

建築物と水とのかかわり

国立保健医療科学院
統括研究官 大澤元毅

1. はじめに

本シリーズの序盤(第二回・第三回)では、五感で捉える事が難しいことからサイレントキラーとも呼ばれる室内空気汚染問題の状況などをとりあげた。近頃、シックハウスの話題は減ってきたが、建物の省エネや気密化、輸入家具や殺虫剤など火種はいくつもあるので、しっかり見守る必要がある。さて、ここからは目を「水」に転じて、健康とのかかわりについて述べて行きたいと思う。「水管理・水環境」に関する広い視野からの話は次回の専門家(前の水道研究部長)にお任せする予定なので、今回は建築物とのかかわりとつきあい方(給排水・熱搬送設備を除く)から話を始めよう。

2. 建築物における水とは

—— 変幻自在な四つの姿

建築における「水」は様々な場面に、様々な役割とそれに応じた要求を持って登場してくる。ある時にはなくてはならない熱媒体や飲料水・洗浄水だったりする一方、ある時は姿を変えて思いもかけぬ所に出没して厄介者扱いされる。またその挙動は、高密・高機能化する建築の中で、熱・空気、或いはエネルギーと強い関係を持つため、



トリアノン宮殿のライオン型雨水吐水口(パリ市内)

その総合的な理解と対応が欠かせなくなっている。水に恵まれた風土の中で、我が国の建築物は外界からの雨水、地盤からの地下水、結露水や漏水といった様々な「水」と、色々な場面で上手につきあって行かなくてはならない宿命を背負っているということだ。

ところで建築における健康影響要因にも、いくつかの対処パターンがある。「新鮮空気」「清浄水」「エネルギー」など無くては困るもの、「空気汚染」「騒音」「燃焼廃気」「微生物・害虫・害獣」など実用上ひたすら排除を図るべきもの、そして適切な水準維持や品質が求められる「温度(熱)」「明るさ」「湿度」などである。前二者が、もっぱら安全や健康にかかわる古典的要因なのに対

し、水準や品質が問われる三番目の部分は、めざすべき「適切な温度」「適切な明るさ」「適切な湿度」自体が時と場合によって変わる上、人間生理や快適もかかわって扱いが難しい。好みや個人差は別にしても、子供と老人、男性と女性、作業内容、夏と冬、空調方式、気流速度、断熱気密水準など、数え上げればきりがなく、時に「節電」や「温暖化対策」などの要請が乱入してきて収拾がつかない状況も増えてきた。もちろん水は三番目のこれにあたるので、役に立たないモグラたたきにならないよう、設計・施工・管理の各段階で慎重に扱わなくてはならない。

建築物の中でどのように現れ、どのような作用をしているのか、その全体像を知るために予め整理しておく。水は固／液／気三相(三態)に、それぞれ「氷」「(液)水」「水蒸気」と固有の名前を持つほど身近な物質であり、融解／凝固・蒸発／凝縮・昇華を経て

姿を変える。また、単に豊富と言うだけでなく、様々な物質を溶かしこんだり、比熱や潜熱が大きいことなどの特異な性質が、溶媒として物質の輸送・蓄積・洗浄や、化学反応・生命活動を支えたり、熱の移動に一役買い、地球の生物進化や気候まで規定していることはよく知られている。

そんな水の建築物における第一の姿と言えば、日常のトイレ・洗面・給湯・厨房や散水などで接する液体(液水)で、その多くは上水などで供給され、飲用・調理や洗浄・設備用などに供されて建物の活動を支えている。問題はこのように飼いならされた水が時として「想定された範囲」から逸脱したり、想定されない形でやって来ることにある。建物の設計管理に係る、雨水、地下水、結露水や水害については、以下個別に触れていく。

