

雨洩りと結露の調査事例/RC造の場合 複数の調査手法を駆使して漏水経路を探す

香料調査、ポスト調査、散水調査、赤外線調査などの調査手法を巧みに組み合わせて、漏水経路を特定する。4件の調査事例と調査方法を紹介する。

Case1 香料調査+散水調査 浸入個所絞り込みに香料調査活用

築2年のRC造マンションの一室で、天井に漏水が発生した。管理組合では原因が究明できず、当社に調査依頼があった。

下見調査の段階で、仕上げは直床、直天井であること、上階がルーフバルコニーであることを確認した。漏水個所に直接、調査器具を取り付けることができ、アスファルト防水層によって漏水経路が拡散されることがないと判断して、香料調査を実施することとした。

香料調査は、漏水診断装置(通称:あおりんご)により、室内側の漏水個所から香り混合空気を圧送し、水の浸

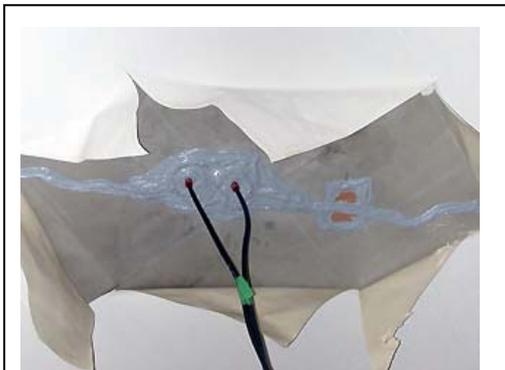
入個所に設置した香り検知器で計測した香料濃度の増加によって外部の漏えい個所を特定するものである。浸入の可能性のある個所が広い範囲にわたる場合、これを絞り込む際に用いる。

一般に、アスファルト防水や二重床などが漏水経路に絡むと、一度、香料の道筋が開放されてしまい、経路の特定が難しくなるという弱点がある。この調査事例では、アスファルト防水層のルーフバルコニーが絡むものの面積も比較的狭いことから影響が少ないと判断した。

また、調査個所(漏水浸入口の候補)の周辺ではシーリング材、アスファルト防水などの有機系の材料が多く使われていると、香り検知の際に有機系材料が反応することもある。



天井面に漏水している。仕上げは、コンクリートスラブに直接クロスを張った直天井だった。



スリーブ穴の埋め戻し跡に香り混合空気を送り込む器具を取り付け、シーリング材で密閉する。

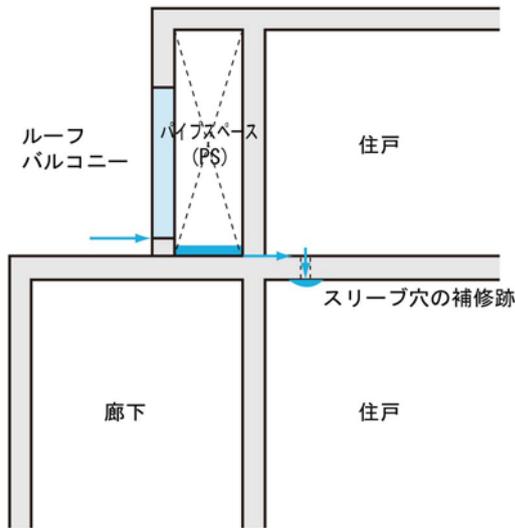


漏水個所のクロスを一部はがして調査したところ、コンクリートスラブにスリーブ穴の埋め戻し跡を発見した。



香り混合空気を発生する装置

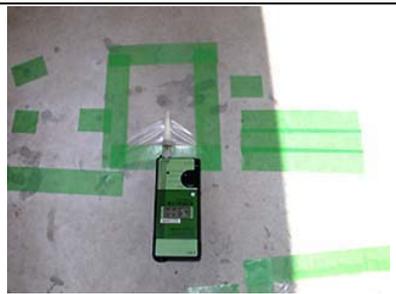
パイプスペースを経て室内天井へ漏水(断面イメージ図)



