

構造部材に木材を使用した屋内温水プールの温湿度調査

性能部 保存グループ 小林 裕昇

国は「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」を平成22年5月公布、10月に施行し、また北海道ではこの法律の施行を受け「北海道地域材利用推進方針」を平成23年3月に策定することで公共建築物への木材利用を積極的に促進しており¹⁾、今後も構造部材や内装材に木材を使用する建築物は増えていくと思われます。

このような状況の中で、町営の屋内温水プール（以下プールとする）の構造部材や内装材に木材を使う事例が多く見られます。プールは素肌が触れる機会が多い環境であること、水の消毒に塩素を使用するため構造部材に鋼材を使用すると錆の発生が懸念されるなどの理由から、木材が利用されていると考えられます。

一方、プールの屋内環境に関しては一般的な建築とは違い、温度・湿度ともに高い状態になっているのではないかと予想されます。そこでプール内の温熱環境が木材に与える影響を明らかにするため、構造部材に木材を使用したプールにて、温度および湿度の測定を実施しました。

■調査を実施したプールの概要

調査は、北海道内7カ所（厚沢部町・八雲町・蘭越町・南幌町・浦河町・豊頃町・清里町）の町営プールにて実施しました（写真1）。

建築物としての構造は、基礎とプールを構成する部分および窓下までの壁の立ち上がりは鉄筋コンク

リート造、それらから上部の壁や屋根を支える主要構造部材の柱・梁に集成材が用いられるのが一般的です。

町営プールは冬期間閉館（八雲町プールは除く）が前提であることから、基礎に断熱は施されていますが、壁内部には断熱はありません（浦河町、八雲町プールは除く）。また天井面は屋根材の金属板が表しとなっており、これに屋内側から発泡ポリエチレン（厚さ3mm）を裏打ちしているところが多く見られました。

プールは日光を多く取り入れ明るい雰囲気とするため開口部が大きく設けられていますが、ガラスも複層ガラスでなく単板ガラスとなっています（八雲町プールは除く）。

換気は、管理者の判断による運転の入切や天窓を開けることによる自然換気、あるいは夜間のみ自動運転など、施設毎に様々な対応がされていました。

暖房は基本的に補助暖房扱いのため、暖房性能としてキャパシティが不足気味で利用者から寒いという指摘を受けたり、当初の設定より室温を上げたため燃料費が高くなってしまった施設もありました。いずれの施設も5月初旬や10月においては夜間の外気温低下による影響から、天井面に結露が発生し、滴が垂れてくるとのことでした。

プールの水温や室温は施設毎に違いますが、水温約25～30℃、室温は約25～32℃の範囲内で設定されていました。



写真1 屋内温水プール（蘭越町）

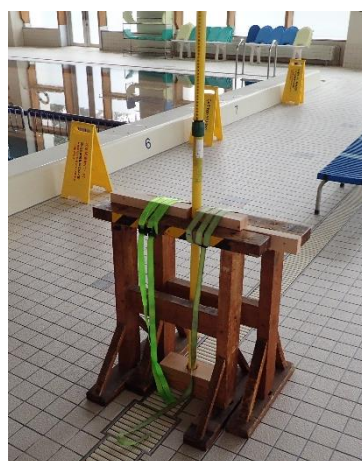


写真2 伸縮型メジャーポールを使った測定



温湿度計

表1 各プール（A～G, 7カ所）内部の温度と湿度および構造部材表面の想定含水率

| プール名 | 調査日 | 屋内温度(°C) (実測値) | 屋内湿度(%) (実測値) | 構造部材表面の想定 含水率(%) (計算値) |
|------|----------------|-------------------|------------------|---------------------------|
| A | 平成28年 8月 9～10日 | 24～36 | 52～84 | 12～21 |
| | 平成28年 9月28～29日 | 23～31 | 60～78 | 14～19 |
| B | 平成28年10月 1～ 2日 | 17～36 | 68～90 | 16～24 |
| C | 平成28年10月19～20日 | 16～35 | 51～90 | 13～25 |
| D | 平成28年10月24～25日 | 13～27 | 80～97 | 19～33 |
| E | 平成28年12月13～14日 | 27～29 | 38～68 | 10～16 |
| F | 平成28年 4月27～28日 | 23～34 | 65～93 | 16～25 |
| G | 平成28年 6月 7～ 8日 | 13～27 | 34～91 | 11～24 |

■ 乾プール屋内の温度および湿度の測定と結果

測定は伸縮型のメジャーポールに、温湿度センサ（おんどとり：TR-72wf・T&D）を取り付けて測定しました（写真2）。

温湿度センサは、天井面を基準とし2m間隔で4個配置し、測定時間は昼間と夜間が連続して測定できるように、10～24時間のデータを収集しました。測定の結果を表1および図1に示します。

温度は壁面に断熱が無いこと、また開口部が大きい建物のため昼間は外気温・日射の影響により上昇しますが、夜間になると反対にそれらの要因が影響し低下する傾向が見られました。天井付近の温度はやや高めですが、床面付近の温度との間に大きな差はありませんでした（図1）。差が無い理由として、特に夜間に関しては換気が行われ、床面付近の空気が壁上部（天井付近）に設けられた換気口から排気されるためではないかと推察されました。

湿度は温度に対する相対湿度であることから昼間は低くなり、夜間は換気の効果によって下がる場合も見られましたが、ほとんどのプールでは暖房が停止し温度が低下することで上昇傾向にありました。

