

首里城炎上②⑩ 見えてきた火災原因（Ⅸ） － 正殿正面の火災；発火源および着火物は何か！ －

技術士（衛生工学・建設・環境）・甲種危険物取扱者等
環境計画センター 会長代行 鍵谷 司

はじめに

『環境施設』第178号（2024.6）では、「首里城火災シリーズ⑨ 見えてきた火災原因（Ⅷ）－延焼媒体は、繋がっていた防災マット（可燃物）！－」と題して、発火元の分電盤室の見学通路に敷かれていた防災マットが、照明灯コードのショートにより着火したが、防災加工されていたため、炎は発生せず、燻り続けた。見学通路のマットは正殿1階正面にまで切れ間なく連続して敷かれていたため、延焼媒体となったと結論した。

正殿正面への延焼ルートには、2つのルートが考えられる。①発火元の分電盤室から奥の廊下に流出し、西之廊下に流れ、警備員が進入時に開けた北出入口のシャッターから外部へ流出し、風下のウナ－が黒煙で覆われた。また、②奥の廊下から正面の下庫理^{しちやぐい}に繋がる通路の防災マットが燻り続け、正面室内において防災加工されていない可燃物に着火して火災が発生したと結論した。

見学通路の防災マットが、炎を出さずに燻って延焼したことにより、分電盤室をはじめ、正殿内や外部のウナ－が黒煙で覆われたこと、燻りは火力が弱いので、周辺の木造建具をはじめ防災マットと接触している床板にも着火しなかった理由を合理的に説明した。

以上の検討結果から、最も大きな謎であった、発火元である分電盤室には、可燃物が存在するにもかかわらず、外部監視カメラには火災がいったい記録されていなかった事実を合理的に説明できた。ところが、防災マットが燻り続け、正殿1階正面の下庫理にまで延焼した段階で、正面を監視する外部監視カメラ（奉神門カメラ）に小さな炎

が捉えられた。分電盤室で起こった燻り（無炎燃焼）とは、違った有炎燃焼が確認された。

ここでは、正殿1階の正面火災の発火源、着火物、延焼媒体について検討し、首里城が全焼した経緯と理由に迫った。炎の出ない燃えにくい防災マットが、首里城全焼に重大な役割を果たしたことは、防災・延焼拡大を考える上で大きな「盲点」であったことは衝撃的であった。

1. 正殿1階正面の着火地点と着火物について

奉神門監視カメラに捉えられた正殿1階正面のやや北側が発火地点であるが、この付近には、発火源となる火源は存在しない。しかも、電氣的トラブルにより正殿内はすでに停電状態であった。唯一の着火源は、分電盤室において着火した防災マットが、正殿1階正面にまで切れ間なく繋がっていたので、燻りが継続して火源になったと考える以外に存在しない。

着火源を究明するにあたっては、火災状況を記録した首里城火災動画（以下、火災動画と記す）¹⁾と首里城焼失の半年前の昼間に正殿内部を撮影した見学動画（以下、見学動画と記す）²⁾に撮影された可燃物（建具、展示物、壁板など）が手がかりになる。とくに、最初に火災を捉えた正殿正面を記録した奉神門監視カメラの映像が重要である。監視カメラの映像は、夜の暗闇の中で、正殿前庭（ウナ－）の黒煙による霞から始まり、その中で正殿室内のやや北側において微かに炎が捉えられた。

1. 1 正殿1階の炎発生地点について

外部監視カメラに正殿室内で炎が捉えられたが、

首里城火災に関する多くの情報、取材記事、那覇市消防局火災原因判定書および沖縄県が設置した首里城火災に係る再発防止検討委員会報告書等において、発火地点についてほとんど検討されていない。炎が確認された時刻は、火災報知器が鳴動（2：40）した7分後（2：47）である。「炎地点」を解明しなければ、本格火災に至った発火源や着火物および延焼媒体を特定することはできない。

首里城祭を翌日に控え、ウナーでは、イベント準備が行われており、作業が終了後に火災が起こった。奉神門監視カメラには、発火前から火炎の消滅、ついで延焼拡大から全焼に至る経緯が記録されている。この画像から炎の位置を確定し、周辺の着火物を特定することが基本である。当初の映像は、夜間なのでほぼ暗闇であり、正殿正面とウナーが街灯程度の明るさでかなり不明瞭であったが、奉神門から唐破風^{からはふ}に外部照明が当てられ、さらに、火災の進行とともに明るくなり、全体が把握できるようになった。