香料検知調査の結果、香料濃度が大きく上昇した個所が浸水口の可能性がある。ここでは、パイプスペースの扉の隅にできたひび割れが浸水口と思われる。



浸水口と思われるひび割れ部分に散水機の高圧水を吹き付ける。



水が浸入したと思われる個所で香りを計測する。風などの外因を受けないようにシートで養生している。



散水試験の結果、パイプスペースの床に水が流れ込んだ。

今回調査では、香料調査である程度、調査個所を絞り込んだ上で、散水試験を実施して実際に水が漏るかどうかを確認することにした。

初めに香料調査を実施した。まず、天井にある漏水個所の仕上げ材(クロス)を撤去し、コンクリートをあらわにした。すると、漏水個所の天井面に、スリーブ穴の埋め戻し跡があった。今回はその個所に漏水診断装置の香り混合空気口を設置し、ここから香料を送り込むことにした。

香料を送り込む前に、外部では雨水が浸入していると思われる調査個所を洗い出すため、目視や打診の調査を行った。対象は、ひび割れ部、タイル浮き部、肌分かれ部、シーリング材破断部などである。これらが香料検知個所となる。調査の際には、風などの外因を受けないよう、シートで養生した。

香料を混合した空気を圧送する前に、すべての調査個所の初期値を測定しておく。混合空気を1時間くらい圧送し続けた後、再度、調査個所の香料検知を行なった。

検知の結果、上階パイプスペース(以下、PS)床まわりで、初期値に対して測定値が増加していることが確認できた。ここを雨水の浸入の可能性の高い個所と判断した。

続いて、その個所で散水調査を行った。また、PS 床まわり周辺の故障個所についても散水調査を実施した。

散水調査は、散水器を用いた高圧水で、暴風雨時以上の状況をつくり出す。浸入個所から雨水が入り込み、漏水個所に流れる状況を再現するのである。

散水調査の結果、周辺の故障個所から PS 床に散水した水が流出することが確認され、PS 床にたまった水はやがて室内床や上階天井面に到達することも確認できた。なお、このまま散水調査を続けると、上階住戸に多大な迷惑をかける可能性があり、完了とした。

## Case2 ポスト調査+散水調査 色と量で判定するポスト調査

築 3 年の RC 造マンションで、床の仕上げ材(フローリング)に変色が生じ、原因が究明できず調査依頼があった。下見調査の段階で、直張りの床で、漏水個所が外壁側のコーナー部付近にあり、外壁側の片面がルーフバルコニー、片側がバルコニーであることを確認した。

この住戸はセットバック部にあり、ルーフバルコニーの面積が大きく、ルーフバルコニーとバルコニーとの取り合いが複雑で、漏水経路が複雑な可能性があることから、香料調査よりもポスト調査が適していると判断した。

ポスト調査は、外部の水が浸水したと思われる個所に、色の付いた調査液を入れたポストを設置して、室内側の漏水個所に調査液が流れ出る状況で浸水個所を特定する。浸入していると思われる個所が複数ある場合は、調査液の流出量や色の異なる調査液を入れたポストを各所に設置することで、どの浸入個所から水が入っているかを推定することもできる。

ここでは、設置したポストを利用して散水調査を行い、散水による漏水状況も確認することとした。



## 4色の液を4ブロックに配置

まず、ポスト調査を実施した。調査実施にあわせ、変色したフローリング材を撤去した。調査箇所となる外部を目視と打診によって調査し、4ブロックに分け、各故障個所にポストを設置した。今回調査では、「漏水のあった住戸の上階打ち継ぎ部より上を赤色調査液、窓のまわりの外壁面を青色調査液、バルコニー側を黄色調査液、押さえコンクリートまわりを無色調査液」というようにブロック分けを行なって調査した。

ブロック分けをする際は、漏水の原因が複数あり、雨水の道筋が複数ある場合もあることを考慮し、色によって経路の傾向が判断できるよう設置することが望ましい。ただし、現場ごとに状況は異なるので、目的にあうよう色を使い分けることが必要である。

また、調査液の流出量については、室内などの漏水個所以外へ流出することもあり、これらの観察も欠かせない。例えば、タイル浮き個所の背面に浸入し、ひび割れ個所や目地から浸出することもある。

複数のしん浸入個所からの水が漏水  
(平面イメージ図)

黄色調査液の浸入経路は、開口まわりのひび割れからタイル背面を伝い、ルーフバルコニー防水層背面に浸入し、打ち継ぎ部より流出した。もう一方の青色調査液の浸入経路は、柱型とパラペットの取り合い部から、バルコニー防水層背面に浸入し、打ち継ぎ部より流出した。

