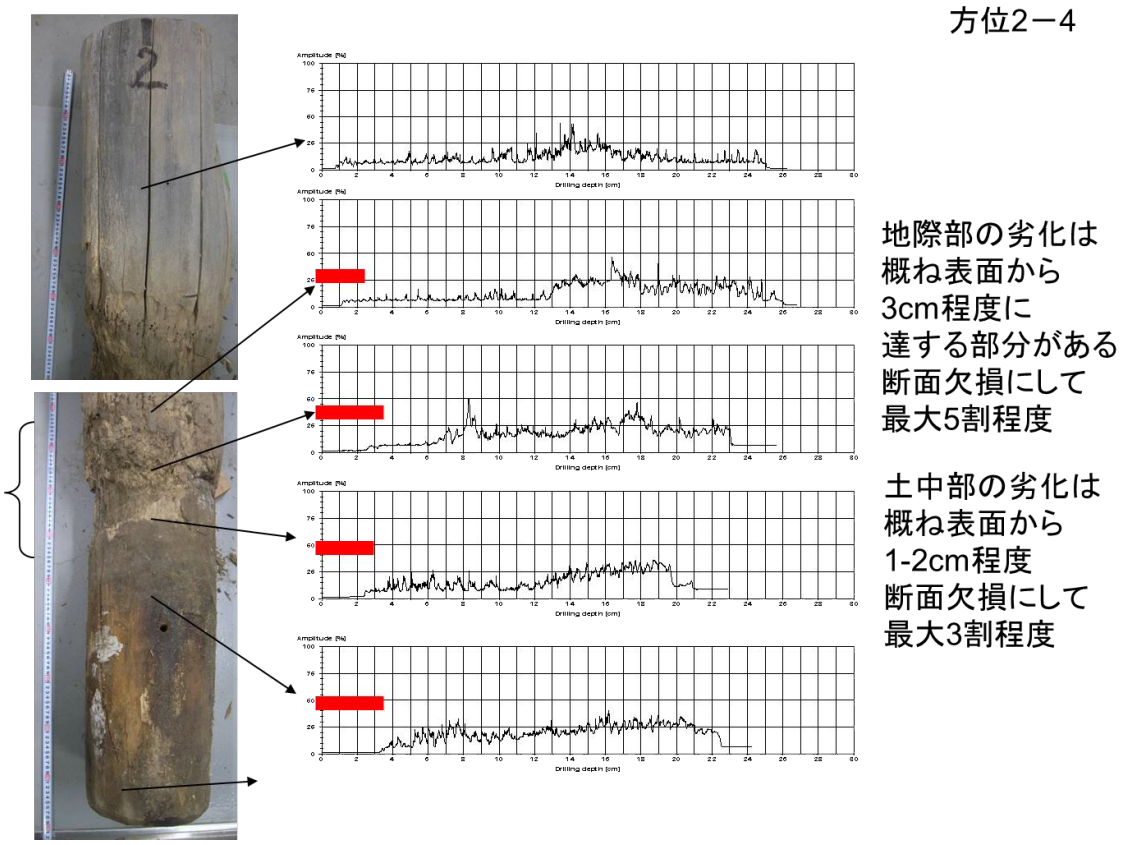


図７　主材３（A-2 柱）の断面欠損の評価（方位 2－4）

写真 18　主柱６（工事中の仮名称 C-1 柱）の状態

５　木材試験体暴露試験とその評価

藤井義久・小黒智久

1.　木材試験体暴露試験の実施に至る経過

平成 22 年 12 月 22 日に実施された第 1 回史跡北代遺跡復原建物修理検討専門家会議（以下、第〇回会議と略記）および第 2 回会議（平成 23 年 3 月 1 日）での審議をとおして、藤井は劣化外力と対策立案時のポイント、高耐久化策について図１のように認識した。

北代縄文広場では、平成 15・18 年に復原建物１～３の上屋解体修繕（市単独修繕）が行われていた（宮野ほか 2004・堀沢 2005）。藤井は、屋根土内の浸透水が屋根下地材（樹皮）や栗丸太材（垂木・小舞）に触れることを絶つことで木材内部にいた木材腐朽菌の発芽を避け、栗丸太材を太くすることで木材腐朽に対する耐性も強化する方向性のもとで合理的な修繕が行われたと判断した。このことは、平成 22 年 12 月 5 日に藤井が実施した復原建物１の木材劣化診断（表面含水率測定・超音波伝播速度測定・穿孔抵抗測定）の結果、市単独修繕で雨水対策が向上したために大きな被害が認められなかったことからも推定でき

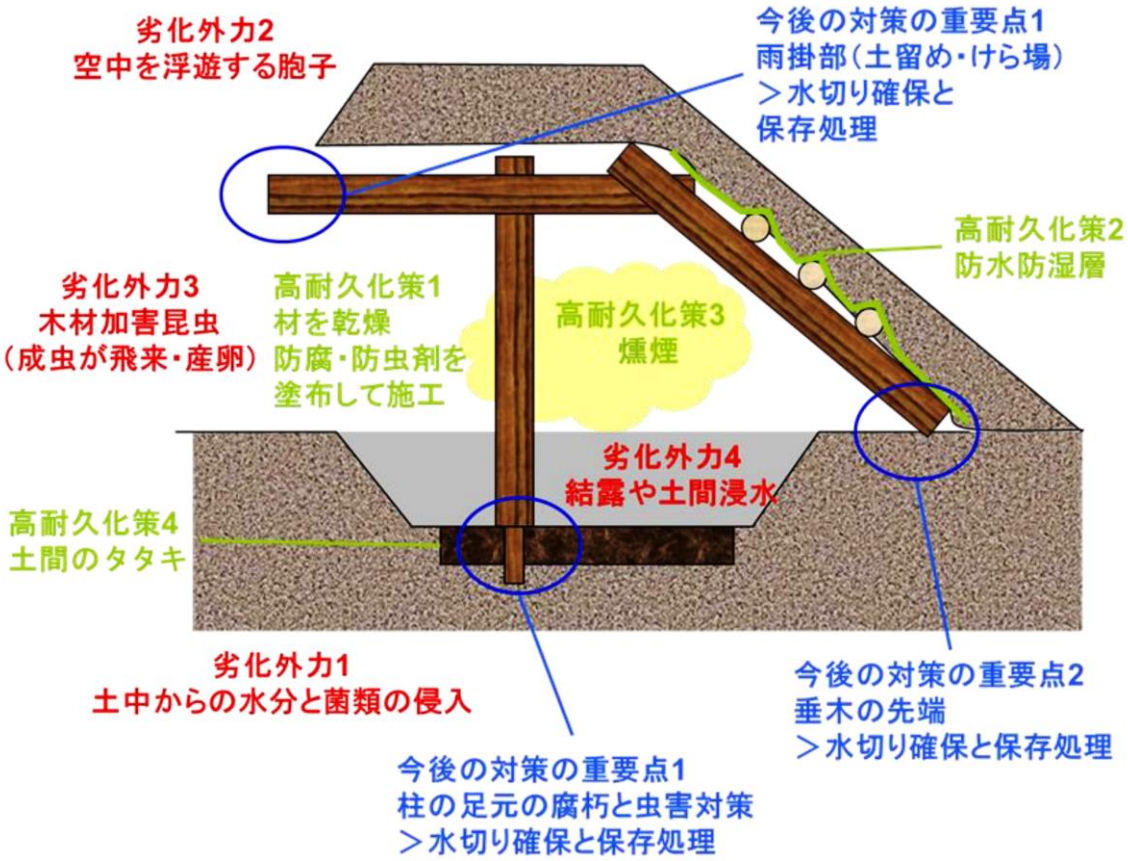


図１　土屋根竪穴住居の劣化外力と高耐久化策

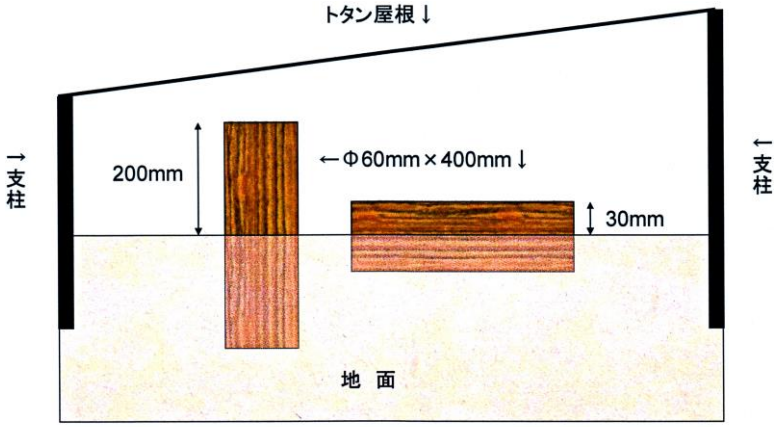
る。また、土に接する部分では丸太材の表面含水率が上昇するなどの劣化が認められたものの、大きな問題には至っていなかった。

専門家会議事務局（埋蔵文化財センター）は、平成 22 年 8 月 10 日の文化庁文化財部記念物課（整備部門、以下、文化庁と略記）文化財調査官の指導を踏まえ、復原建物５は従来工法（市単独修繕と同様の工法）を基本とし、復原建物６は専門家会議での検討を踏まえた新工法で改築することを決定した。このため、木材の保護に関わる従来工法を評価する必要があった。専門家会議事務局の意向として、北代縄文広場における復原建物の整備、老朽化や修繕等の維持管理の経過、本再整備事業の実績を踏まえ、再整備報告としてだけでなく、土屋根竪穴住居など復原建物の整備または再整備を行おうとする地方公共団体等が参考にできるよう、設計・仕様の一例を提示することも目指すこととなった。

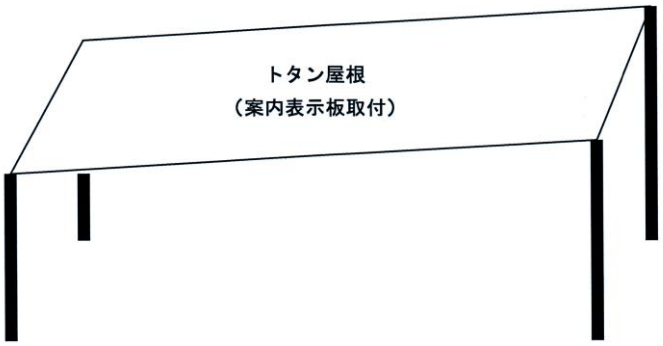
この観点から、将来にわたって検証可能な方法で耐久性試験を行い、木材の保護対策の耐久性、および従来工法の評価を行う必要性があった。以上を踏まえて、藤井と専門家会議事務局との協議において、いくつかの保護対策を講じた木材試験体を北代縄文広場の土壌に半埋設させ、劣化経過を調べることが不可欠と判断した。

そこで、木材試験体を北代縄文広場の 2 ヶ所に設置し、以後定期的に小黒が経過観察した。最終的には設置から 5 年が経過した 1 ヶ所の木材試験体（No. 1-1～1-8）について、断面欠損状態の観察や培養等から腐朽状態を藤井が解析し、当該保護対策の評価を行うこととした。

なお、残る１ヶ所の試験体は解析を加えずにそのまま残した。一定期間経過後、藤井による当該試験体の解析を再度行い、復原建物の栗丸太材の劣化状態も加味して木材試験体暴露試験の最終的な総括を行う予定である。　（小黒）