（1）奉神門監視カメラについて¹⁾²⁾

正殿の火災を記録した外部監視カメラには、正殿正面を外部から撮影した奉神門監視カメラが、正殿裏側の外部監視カメラ（ヨコホリデン）および正殿の北出入口を撮影した北殿ノキシタカメラの3台の映像が公開されている。なお、正殿裏側の中央階段に設置されていた室内カメラは、微光を捉えた数分後に電源が切れ、映像は消えた。

図1に、正面のウナーを挟んで設置された奉神門監視カメラの配置を、図2に撮影範囲を示す。最初に火炎を捉えた奉神門監視カメラに記録された映像（正殿正面を撮影）は、夜間であり、当初は真っ暗であったが、警備員が夜間照明のスイッチを入れたので、正殿中心部の唐破風付近の様子が確認できる。なお、北殿ノキシタ「西之廊下出入口を撮影」カメラや裏側ヨコホリデン「正殿裏側を撮影」カメラでは、暗くて状況はほとんどわからない。しかしながら、延焼拡大に伴ってウナーが明るくなり、翌日の首里城祭の準備していた仮設舞台と大きな衝立が舞台の両側に設置されてい

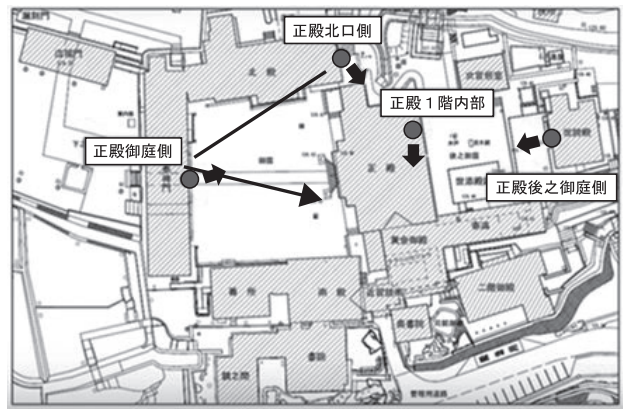


図1 奉神門監視カメラから正殿正面を撮影

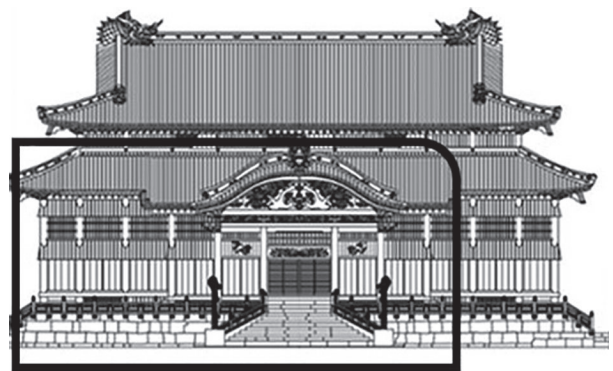


図2 正殿正面奉神門監視カメラの撮影範囲



画像1 火災で浮き彫りになった衝立

たことが確認できる（画像1）。

奉神門監視カメラに記録された火災初期の様子は、次のとおりである²⁾。正殿1階の正面を撮影した奉神門監視カメラには、裏側室内カメラで微かな光を感知したほぼ16分後に10m以上も離れた正殿正面で小さな炎が記録された（カッコ内の分秒表記はヨコホリデンカメラ時刻）。

- ・ 2：30（02：31：12） 正殿内東側出口付近の室

内で何かが一瞬小さく発光

- ・ 2 : 46 (02 : 48 : 54) 16分後、正殿正面内部に炎を確認。消滅を繰り返す

正殿正面室内の北側で小さな炎が捉えられ、消滅を繰り返しながら、しだいに大きな火炎となり、南側に燃焼拡大する様子が捉えられている。

(2) ウナーに設置された衝立について

ところで、火災発生当日は、首里城祭を控えており、祭準備としてウナー中央部には高さ1m程度の舞台がせり出し、舞台の両側には、高さ3.9m、横幅8m程度の電光掲示板と外部照明用の大きな衝立が設置されていた(図3)³⁾。

ここで注意すべきことは、図1に示すように、奉神門カメラは、約40m程度離れた奉神門2階の軒下付近に設置されていたと想定されることである。つまり、上から見下ろす映像であり、実際よりもやや低く見える。図3に示した委員会報告書の衝立の高さはやや低いが、首里城火災の前日に見学者がウナーから撮影した正殿の様子は写真1



図3 正殿正面に設置された衝立³⁾
(奉神門カメラから見降した図)