柱型とパラペットの取り合い部に散水機を設置

浸入口と思われる不具合部に設置したポストに散水機で水を流し込む。ここでは、開口部のわきのひび割れに散水機を設置する。

調査箇所では、壁材や床材を撤去して、コンクリートをむき出しにした。壁の打ち継ぎ部から漏水個所には青と黄の調査液が流れ出た。

散水機からの水を漏水個所で確認。ポスト調査と散水調査を併用することで、浸入口の可能性のある不具合部分を絞り込み、効率的に漏水経路を特定することができる。

調査液を入れて数日後、漏水個所周辺の室内で、外部に接する壁のコーナー部に二色の調査液を確認した。青色と黄色の混ざった緑色である。つまり、室内の漏水個所には、青色と黄色のポストから水が伝わってきていると考えられる。青色の調査液を用いたブロックでは開口部まわりのポストの調査液の流出が多く、黄色ブロックではパラペット天端付近に設置したポストからの調査液の流出が多かった。

調査液の流出が多かった2カ所を中心に、散水試験を行なった。その結果、散水によって漏水の到達点だけではなく、詳細な漏水経路が確認できた。

ここでは、散水から漏水までの時間、漏水量により、青色調査液の設置個所の方が、影響が大きいことが確認できた(短時間かつ多くの散水が確認できた)。また、打ち継ぎ部を水平方向に黄色の調査液が漏水個所の方に流れていることを確認した。内装材の仕上げの影響で、コンクリート躯体の漏水個所と内装材の変色位置には若干のずれがあったが、散水の流れ方を確認することにより、経路の推定が容易になった。

こうして二つの漏水経路を特定した。一つは、開口まわりのひび割れからタイル背面を伝い、ルーフバルコニーの防水層背面に浸入し、ルーフバルコニー側外壁打ち継ぎ部より漏水していた。もう一方は、柱型とパラペットの取り合い部より、バルコニー防水層背面に浸入し、バルコニー側外壁打ち継ぎ部やサッシまわりから流出した。

### Case3 散水調査 結露水が水受けからあふれる

雨漏りが原因と思われていたフローリングの変色が、実は結露のために生じていたという事例を紹介する。

調査のきっかけは、床の仕上げ材(フローリング)が変色していたことだ。下見調査の段階で、変色したフローリングのある部屋が開放廊下側にあり、直張りの床であること、漏水していると思しき個所は外壁のサッシまわりであることを確認した。また、調査前のヒアリングで、住戸内に結露が多いことも確認した。



外部側の開放廊下はほとんど雨が吹き込まない形状ではあるが、まずは散水調査を行って、外部からの漏水の有無を調べることにした。調査に併せて、内装材の解体調査を行った。解体時のフローリングの状況を確認すると、フローリング背面にカビが付着しており、何かしらの水の影響を受けていることを確認した。

散水調査の結果、水の浸入はみられず、漏水ではないことが確認できた。

次に、サッシの結露受けについて調査した。水受けに水を流すと、水抜き穴が詰まっていた。居住者に確認したところ、「冬場、冷たい外気が吹き込むと寒いのでふさいでいる」とのことだった。

水抜き穴を完全にふさぎ、水をためると、ある程度の水位に達した段階で床に水がまわることが確認できた。サッシの縦枠と水受けの取り合い部から、少量ではあるが水が漏れていることも確認した。これが、床のフローリングをぬらしていた原因の一つとして考えられた。

追跡調査として、サッシまわりの木枠を解体すると、水受け周辺の木枠にカビが著しく付着していた。水抜き穴をふさいでいたため、水受けからあふれた結露水が、水受けと木枠のすき間から床に流れていたのである。

解体調査の結果、解体時の内装材の状況より、サッシと水受けの取り合い部の不具合も多少、影響するが、主な原因は水抜きをふさぎ、水受けから結露水があふれたことと、判断した。居住者へのヒアリングを続けると、その部屋で家族4人が寝起きしており、冬場は扉を閉め切っていた。