断面図（試験体は一種のみ模式表示）



覆屋模式図（断面図と共に、トタン屋根下地の補強材は非表示）

図２　木材試験体の設置模式図

2.　暴露試験の目的と木材試験体の製作仕様

2.1.　暴露試験の目的

復原建物の修理工事で使用する栗丸太材の耐久性を検討するための基礎資料として、また従来工法の妥当性の評価を検討するための基礎資料の一つとして、平成 23 年 3 月に藤井監修の下で木材試験体を製作し、木材暴露試験を行うこととした。

2.2.　木材試験体の製作仕様

従来工法において、屋根土下に敷設した防水シートがずれること等によって土屋根に浸透した水分が屋内に流入すると、まず屋根下地材（樹皮）に触れ、丸太材等へと伝わる。木材腐朽菌の作用が促進されて樹皮の腐朽が進んだ後は、さらに垂木や小舞といった栗丸太材、それらを結束する麻縄の腐朽が進行することになる。

実際、平成 25 年 1 月 17 日に実施した木材劣化診断士による復原建物３の一次診断（視診・触診・打診・突刺し診）・二次診断（含水率測定）では雨漏りに伴う樹皮の湿潤状態や小舞材の腐朽が確認された。樹皮の腐朽が著しく進行して消滅すると、防水シートが直接栗丸太材と接することになる。腐朽に起因する強度低下への耐性という点では、直径が細い小舞材の方が垂木材よりも弱い。また、平成 22 年度の復原建物修理工事では、平成 23 年度に上屋復元予定の復原建物５の材調達および加工等が実施されていた。以上から、垂木材よりも耐性が弱い小舞材に見立てた木材試験体を製作することとした。製作は内装仕上の専門業者（㈱北陸バロン美装）に委託し、市監督員（小黒）が業務監理した。

2.2.1.　使用資材

a. 栗丸太材（φ60×400㎜、16 本）　腐朽がなく、乾燥したもの。樹皮なし。

b. 木材保存剤（必要量）　日本エンバイロケミカルズ㈱　キシラモントラッド

c. 防水シート（必要量）　㈱チャンピオン　ウルトラチャンピオン

d. トタン屋根（1×1m、2 枚）　市場流通品

e. 角材・金具等（必要量）　市場流通品（d. と e. で覆屋製作）

2.2.2.　製作仕様

A. 栗丸太材防腐処理

調達した 16 本の丸太材のうち、8 本について木材保存剤を表面塗布した。小口面を含めて塗布し、乾燥後（翌日）に再度表面の全面に塗布した（2 回塗布）。

B. 栗丸太材防水シート巻付

A. で防腐処理（木材保存剤塗布）を施した 4 本、および防腐処理を施していない 4 本の丸太材について、2 回目の木材保存剤塗布の 2 日後に防水シートを一重に巻付けた（片側の小口面を含む）。

完成した屋根試験体の加工状態は、a. 無処理、b. 木材保存剤 2 回塗布、c. 防水シート巻付、d. 木材保存剤 2 回塗布＋防水シート巻付の 4 種（各 4 本）である。なお、木材試験体は平成 21 年 12 月に伐採された岐阜県飛騨市産の栗丸太材で製作した。平成 23 年 3 月 7 日

写真１　木材試験体 No. 1-1～1-8

写真２　木材試験体 No. 2-1～2-8

写真３　No. 1-1～1-8 の設置状態
（復原建物５南側）

写真４　No. 2-1～2-8 の設置状態
（東の広場南端）

表１　木材試験体製作時の諸属性

試験体 No.	加工	樹齢	長さ	小口 A	小口 B	含水率	重量	備考
1-1	a	14＋α	428mm	φ76mm	φ72mm	18%	1,120g	虫孔なし
1-2	a	13＋α	404mm	φ75mm	φ76mm	19%	1,085g	虫孔なし
1-3	b	12＋α	405mm	φ76mm	φ71mm	18%	850g	虫孔なし
1-4	b	13＋α	409mm	φ72mm	φ75mm	16%	1,160g	虫孔なし
1-5	c	13＋α	404mm	φ78mm	φ80mm	18%	1,045g	
1-6	c	12＋α	408mm	φ77mm	φ78mm	16%	1,055g	虫孔なし
1-7	d	9＋α	415mm	φ76mm	φ66mm	16%	805g	虫孔なし
1-8	d	16＋α	408mm	φ77mm	φ76mm	14.5%	1,040g	
2-1	a	12＋α	405mm	φ72mm	φ77mm	19%	805g	虫孔なし
2-2	a	10＋α	414mm	φ74mm	φ74mm	18%	945g	
2-3	b	16＋α	410mm	φ73mm	φ66mm	20.5%	850g	虫孔なし
2-4	b	12	407mm	φ72mm	φ76mm	17%	845g	虫孔なし
2-5	c	15＋α	404mm	φ80mm	φ69mm	19%	960g	
2-6	c	16＋α	410mm	φ70mm	φ67mm	19%	765g	
2-7	d	14＋α	405mm	φ81mm	φ80mm	18%	1,390g	
2-8	d	12	413mm	φ72mm	φ69mm	16%	1,010g	

凡例　加工　a. 無処理、b. 木材保存剤２回塗布、c. 防水シート巻付、d. 木材保存剤２回塗布＋防水シート巻付
試験体枝番号　奇数は試験体を水平方向に設置
（防水シート巻付材は小口 A 面包み込み、小口 B 面開放）
偶数は試験体を垂直方向に設置
（防水シート巻付材は両小口面とも包み込み）
含水率計　BOLLMANN ELEKTRONIC SYSTEME GMBH (made in Germany)
電子天秤　㈱田中衡機工業所

に樹皮を除去し、切断した。規格や表面含水率、重量等は表１のとおりである。

４種の木材試験体について、１種につき２本ずつを一組として、北代縄文広場の２ヶ所に設置した。復原建物の屋根材を想定した暴露試験のため、２ヶ所の木材試験体群を覆うよう斜めにトタン屋根を掛け渡し、保護することとした。平成 23 年 3 月 13 日に、雨や雪が直接当たらないよう木材試験体群を設置した。（小黒）

3.　木材試験体暴露試験の経過観察

木材試験体の設置後 5 年間、定期的に接触型木材水分計（伝導率式）で表面含水率を測定し、その結果を専門家会議で報告した（No. 2-1～2-8 は今後も定期的に測定予定）。測定機器は米国 CEM 社製 DT-129 である。梅雨・秋雨・積雪期のように、水が流れ込んだ場合は表面含水率は高くなったが、木材腐朽菌が作用する 30%を超えたことはほぼなかったことから、測定結果の詳細な提示は省略する。一例として、設置当初の記録のみ提示する（表２）。平成 15 年に修繕した復原建物１・２の垂木尻部分は防水シート敷設方法の問題から若干腐朽しているものの、重大な劣化は認められなかった。平成 18 年に修繕した復原建物３では杈首尻・垂木尻に防水シートによる保護対策がなかったことで腐朽が著しく、整備段階からの継続使用材は消滅しており、保護対策の有効性を確認できた。（小黒）

表２　経過観察の記録例

平成23年度　富山市北代縄文広場木材試験体経過記録

試験体No.	加工内容	樹齢	切断時含水率	切断時重量	保存剤①	保存剤②	防水シート	設置時含水率	設置時重量	H24.2.22含水率		H24.3.29含水率		備考
										補正値	表示値※	補正値	表示値※	
1-1	無処理	14＋α	20%	1,145 g				18%	1,120 g	11.4	11.3	非検出	非検出	虫孔なし
1-2	無処理	13＋α	23%	1,100 g				19%	1,085 g	11.7	11.6	非検出	非検出	虫孔なし
1-3	木材保存剤2回塗布	12＋α	21%	835 g	H23.3.8	H23.3.9		18%	850 g	11.0	10.9	非検出	非検出	虫孔なし
1-4	木材保存剤2回塗布	13＋α	21%	1,180 g	H23.3.8	H23.3.9		16%	1,160 g	14.1	14.0	非検出	非検出	虫孔なし
1-5	防水シート巻付	13＋α	23%	1,050 g			H23.3.11	18%	1,045 g	16.8	16.6	12.7	12.6	虫孔あり
1-6	防水シート巻付	12＋α	22%	1,060 g			H23.3.11	16%	1,055 g		非計測		非計測	虫孔なし
1-7	木材保存剤2回塗布＋防水シート巻付	9＋α	24%	830 g	H23.3.8	H23.3.9	H23.3.11	16%	805 g	16.1	15.9	15.1	15.0	虫孔なし
1-8	木材保存剤2回塗布＋防水シート巻付	16＋α	23%	1,045 g	H23.3.8	H23.3.9	H23.3.11	14.5%	1,040 g		非計測		非計測	虫孔あり
2-1	無処理	12＋α	22%	810 g				19%	805 g	13.8	13.7	8.8	8.8	虫孔なし
2-2	無処理	10＋α	21%	970 g				18%	945 g	10.0	9.9	8.2	8.2	虫孔あり
2-3	木材保存剤2回塗布	16＋α	23%	865 g	H23.3.8	H23.3.9		20.5%	850 g	18.0	17.8	非検出	非検出	虫孔なし
2-4	木材保存剤2回塗布	12	22%	840 g	H23.3.8	H23.3.9		17%	845 g	10.7	10.6	8.4	8.4	虫孔なし
2-5	防水シート巻付	15＋α	25%	970 g			H23.3.11	19%	960 g	24.0	23.8	11.4	11.3	虫孔あり
2-6	防水シート巻付	16＋α	23%	770 g			H23.3.11	19%	765 g		非計測		非計測	虫孔あり
2-7	木材保存剤2回塗布＋防水シート巻付	14＋α	25%	1,410 g	H23.3.8	H23.3.9	H23.3.11	18%	1,390 g	16.8	16.6	11.2	11.1	虫孔あり
2-8	木材保存剤2回塗布＋防水シート巻付	12	22%	1,015 g	H23.3.8	H23.3.9	H23.3.11	16%	1,010 g		非計測		非計測	虫孔あり

非検出は検出限界（0.1%）未満
3/29に亀裂を確認（1-1～1-4、2-2、2-3）：融雪後の乾燥による？、防水シート巻付材は未確認

枝番号が奇数の試験体は水平置き（防水シート巻付材は小口A面のみ包み込み、小口B面は開放）
枝番号が偶数の試験体は垂直置き（防水シート巻付材は両小口とも包む込み）

小口Aに油性マジックで試験体No.を記載し、小口Bで表面含水率を計測

木材規格は最大径
樹皮と虫孔を極力除去したうえで試験体製作⇒樹齢は残存年輪数＋α（確定例は樹皮痕跡残存による）

4.　木材試験体暴露試験の総括

4.1.　暴露試験の意義

復原建物では、木材が接地・暴露状態で用いられる。この条件は木材にとって最も厳しい劣化促進環境である。一方、復原建物では、古代の状態の再現の観点から、材料と保存

処理、施工技術において制約があり、見えがかり部分を中心に現代の技術を用いることができないことが多い。

このような状況のもとで復原建物に対して一定の耐用年数を確保するためには、用いることのできる材料や施工方法の耐久性能について一定の知見を得たうえで、設計や仕様を選択できることが望ましい。

