

博物館の収蔵・展示室における 室内空気汚染対策について

山東 圭司¹・高垣 充規¹

¹戸田建設㈱大阪支店 京都国立博物館平常展示館建築工事作業所
(〒605-0931 京都府京都市東山区茶屋町527)。

新設の博物館・美術館などにおける特有の問題として、コンクリート躯体や内装材から発生するアルカリ性物質および酸性物質などによって、絵画や美術工芸品などの文化財が変質や劣化を起こすことが問題となっている。特にアルカリ性物質の主要な発生源の一つとして、大容量を占めるコンクリート躯体が挙げられる。そこで、アルカリ性物質の早期除去を図るため、京都国立博物館平常展示館建築工事ではアルカリ性物質の除去促進工法を採用した。工法採用時の検討と実施時の計画およびその効果等について報告する。

キーワード 博物館, アルカリ, アンモニア, 室内空気汚染

1. はじめに

新設の博物館・美術館などでは、コンクリート躯体や内装材から発生するアルカリ性物質および酸性物質などにより、絵画や美術工芸品などの文化財に変質・劣化を起こすことが問題視されている。京都国立博物館平常展示館は、多数の国宝や重要文化財を展示、収蔵する施設となるが、その主要構造はSRC造であり、特に上記問題が懸念される。通常、アルカリ性物質のからし期間としては、最終躯体コンクリート打設から開館までに二夏必要と言われている。また、博物館・美術館における空気中のアンモニア濃度の管理値は、30ppb以下が望ましい基準として文化庁より示されている。今回の設計図書では竣工時に濃度測定対象室（収蔵庫）について30ppb以下を満足することが要求されていた。この要求を確実に満足するために、当工事ではアルカリ性物質の早期除去対策を採用することとした。なお、今回は収蔵庫の他に展示室に対してもこの対策を施した。

本稿では、京都国立博物館平常展示館建築工事で採用したアルカリ性物質の除去促進工法について、工法採用時の検討と実施時の計画およびその効果等について報告する。

(1) 建物概要

工期：平成21年3月～平成25年3月（予定）
階数・構造：地上4階,地下2階,SRC造一部RC造
建築面積：5,280㎡
延床面積：17,590㎡

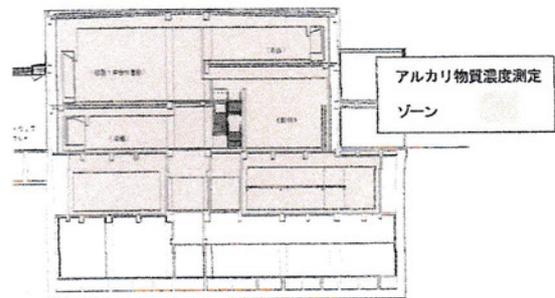


図-1 南北方向断面図

(2) アンモニア発生メカニズム

アンモニアガスは、コンクリートが主な発生源である。そのメカニズムは、コンクリート中の窒素化合物がコンクリートのアルカリ成分によって加水分解され、アンモニウムイオンが生成し、コンクリート表面からの水分蒸発とともにアンモニアガスが発生する。図-2にアンモニア発生メカニズムの概念図を示す。

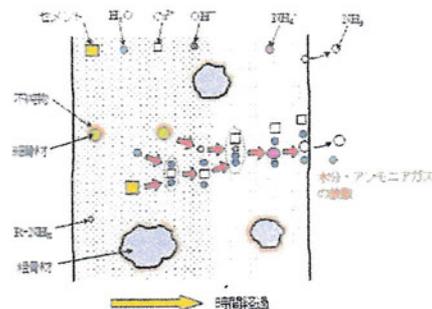


図-2 アンモニア発生メカニズムの概念図

2. アルカリ性物質除去工法

(1) 工法概要

打設したコンクリートの型枠解体後、コンクリートの表面に特殊水を散水することで、コンクリート中のアルカリ成分の溶出・放散を促進させる。散水後は、コンクリートを自然乾燥させる。この特殊水の散水・乾燥処理を所定期間にわたって繰り返す。その後、送風機および除湿機を用いて換気・除湿処理を所定期間行うことで、コンクリート中のアルカリ成分を、無処理の場合に比べて短期間で多量に除去できるのがこの工法の特長である。これまでもいくつかの博物館や美術館等での施工実績がある工法である。ここで特殊水とは、ある界面活性剤を水で希釈したもので、石鹼水のようなものである。一連の作業の流れを図-3に示す。