写真1 火災前日の正殿の様子(地表から撮影)⁴⁾

に示したように、衝立はかなり大きく、西之廊下の軒下の高さに達する⁴⁾。ウナーの衝立の前には、地下に強力な放水銃が収納(写真2)されていたが、すぐ前の高い衝立に阻まれ(画像1)、消火活動に大きな障害となったであろう。

なお、消火活動の途中で、照明部分など一部が破壊されたが、すでに大炎上の状況であり、しかも、放水量が10分間程度で低下し、消火はおぼつかない状況であり、延焼が拡大した様子がカメラに記録されている。火災後の衝立の残骸を写真3に示しておく。

1. 2 発火地点の推測について

奉神門監視カメラは、正殿の火災の様子を正面から捉えており、火災の初期、中期、全焼までの火災の推移が記録されている。なお、公開映像は2019(令和元)年10月31日2時30分から4時30分までの約2時間の火災状況が10分間に編集されており、解析に必要な部分も多数カットされてい

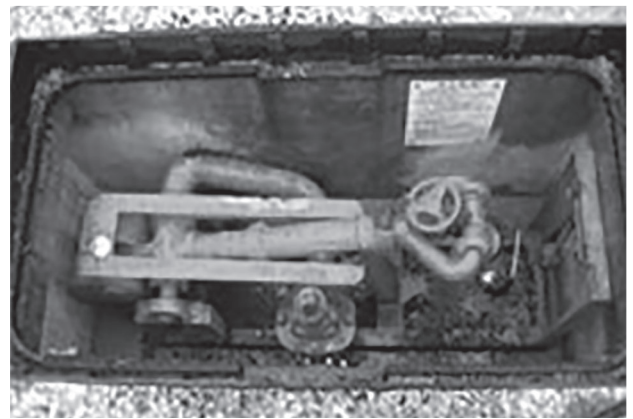


写真2 正殿ウナーの地下収納式放水銃



写真3 焼け跡の衝立の残骸

る。しかし、映像には、最初に発生した「炎」が明確に記録されているので、横方向と縦方向（高さ）を推測することは容易である。なお、映像は平面で記録されているので、高さ（縦）と南北（横）の位置は解明できる。しかし、炎の奥行（東西方向）については、映像から解明できないが、「炎」の延焼状況から推測できる。

（１）着火地点「炎」の位置の推定

奉神門監視カメラは、ウナーを挟んで正殿の正面をやや斜め上から撮影している（図１）。撮影範囲は、図２に示したように正殿正面のほぼ全景であり、横方向は、中央部の唐破風の南側から北側、さらに西之廊下（建物）から北殿まで、高さは、ウナーのかなり手前から３階軒下付近までの範囲である。