暴露試験とその成果は、今後の建築、修理や保全にとって有用な知見を与えると考えられる。また、その成果を公開することで、当該施設だけでなく、他の施設における復原建物の建築や、維持管理にも役立つ。暴露試験の試験期間は最低でも 5 年、できれば 10 年程度実施することが望ましく、事業の継続性の確保が課題となるが、日本各地の復原建物において、統一した手法で暴露試験を行い、その成果を蓄積、整理および公開することで、より汎用的な仕様と設計のためのデータベースが構築されることになる。

暴露試験のもう一つのメリットは、維持管理のために必要となる知見を与えてくれることである。暴露試験では、同一条件での試験体を複数個体設置し、順次一定の暴露期間ごとに抜きとり、破壊試験を含む各種の試験を行う。さらに、定期的に暴露試験体を点検し、そこで認められる症状と、抜き取りで認められる実際の劣化状況との相関をみることで、復原建物の維持管理における点検の方法や、部材交換などの判断基準が明らかになる。特に最も劣化しやすい掘立柱の土中部分や、垂木と野地との接触部分などのように、遮蔽部、裏側や隙間などの状態判定に有効と考えられる。

4.2.　木材試験体 1-1～1-8 の耐久性評価

平成 28 年 3 月（設置後 5 年経過）に、木材試験体 1-1～1-8 を引き上げ、劣化状態を評

写真 5　垂直方向に設置した木材試験体の状態

1-1　　1-3　　1-5　　1-7

写真 6　水平方向に設置した木材試験体の状態

価した。写真 5 に木材試験体の状態を示す。

垂直方向に設置した木材試験体のうち、無処理の 1-2 は含水率が高く、腐朽や虫害が辺材部を中心に進行していた。心材部の強度も相当低下していると考えられる。木材保存剤で処置した 1-4 は劣化が抑制されていたが、地際部分および土中部を中心に劣化が認められた。1-2 の木部から小片を採取し、寒天培地上で培養した結果、25℃で 2～3 日すると 5 検体のうち 3 検体について、木材腐朽菌と認識される菌糸の成長を確認できた(写真 7 左)。防水シートを巻付けた木材試験体は、含水率がほぼ気乾状態に保たれ、健全であった（1-6・1-8）が、木材保存剤を塗布していないもの（1-6）については、辺材部に甲虫害（湿材害虫）の食害が認められた（写真 6)。防水シートの隙間から水分が浸入し、これに続いて虫害が発生したものと思われる。また、防水シートの隙間からハチ類も侵入しており、ヒメベッコウのものと思われる巣が確認できた（写真 7 右)。

一方、水平方向に設置した木材試験体については、総じて垂直方向に設置した木材試験体と比べて劣化が進行していた。これは主に、水分への暴露がより顕著であるためと考えられる。特に防水シートで覆ったものについては、水分浸入と防水シート内での水分の滞

写真 7　培養した菌糸（左)、検出された甲虫：成虫（中）とハチ類の巣（右）

表３　木材試験体 1-1～1-8 の強度評価（目視判定）

試験体 No.	設置方法	防水シート巻付	木材保存剤塗布	強度評価※
1-2	垂直	なし	なし	強度低下大（心材まで低下）
1-4	垂直	なし	あり	強度低下中（地際部を中心に強度低下あり）
1-6	垂直	あり	なし	健全
1-8	垂直	あり	あり	健全
1-1	水平	なし	なし	強度低下大（土中埋設部を中心に低下）
1-3	水平	なし	あり	ほぼ健全
1-5	水平	あり	なし	強度低下大（全体的に強度低下）
1-7	水平	あり	あり	強度低下小（心材部分はほぼ健全）

※強度評価の目安は次のとおりである。
ただし、腐朽は断面が欠損しないまま、強度が低下することに留意する必要がある。
強度低下大　　レベル３　断面欠損率７割以上
強度低下中　　レベル２　断面欠損率３割以上７割未満
強度低下小　　レベル１　断面欠損率３割未満
健全　　レベル０

留によって防水シート巻付がない木材試験体よりも劣化が激しかった。水分浸入によって腐朽が促進され、これに湿材害虫が選択的に侵入し、激しく劣化していた。防水シート巻付がある木材試験体のうち、木材保存剤を塗布したものについては、水分に暴露されていたが、腐朽や塗布のないものと比べて軽微であった。

木材保存剤の塗布は耐久性向上のために効果が認められるが、防水シートについては、水分浸入と滞留が起きないように施工方法を検討する必要がある。

木材試験体 1-1～1-8 の強度については、表３のように総括できる。　（藤井）

引用・参考文献

堀沢祐一　2005　「富山市北代縄文広場復元建物の維持と活用」『遺跡学研究』第２号　日本遺跡学会

宮野秋彦・西尾信廣・堀沢祐一　2004　「北代縄文広場竪穴住居の修繕について」『富山市考古資料館報』No.41　富山市考古資料館

６　復原建物１・２・５の屋内外温湿度環境調査・測定

宮野秋彦・宮野則彦

1.　はじめに

復原建物の屋内外温湿度環境調査・測定は、主に復原建物１を対象として 2002 年から実施しているが、2003 年の上屋解体修繕（市単独修繕）後の 2007 年 12 月以降約 2 年間の測定結果について報告する。

測定の対象とした建物は、復原建物１・２・５で、修理工事の工程などにより、修理および測定期日は必ずしも全て同一ではない。

復原建物の市単独修繕および修理工事に際しては、屋根、腰壁および土間の躯体内に、板状断熱建材、板状調湿建材、反射断熱・防水シート、塗装用調湿壁材等を適材適所に施工し、概ね施工 2 年後まで復原建物の屋内外の温湿度をデータロガーで 1 時間毎に追跡・測定した。なお、測定にあたっては、T AND D おんどとり TR-72U を使用した。

2.　復原建物１・２・５の屋内外温湿度環境調査・測定結果

表１並びに図１～４に、復原建物１の市単独修繕後約 2 年間にわたる屋内外温湿度の測定結果を示す。修繕の結果、屋内相対湿度は当初 90%であったものが、10%程度低くなり、図 2 のように外気湿度との差も 5%程度小さくなっている。

表２～６に、復原建物１・２・５の 2012 年から 2013 年まで、およそ 1～2 年間における温湿度の測定結果を示す。

図５～７より、復原建物１・５の屋内は、修理工事によって、相対湿度の月平均値で 10%程度の改善が認められる。

図８～10 には、復原建物１・２・５の 2012 年における屋内外温度差⊿θ、屋内外相対湿度差⊿φ、屋内外絶対湿度差⊿υ、温度日較差Θ、絶対湿度日較差Φ、屋内外気温の日較差比η、屋内外相対湿度の日較差比ν を、図 11～13 には同様に 2013 年の測定結果を示す。

2013 年の復原建物１・２の屋内外温度差⊿θ については 2012 年に比べて大差ないが、屋内外相対湿度差⊿φ と屋内外絶対湿度差⊿υ については共にかなり小さくなっていることがわかる。

2013 年の復原建物１・２の温湿度の日較差については、図 12 に示すように、年変動の形が近似し、復原建物１の方が温度の日較差で約 1℃、相対湿度の日較差で 5%程度、復原建物２よりも低くなっている。

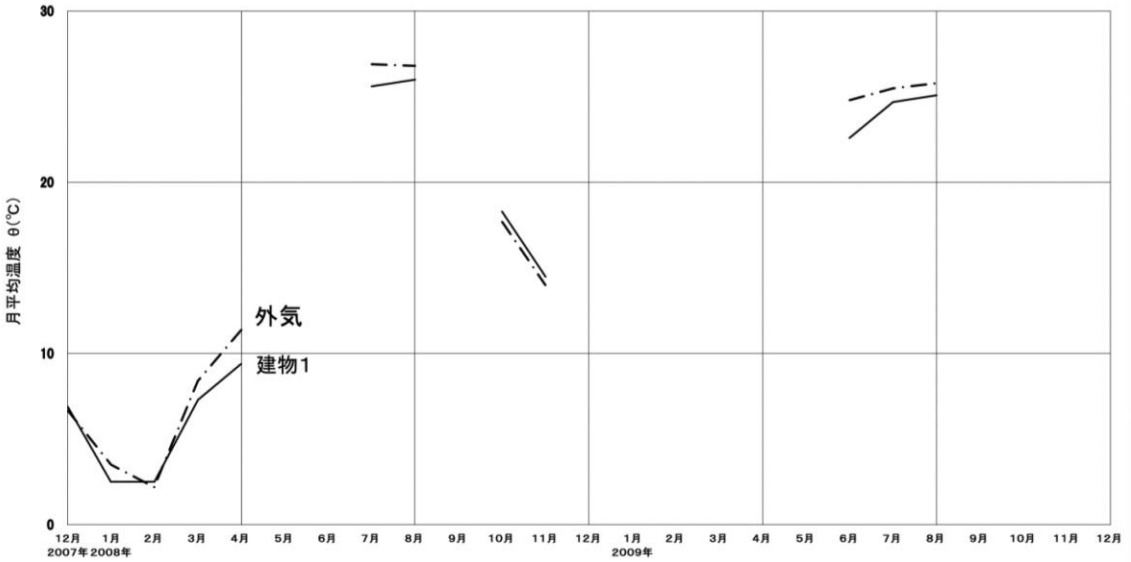
同様に 2013 年の η 値及び ν 値について、復原建物１・２共に 2012 年より年変動が小さく安定し、復原建物１の方が η 値、ν 値共に小さくなっている。

表１　復原建物１の屋内外温湿度環境調査・測定結果(1)

年	2007	2008								2009		
月	12	1	2	3	4	7	8	10	11	6	7	8
θ i	6.9	2.5	2.5	7.3	9.4	25.6	26.0	18.3	14.5	22.6	24.7	25.1
φ i	90.0	89.9	86.0	82.8	80.5	85.7	85.3	77.2	72.3	77.6	82.0	81.9
υ i	6.9	5.2	4.9	6.5	7.3	20.4	20.8	12.1	9.0	15.6	16.9	19.3
θ i. max	9.0	4.0	4.6	9.4	11.2	28.1	27.8	21.3	17.8	26.2	28.2	27.5
θ i. min	5.5	0.7	0.8	5.5	7.8	24.3	24.4	15.9	12.5	20.6	22.9	23.6
Θ i	4.5	3.3	3.8	3.9	3.4	3.8	3.4	5.4	5.3	5.6	5.3	3.9
φ i. max	96.0	96.5	92.2	89.4	87.0	90.0	90.5	84.5	79.9	85.7	88.8	87.6
φ i. min	78.7	81.8	76.8	73.1	73.1	78.3	77.6	67.0	63.7	65.9	70.9	75.4
Φ i	17.3	14.7	15.4	16.3	13.9	11.7	12.9	7.5	16.2	19.8	17.9	12.2
θ o	6.7	3.5	2.2	8.4	11.4	26.9	26.8	17.7	14.0	24.8	25.5	25.8
φ o	73.6	74.2	71.7	68.6	67.1	74.7	76.2	71.0	64.9	69.3	80.0	75.9
υ o	5.6	4.6	4.0	5.8	6.9	19.1	19.4	10.7	7.8	15.8	18.9	18.3
θ o. max	10.5	6.2	4.7	12.4	15.6	30.2	30.6	21.6	17.5	28.9	28.2	29.7
θ o. min	3.6	1.4	-0.4	4.6	7.6	23.9	24.6	14.3	10.1	21.8	23.4	24.2
Θ o	6.9	4.8	5.1	7.8	8.0	6.3	6.0	7.3	7.4	7.1	4.8	5.5
φ o. max	90.0	89.4	85.9	86.6	83.9	90.5	93.6	86.5	80.4	86.3	92.6	88.3
φ o. min	53.4	54.0	52.1	47.4	46.3	56.8	58.0	50.3	49.3	50.0	65.4	61.8
Φ o	36.6	35.4	33.8	41.2	37.6	33.7	35.6	36.2	31.1	36.3	27.2	26.5
⊿θ	0.2	-0.1	0.3	-1.1	-2.0	-1.3	-0.8	0.6	0.5	-2.2	-0.8	-0.7
⊿φ	16.4	15.7	14.3	14.2	13.4	11.0	9.1	6.2	7.4	8.3	2.0	6.0
⊿υ	1.3	0.6	0.9	0.7	0.4	1.3	1.4	1.4	1.2	-0.2	-2.0	1.0
η	0.65	0.69	0.75	0.50	0.43	0.60	0.57	0.74	0.72	0.79	1.10	0.82
ν	0.47	0.42	0.46	0.40	0.37	0.35	0.36	0.21	0.52	0.54	0.65	0.46