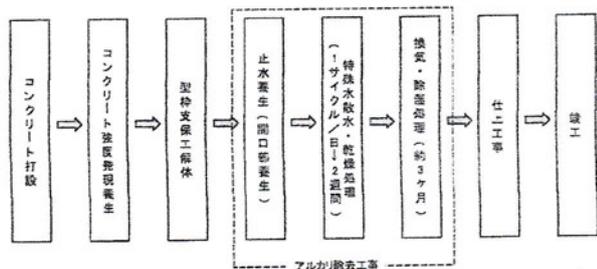


図-3 アルカリ除去工事の流れ

(2) 効果確認実験

今回、アルカリ性物質除去工法を採用するにあたり、現場で実際に使用するコンクリートを用いて試験体を作成し、無処理の場合とアルカリ性物質除去工法を施した場合とで、試験体から放散されるアンモニアの濃度を測定し、その効果を比較確認する実験を行った。また、実施工時の計画に反映するため、1日当たりの散水回数(1~3回)の違いによるアンモニア濃度推移を比較確認することも行った。さらに、実工程で仕上工事の最初の施工となる現場発泡ウレタン吹付けの影響を確認するため、散水終了から2週間後に現場発泡ウレタン吹付けを一部の試験体にも実施し、アンモニア濃度の推移を比較確認することも合わせて行った。写真-1は試験体作成状況を、写真-2は密閉されたデンシケーター内での濃度測定状況を示す。



写真-1 試験体作成状況

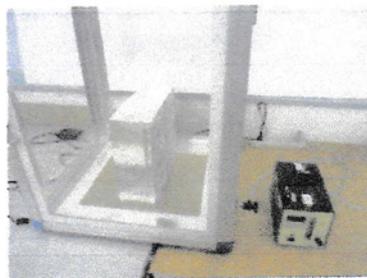


写真-2 濃度測定状況

図4に無処理の場合と散水処理をした場合の比較を示す。ここで、濃度はコンクリート表面の放散速度と室容積により算定されるため、グラフではアンモニア放散速度を縦軸に示す。また、横軸は時間軸として経過日数を示す。実線が無処理の場合で点線がアルカリ性物質除去工法を施した場合である。散水処理した試験体は散水直後に一時的に放散速度が上昇し、その後、明らかに散水処理をしていない試験体に比べ、アンモニアの放散速度が早く小さくなっていることが分かる。