水が持つ第二の姿は、気体となった「水蒸気」である。建築物を使う側とは室内湿

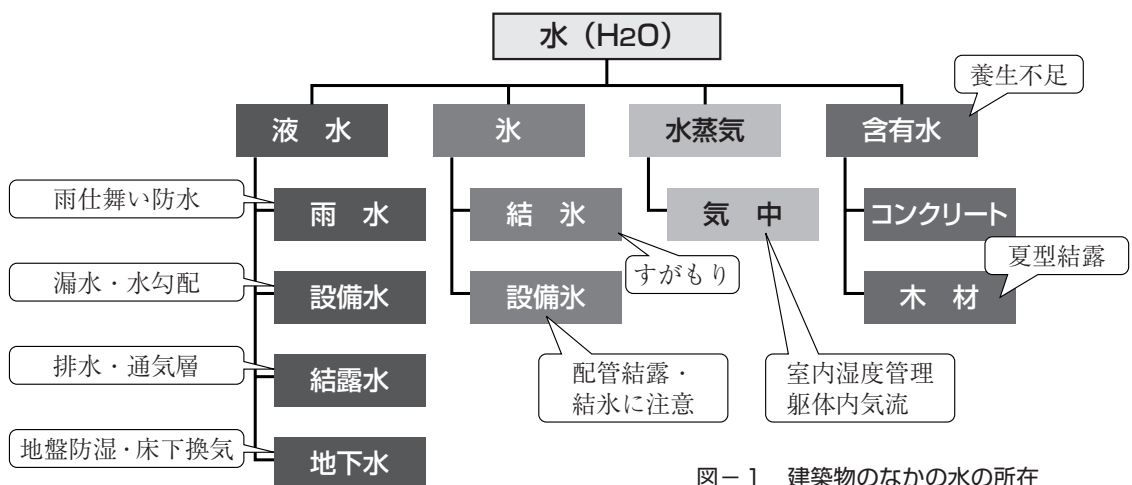


図-1 建築物のなかの水の所在

度としてかわり、多すぎれば結露・生物汚染や不快感、少なすぎれば粘膜／皮膚／眼の乾燥、ウィルスの生存、静電気の発生などに関係する。水蒸気は身の回りの空気中に、蒸発した水分子が気体の形で含まれ、外気や室内の液水と共存(平衡)している。少なくなる冬季には空気1m³(約1200グラム)当りほんの数グラム、多くなる夏季の室内(28℃、70%)でも20グラム程度と、量はわずかだが、挙動や影響が他の気体と異なるため環境工学分野では、水蒸気と乾燥空気の混合物を「湿り空気」と呼んで別格に扱われる。ご承知の通り、乾燥空気と共存できる水蒸気量の上限である「飽和水蒸気圧」或いは「飽和絶対湿度」は、温度と圧力につれて増減するので、気体の形で保持できる器の大きさも変わる。温度が下がって水蒸気を抱えきれなくなれば、液相へ移行し、いわゆる「結露」になってしまう。

第三の姿は固体となった「氷」だが、温暖地域では冷媒配管や氷蓄熱などでしか目にする機会は少ない。一方、寒冷地では転倒の危険や「すが洩り」(氷堤からの浸水)、建具の開閉障害、配管や外装の凍結破損、コンクリート等の凍害(凍結融解に伴う障害)などが今も身近な問題である。人工的に防止・解消するにはそれなりの施設とエネルギーを要するから、まずはそれらが滞留する箇所が氷点下にならないような形態(設計)の配慮や、保温・熱配分による温度維持策が求められる。

そして、忘れてはならない第四の姿は、材料内に潜んでいる含水である。目に触れる機会も少なく存在に気づきにくい、建築内の水の大半は、躯体(コンクリートや木材)或いは内外装材(木質製品、多孔質材や家具・什器)の中に竣工当初からあって、空気中の水蒸気との間で出入りを繰り返している。

表－1 「水」にかかわる建築的問題と対策(給排水・衛生設備関連は省略)

	発生源	主な障害	一般的対策
液水	雨水、空調機器、地下水、結露水	浸水滞水による衛生問題(微生物・カビ・害虫増殖等)汚損・悪臭	(防水・防湿・保温等による)漏水・浸水・結露(冠水・滞水)の防止速やかな排水・乾燥・排気の促進
水蒸気	外気、液水・氷・含有水の蒸発、人体呼気、空調(加湿)	高湿に伴う結露・含水の誘発低湿に伴う衛生問題(過乾燥、ドライアイ、ウィルス繁殖)	湿度／温度／換気状況の監視・制御蒸発・放湿源の管理(排除・低減・加湿)(発生源の隔離・外気処理・局所排気・乾燥材使用・換気量制御)
氷	雨水、外気、空調	転倒危険、すが洩り、建具の開閉障害、凍結破損	部材温度と空気湿度(露点温度)の管理(適切な保温・開口部設計、空調／暖房計画)
含有水	(打設・成長・製造時の)初期含水、液水流入、水蒸気の吸放湿	害虫・小動物・微生物・カビ等の生育による汚損・健康影響腐朽・腐食・劣化の進行収縮・変形・亀裂	適切な乾燥処理或いは乾燥材の選択適切な薬剤使用による生育防止施工前・打設時・施工後の養生確保