測定年月：2007 年 12 月～2008 年 4 月・7 月～8 月・10 月～11 月，2009 年 6 月～8 月

凡例　θ ：月平均温度（℃），φ ：月平均相対湿度（%），υ ：月平均絶対湿度（g/m^3），
Θ ：温度日較差の月平均値（℃），Φ ：平均相対湿度の日較差の月平均値（%），
⊿θ ：屋内外温度差の月平均値（℃），⊿φ ：屋内外相対湿度差の月平均値（%），
⊿υ ：屋内外絶対湿度の月平均値（g/m^3），η ：屋内外温度の日較差比，
ν ：屋内外相対湿度の日較差比，i ：屋内，o ：外気



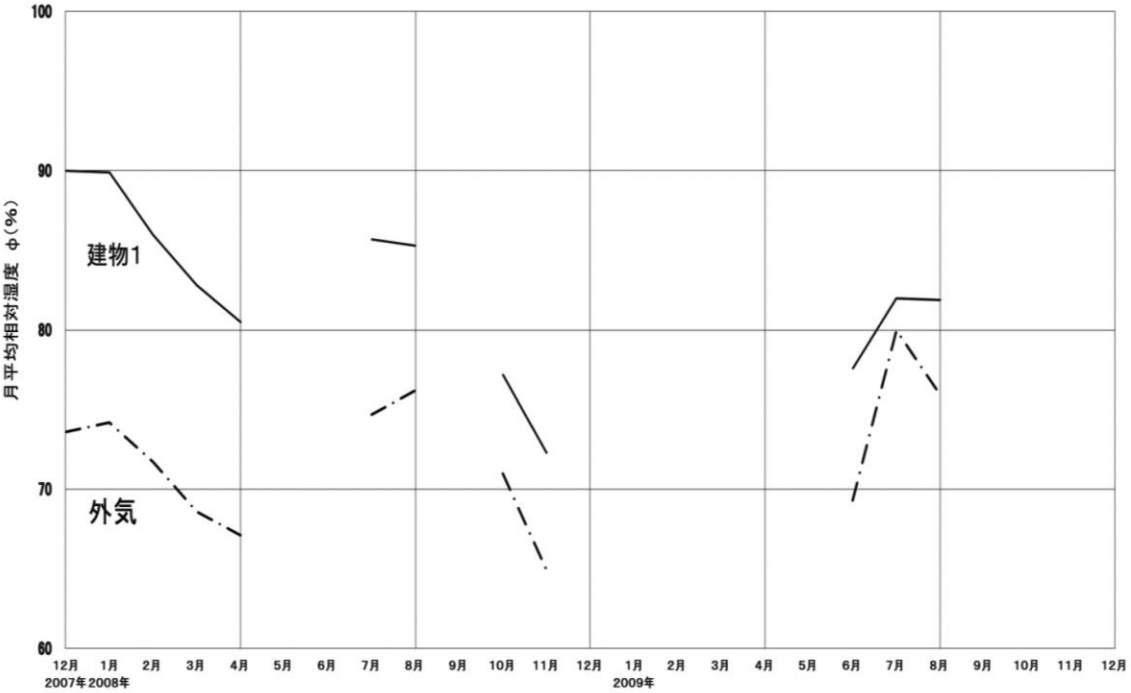


図１　復原建物１の月平均温度（℃，上）、月平均相対湿度（%，下）

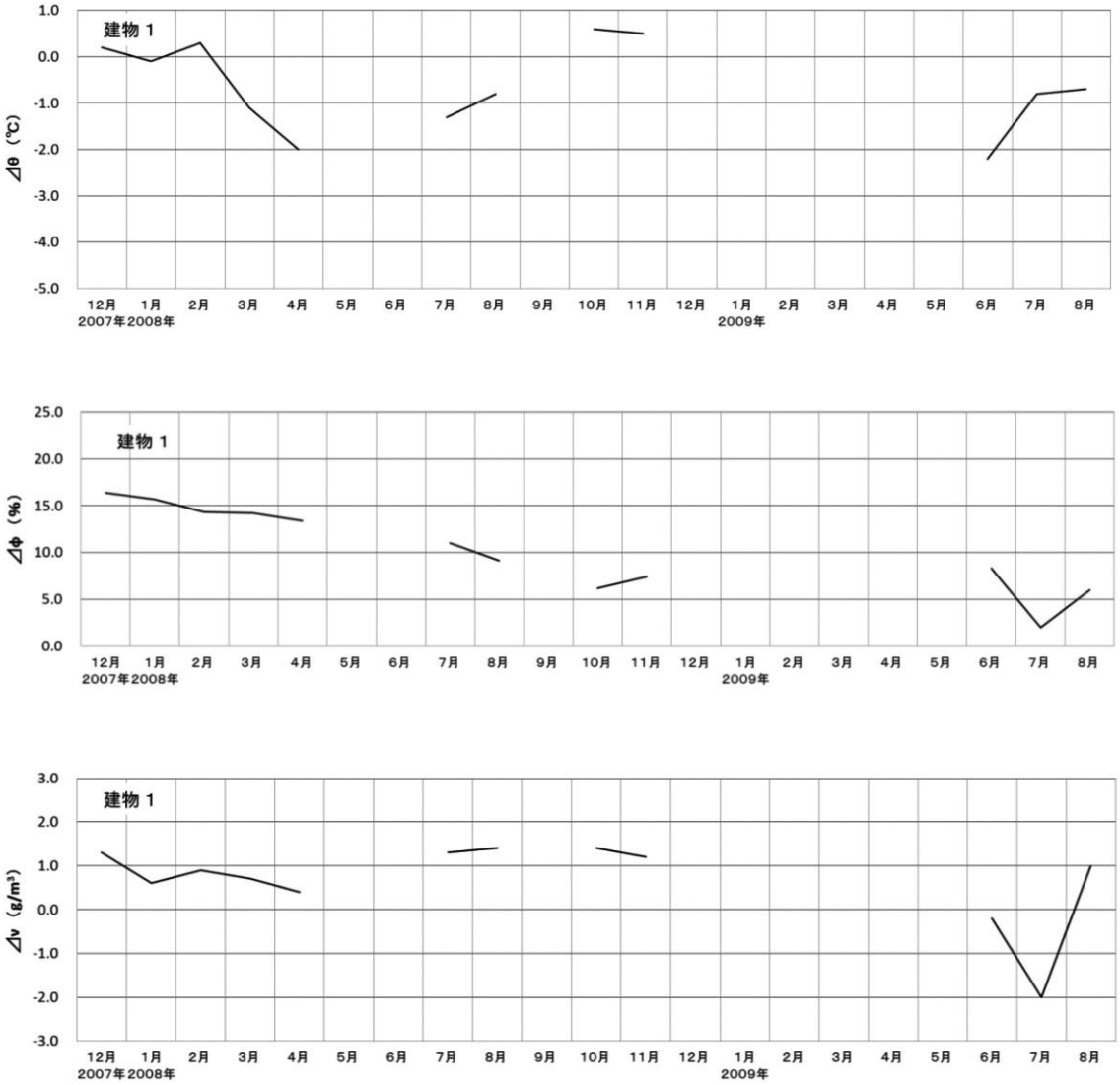


図２　復原建物１の屋内外温度差の月平均値（℃，上）、屋内外相対湿度差の月平均値（%，中）、屋内外絶対湿度の月平均値（ｇ/m^3，下）

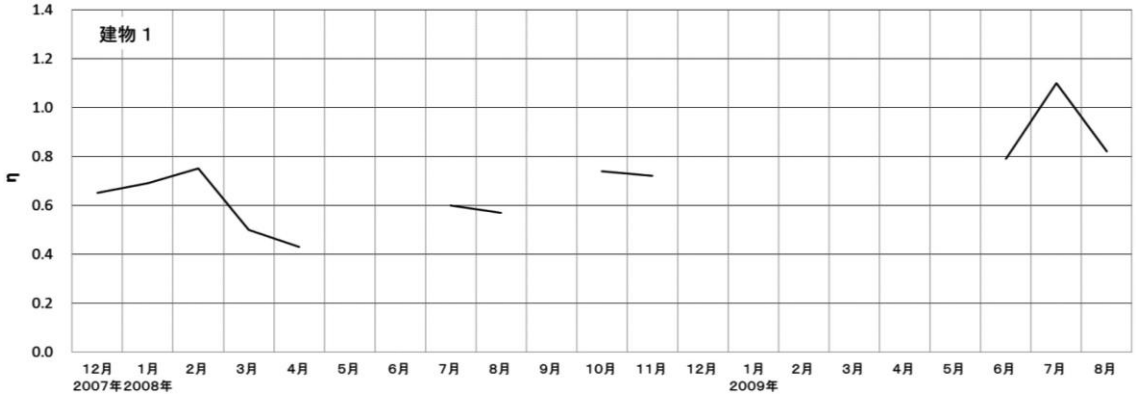


図３　復原建物１の屋内外温度の日較差比

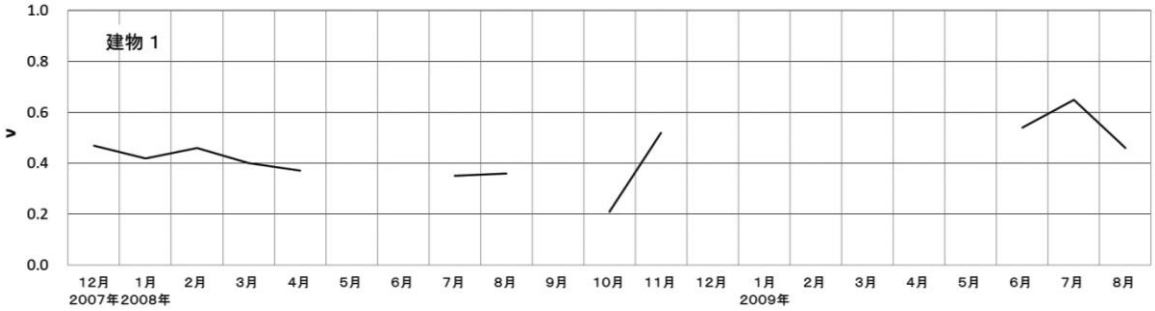


図４　復原建物１の屋内外相対湿度の日較差比

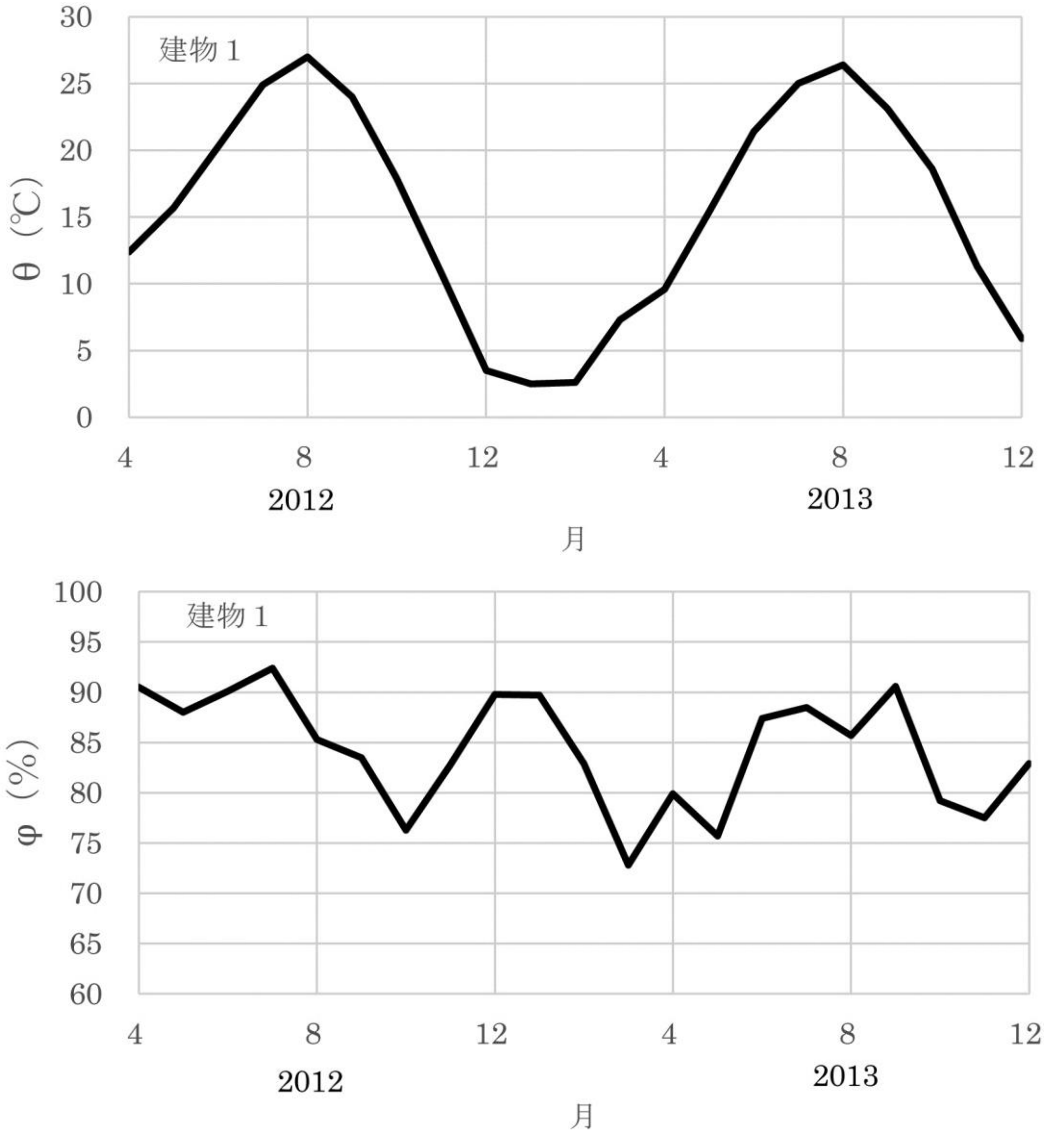


図５　復原建物１の月平均温度（℃，上）、月平均相対湿度（%，下）

表２　復原建物１の屋内外温湿度環境調査・測定結果(2)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
θ i				12.4	15.7	20.3	24.9	27.0	24.0	17.9	10.8	3.5
φ i				90.5	88.0	90.1	92.4	85.3	83.5	76.3	82.8	89.8
υ i				9.9	11.8	15.8	21.1	22.0	18.2	11.6	8.2	5.5
θ i. max				15.9	18.0	23.1	26.5	29.0	25.7	20.3	12.4	4.9
θ i. min				10.6	13.9	18.6	23.5	25.6	20.5	15.8	8.8	1.9
Θ i				5.3	4.1	4.5	3.0	3.4	5.2	4.5	3.6	3.0
φ i. max				97.7	95.2	97.0	97.8	93.1	90.4	85.1	90.1	91.2
φ i. min				75.6	76.9	80.0	82.4	76.6	75.2	65.0	73.1	83.6
Φ i				22.1	18.3	17.0	15.4	16.5	15.2	20.1	17.0	7.6
θ o				14.5	17.2	21.4	26.8	28.7	25.4	18.1	10.6	3.3
φ o				69.9	69.7	73.8	73.3	66.0	68.4	67.0	73.5	81.6
υ o				8.7	10.2	13.8	18.7	18.7	16.1	10.3	7.2	4.9
θ o. max				17.9	20.3	22.6	28.9	30.6	27.8	21.2	13.1	5.6
θ o. min				11.0	14.3	19.6	25.1	26.8	23.3	15.4	8.4	1.0
Θ o				6.9	6.0	3.0	3.8	3.8	4.5	5.8	4.7	4.6
φ o. max				95.5	86.2	85.9	86.9	75.4	82.4	83.2	89.2	92.5
φ o. min				52.4	53.2	61.7	59.7	56.6	54.4	50.8	57.8	67.2
Φ o				43.1	33.0	24.2	27.2	18.8	28.0	32.4	31.4	25.3
⊿θ				-2.1	-1.5	-1.1	-1.9	-1.7	-1.4	-0.2	0.2	0.2
⊿φ				20.6	18.3	16.3	19.1	19.3	15.1	9.3	9.3	8.2
⊿υ				1.2	1.6	2.0	2.4	3.3	2.1	1.3	1.0	0.6
η				0.77	0.68	1.50	0.79	0.89	1.20	0.78	0.77	0.65
ν				0.51	0.55	0.70	0.57	0.88	0.54	0.62	0.54	0.30

測定年月日：2012 年 4 月～11 月 29 日・12 月 21 日～31 日