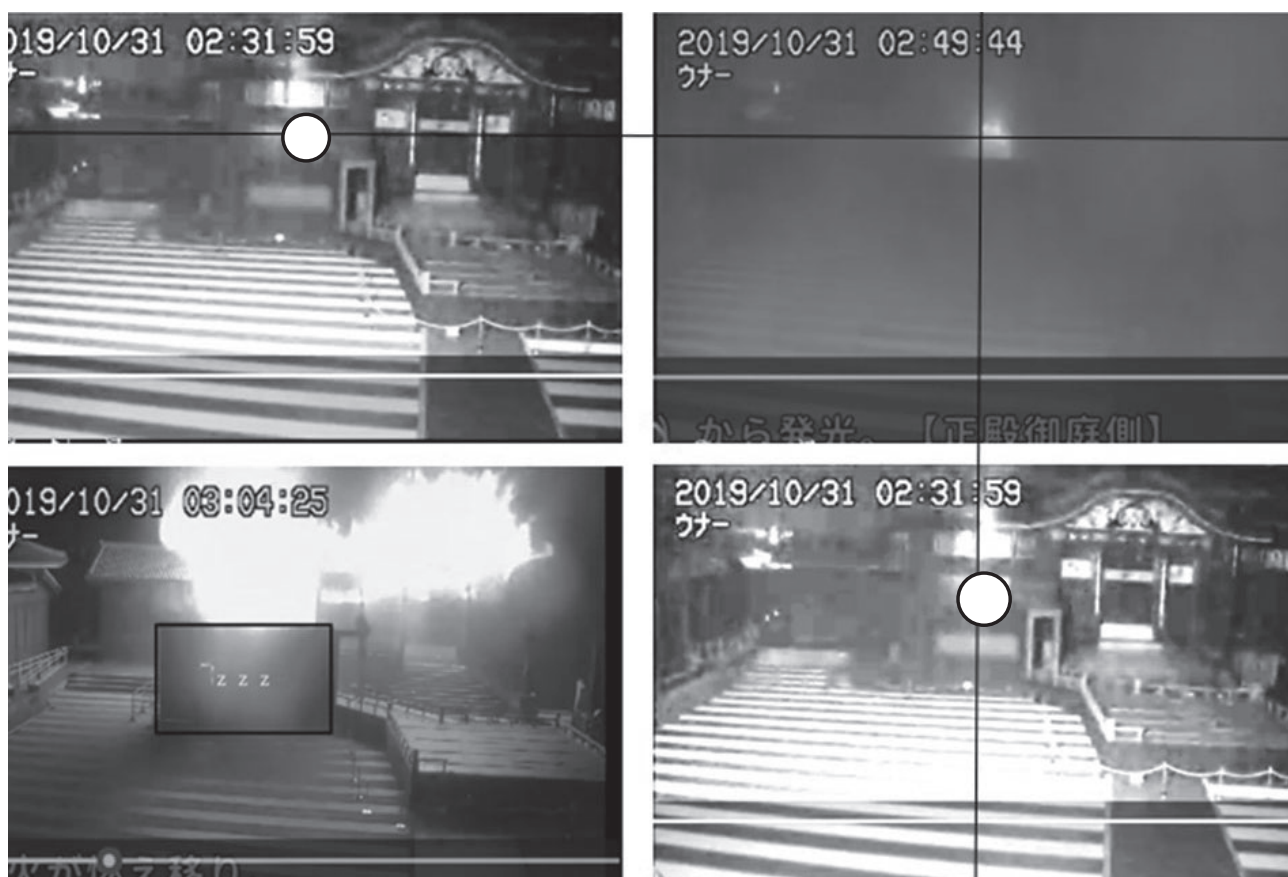
【炎の発生地点；横方向および高さの検討】

画像２は、奉神門監視カメラが捉えた発炎と正

殿の位置関係等を、同じ大きさの画像として並べて示した。それぞれの画像から横方向と高さ方向を解析した。

①右上画像；最初の発炎地点；ウナーを挟んで奉神門から外部照明が正殿正面に照射されていたが、ウナー全体が黒煙に覆われており、高さ10m以上の正殿がまったく見えないほど大量に滞留していた。当時の風向は、北北東の風で、風速が平均3.5m/秒であったが、黒煙は流出することにはなかった。ウナーは、正殿、北殿、奉神門、南殿等の建造物に囲まれていたこと（写真４）も要因ではあるが、滞留で正殿全体が黒煙で覆われることは想定しにくい。正殿内には大量の黒煙で充満していたと考えられることから、この外壁から流出したと考えられる。

②左上画像（炎の高さ地点の推測）；黒煙がウナーに流入する前の正殿の画像と比較した。中央の唐破風に照明が当てられて明るい、両端は薄暗い。炎地点を横方向に延長すると、唐破風の



画像２ 奉神門監視カメラが捉えた発炎と正殿の位置関係

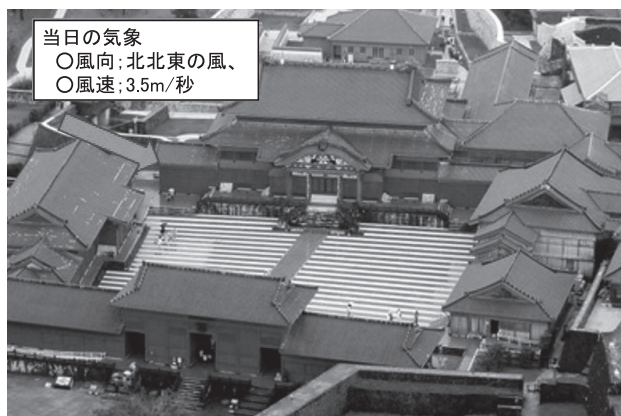


写真4 首里城ウナー周辺の建造物群

屋根南端のやや南側（左側）の正殿1階の天井付近であると読み取れる。

③右下画像（横方向地点の推測）；②と同じ画像を配置し、炎地点を縦方向に延長すると、唐破風屋根の北端のやや北側の地点であると読み取れる。

④左下画像；火災が拡大し、炎の明かりで、ウナーの様子が明確になり、衝立および仮設舞台がはっきりと確認できる。火災は衝立の後側（正殿室内）で起こり、その後、炎が唐破風の高さよりも大きく立ち上がり、外壁に延焼したことを示唆する。

以上の解析結果から、発炎地点は、正殿1階の中央部の唐破風屋根の北端よりもやや北側の地点で、その高さは1階天井付近であると結論した。また、炎が立ち上がり、2階屋根に届いた時点で外壁に延焼したと考えた。

