

首里城炎上！⑦ 首里城火災に関する再発防止等報告書について －再発防止に欠けている未然防止及び早期発見の重要性！－

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 専任理事 鍵谷 司

はじめに

前回の「環境施設」第164号では、2021（令和3）年3月「首里城火災に係る再発防止検討委員会報告書」の内容の特徴を紹介した。委員会の目的は再発防止の検討であるとし、延焼が拡大し全焼に至った経緯の中で初期消火、消火活動、設備など問題点を洗い出し、再発防止策に生かすという姿勢でまとめられている。とくに、火災の未然防止や早期発見よりも火災後の延焼拡大防止に重点を置いて検討されていることを紹介した。肝心の原因究明についてはほとんど議論されていないので、さながら「延焼拡大防止検討委員会」が適切な命名ではと思った。

委員会の構成は5人から成り、ここに弁護士が2名参加しているので、法律的な判断を重要視、つまり、沖縄県の責任の有無を明確にすることであると捉えられる。が、原因究明を避けていることは、本当の目的は、維持管理に責任を有する県の責任回避ではとの疑念を持たざるを得ない。つまり、原因を突き詰めれば、不適切な維持管理の実態が浮かび上がり、必ず責任問題を議論せざるを得なくなるとの深読みである。消火設備、メンテナンス、運用システム、連絡網などに個々に不具合があったとしても原因が不明であれば責任問題にまでは発展することはなかろう。

さて、「原因究明」と「早期発見」は密接に関わっており、「初期消火」の成否を決めるので疎かにできない。再発防止策を論じるためには、たとえば、確定できないとしても原因究明は必須であり、状況証拠から合理的に説明できれば、限りなく真実に近いのであり、回避すべきではなかろう。つ

まり、原因を議論及び火災映像を解析することにより、木造建造物の首里城火災の特性の実態が把握できる。これにより火災初期の無炎燃焼に始まり、火災時の有炎燃焼、あるいは一気に燃え上がるフラッシュオーバーなど多くの知見が得られるのであり、早期発見の重要性や火災拡大の防止に重要なヒントが含まれている。とくに、映像には、無炎燃焼から始まり、しだいに有炎燃焼へと拡大する経緯が記録されており、未然防止、早期発見、初期消火、燃焼拡大防止に不可欠な情報が満載されている。

今回は、報告書では深い議論は避けているが、既存の情報から未然防止と早期発見についてまとめられているので、その内容を引用しつつ、早期発見に焦点をあてて独自に検討した。

1. 未然防止、早期発見に係る報告書の概要と課題

報告書は、第1章から第7章により構成されており、委員会、首里城公園の設備、首里城火災、火災原因・延焼拡大の要因と再発防止のための課題、首里城と類似の他の文化財建築物における防火管理の工夫、再発防止の検討結果から成る。検討内容は、発火から火災拡大に至る経緯の中でそれぞれ複数の要因、あるいは初歩的な対応ミス、ミスを誘った管理問題、消火できなかった要因など問題点は多岐にわたるが、最終的には延焼拡大防止に重点を置いた内容である¹⁾。

ところで、本来、火災再発防止の基本は、原因究明と火災の前兆を少しでも早く感知して初期消火あるいはボヤ程度の小火災で留めることが基本である。とくに、大火災に至った要因は、感知セ

ンサーが、火災の前兆を早期に検知できなかったことが伺われるので、その要因について検討した。

1. 1 「早期発見」に係る関連設備と火災までの時系列

「火災の早期発見」は、たとえ、可燃物が発熱したとしても発煙あるいはボヤ程度に留める重要な役割を担っている。とくに、今回の火災は、夜間に起こっているため人目に触れることもないので、機器による検知が大きな役割を果たした。しかしながら、侵入者を感知する人感センサー及び温度上昇を感知する火災報知器は作動したものの、数分後に警備員が現場に着いた時にはすでに猛煙に包まれていた。「速やかな作動」とは到底言えず、早期発見及び初期消火の遅れを招いたことは明らかである¹⁾。

委員会議事録では、「センサー類が作動したので問題はない」との意見であったが、このような悠長な見解では、大火災に至った本質を見誤ることになる。発煙、発火から小火災の段階で留めるためには、「早期発見」が必要不可欠の重要事項であろう。大量の煙が発生していたにも関わらずセンサーが速やかに感知できなかったことは重大な現象であり、その原因を解明すべきであろう²⁾。