凡例　θ ：月平均温度（℃），φ ：月平均相対湿度（%），υ ：月平均絶対湿度（g/m^3），
Θ ：温度日較差の月平均値（℃），Φ ：平均相対湿度の日較差の月平均値（%），
⊿θ ：屋内外温度差の月平均値（℃），⊿φ ：屋内外相対湿度差の月平均値（%），
⊿υ ：屋内外絶対湿度の月平均値（g/m^3），η ：屋内外温度の日較差比，
ν ：屋内外相対湿度の日較差比，i ：屋内，o ：外気

表３　復原建物１の屋内外温湿度環境調査・測定結果(3)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
θ i	2.5	2.6	7.3	9.6	15.4	21.4	25.0	26.4	23.1	18.6	11.3	5.9
φ i	89.7	82.9	72.8	79.9	75.7	87.4	88.5	85.7	90.6	79.2	77.5	82.9
υ i	5.2	4.8	5.7	7.3	9.9	16.4	20.4	21.3	18.7	12.6	7.9	6.0
θ i. max	3.8	4.2	10.0	11.3	16.9	23.0	26.8	28.1	24.6	20.6	13.1	7.2
θ i. min	1.3	1.0	4.8	7.9	13.1	20.2	23.7	25.2	22.1	17.0	9.7	4.8
Θ i	2.5	3.2	5.2	3.4	3.6	2.8	3.1	2.9	2.5	3.6	3.4	2.4
φ i. max	95.1	88.3	80.9	86.2	84.6	93.0	95.9	92.4	95.6	88.0	85.8	89.5
φ i. min	82.3	75.4	63.2	72.3	68.3	80.3	79.2	77.3	84.9	67.5	67.9	73.6
Φ i	12.8	12.9	17.7	13.9	16.3	12.7	16.7	15.1	10.7	20.5	17.9	15.9
θ o	2.7	3.2	9.2	11.7	17.2	22.8	27.2	28.4	24.1	18.9	11.3	5.9
φ o	79.1	69.8	57.8	65.9	61.8	75.1	70.9	69.2	78.4	77.4	69.6	76.3
υ o	4.6	4.2	5.2	6.9	9.0	15.3	18.5	19.2	17.2	12.5	7.1	5.5
θ o. max	5.1	6.0	13.0	15.2	21.4	25.1	29.3	30.6	25.9	21.1	14.2	7.9
θ o. min	0.6	0.7	5.5	8.1	13.9	20.5	25.2	26.5	22.4	16.7	8.5	4.3
Θ o	4.5	5.3	7.5	7.1	7.5	4.6	4.1	4.1	3.6	4.4	5.7	3.6
φ o. max	89.6	81.6	73.4	82.6	77.7	85.5	82.1	78.9	84.2	73.5	85.7	89.6
φ o. min	64.1	54.6	41.8	47.2	44.3	62.1	56.7	57.8	70.1	52.5	52.2	60.6
Φ o	25.5	27.0	31.6	35.4	33.4	23.4	25.4	21.1	14.1	41.0	33.5	29.0
⊿θ	-0.2	-0.6	-1.9	-2.1	-1.8	-1.4	-2.2	-2.0	-1.0	-0.3	0.0	0.0
⊿φ	10.6	13.1	15.0	14.0	13.9	12.3	17.6	16.5	12.2	5.6	7.9	6.6
⊿υ	0.5	0.6	0.5	0.4	0.7	1.1	1.9	2.1	1.5	0.1	0.8	0.5
η	0.56	0.60	0.69	0.48	0.48	0.61	0.76	0.71	0.69	0.82	0.60	0.67
ν	0.50	0.48	0.56	0.39	0.49	0.54	0.66	0.72	0.76	0.50	0.53	0.57

測定年月日：2013 年 1 月 1 日～9 月 2 日・10 月 7 日～12 月 31 日

凡例　θ ：月平均温度（℃），φ ：月平均相対湿度（%），υ ：月平均絶対湿度（g/m^3），
Θ ：温度日較差の月平均値（℃），Φ ：平均相対湿度の日較差の月平均値（%），
⊿θ ：屋内外温度差の月平均値（℃），⊿φ ：屋内外相対湿度差の月平均値（%），
⊿υ ：屋内外絶対湿度の月平均値（g/m^3），η ：屋内外温度の日較差比，
ν ：屋内外相対湿度の日較差比，i ：屋内，o ：外気