返している。

多くの場合、このような「水」の移動(吸放湿)には室内水蒸気の急な上昇や乾燥を緩和して室内湿度を安定化させる働きが期待できる。半面、高含水状態が続けば害虫・害獣や微生物の増殖を招くし、下がりすぎれば材の収縮や変形などトラブルの原因となる危険も生じる。

前置きはこの位にするが、表-1に示したように、水が熱・空気や光と並んで居住／執務環境の健康性維持に欠くことのできない存在であることは間違いない。

3. 場面に応じた戦術と技術

ここからは、少し具体的な状況や部位を挙げながら、課題や対策に話を進める。

3.1 雨水侵入の防止

建築物における水への対応は、躯体周りや開口部から雨水に代表される液水を遠ざけ、劣化要因である水の浸入を防ぐことから始まる。そして、かつての雨漏り対策の基本は、適切に軒や庇を配置して雨を滞りなく排出する、設計上の「雨仕舞い」だった。これなら、瓦が割れたり樋が詰まったりしない限り機能する。しかし、近年は建築の形状・材質の複雑化や、規模の大型化につれて、「連続した不透水(遮水)層」に頼る防水が主役となってきている。なかでも実績のながいアスファルト系に加えて、シートや塗膜が利用されるようになって材料レベルの性能は着実に改善されて来てい

る。しかし、建築物に特有な「現場施工の精度・品質管理の困難」「熱や機械的変形など多様な外力」等の厳しさを考えた時、建物の全寿命にわたって、端部や接合部まで完璧を期することは防水専門家にも難しいとされている。

また、近年の新しい課題としては、屋上・壁面の緑化や外断熱工法の普及が挙げられる。建築物の緑化は、省エネと意匠の両面から期待される技術だが、土壌や植栽が荷重となる上、それらが劣化要因になる場合も多い。また、防水層・排水口等が隠ぺいされて維持保全を難しくすること、植栽管理、土壌の保全、廃棄物処理、害虫害獣対策を要することも大きな課題である。

一方、外断熱工法には、省エネ・躯体保護と室内熱環境改善が期待される。ただ、膨大な日射エネルギーをせき止めてしまうため、断熱層外側での温度上昇が加速されるので、防水層や外装材の劣化を早めることのないよう周到な対策が不可欠である。

近年、木造住宅の外壁には(外断熱に限らず)、断熱の外側に「通気層」と称する、上下端部を開いた15mm前後の厚さの空隙を設ける工法が急速に普及してきている。

強い風圧力がかかる高層ビルのカーテンウォール部材などでは1980年代から等圧設計(オープンジョイント)が既に一般化しているが、この通気層は先に述べた日射による温度上昇を和らげて躯体と防水層(木造の場合には透湿・防水・防風層)を保護

し、省エネに寄与するとともに、風圧力による壁内圧力の変動を緩和して液水の進入を防ぐ効果がある。

何れにせよ、先に述べたような建築がおかれた環境を考えると、監視と保全体制堅持、そして万一の漏水時のリスク管理という極めて堅実な戦略が必要とされる。

3.2 地下における水・空気の管理

地下における水の扱いは、地盤に囲まれて密閉性が高いうえ、水圧もかかったりして施工環境・条件確保が難しく、大変な難題である。雨漏りはさせないのが原則だが、地下の漏水は起きて被害が及ばないように配慮することが多いだろう。図-2に地下室・地下空間における主な環境管理項目を示したが、水関係に限っても高い浸水圧