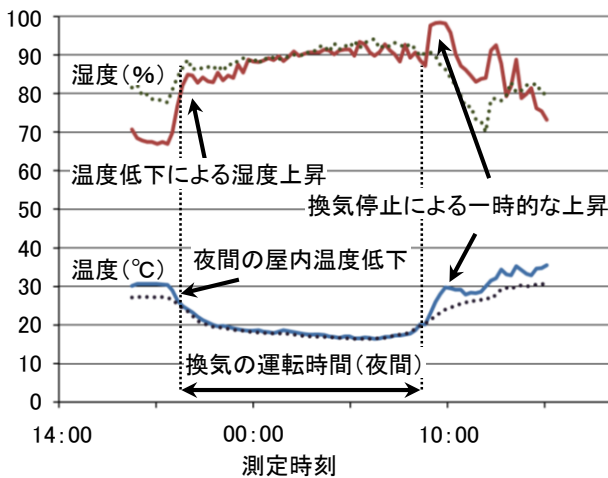
木材は周囲の相対湿度が高い状態が続くと、劣化の進行が早まる可能性が考えられます。

今回の測定で得られたデータから構造部材表面の想定される含水率（表1）を試算したところ、おおよそ10～33%の間で推移していることが分かりました。ただし今回の試算は木材表面を対象としていること、温度・湿度は一日の中で常に変動していること、更に冬期間の閉館時にはプールの水は排水されている現状から、プールの屋内は高湿潤状態だけではなく乾燥状態となる期間もあり、プール屋内に使われている木質構造部材への劣化の影響は小さいと考えられました。

■ 屋内プールにおける建築的対応について

国土交通省では、プールに使用した木材の腐朽およびカビを防ぐことを目的とした結露対策として、「換気」、「断熱」、「木部への塗装」、「水面に蒸発防止用のシートの敷設（夜間のみ）」などの手法を提案しています²⁾。

プール屋内の湿度上昇を抑える手段として「換気」はとても重要ですが、開館時間中に行うとプール使用者から「寒い」と言われる事例もあり、体感的な温度と湿度のバランスに注意が必要と思われます。また、夜間に水面をブルーシートで覆うことによる水蒸気拡散防止の取り組みに関しては、調査を実施した一施設で行われており、ブルーシートを取り除くまで湿度が低く抑えられている状況が測定結果より確認されたことから、夜間の湿度上昇を抑え



※グラフの実線は天井付近、点線は床面より2mの位置

図1 温度と湿度の経時変化（プールB）

る手段としてブルーシート敷設は非常に有効であると考えます。

次に結露対策としては、屋根および壁面の断熱、開口部からの熱損失を小さくすることが重要です。特に、屋根面に断熱を施さないと天井からの結露は避けることができませんので、屋根面の断熱は必須と考えます。また可能であるなら、窓も複層ガラスを採用することが大切であると思います。

ただし現状では断熱されていないため、ほとんどの施設で結露が発生しており、長期間に渡る結露により梁や柱に水染みを生じている状況(写真3)も見られました。しかし、結露が治まれば基本的に乾燥すると考えられ、梁や柱の鉛直面に関しては結露の影響による劣化は見られませんでした。それより一番注意しなくてはならない部位は、面で結露を受けてしまう梁などの水平部材の上面です。そこに割れが発生してしまうと部材内部に水が浸入し劣化が進

んでしまう可能性が考えられます。そこでビデオカメラを用いて梁上面を撮影し、劣化の状況を確認しました。なお梁は高所にあるため、限られた範囲での確認となりました。

ビデオ映像から、水平部材上面に割れが発生している箇所もありましたが、ここも湿潤と乾燥が繰り返されていると考えられ、部材に著しい劣化は確認されませんでした(写真4)。

主要構造部材に対して湿気や結露などの影響を小さくするため、「換気」や「断熱」が重要であることは明らかですが、断熱はコストの面で採用することが難しいかもしれません。このような場合は、結露が垂れてくる構造上主要な水平部材の上面に笠木のような保護部材を取り付けたり、部材に水分が滞留しない納まりとするなどにより建物の長寿命化を図る工夫が必要と考えます³⁾。

また木部に著しい劣化は生じなかったとしても、接合金具などは湿度に影響されやすいことから、金属部材に溶融亜鉛メッキを施すなどの防錆対策を充分に図るとともに、定期点検や補修・部材交換がしやすい納まりとすることも重要と考えます。

■まとめ

プールでの木材利用において、温熱環境が木質構造部材に与える影響を明らかにするために、温度および湿度の測定を行いました。プール内は常に湿潤と乾燥が繰り返されていることから、木材が急激に劣化することはないと考えられました。

また木質構造部材への結露の影響についても、著しい劣化は確認されませんでした。

■謝辞

プールの温湿度測定の実施に当たって、各町営プールを管理されている教育委員会の皆様にご協力を頂きました。厚く御礼申し上げます。

■参考ホームページ・文献

- 1) 北海道林業・木材産業対策協議会：道産材で公共建築を
- 2) 国土交通省 「木材を活用した屋内温水プールにおける湿潤環境への対応について」

<https://www.mlit.go.jp/common/000218563.pdf>

- 3) 中島政夫：建築物の雨仕舞・結露と劣化の低減，公益社団法人日本木材保存協会第33回年次大会研究発表論文集，126-134（2017）



写真3 水染みによる汚れ



写真4 梁上面の状態