(1) 「早期発見」のための感知・警報・防犯設備について

首里城火災は夜間に発生した。この時間帯は、警備員は見廻り時間帯以外であり、奉神殿の監視室において機器によるモニター監視を行っていた。監視室の人感センサー及び火災報知器の発報から消火活動が始まった。以下に発火元と想定される正殿北東部室（以下、分電盤室と記す）に焦点を合わせて概要を示す。

正殿内には、人感センサー・熱感知器及び消火設備は多数設置されており、その配置を図1に、侵入者を監視する人感センサー（防犯センサー）及び監視カメラの配置を図2に示す。正殿以外のすべての建造物に煙センサーは設置されているが、驚くことに正殿には、煙センサーが2階と3階に

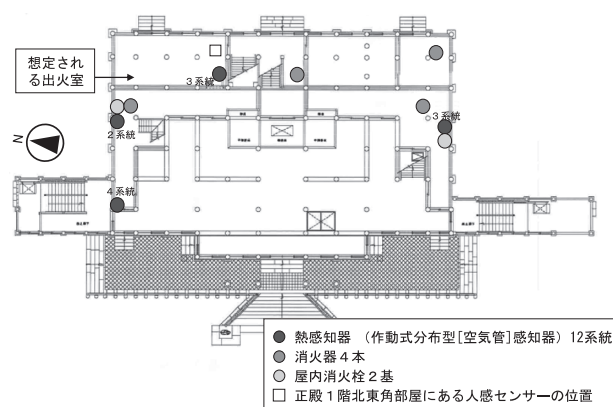


図1 正殿1階平面図と消防設備の配置³⁾

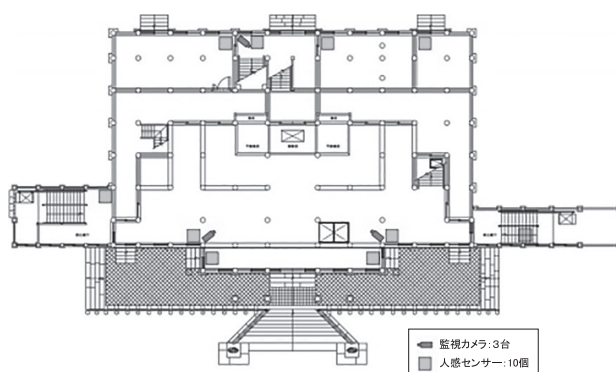


図2 正殿1階の人感センサー・監視カメラ配置図¹⁾

設置されていたが、1階には設置されていなかった⁴⁾。これについては報告書及び議事録ともになんら説明も議論もない。なお、正殿内とは、正殿、西之廊下及び南之廊下部分を含む範囲を示す。

①正殿内には、自動火災報知設備（熱感知器4カ所、煙検知器2階・3階）、人感センサー10カ所（すべて1階）；図1、図2）、監視カメラ7台（1階に3台）が設置されていた。発火元の分電盤室にも人感センサーと熱感知器がそれぞれ1カ所設置されていた。なお、正殿内の人感センサーの発報は、奉神門2階中央監視室と遠隔警備会社で確認できるが、正殿内の10カ所の人感センサーのうち、いずれが発報したかを表示することはできないとあった。

はじめに防犯用の人感センサーが作動・発報し、6分後に熱感知器が作動、自動火災報知器が鳴動した。なお、煙センサーは、2階と3階に設置されていたが、1階のみ設置されていなかった⁴⁾。

②また、正殿1階には熱感知に比較的時間を要する作動式分布型熱感知器（いわゆる空気管式；以下、熱感知器）が4ヵ所に設置されていた（図1）。当然、2階と3階にも設置されていた。熱感知器は、人感センサーより6分遅れて作動、発報した。感度の高い煙センサーを設置していれば、かなり早い段階で発煙を感知できた可能性は高い。

③監視カメラは、わずかな光を高感度で検知して夜間や暗い場所をカラーで撮影することができる仕様であったが、撮影には豆電球程度の明るさが必要であり、完全な暗闇の中では撮影することができない。また、動体検知機能により動くものすべてに反応して発報する仕様であり、風に揺れた樹木の枝などでも発報する。そのため、夜間の警備員によるモニター監視では、モニターで確認して異常がなければ現場確認はしない運用としていた。なお、正殿内には7台設置（1階4台、2階3台）していたが、いずれも火元の分電盤室を撮影したものはなかった。