や、防水施工／維持保全の困難さに対処する必要がある上、一旦トラブルが生じた際のダメージ(カビ発生や汚損ばかりでなく、最悪の場合は浸水・水没まで)が大きいため、用途や躯体工事に応じた防水工法の選択(併用)、二重壁／機械排水／排気等による浸水・透湿水管理など、多面的な対策を念入りにとることが求められる。また、地下の水分は、熱流や気流の影響も受ける。地盤の断熱性や気密性が高いことから、通常の熱損失や漏気への配慮は必要とされない反面、地下水の影響で恒常的な透湿・結露を生じたり、自然換気が期待できないことなどにより、除湿・換気・空調措置が必要とされる場合もある。

小規模な住宅等における地下室では、地

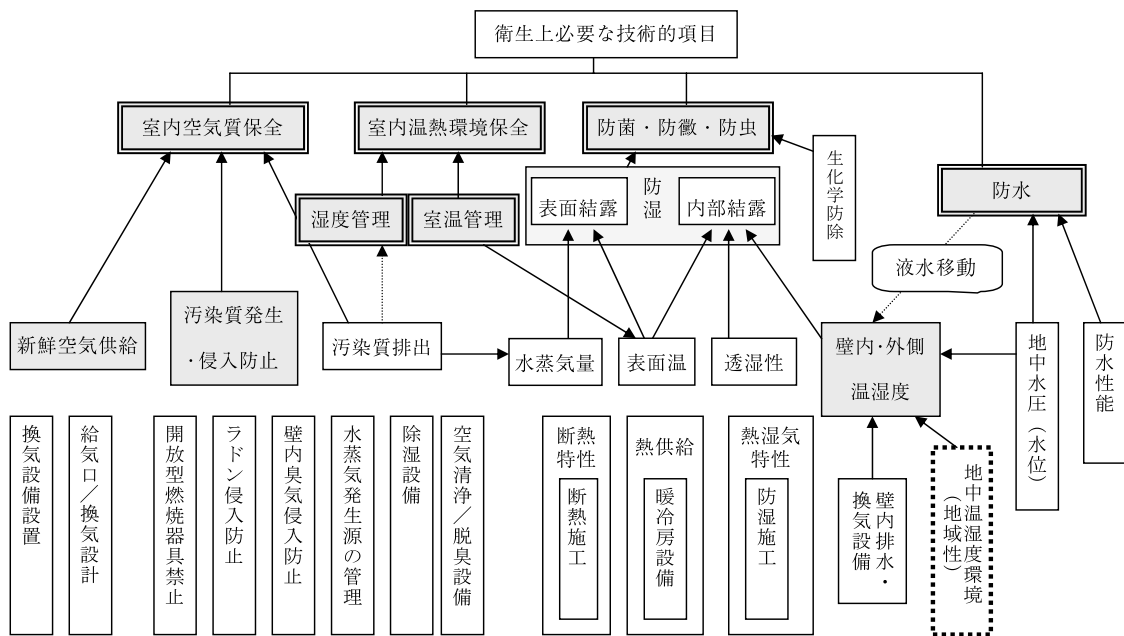


図-2 地下室・地下空間における環境管理項目

下軀体外皮の外側に透水性のある層(空隙)を設けて水压を避ける方式が採用されることも多い。なお、これは健康と言うより危機管理に類することだが、近年は都市河川・下水等の内水氾濫や、地球温暖化に伴う集中豪雨の激化などの危険が高まっており、これからは浸水防止或いはその減災対策に一層の注意が必要とされるだろう。水害時の「水」は、外からばかりでなく、内から下水が湧き出す場合もあり、設計時の配慮とともに非常時の対応が必要とされる。これらは短期的に家財や建築を傷めるばかりでなく、躯体や各種設備を含水・汚損させて中長期的に機能や耐久性を損なう危険性も高い。殊に近年の「高断熱高気密住宅」や「省エネビル」では、一旦その仕掛けの内側に水が浸入すると、排水・乾燥・清掃もままならず、その影響を受けつづける脆弱性が指摘されている。