狭い部屋で換気をせずに就寝していたことが結露の原因のひとつであった。寝ている時も人間や動物は水分を放出する。特に冬場、閉めきった部屋で就寝すると、朝方温度が下がるため、室内の相対湿度が高まり、結露が発生しやすくなる。その結果、窓ガラスやサッシ枠に大量の結露水が発生し、これが流れ落ちて、水抜きのふさがった水受けにたまり、オーバーフローしてフローリングを変色させたのである。

#### Case4 散水調査 散水では浸入せず、結露と判定

この調査は、天井仕上げ材が湿気・水分によりはがれてしまい、原因が究明できず、調査依頼があったことから始まった。

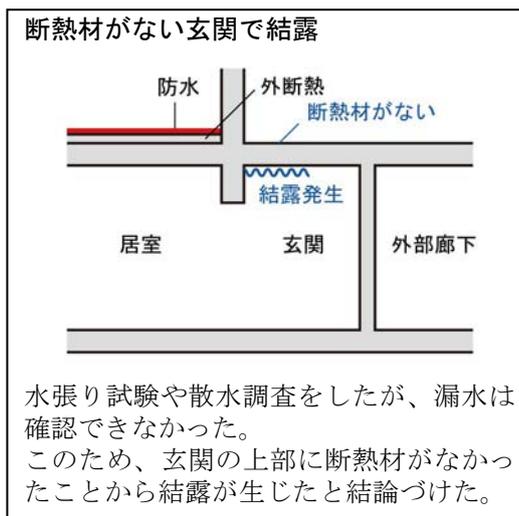
下見調査の段階で、すでに天井材ははがれていた。天井材がはがれているのは、部屋の一部で、直上は屋上であった。同時に行なったヒアリングによると天井まわりで、湿気が確認でき、特に降雨時と冬場に多く感じることのであった。また図面を確認すると、複雑な建物形状であり、該当部には、外断熱も内断熱もされていない箇所であり、現状も断熱がなかった。

しかし、最上階であり、防水の不具合も否定できず、散水調査と水張り試験を行なった。漏水原因の可能性が高い調査対象箇所は小面積であったことから、直上屋上の水張り試験と、周辺外壁やパラペットの散水調査を行なった。

結果、水張り試験や散水の流出は認められず、結露が原因で天井材がはがれたと結論づけた。



玄関の天井材がはがれた。漏水と結露の両面から原因を調査した



## 漏水調査手法

### 下見調査と本調査の二段階

#### 1. 一次調査

##### 1-1. 現象の確認

調査の依頼を受けた場合、まず、漏水や結露の状況を現場で確認する。これが下見調査である。

状況にもよるが、内装材のシミ、カビなどの状況を確認する。内装材があるため、躯体の漏水はわからないことが多いが、可能な範囲で下見調査を行い、少しでも多くの情報を収集することが必要だ。またこの時点で、足場架設の可否について状況を確認しておくことも必要だ。

この段階で、漏水と結露の可能性を検証することも重要だ。確認事項は、現象が発生している場所、部位、仕上げ、外部の取り合いなどを確認する。また、結露の影響を受けやすい部位か、また、外部からの降雨の影響を受ける可能性が高いかどうかを検討し、漏水の可能性と、結露の可能性について検証する。

雨水がまわりにくく、設備配管(給排水管など)の影響もなく、室内の中央部や部屋の空気だまりになりやすい個所の場合、結露の可能性が大きいと判断することもある。ただ、結露については、窓まわり以外にも、外部側の天井や床付近に起こりやすく、判断に迷う場合が多い。

躯体と内装材の所有者が異なる分譲マンションで特に注意が必要なのは、躯体より内側に問題がある場合だ。管理組合の管轄外のことが多く、居住者が調査の発注者になることがある。また、躯体の不具合による漏水とはっきりしている場合、管理組合の責任範囲として、調査発注をかけやすい。だが、判断に迷う場合、調査に踏み切れないケースもある。内装の復旧作業などについても、管理組合、居住者と十分な打ち合わせを行ない、調査後にどのような対応をとるのかを決めておく必要がある。

##### 1-2. 二次調査計画

漏水の場合、後述する調査手法を用いることができるかを確認する。

結露の場合、管理組合や居住者が費用をかけてまで結露の調査を行う意思がない場合が多く、換気を促すなどで完了することが多い。調査手法としては、室内の水分量を把握し、結露の主因を探る調査は可能である。