④城郭内の屋外監視カメラは、軒下から屋外を撮影するカメラを含めると、台数は合計42台であったが、このうち、正殿で発生した火災の様子を外部から撮影した3台（正殿御庭側、正殿後之御庭側、正殿北口側）及び正殿内の監視カメラ（計7台設置）のうち、1階分電盤隣の中央階段の1台（正殿1階内部）の計4台のカメラで撮影された映像が公開された（図3）⁵⁾。

発煙から発火に至る時系列からセンサーの発

報は、人感センサーが作動、発報し、6分後に熱感知器（空気管式）が感知し、自動火災報知器が鳴動した。しかし、奉神殿の監視室では、「正殿の感知器であることはわかるが、その位置は表示されない」とあった。つまり、正殿に設置された多くのセンサー類のうち、いずれが発報したのかを監視室では把握できなかったのである。重大な設計ミスではなかろうか？

（2）正殿北東部の分電盤室の概要

発火元と想定されている分電盤室の図面や情報が少ないため、煙の挙動や火災の進行を検討するにあたって不確実性を伴う。分電盤室は、図1に示した正殿北東部隅に位置し、長さが北南方向に約10m、幅が東西方向に約5m程度の長方形の小部屋であると読み取れる。内部は、中央部に支柱が4本と休憩用ベンチが置かれており、国王が政治や儀式を執り行う正面の「下庫理（しちやぐい）」の裏の「奥の廊下」から進入し、中央階段へ抜ける見学通路にもなっていた。

一方、正殿裏側外部は、昼間の写真1に示すように1階北側角に位置し、中央階段と南側階段の3ヵ所に出入口がある。分電盤室の外壁は板張りであり、上部の明り窓は換気用に開放されている。また、右端の北階段の出入口の引き戸が開いていることがわかる。なお、火災当日は夜間であり、すべて閉鎖されていたと想定される。なお、正殿の建築物の特性は、外壁、軒裏、内部の床・壁・天井も木材でできているので、分電盤室も同様の

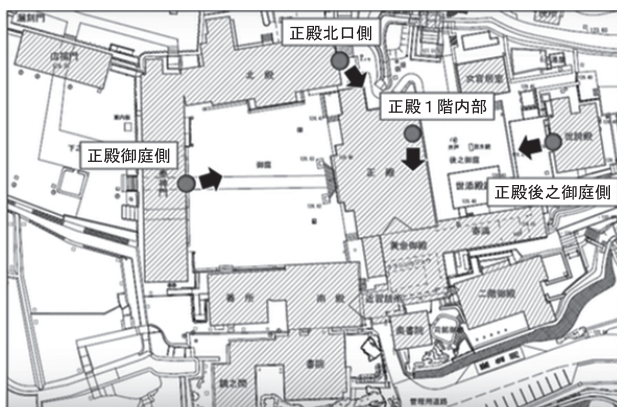


図3 公開された4台の監視カメラの配置図⁵⁾



写真1 後之御庭から正殿裏側北東部の分電盤室

建築様式と考えられる。

この分電室の焼失前の様子が「2019 首里城新エリア散策」と題したユーチューブ動画に2019年5月に投稿されていた（参照URL；<https://youtu.be/KLC1woBLuvk>）。映像は、首里城正殿の見学通路に沿って撮影されたもので、図4の見学ルート順に撮影されており、「表の廊下」から「奥の廊下」に進み、北東部の分電盤室には「奥の廊下」から入室し、内部の様子が20秒間ほど記録されていた。以下に映像を切り取って特徴を解析した。なお、外壁や内壁、出入口の扉、窓など建具の構造や材質は読み取れなかった。

○写真2；正殿「表」から裏側の「奥の廊下」の突き当たりが分電盤室であり、左折して入室（扉あり）する。廊下と分電盤室は頑丈な板張で仕切られているが、天井部分が明るいので、明り取りあるいは換気用らしき隙間あるいは蛍光灯

かも知れない。

○写真3；片開き扉が開いており、入口から内部を映す。奥の壁面は、腰壁の上部に格子窓が設けられている。図1の正殿1階平面図と消防設備の配置から窓際の天井部に人感センサー、入口手前の天井部に熱感知器らしき設備が映っていた。

○写真4；入室後の部屋の状況。左奥に北階段の出入口の引き戸や休憩用のベンチ、正面は上段が格子状の明かり窓（材質不明）、右（南側）が中央階段への出入口（引き戸？）へと続く（人物像をカット）。中央階段には、監視カメラが設置されており、かすかな光を感知したとあったが、分電盤室との仕切り構造が分らないが、ショートなどによる光が僅かに漏れたと推測される。