【炎の奥行きの検討】

最初に捉えられた「炎」の横および高さ地点を解明できたが、画像は平面であり、奥行きは解明できない。しかしながら、画像3に示したように、炎は、ほぼ同じ高さ地点を水平に北側（左側）に延焼している。つまり、可燃物が横方向に配列していることを示唆する。正殿1階の平面図および見学動画を精査すると、室内で横方向（南北）に建具が配列する地点は見当たらず、唯一、下庫理から西之廊下に続く外壁だけである。外壁には、



①発炎…02:49:44



②炎の消滅…02:50:15（36秒後）



③炎が水平に移動…02:50:58（1分14秒後）



④外壁延焼…02:54:05（4分21秒後）

画像3 発炎後の炎の移動状況

障子戸等の建具が横方向に配列されている。さらに、画像3の最下段の画像に示したように発炎の数分後には大きな火炎が立ち上がり、2階の屋根上まで到達している。このことは、室内ではなく、外壁に延焼したことを示唆する。仮に、室内の奥で延焼したとしたら、炎は1階天井に遮られるので、説明がつかなくなる。つまり、着火地点は、張り出し廊下から西之廊下に通じる障子戸等の建具であることを示している。

【正殿室内における発火地点の解明】

図4は、正殿1階平面図と正殿立面図を同じ大きさと比較し、発火地点を解析した。発火地点の奥行は、その後の炎が北側方向へほぼ水平に移動し、しかも、高さが1階天井付近までであること、可燃物が横方向に移動していること、および炎が消滅を繰り返しており、燃えやすいものと燃え難いものが交互に存在することが読み取れる。正殿1階正面の室内には、このような配列の建具は見当たらない。また、その後、炎の高さが2階に達する様子(画像2)が捉えられていることから、室内ではなく屋外であることを意味する。つまり、

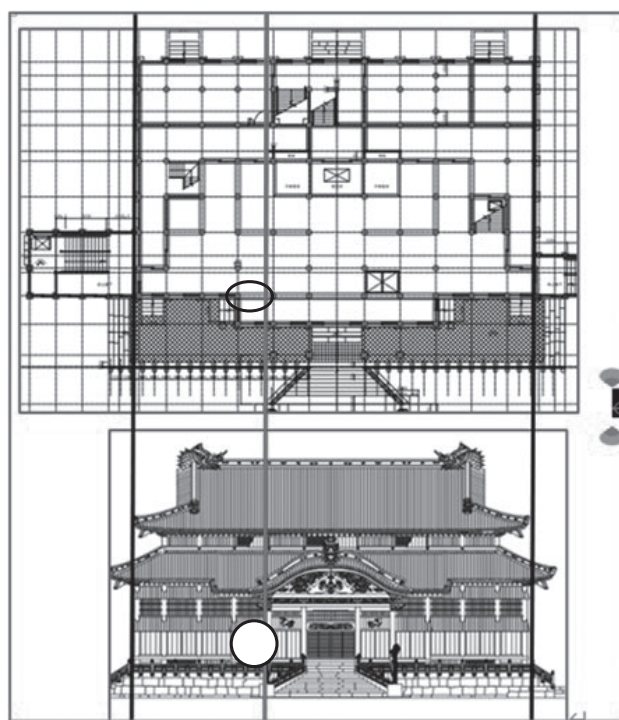


図4 正殿平面図と立面図(丸印; 発火地点)

張り出し廊下の北端付近から西之廊下までの内壁と外壁に着火したことを示唆する。

【発炎後の炎の挙動】

発炎初期における炎の状況を連続する画像3に示した。

- ①画像上段; 黒煙で覆われたウナーの奥の室内で火炎が捉えられた。
- ②画像中段上; わずか30秒後には、炎は消えて暗闇になる。やや燃えにくい可燃物が存在する。
- ③画像中段下; 炎は、1階天井に突き当たって北側(左側)へ水平に延焼する。ウナーに設置された衝立の上端を超える炎だけが捉えられるので水平に移動したように見える。
- ④画像下段; 炎が立ち上がり、2階に達する。屋内では1階天井に遮られることから、屋外が燃えた証拠である。