3.3 居室における温湿度管理

すでに度々述べてきたように、室内温湿度には温熱快適性や作業性、健康性などの面から定めるべき独自の条件が存在する。

本稿では空調・加除湿の詳細に踏み込まないが、近年の状況について簡単に触れておく。

- (1) 温度と湿度の管理目標は主に、人体の温熱環境要求と、温熱以外の生理・健康影響の観点が考慮される。
- (2) 温熱環境に関しては、欧米或いは国内の調査研究に則り、建築物における衛

生的環境の確保に関する法律(通称：建築物衛生法)で環境衛生管理基準(気温17～28℃、相対湿度40～70%、昭和45年)が定められている。

- (3) 本連載第二回でも紹介のあった通り、上記の管理基準に適合しない特定建築物が増加傾向にあり、暖房温度設定の上昇や、個別空調方式の普及とその運用／管理方法の変化などが原因と考えられている。
- (4) 海外の湿度基準は低湿側規定が緩く、記述されていない場合もある。
- (5) 非温熱環境要因としては、粘膜／眼／皮膚の乾燥、ウィルス生存率、静電気発生等が俎上に上がっている。
- (6) 低湿時の冷房効果、氷蓄熱・大温度差空調の省エネ効果、ウィルス感染要因研究等も話題となっている。

3.4 材料の含水

近年、建築物の長寿命化が政策的に謳われ、耐久性への影響が注目を浴びている。

耐久性と言っても、実は社会的或いは経済的な条件が寿命を規定する場合が多いのだが、主要構造の劣化に係るものに限定すると、影響が大きいのは構造用木材(合板を含む)の腐朽・劣化である。

木材腐朽では微生物(腐朽菌)による分解により、重量減少と強度低下を生じるがその際、養分・温度・空気・水分の4条件を必要とする。このうち、水分の管理が本稿に関連するが、その管理目標を一律に決め

ることは難しい。腐朽菌は材中の水蒸気(結合水)を活用できないため、一定の含水率(25~28%)を超えて自由水が生じなければ腐朽は進まないためである。この含水率は吸放湿により環境相対湿度と一定の平衡関係を持ち、概ね相対湿度95%を超える環境(ほぼ結露状況)におかれると腐朽の危険性が急増すると言われている。即ち、結露が発生したからと言って普及が始まるわけではない。コンクリートなら打設時・養生時の水分管理、木材なら乾燥処理と含水率管理が前提だが、恒常的な結露を防ぐとともに、結露後の乾燥を可能とすることが当面の目標となる。

4. おわりに

やや間口を広げすぎた感はあるが、建築と水とのかかわり方を概観しようと試みた。建物の中の水は、水道や設備配管を行儀よく流れている間は、役に立つが、一旦侵入を許したり、解き放ってしまうと制御は難しい。その意味で限度を超えた水(特に水蒸気)は、汚染物質に準じて、気流や断熱と同様の配慮をしなくてはならない。特に熱容量・湿気容量が大きく、内部と外部の遮断が難しい地下構造や、外皮・開口部廻りにおける水処理の悩みは、今も昔もあまり変わっていないようである。

また近年、省エネを狙った地中熱・躯体蓄熱利用の試行例が見られるが、使い方や

手入れ次第で結露・カビを招く恐れも大きい。生兵法は怪我のもと、健康被害に結び付くおそれもあるので注意していきたいところである。

お気づきかと思うが、書き進めていくうちに結露についてふれる紙数がなくなってしまった。建築の健康に深くかかわる重要な現象なので、稿を改めて述べさせていただこうと考えている。

5. 参考文献

- 1) 大澤元毅：熱物性値の経年変化の課題と展望(材料を利用する建築の立場から), 熱物性, Vol22, pp.122-124, 2008.5
- 2) 大澤元毅ほか共著：新太陽エネルギー利用ハンドブック、日本太陽エネルギー学会, pp.242-253
- 3) 大澤元毅, 林基哉, 長谷川兼一, 本間義規：住宅の躯体内部通気が室内空気環境に与える影響に関する研究 その1 室内と壁内空間のカビ数年間推移, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.895-896, 2008.8
- 4) 大澤元毅, 鍵直樹, 東賢一, 池田耕一, 長谷川兼一, 密閉化された床下構造の浸水被害と室内環境への影響に関する研究 その1. 研究概要と対策状況に関するヒアリング調査, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.1197-8, 2011.8