表４　復原建物２の屋内外温湿度環境調査・測定結果(1)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
θ i						22.1	24.0	24.6	23.8	17.3	9.9	3.2
φ i						84.4	89.5	89.4	81.5	77.8	83.3	91.4
υ i						16.5	19.5	20.1	17.5	11.5	7.8	5.5
θ i. max						25.5	27.3	27.0	25.9	20.0	11.8	5.3
θ i. min						20.1	22.3	23.1	22.1	15.1	8.3	1.4
Θ i						5.4	5.0	3.9	3.8	4.9	3.5	3.9
φ i. max						91.6	93.2	93.8	89.6	87.0	93.7	96.4
φ i. min						73.8	79.4	81.3	70.8	64.9	74.7	82.8
Φ i						17.8	13.8	12.5	18.8	22.1	19.0	13.6
θ o						21.4	26.8	28.7	25.4	18.1	10.6	3.3
φ o						73.8	73.3	66.0	68.4	67.0	73.5	81.6
υ o						13.8	18.7	18.7	16.1	10.3	7.2	4.9
θ o. max						22.6	28.9	30.6	27.8	21.2	13.1	5.6
θ o. min						19.6	25.1	26.8	23.3	15.4	8.4	1.0
Θ o						3.0	3.8	3.8	4.5	5.8	4.7	4.6
φ o. max						85.9	86.9	75.4	82.4	83.2	89.2	92.5
φ o. min						61.7	59.7	56.6	54.4	50.8	57.8	67.2
Φ o						24.2	27.2	18.8	28.0	32.4	31.4	25.3
⊿ θ						0.7	−2.8	−4.1	−1.6	−0.8	−0.7	−0.1
⊿ φ						10.6	16.2	23.4	13.1	10.8	9.8	9.8
⊿ υ						2.7	0.8	1.4	1.4	1.2	0.6	0.6
η						1.80	1.31	1.03	0.84	0.84	0.74	0.91
ν						0.74	0.51	0.66	0.67	0.68	0.61	0.54

測定年月：2012 年 6 月～12 月

凡例　θ：月平均温度（℃），φ：月平均相対湿度（%），υ：月平均絶対湿度（g/m^3），
Θ：温度日較差の月平均値（℃），Φ：平均相対湿度の日較差の月平均値（%），
⊿θ：屋内外温度差の月平均値（℃），⊿φ：屋内外相対湿度差の月平均値（%），
⊿υ：屋内外絶対湿度の月平均値（g/m^3），η：屋内外温度の日較差比，
ν：屋内外相対湿度の日較差比，i：屋内，o：外気

表５　復原建物２の屋内外温湿度環境調査・測定結果(2)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
θ i	2.3	2.4	7.0	9.5	14.8	21.7	25.0	26.2	22.2	1.1	11.1	5.6
φ i	86.9	81.3	76.2	80.0	81.6	87.4	87.5	86.6	86.3	85.3	82.0	85.9
υ i	4.9	4.7	5.9	7.3	10.3	16.7	20.1	21.3	16.9	13.2	8.3	6.1
θ i. max	4.6	5.6	10.6	11.7	16.8	21.7	28.1	28.6	25.0	21.2	14.2	7.7
θ i. min	0.9	0.5	4.3	7.4	12.8	18.0	23.4	24.7	20.4	16.5	8.9	4.1
Θ i	3.7	5.1	6.3	4.3	4.0	3.7	4.7	3.9	4.6	4.7	5.3	3.6
φ i. max	92.7	89.4	87.5	87.6	89.0	94.7	95.7	93.5	92.7	93.0	91.5	92.5
φ i. min	74.9	67.7	61.8	69.5	70.5	77.5	73.2	73.9	74.3	71.8	65.7	73.5
Φ i	17.8	21.7	25.7	18.1	18.5	17.2	22.5	19.6	18.4	21.2	25.8	19.0
θ o	2.7	3.2	9.2	11.7	17.2	22.8	27.2	28.4	24.1	18.9	11.3	5.9
φ o	79.1	69.8	57.8	65.9	61.8	75.1	70.9	69.2	78.4	77.4	69.6	76.3
υ o	4.6	4.2	5.2	6.9	9.0	15.3	18.5	19.2	17.2	12.5	7.1	5.5
θ o. max	5.1	6.0	13.0	15.2	21.4	25.1	29.3	30.6	25.9	21.1	14.2	7.9
θ o. min	0.6	0.7	5.5	8.1	13.9	20.5	25.2	26.5	22.4	16.7	8.5	4.3
Θ o	4.5	5.3	7.5	7.1	7.5	4.6	4.1	4.1	3.6	4.4	5.7	3.6
φ o. max	89.6	81.6	73.4	83.6	77.7	85.5	82.1	78.9	84.2	80.2	80.0	85.0
φ o. min	64.1	54.6	41.8	47.2	44.3	62.1	56.7	57.8	70.1	52.5	52.2	60.6
Φ o	25.5	27.0	31.6	35.4	33.4	23.4	25.4	21.1	14.1	27.7	27.8	24.4
⊿ θ	−0.4	−0.8	−2.2	−2.2	−2.4	−1.1	−2.2	−2.2	−1.9	−0.4	−0.2	−0.3
⊿ φ	7.8	9.9	17.4	14.1	19.8	12.3	16.2	17.4	7.9	7.9	12.4	9.6
⊿ υ	0.3	0.3	0.6	0.4	1.3	1.4	1.6	2.1	−0.3	0.7	1.2	0.6
η	0.82	0.96	0.84	0.61	0.53	0.80	1.15	0.95	1.28	1.07	0.93	1.00
ν	0.70	0.80	0.81	0.58	0.55	0.74	0.89	0.93	1.30	0.76	0.93	0.78

測定年月：2013 年 1 月～12 月

凡例　θ：月平均温度（℃），φ：月平均相対湿度（%），υ：月平均絶対湿度（g/m^3），
Θ：温度日較差の月平均値（℃），Φ：平均相対湿度の日較差の月平均値（%），
⊿θ：屋内外温度差の月平均値（℃），⊿φ：屋内外相対湿度差の月平均値（%），
⊿υ：屋内外絶対湿度の月平均値（g/m^3），η：屋内外温度の日較差比，
ν：屋内外相対湿度の日較差比，i：屋内，o：外気

表６　復原建物５の屋内外温湿度環境調査・測定結果

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
θ i				12.2	15.7	20.0	24.5	27.4	24.8	18.1	11.0	
φ i				93.0	87.9	91.2	94.8	85.8	82.7	78.6	84.5	
υ i				10.0	11.8	15.8	21.2	22.6	18.8	12.1	8.5	
θ i. max				13.7	17.1	21.2	25.6	28.9	26.1	19.2	11.8	
θ i. min				10.9	14.4	19.1	23.7	25.5	23.7	16.9	10.1	
Θ i				2.8	2.7	2.1	1.9	3.4	2.4	2.3	1.7	
φ i. max				98.5	94.4	96.2	98.2	92.3	88.4	85.5	90.0	
φ i. min				83.9	77.4	83.1	88.1	76.2	73.9	70.0	77.4	
Φ i				14.6	17.0	13.1	10.1	16.1	14.5	15.5	12.6	
θ o				14.5	17.2	21.4	26.8	28.7	25.4	18.1	10.6	
φ o				69.9	69.7	73.8	73.3	66.0	68.4	67.0	73.5	
υ o				8.7	10.2	13.8	18.7	18.7	16.1	10.3	7.2	
θ o. max				17.9	20.3	22.6	28.9	30.6	27.8	21.2	13.1	
θ o. min				11.0	14.3	19.6	25.1	26.8	33.3	15.4	8.4	
Θ o				6.9	6.0	3.0	3.8	3.8	4.5	5.8	4.7	
φ o. max				95.5	86.2	86.9	86.9	75.4	82.4	83.2	89.2	
φ o. min				52.4	53.2	61.7	59.7	56.6	54.4	50.8	57.8	
Φ o				43.1	33.0	24.2	27.2	18.8	28.0	32.4	31.4	
⊿ θ				-2.3	-1.5	-1.4	-2.3	-1.3	-0.6	0.0	0.4	
⊿ φ				23.1	18.2	17.4	21.5	19.8	14.3	11.6	11.0	
⊿ υ				1.3	1.6	2.0	2.5	3.9	2.7	1.8	1.3	
η				0.41	0.45	0.70	0.50	0.89	0.53	0.40	0.36	
ν				0.34	0.52	0.54	0.37	0.86	0.52	0.48	0.40	

測定年月：2014 年 4 月～11 月

凡例　θ ：月平均温度（℃），φ ：月平均相対湿度（%），υ ：月平均絶対湿度（g/m^3），
Θ ：温度日較差の月平均値（℃），Φ ：平均相対湿度の日較差の月平均値（%），
⊿θ ：屋内外温度差の月平均値（℃），⊿φ ：屋内外相対湿度差の月平均値（%），
⊿υ ：屋内外絶対湿度の月平均値（g/m^3），η ：屋内外温度の日較差比，
ν ：屋内外相対湿度の日較差比，i ：屋内，o ：外気