#### 2. 二次調査

##### 2-1. 現地で行う調査

漏水の調査は、原因を探り、補修範囲や補修方法を確定することが目的である。当社の標準的な調査手法は、①香料調査②ポスト調査③散水調査④赤外線調査とある。各調査方法とも一長一短があるため、組み合わせることで目的を達成する。結露の調査には水分量調査を用いる。

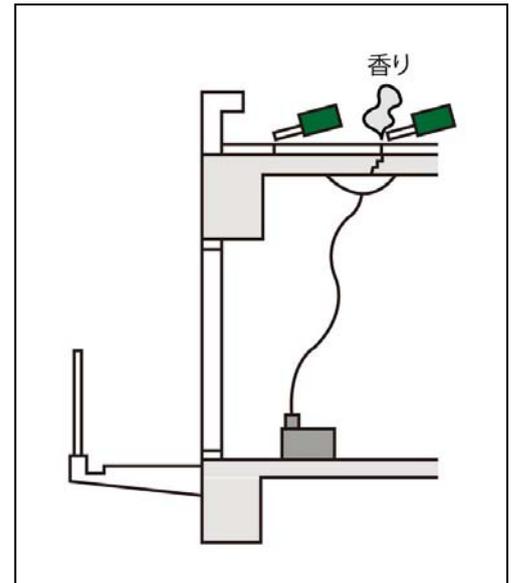
## 01 香料調査

### 漏水個所から浸水個所へ香料を運ぶ

漏水診断装置(通称：あおりんご)によって、漏水個所から香り混合空気を圧送し、香り検知器により外部の漏えい部を特定する。漏水個所が露わになり、直接漏水個所に機器が設置できれば、調査可能である。漏水している室内側から外部の浸入個所へと、実際の漏水経路とは逆方向に香料は流れる。

この調査のメリットは、外部の浸入個所と疑わしい場所(調査対象個所)を一回の調査で数多く(条件によるが 20~40 カ所程度)確認できることである。ただし、検知器の感度が高いため、圧送した空気以外の香りを検知することもある。シーリング材やウレタン防水など、有機系材料が検知個所の周囲にある場合は、注意が必要だ。

また、雨水がメンブレン防水層や二重床を通過している場合、香料がその空間に拡散してしまうので、漏水経路の特定が難しくなることがある。



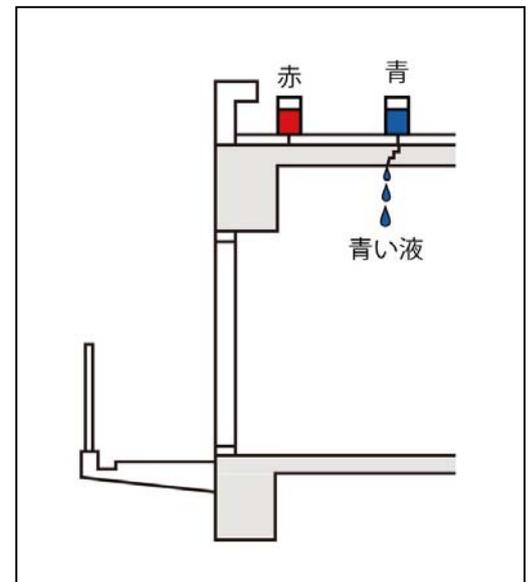
## 02 ポスト調査

### 色液を浸水口から漏水個所へ流す

外部からの浸入個所と疑わしい位置に塩化ビニル製の管型ポストを設置し、ここに調査液を入れて漏水個所へ調査液が流出する状況から漏水経路を確認する。

赤、青、黄、無色の4種類の調査液と、ポストからの流出量から漏水経路を探る。2種類の調査液が混ざり、オレンジ色(赤と黄)の状態で流入する場合は、赤と黄の個所から浸入している、などの判定もできる。ただ、判定までに5~7日程度かかることもあり、調査員が調査液を補充するなどの作業が発生するため、日数がかかり費用もかさんでしまう。

外部に取り付けたポストから室内側の漏水個所へと調査液が流れるため、実際の漏水と同じ経路をたどる。このため、香料調査では調査が難しかった二重床やメンブレン防水を通る場合にも有効である。