○写真5；分電盤の奥部の状況。朱色に塗られた壁面、天井及び分電盤のほか、分電盤側面下部のコンセントに接続された延長コードと2つのLEDライトが映っている。見学通路にはベンチが置いてあるが、床以外に北出入口から推定高さ10cmほどの二重床が設けられており、この上にコードと照明灯が置かれている。

仮に、この延長コードがショートしてカーペットに着火して燐り出すと、図5のイメージ図に示したように、この二重床の下部から空気が供給されるので、発煙が非常に早くなると考えられる。人感センサーの発報から数分後にはすでに正殿奥の廊下は猛煙に覆われていたが、異常に早く発煙が進行した原因であると疑っている。

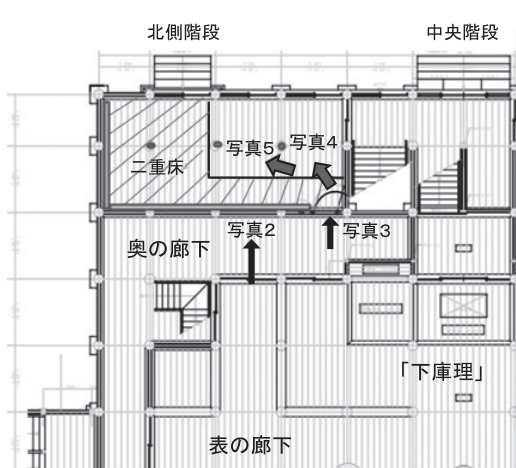


図4 見学ルートと撮影地点

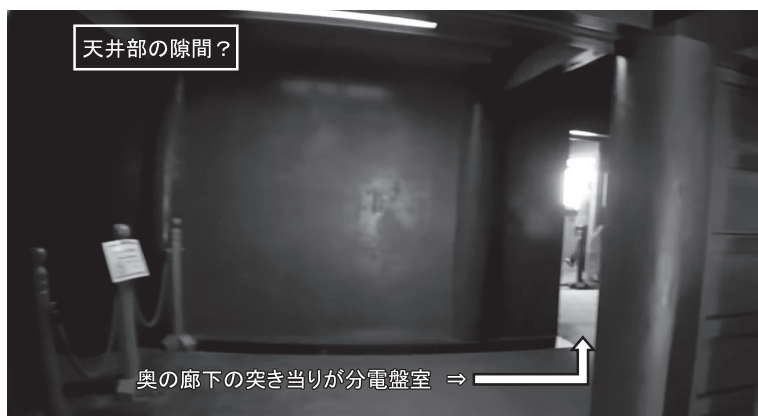


写真2 奥の廊下北側から分電盤室に入室



写真3 奥の廊下入口から撮影



写真4 「奥の廊下」入口から室内を撮影

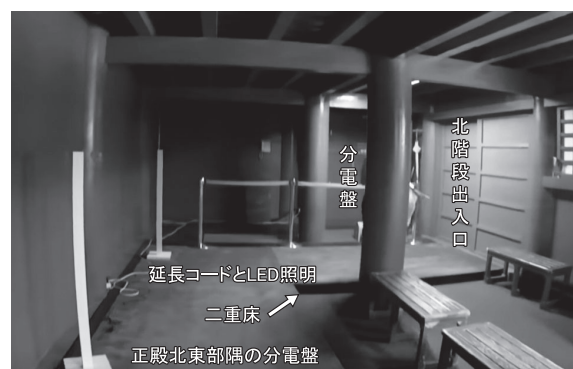


写真5 分電盤室の奥部状況；二重床に注意

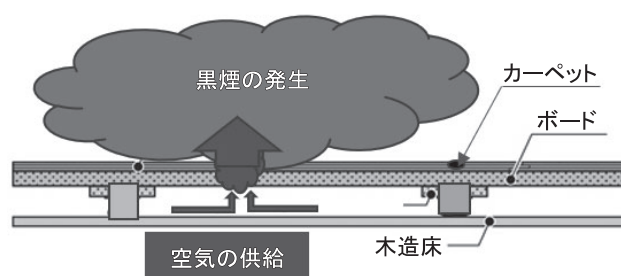


図5 二重床の発煙イメージ（鍵谷作成）

1. 2 発煙から発報までの経緯と煙の挙動

発火元は、発火原因は確定されていないものの、この分電盤室であることは疑いの余地がない。侵入者がいないことは監視カメラにより確認されているので、火源としては電気関係のトラブルが想定される。正殿内1階の中央階段付近の内部カメラには分電盤室から漏れたと考えられるかすかな光が検知され、人感センサー及び熱感知器の発報後には、外部監視カメラに頻繁に発光が確認されていた。フラッシュ光のあとに分電盤室の隣の中央階段付近に輝くような大きな火炎が立ち上がり、本格的に大火災へと拡大した。なお、公開映像からこの大火炎の源は、分電盤室の火炎が移流したと想定されるが、その映像は編集でカットされている。

以下に煙の発生からセンサー作動、火災の進行について状況を整理した⁵⁾。

（1）感知・警報から火災進行の時系列

公表された映像に表示された時刻は、2分程度の誤差（遅れ）がある。正確な遅れ時間が明示さ

れていないので、とりあえず2分30秒前を正時刻として表示した。なお、（ ）内に各監視カメラに記録されている時刻（秒単位まで）を表示した。

【発煙から発火までの時系列】

- 1：43…機械警備を起動し、奉神殿の中央監視室においてモニター監視を継続
- 2：28（2：30：25）[正殿1階監視カメラ]…室内で小さな光を一瞬だけ捉えた。分電盤室と反対方向に向けられており、火災との因果関係は不明。光の反射か？（消防署火災調査書では、出火時刻は31日午前2時33分頃と記載）