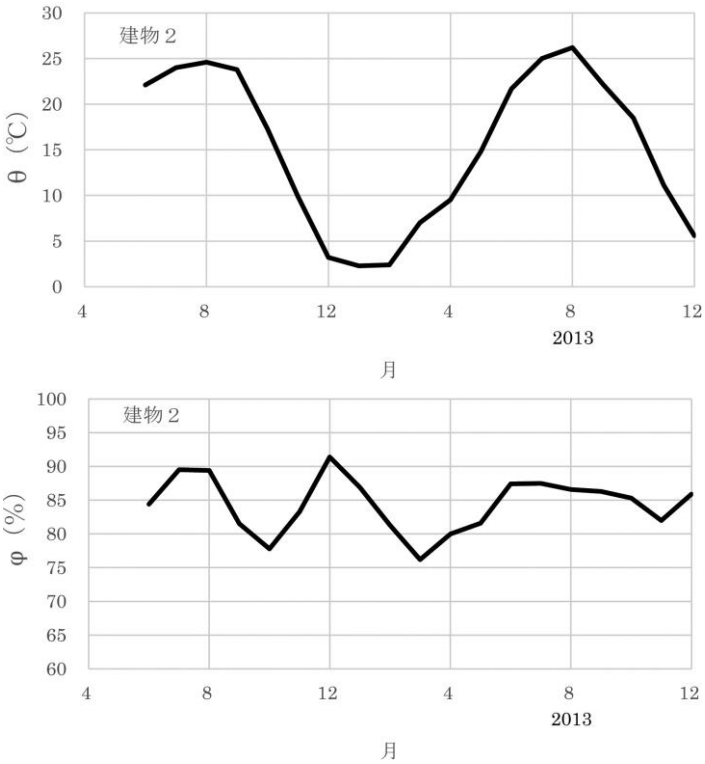


図６　復原建物２の月平均温度（℃，上）、月平均相対湿度（%，下）

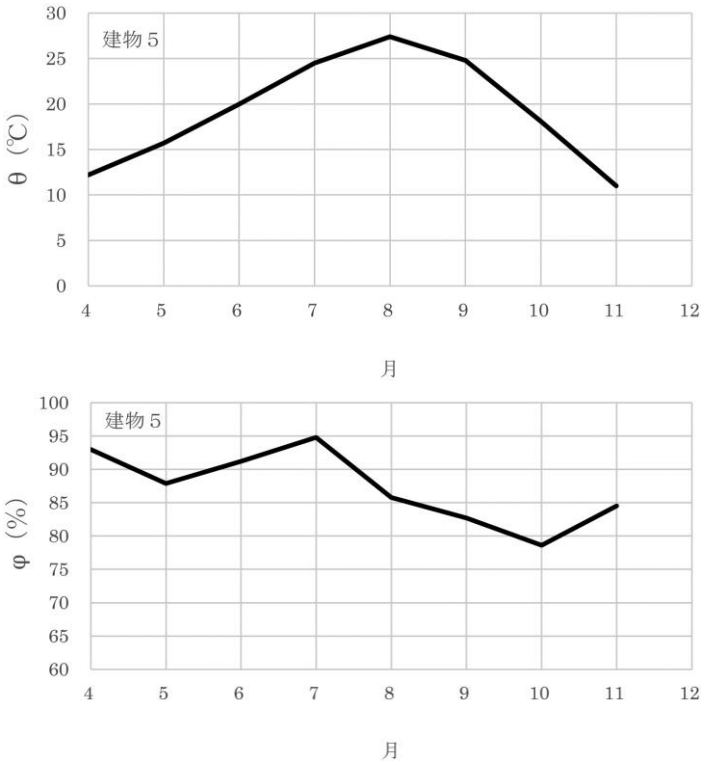


図７　復原建物５の月平均温度（℃，上）、月平均相対湿度（%，下）　2014 年測定

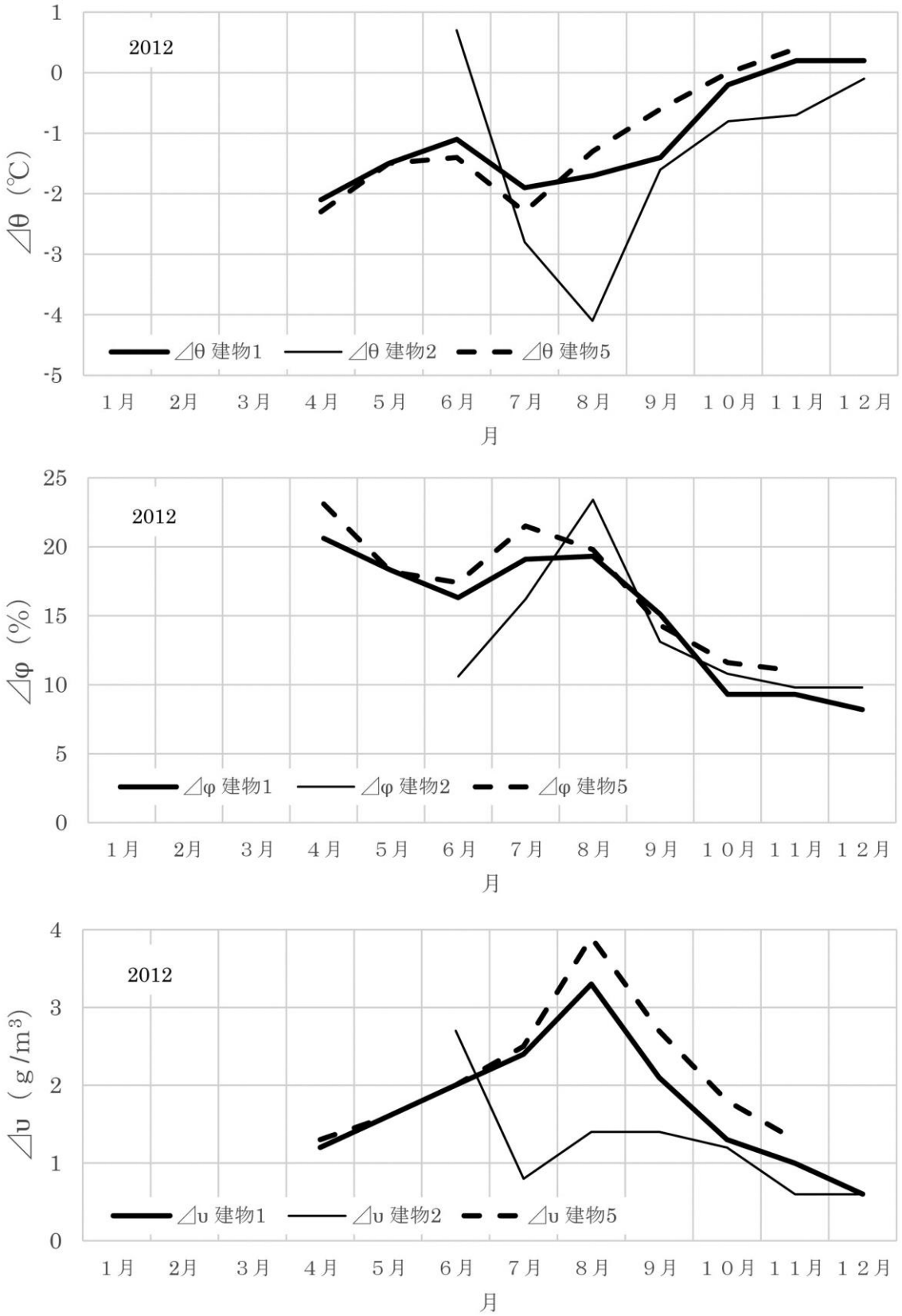


図８　復原建物１・２・５の屋内外温度差の月平均値（℃，上）、屋内外相対湿度差の月平均値（%，中）、屋内外絶対湿度の月平均値（g/m^3，下）

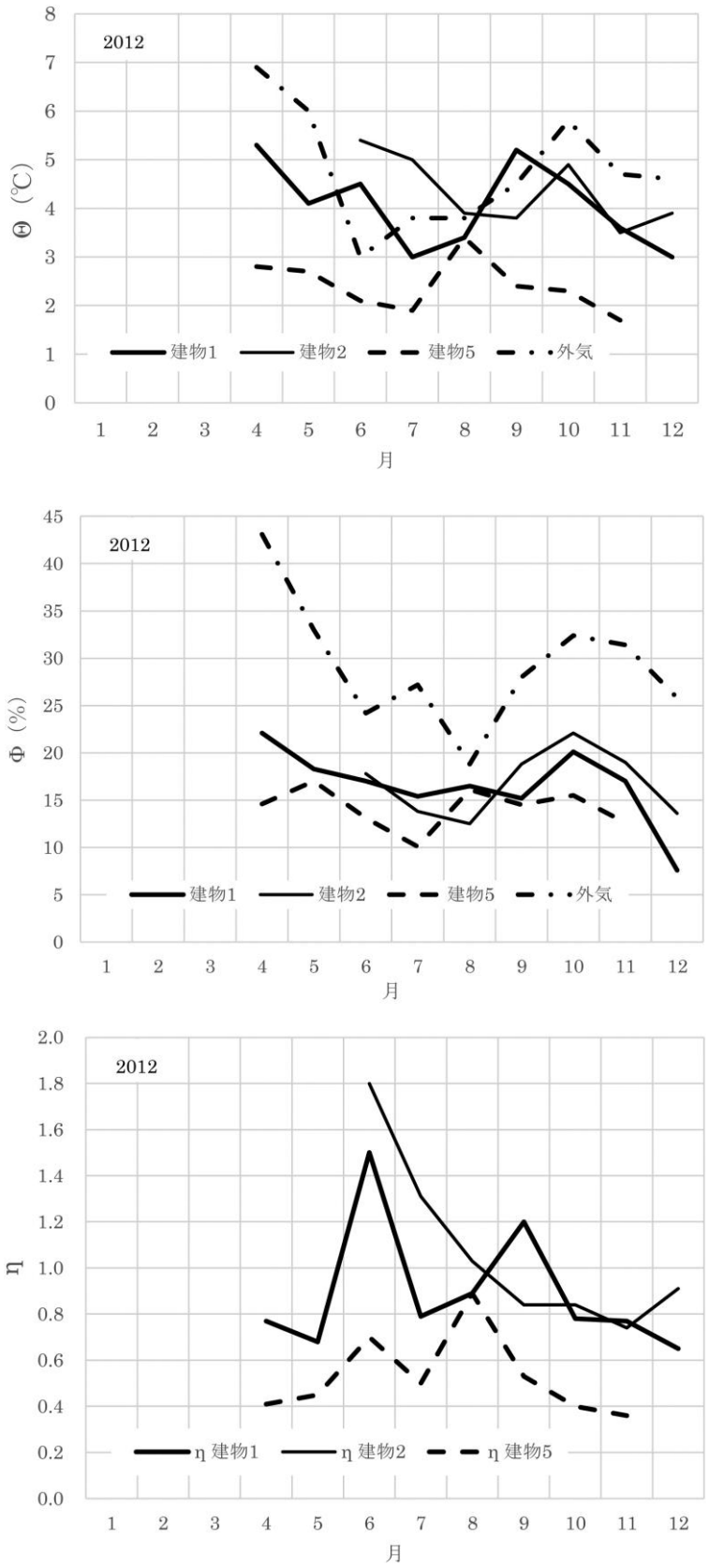


図９　復原建物１・２・５の温度日較差の月平均値（℃，上）、平均相対湿度の日較差の月平均値（%，中）、屋内外温度の日較差比（下）

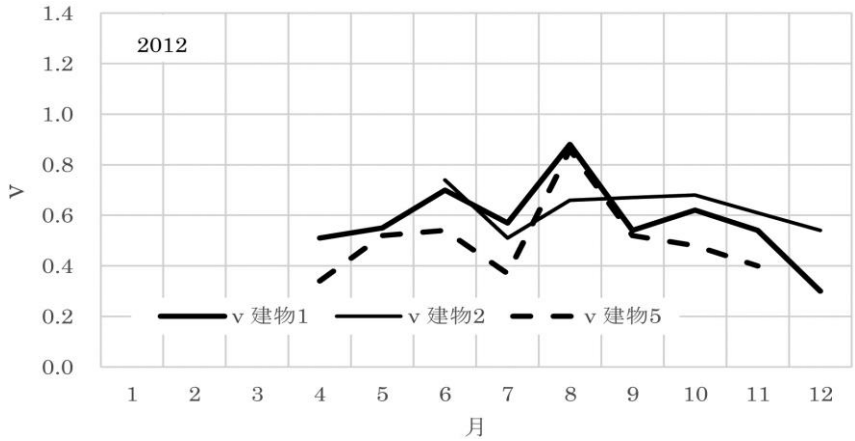
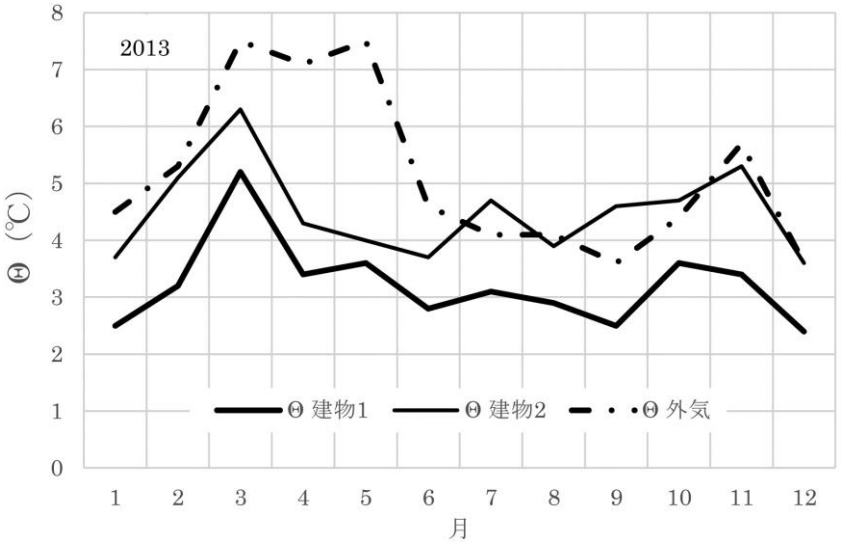