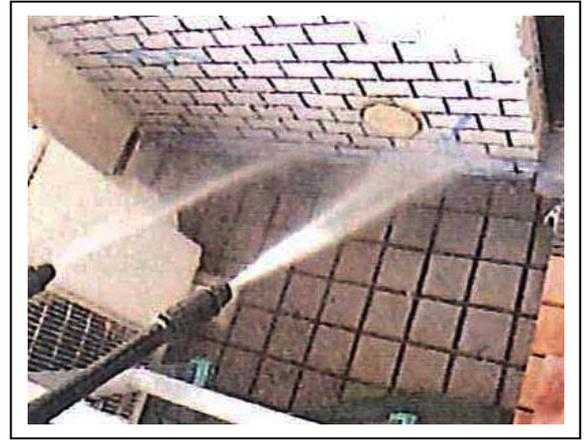


### 03 散水調査

#### 暴風雨時より厳しい状況をつくる

水が浸入していると疑わしい個所に高圧の水をあて、室内側に漏水するか否かを確認する。高圧の水によって暴風雨時よりも漏水しやすい状況をつくり出し、調査時間を短縮する。

この調査は、原始的だが、降雨時の状況をつくりあげる確実な方法である。ただし、散水を始めて流出までに時間がかかることもあり、一日の調査個所が4～5カ所程度と限られる。



### 04 赤外線調査

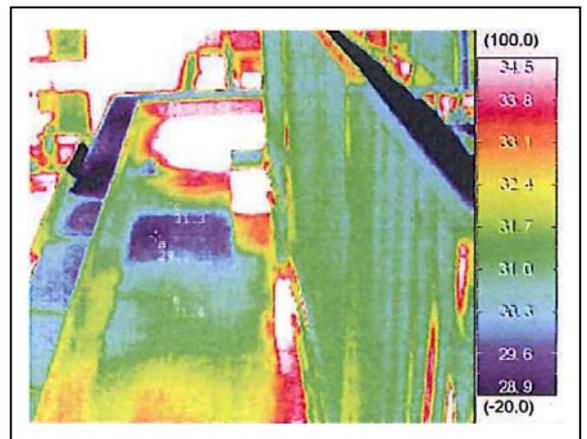
#### 表面温度から防水層背面の欠陥を発見

前述 1～3 の調査と併用して、調査個所の表面温度を測定することで漏水の原因を探る手法もある。特にアスファルト防水の上に敷いた軽量コンクリートの背面にまわった水の経路や、防水層背面にまわった水を確認するのに有効である。

調査時、軽量コンクリートやアスファルト防水層、ウレタン防水層などを撤去することが不可能な場合が多い。このような時、散水調査やポスト調査と併用して、赤外線を用いた表面温度測定が有効である。

背面に水がある場合、防水層の表面は水がない個所よりも温度が低くなる。このため、表面温度を測定することで、背面水の存在を推定できる。

漏水調査に際しては、1～4 の調査項目の選定、各調査前の目視調査が欠かせず、重要となってくる。どちらかが欠けると、確実な調査がなされず、補修工事を行なっても、完全に直らない可能性もある。



## 05 水分量調査

### 室内の水分量の変化から結露を予測

結露については、漏水か結露かの判断に迷うことが多い。室内側の壁がぬれるなどの現象があったとき、どちらとも断言はできず、推定しかできない。

散水試験などの漏水調査が実施できる場合は、漏水の有無を確認し、無い場合は結露と結論づけることができる。しかし、調査が実施できないケースや、結露の原因究明調査が必要なケースもある。

結露については、原因が一つではないケースが多く、調査は難しい。原因が一つであれば、その原因かどうかの調査を行えば解決するが、結露は複合原因の場合が多く、なかなかそうはいかない。また、内装の解体を伴うこともあるが、なかなか即、解体できるケースは少ない。

水分量調査は結露の発生と、室内の水分量との因果関係を調査し、結露の原因を探る調査である。

調査は、外部と対象の部屋、同一住戸のその他の部屋などで温度と相対湿度を測定する。その結果から水分量(絶対湿度)を算出して、その変化の対比によって原因を探る。例えば、水分量の上昇と降雨や外気の湿度の上昇との因果関係を確認し、水分量上昇の発生時間などから日常生活に起因する可能性があるかなど、様々な角度から推定していく。