【ウナーに滞留する黒煙】

当初、燻り続けて発生した黒煙は、西之廊下の「北出入口のシャッターから外部へ流出し、北北東の風によりウナーに流れたと考えられた。しかしながら、やや強い風速(3.5m/秒)にもかかわらずウナーの黒煙は流出することなく、むしろ、正殿全体が黒煙で覆われた状態が捉えられている。ウナーは、写真4に示したように、正殿、北殿、奉神門、南殿等の建造物で囲まれており、流出する空間がほとんどなかったことも一因である。画像3に示す正殿の2階付近まで黒煙で覆われたことは、防災マットの燻りが下庫理のマットにも拡大し、黒煙の発生量が大量になったことに起因する。しかしながら、下庫理と西の廊下との間には仕切りがあるので、北出入口シャッターからの流出はないと考えられる。

正面に発炎が捉えられた段階では、正殿内は、黒煙が膨大に充満しており、外壁の建具から直接流出したものと推測される。なお、建具の種類や構造については、資料はないが、空気の流通および光が入る建具であると考えられる。

【結論】

正殿1階の正面で奉神門監視カメラが捉えた小さな炎の位置を、首里城火災動画の画像を切り取って横方向および縦方向に並べて発炎地点を解明した。

その結果、横方向は、首里城正殿の中心部の唐破風屋根の北側先端よりも低く、その高さは、1階天井下あたりであると結論した。また、炎は、北側へ延焼することから、燃えやすい障子や建具が配列する窓際が発火地点であると結論した。この付近を正殿1階の平面図と立面図で比較すると、ちょうど1階正面の「張り出し廊下」の北端付近に該当することから、発火点は、張り出し廊下の北端付近と結論した。図4の正殿平面図と立面図、図5の正殿1階平面図、写真5の正殿正面写真に、それぞれ発火地点を記載した。

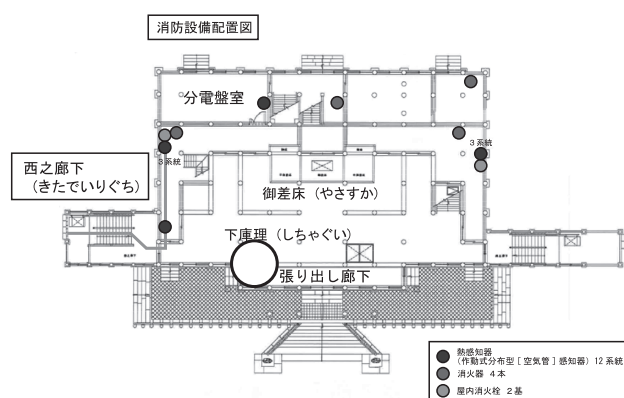


図5 正殿1階平面図（丸印；発火地点）



写真5 正殿正面（丸印；発火地点）

1. 3 着火源と着火物は何か？

正殿1階の正面には、発火源となる火源が存在しないので、裏側分電盤室において発火した防災マットが燃り続け、西側の西之廊下に繋がる通路マットおよび正面の下庫理に繋がるマットに延焼、つまり、火源が正面に移動したと考えられる。しかしながら、燃りの途中で可燃物が存在したにもかかわらず、火災は起こっていないのであり、着火物や延焼媒体を解明する必要がある。

【発火源について】

画像解析の結果、発火地点は正殿正面の「張り出し廊下」の北側突き当たり付近であると結論した。この付近の様子が、見学動画にわずかながら撮影されていた。この付近には、発火源となる火源はなく、唯一、配線関係が考えられる。しかし、発炎した時刻（2：46）には、すでに正殿内は防犯関係も含めて停電状態（2：38～2：39の間は全監視カメラ撮影不能）であった。

- 2：30（02：31：12） 正殿1階室内カメラに微光感知
- 2：37（02：39：47） 正殿1階室内カメラの電源が落ちる
（2：38～2：39はすべての監視カメラが撮影不能）
- 2：40（02：42：52） 正殿か唐破風に奉神門から照明
- 2：46（02：48：54） 正殿正面に炎確認。炎が消えたり点いたりする

すなわち、火源としては、『環境施設』前号（第178号）で解析したように、正殿裏側の分電盤室において照明灯コードのショートにより見学通路上の防災マットに着火し、燃りが始まり、正殿正面まで繋がっていた防災マットが燃り続け、発火源になったと考えることが最も合理的である。

防災マットの延焼ルートには、図6に示したように、①北側の廊下から西之廊下の出入口階段上までと、②正殿正面に繋がる通路を経由して下庫理に到達した2経路が考えられる。燃り中にも、床、柱、壁板などの可燃物はあるが、これらに着