図 10　復原建物１・２・５の屋内外相対湿度の日較差比



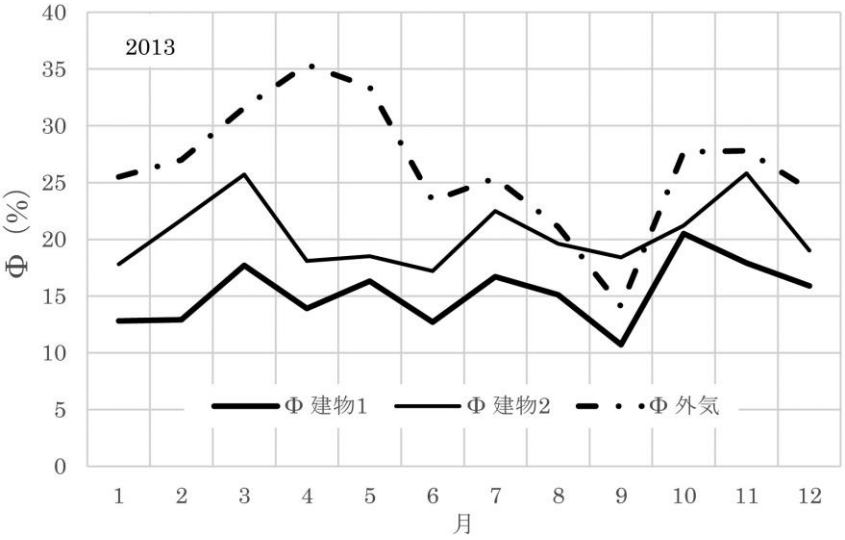
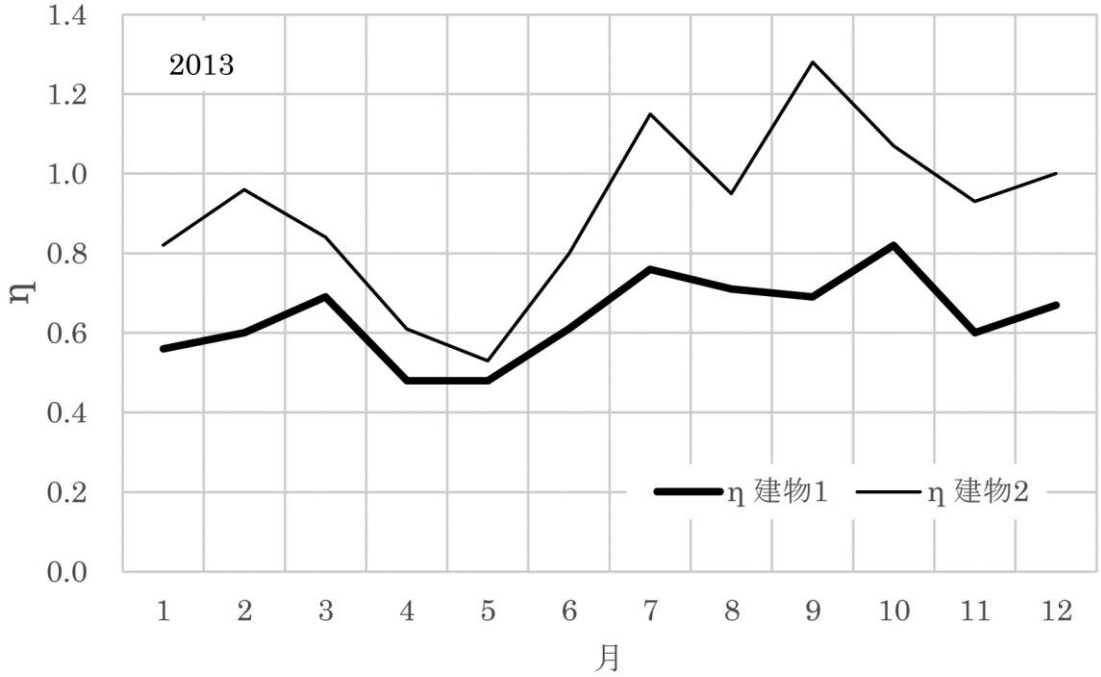


図 11　復原建物１・２の温度日較差の月平均値（℃，上）、
平均相対湿度の比較差の月平均値（%，下）



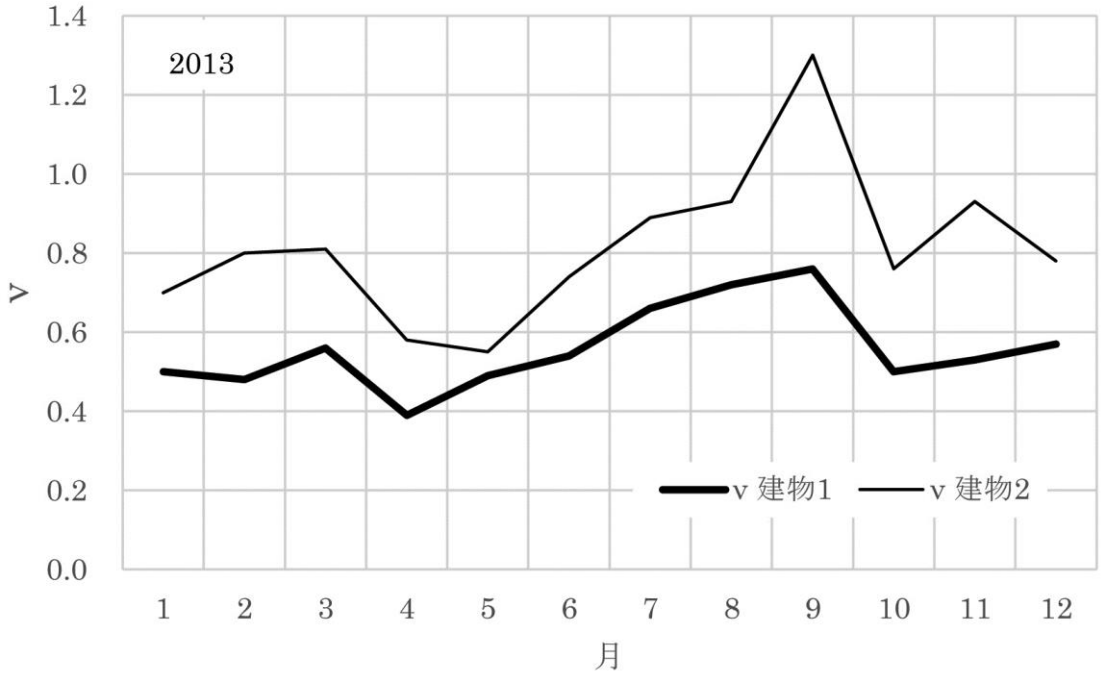


図 12　復原建物１・２の屋内外温度の日較差比（上）、屋内外相対湿度の日較差比（下）

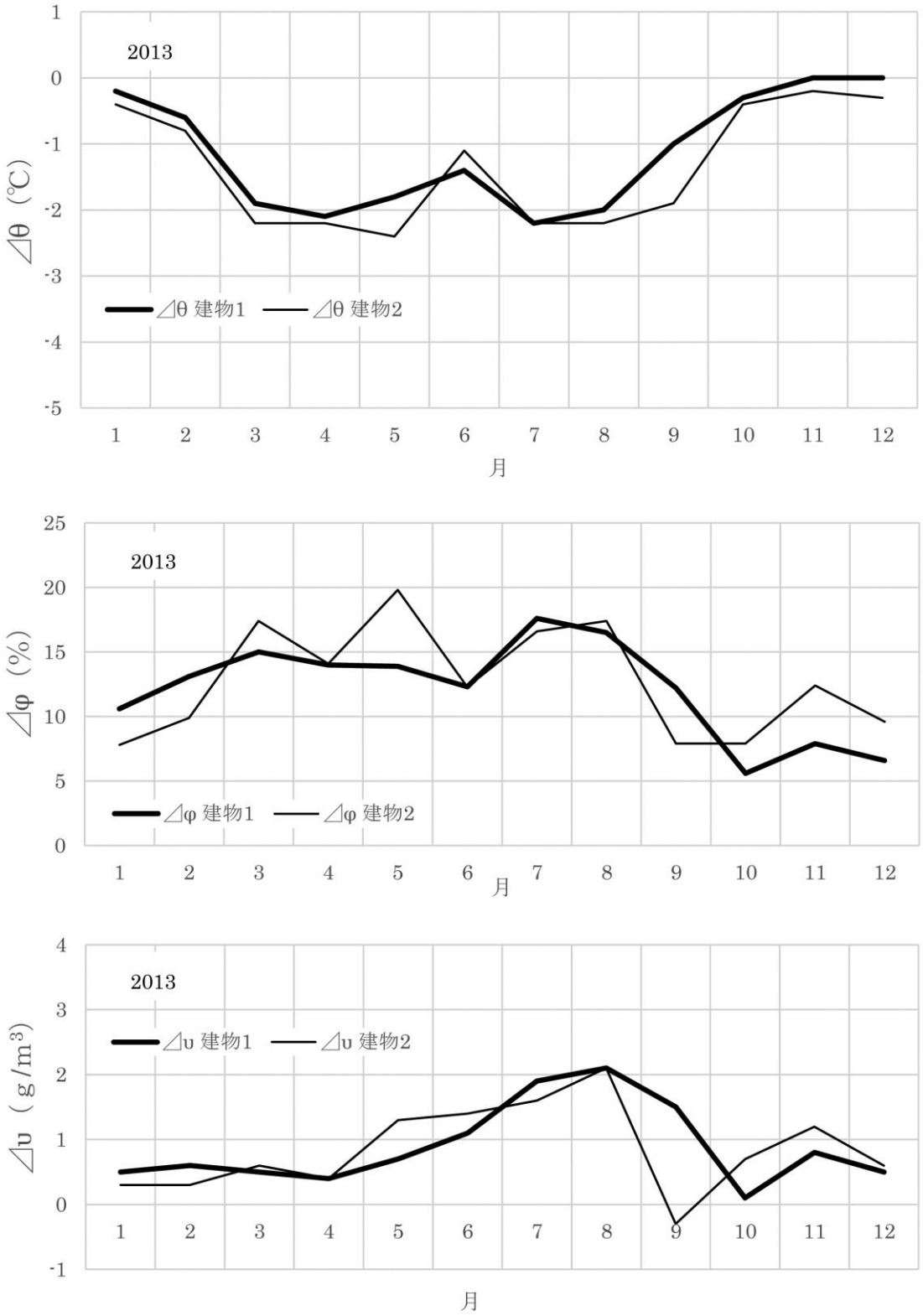


図 13　復原建物１・２の屋内外温度差の月平均値（℃，上）、屋内外相対湿度差の月平均値（%，中）、屋内外絶対湿度の月平均値（g/m³，下）