- 2：34頃…機械警備の人感センサーが発報、警備員Aが確認のため御庭から正殿北側入口に向かう。御庭には異常はなかった
- 2：35頃（2：37：52）…北側口シャッターを開けて内部に進入したが、階段付近に煙が充満
- 2：37頃（2：39：27）…北側入口から出て奉神殿に戻る
- 2：35～2：37頃（2：38：11～2：39：13）…正殿内部の7台の監視カメラが撮影不能。電源が落ちた
- 2：40…正殿の自動火災報知機が発報：人感センサー発報から6分後
- 2：40頃（2：42：32）…警備員Cが北側入口から進入を図るが炎は確認できず。煙の勢いが強く断念。正殿東側（裏側）に回り、正殿1階北東の部屋の入口から進入を試みたが、引き戸の隙間から煙が激しく噴き出し、進入を断念
- 2：40頃（2：42：17）…外部監視カメラに正

殿1階東面北側の引き戸の隙間から煙が激しく噴出

- 2:40頃(2:43:05)…正殿1階東面北側で小さな光
- 2:40頃(2:43:05)…同じ場所で断続的な発光を確認
- 2:40頃(2:43:09)…同じ場所で最初のフラッシュ発光を確認、その後も断続的に発光を確認(同時刻帯において南側及び西側から撮影した監視カメラには異常は確認できず)
- 2:44頃(2:46:33)…正面からの監視カメラには1階正面北側に大きな発光が2秒確認
- 2:46頃(2:48:38)以降…北側建物内に炎を確認、その後断続的に確認
- 2:47…ウナーが煙で覆われる。警備員がマスクとタオルで顔を覆い、消火器を持ち正殿の出火場所に向かう
- 2:48頃(2:50:51)…1階正面北側から炎が噴き出し、次第に南側へと延焼

【発煙から火災までの時系列でわかったこと】

上記の時系列から正殿1階中央階段の監視カメラにかすかに光が映っていたが、発光源はわからないが、隣が分電盤室であり、後に外部監視カメラに頻繁に発光が記録されているので、最初に配線のショートが起こったと疑われる。分電盤室が中央階段と仕切られているので、分電盤室から漏出した光が検知された可能性が大きい。仕切り建具の詳細はわからないが、光は隙間から漏出したと考えられるので、仕切りがなければもっと強い光であったと考えられる。

人感センサーが発報後に正殿内の7台の監視カメラの電源が落ちた。正殿1階中央階段カメラが最初に停止し、2分間かけて他のカメラの電源も落ちている。それぞれの電源及びその配線状況を明らかにすれば、配線のショートの時系列がわかるので初期の発煙の時間的な推移を解析できる。つまり、それぞれの電源がどの時刻で停止したかが明らかになれば発火源の動きが推測できる。しかも、なぜ一部の配線のみには焼夷痕が生じたかが