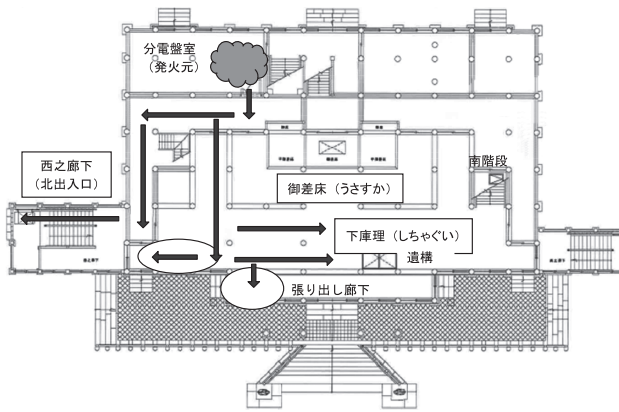


図6 煙の流れと滞留地点の推測

火しなかった理由は、下記のように考えられる。

- 無煙燃焼の発熱量が小さく、炎がないこと
- 防災マットと可燃物が離れていたこと
- 木造の床とマットは接しているが、熱は下部には伝熱し難いこと
- 防災マットの焦り地点は常に移動するので、局部的に着火に至る高熱に達しなかったこと
- 発生した黒煙は、北出入口や下庫理へ流れるので、放熱が大きかったこと

逆に、着火する理由は、次のように考えられる。

- 焦り（発熱）で温度が上がった煙は、軽くなり天井部付近に上昇すること
- 黒煙の流れが止まると、放熱が小さくなり、蓄熱する、つまり、行き止まり箇所は温度が高くなること
- 着火しやすい薄い可燃性の建具が存在すること

以上の考察に基づくと、黒煙が流出する①北出入口ルートおよび②下庫理ルートでも、煙が流れている途中では、着火の条件を満たさない、つまり、途中においては着火しないことを示唆する。しかし、黒煙は、正殿1階正面の外壁で止められ、突き当たりで滞留し、局部的に高温になる可能性が高い。かつ、内壁には、防災加工されていない燃えやすい障子や薄い舞良戸^{まいらど}が配列されている。つまり、突き当たりの張り出し廊下の南端から西之廊下に配列した内壁の建具に着火したと考えられる。

【着火物は何か？】

張り出し廊下は、図6、画像4から画像6に示したように、正殿の下庫理から幅が約2m、長さが10m程度で、ほぼ唐破風の下に張り出している。この廊下には、防災マットが敷設されているが、下庫理とは柱の水平土台で区切られているので、この防災マットには延焼しない。なお、下庫理に敷かれた防災マットは、繋がっているため、広範に延焼し続け、室内は黒煙で覆われたと考えられる。

図7に画像の撮影地点と方向を示したとおりであり、以下にその特徴を述べる。

- 図6…煙の流れと滞留地点；煙が流出する北之廊下の経路は、放熱が大きく、発火温度には至らない。下庫理へのルートは、正殿正面の外壁に突き当たり、煙は、仕切りが撤去されていたので西之廊下から開いていたシャッターからウナーへ流出し、また、広い空間の南側へ拡散したと考えられる。
- 図7…画像の撮影方向を示した。
- 画像4…南側から北方向（西之廊下方向）の下庫理全体；全面に防災マットが敷かれている。通路は、中央の柱で仕切られており、2列であり、柱間に遺構がある。左側は、ウナーに面する張り出し廊下を確認できる。
- 画像5…張り出し廊下の南側；障子戸と舞良戸が確認できる。
- 画像6…張り出し廊下の北方向（発炎付近）；下庫理の柱の水平土台に仕切られた張り出し廊下

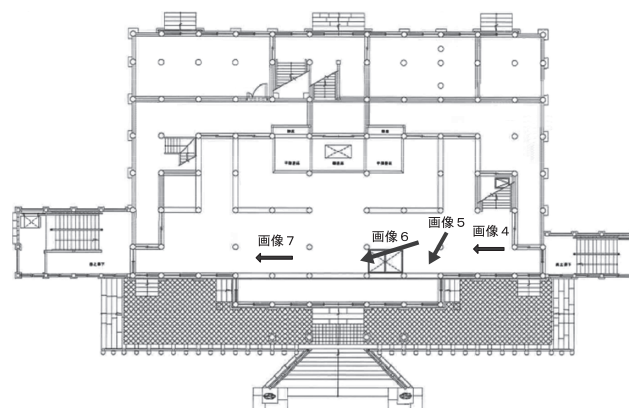


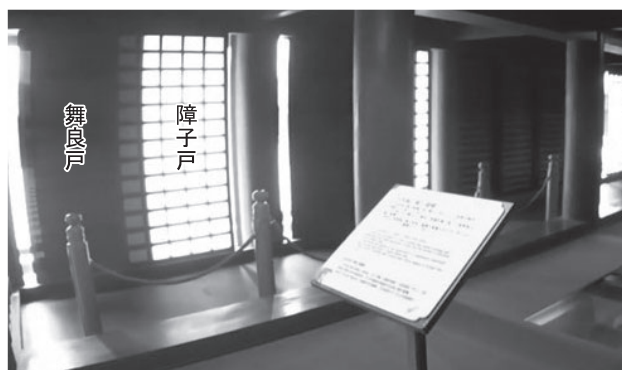
図7 各画像の撮影地点と方向



画像4 南側から北方向に下庫理全体を見る



画像6 張り出し廊下の北側（発炎付近）



画像5 張り出し廊下の南側（左端）



画像7 張り出し廊下を過ぎて西之廊下方向

があり、突き当たりの北端には障子戸が確認できる。

○画像7…張り出し廊下を過ぎて北側通路；下庫理から西之廊下に通じる外壁に沿った通路であり、障子戸と舞良戸が一对となって配列されている。障子は燃えやすい紙であり、舞良戸はやや燃えにくい薄板で作られている。なお、配置図（図6）では、西之廊下とは間仕切りで仕切られているが、見学動画では、間仕切りは撤去されているので、下庫理付近の煙も西之廊下のシャッターから流出したことを強く示唆する。

○画像8…中央通路から西之廊下方向を撮影；外壁に沿った通路には、連続したスロープマットが敷設されており、東側（正殿裏側）に続く防災マットと交差している。1階配置図を当てはめると、交差点のスロープマットは基壇に設けられた小階段の出入口に、奥のマットは西之廊下と正殿正面との仕切り（戸袋付き引き戸）であるが、撤去されているので、段差をスロープマットでカバーしている。つまり、西之廊下



画像8 中央通路から西之廊下を撮影

の2階部分までが撮影されている。

以上の考察の結果、着火源は、分電盤室から無炎燃焼（燻り）で延焼した見学通路の防災マットが正殿正面まで連続して繋がっており、燻り続けた。発生した黒煙は、奥の廊下から北側通路および正面への通路に沿って流れ、正面外壁に突き当たり、防災加工されていない燃えやすい障子に着火した。炎が消滅を繰り返したことは、障子が燃え、舞良戸の薄い板部分に着火し、延焼媒体となっ

たとえられる。着火点は、正殿1階の張り出し廊下および西之廊下に繋がる外壁に沿って配列された障子戸と舞良戸であると結論できる。なお、紙障子の着火温度は、紙の材質や厚さによるが、一般的に紙の自然発火温度は約230～260℃であり、火源や炎が接触すればより低い温度でも燃え始める可能性があると言われている。

おわりに

『環境施設』前号（第178号）では、発火元である分電盤室の見学用通路の防災マットに着火して煙り、これが正殿正面にまで繋がっていたことから、正面にまで延焼したことを明らかにした。今回は、正殿正面において捉えられた「炎」の地点を特定するにあたり、火災動画から炎の位置を横方向と縦方向（高さ）を火災前のやや明確な正殿画像と比較した。その結果、横（南北）方向は、

唐破風からやや北寄りの張り出し廊下付近であり、高さは1階天井下付近であること、また、炎の延焼が横方向に移動することから燃えやすい建具（障子戸、舞良戸）が横方向に配列したウナーに面する外壁であると結論した。

この付近は、分電盤室から続く見学用防災マットの突き当たりに相当し、延焼した煙が滞留して温度が上昇し、発火源となったと結論した。とくに張り出し廊下の北端および西之廊下へと続く外壁の建具類に着火したと結論した。この位置には、燃えやすい障子戸や舞良戸が交互に配置されており、炎が消えたり点いたりして移動したことを合理的に説明できる。

今回は、着火した火炎が延焼拡大した状況から、どのような現象が起こったかについて、延焼媒体と延焼拡大のメカニズム解析し、首里城が全焼に至った切口に迫りたい。

〈引用・参考資料〉

- 1) 首里城火災に関する再発防止策等 報告書；首里城火災に係る再発防止検討委員会（令和3年3月）
- 2) 首里城火災の防犯カメラ映像公開；沖縄総合事務局（2020年2月26日）
- 3) 首里城新エリア散策 2019.5.3；YouTube（URL；<https://youtu.be/KLC1woBLuvk>）
- 4) 火災前日に首里城撮影；両側に電光掲示板と中央に仮設舞台；YouTube（URL；https://www.youtube.com/watch?v=pr_-2Ql7Eeo）