明らかになるはずである。配線の焼夷痕がショートによるものか、大火災の高熱によるものかを解明するよりも、なぜ一部の配線のみには焼夷痕が残ったかについて検討するべきである。

(2) 発煙から発火までに起こった煙の流れは？

上記の時系列から起こった現象について推測した。ここでは、空気の流れがほとんどない室内における温度上昇に係る煙の挙動(動き)を想定しているが、換気口や隙間などから空気が漏出している場合は、流れは大きく変わる。

○分電盤室で何が起こったか? ; 分電盤室が発火元と想定されることから、この室内における煙の流れを科学的に推測した。正殿には、侵入者がいなかったことが確認されているので、人感センサーの作動特性である周りの温度より高い動く物体は、温度の高い濃い煙が疑われる。外部監視カメラの映像では、かすかな微光が検知されており、センサーが作動する前に微小火源による可燃物の燻りが始まったことを示唆する。燻りは、無炎燃焼であり、発熱量が小さいので、当初、煙の発生量は少なく、しかも温度が低いので、床を這うように拡散すると推測される。なお、「かすかな光」とあるが、外壁は、ガラス戸ではないので、実際は、映像よりも大きな光であったと推測される。

○燻りがしだいに大きくなると、温度も上昇するので、煙の発生は早く、高濃度になる。通常、化学反応では、温度が10℃上昇すると、反応速度は2~3倍も早くなる。たとえば、気温が24℃とすると、周囲よりも20℃高い44℃では4~9倍も早くなり、100℃付近では、数百から数千倍も激しくなる。つまり、始まりは検知できないほどの発熱、発煙であったものが、温度が急激に上昇、猛煙となることを意味する。

○写真5で記録された分電盤室の奥部には、北側階段との出入口から二重床にカーペットが敷かれており、この上に延長コードやLED照明ランプが置かれている。仮にコードのショートによりカーペットに着火して燻りだすと、床下から

空気が供給されるので、発煙速度は早くなる。燃焼の三条件が揃っているにも関わらず猛煙が発生し、燃焼が起こらなかったのは、難燃性の材質のカーペットであったと考えられる。

○その結果、これまで床を這うように拡散していた煙は、温度上昇に伴い軽くなるので、天井へと上昇して拡散すると推測される。このことは、人感センサー及び熱感知器の設置高さにより感知時間に遅れが生じることを意味する。

なお、放火など火災による燃焼では、ただちに有炎燃焼が起こり、高温を伴うので、煙はすぐに天井を這うように拡散し、降下するものと推測される。つまり、微小火源により小さな無炎燃焼が起こることを想定してセンサーの設置を検討しなければならないことを示唆する。

(3) 人感センサー及び空気管式熱センサーの作動

警備員が確認した煙の発生状況から分電盤室において大量の煙が発生し、室外に漏出していたことがわかる。分電盤室は小部屋であるが、外壁や間仕切りあるいは換気、隙間などの構造が明らかにされていないので、発生した煙の流れや漏出について考察は難しい。が、ユーチューブ動画によると分電盤室の北側奥部に分電盤が設置され、その下部付近から延長コードが引かれ、2個のLED照明の電源であった(写真4)。一方、反対の中央階段の仕切板の上部の窓側に人感センサーが、奥の廊下から入口扉の上部に熱感知器(空気管式)が映っていた(写真2)。

煙が大量に発生していたことは確認されているので、電気的なトラブルでカーペットが焦り、煙が発生したが、当初は、少量で、温度も低いので、床面を這うように拡散し、温度上昇とともに天井に上昇して拡散したものと推察される。つまり、煙が発生しても、温度が低い当初には床面を移動するので、センサーには感知されないであろう。早期発見にとって極めて大きな盲点である。なお、分電盤室と隣接する「奥の廊下」の床面に隙間があれば、床面を流れる煙は廊下に流出するので、室内の煙の拡散、上昇が遅くなり、センサーの感

知が遅れたこともありうる。

①防犯センサー(人感センサー)は、裏庭からの侵入者を検知できる位置に設置されていた(図2及び写真2)。報告書によると赤外線を利用したセンサーであり、人の動きに反応し、人が放出している温度と周囲の温度との差を赤外線を照射して検知する方式であると記載している。

報告書では、侵入者はいなかったことが確認されているにも関わらず、なぜ人感センサーが作動したかについてはまったく検討されていない。センサーが作動する条件である「温度が高く、動く物体」としては室内で発生して拡散する黒煙が最も可能性が高い。人感センサーの作動が、周囲とどの程度の温度差、あるいは動く黒煙の濃度がどの程度であれば機能するかを明らかにすれば、作動時の煙の温度あるいは黒煙濃度についての重要な情報が得られる。

報告書では、「センサーが作動したので問題はない」との見解であるが、侵入者がいないにも関わらず「なぜ、作動したか?」を解明することは重要であり、今後の火災の早期発見に大いに役立つと考える。仮に、防犯センサー(人感センサー)が、煙でも作動することを警備員が知っていたならば、初期対応は違っていただろうの思いがある。

なお、煙も感知するのであれば、「人感センサー」は不適切な表現である。センサー発報直後に警備員が「侵入者を確認するため」消火器も持参せずに正殿内部に向かった行動も納得できる。

②熱感知(作動式分布型;いわゆる空気管式)

この方式は、感知に比較的時間を要するが、景観的に目立たないので、文化財建造物では広く採用されている。その原理は、空気管状の感知部内の空気が膨張し、検出部のダイヤフラムが押し上げられて機械的に接点を閉じ、火災信号を発信する構造のものなどがある。感知部の周囲の温度の上昇率が一定以上になったときに火災信号を発信するもので、広範囲の熱効果により作動する。

温度の上昇を感知する空気管の位置が作動時間に大きく影響を及ぼす。通常の火災（燃焼）であれば、煙はただちに上昇し、天井を這うように拡散するので、天井付近に空気管を配置していれば速やかに感知ができる。しかしながら、微小火源による炎を伴わない無炎燃焼では、煙は発生するが、温度が低いので、床を這うように移流し、燃焼が拡大するにつれて温度も上昇し、しだいに天井へと拡散すると考えられる。つまり、無炎燃焼による煙が発生した場合には、空気管式熱感知器は作動が大きく遅れることになる。

ところで、熱感知器は、正殿内に10ヵ所設置されていたが、感知して発報した地点は明らかでない。人感センサーが作動した地点が分電盤室であったので、同室の熱感知器が発報したと想定しているが、仮に分電盤室と接する「奥の廊下」のセンサーが発報したのであれば、煙の流れを見直さなければならない。正殿内に漏出した大量の煙はどこから流れたかについて検討し直さなければならない。

人感センサーは赤外線による動きと物体と周辺温度の差を検知して作動するが、室内の天井付近に設置していれば煙の動きや温度上昇は緩慢であり、発報が遅れる。また、天井に空気管を配置し、空気の昇温に伴う膨張により検知する方式では、赤外線センサーよりも感知が遅れることは道理である。いずれにしてもどの程度の温度差あるいは温度で作動するかを確認できれば、煙発生の規模や動きを推測できよう。

③正殿1階には煙センサーが設置されていなかった！ 設計ミスではないか？

ところで、防災、防火対策に重要な役割を果たす早期発見のために、人感センサー及び熱センサーを設置していたが、正殿1階にのみ「煙センサー」が設置されていなかったことは、初期消火の失敗から大火災を引き起した大きな要因であったと思わずにはいられない。正殿の2階と3階及び主要な建物群にはすべて設置されているが正殿1階のみ「未設置」とは信じ難

い設計ミスである。委員会資料には、正殿に煙センサーが4ヵ所設置されていると表2. 16に明記されているが、設置地点や箇所数については未記載である。警備員による初期消火が猛煙により断念したことを考えれば、「煙探知器」については、最初に質疑があつて当然であるが、議事録には何の意見も記録されていない。

なお、煙センサーも従来の火災である有炎燃焼を想定して、煙は上昇するとの思い込みで天井付近に設置したのであれば、設置時の検討不備と言えよう。

（4）まとめ；センサー感知と煙の流れ

報告書では、熱感知器の作動の遅れを指摘しながらその理由等について検討されていない。作動し発報したので問題はないとの見解である。侵入者がいなかったにも関わらず人感センサーが作動・発報した理由や、熱感知器が感度の遅い差動式空気管式なので遅れたなど、現状を肯定するだけであり、重要な情報を読み取っていない。とくに、火災の定義が曖昧であり、発煙も火災に含めて広義に使っている。いずれにしても煙りによる煙の発生についてまったく無視（無知？）しており、これが燃焼拡大に繋がっていたことを理解していない。

すでに、火災防止の観点から難燃材が多く使われているので、まず煙の発生を検知できる防災システムを確立する必要がある。自動火災報知器が発報後に警備員が消火器を持参して火元を探していたが、猛煙の中でまだ火炎のない状態で発火源を見つけることは難しく、発火すれば一気にガス化燃焼が起こるので、消火器による消火は無理である。

この煙りによる煙の発生特性、いわば無炎燃焼に焦点をあてた原因究明が必要なのであり、火災イコール有炎燃焼を想定した監視システム並びに初期消火では対応できないことを学ぶ必要がある。

火元の疑いのある正殿北東部の分電盤室は、正殿内には熱感知器、防犯センサー（赤外線センサー）など、一見、充実した対策が講じられているが、大火災を引き起こした多くの問題が存在し

た。箇条書きで示すと次の通りある。

- 最も感知機能の高い煙感知器が、正殿の2階と3階に設置されていたが、1階には設置されていない。初期消火失敗の大きな要因であった可能性がある。
- 正殿1階には、数多くの人感センサー及び熱感知器が設置されていたが、発報したセンサーの位置を表示できなかった。並びに有炎燃焼を想定して、煙は上昇するものと思い込み、センサー類はいずれも天井付近に設置されていたことが、作動を遅らせた可能性がある。
- 侵入者がいないにも関わらず、人感センサーが作動し発報したにも関わらず、なぜ作動したかについて解明していない。「人感センサー」が煙でも作動することを知っていれば、警報後の警備員の行動はより速やかに対応した可能性がある。人感センサーによる温度や煙による感知機能を検証しておく必要がある。
- 分電盤室をはじめ扉や仕切り、あるいは窓などの構造、材質、機能などが明らかでないので、煙の流れは推測に過ぎないが、発火初期には、温度が低いので床面を這うように拡散し、温度高くなるにしたがって上昇して人感センサー及び熱感知器（空気管式）に検知されたと考えることが合理的である。再発防止が目的であれば、延焼拡大防止も重要であるが、まずは発煙・発火防止、初期消火の成功が火災防止の基本であろう。
- 報告書では、無煙燃焼が考慮されていないが、今後、難燃材が大量に用いられると、火災前に大量の有害ガスが発生する恐れがある。排風や防煙マスク、あるいは避難時の煙対策等をきちんと検討しておくべきである。

おわりに

報告書には、発火元となった正殿北東角の分電盤室の詳細図も添付されておらず、人感センサー及び熱感知器の位置、とくに高さなども触れていない。火災の源であるので、少なくとも床材料、外壁、内壁、扉、天井、窓などの詳細な構造や材料を明示すべきである。とくに、ユーチューブに投稿された首里城見学映像に20秒ほど分電盤室が映っており、画像からではあるが、北側階段出入口から奥の通路には、二重床にカーペットが敷いてあり、この上に延長コードやLEDランプが置かれていた。このあたりで配線がショートするとカーペットが焦り、二重床の下から空気が供給され、煙の発生が促進される。焦りで生じた煙は、初期には温度が低いので、床面を這うように拡散し、温度上昇と共に天井へと上昇することになるので、天井部に設置されたセンサー類による検知は遅れるなど、事象を合理的に説明できる。

この無炎燃焼の特徴並びに煙の流れを解析しないで、単に「感知は遅れたが作動したので問題ない」との見解では、火災再発を防止することは期待できない。今後、ますます難燃性や不燃性材料が用いられると想定されるが、これらは簡単には有炎燃焼には至らず、猛煙を発生することは、最近の火災現場でも良く見られる。材料あるいは室内構造を勘案して煙の流れをシミュレートし、感知器の設置を検討すべきである。なお、二重床についてはこれまでまったく触れられておらず、私がユーチューブの動画を何度も見て気づいたもので、ユーチューバーに感謝です。

次回は、発火から燃焼拡大に至ったスキームを、煙の流れを想定しながら解析したい。

〈引用・参考文献〉

- 1) 首里城火災に係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) 第1回から第6回 首里城火災に係る再発防止検討委員会議事録；令和2年3月～令和3年3月
- 3) 2020.2.12：火災現場の実態 火災旋風が発生、猛烈な輻射熱が消防隊を襲った：日経クロステック／日経アーキテクチュア
- 4) 参考資料3 前回復元時の首里城正殿等の設計（詳細）、内閣府沖縄総合事務局
- 5) 2020年2月26日：首里城火災の防犯カメラ映像、内閣府沖縄総合事務局
- 6) 各種新聞報道、ネット情報より