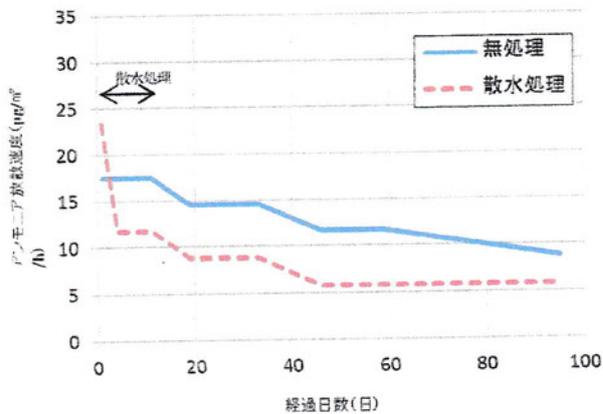


図-4 放散速度比較グラフ

図-5に散水回数の違いによる比較を示す。今回の実験では、散水回数の違いで放散速度の差は小さい結果となった。

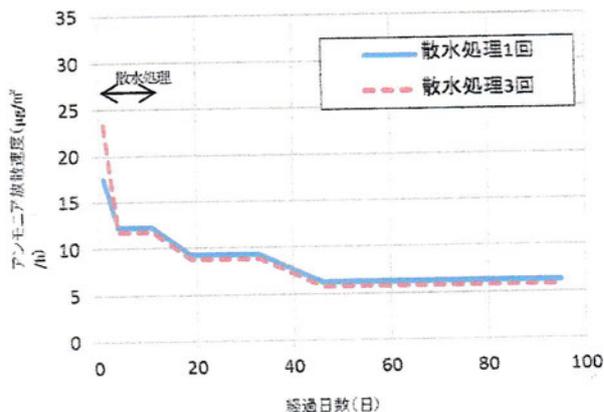


図-5 放散速度比較グラフ

図-6に現場発泡ウレタン吹付けの有無によるアンモニア濃度の比較を示す。ウレタン吹付け時にはアンモニア濃度が一時的に高くなったが、その後は吹付け前と同程度となった。

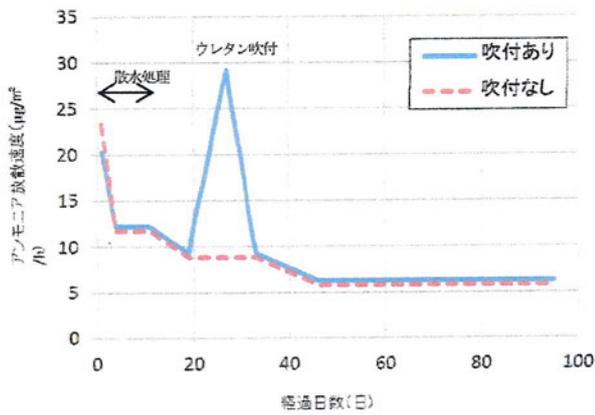


図-6 放散速度比較グラフ

以上の実験結果を踏まえ、実施工のアルカリ除去工事の施工計画を作成した。

(3) 実施計画

a) 開口部養生計画

散水する際、床開口部には下階への浸水を防止するため止水処理を行った。また、換気除湿するにあたり、壁開口部にはシートを張って換気効率を高めた。写真-3は開口部の養生状況を示す。

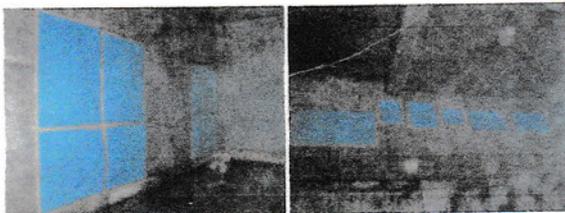


写真-3 開口部養生状況

b) 散水・乾燥処理計画

特殊水の散水による湿潤養生は、型枠解体後、壁、柱、天井面に対して1日あたり1回の頻度で14日間連続して行った。写真-4に高圧洗浄機を用いた散水状況を示す。



写真-4 散水状況

散水後、コンクリート表面が全体的に湿潤状態となっていることを目視で確認し、湿潤状態を確認後はコンクリート表面を自然乾燥させた。

c) 換気・除湿計画

散水完了後から3ヶ月間、送風機と除湿器および工所用扇風機を用いて換気・除湿運転を行った。各階とも中央に各室を繋ぐ廊下があることから廊下自体を送風ルートと考え、大型の送風機を設置する計画とした。写真-5に換気除湿運転状況を示す。

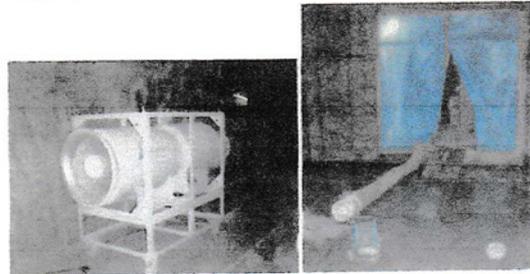


写真-5 換気除湿運転状況 (送風機)

(4) アンモニア濃度測定計画

アンモニア濃度の測定装置は室内汚染用ガス検知管測定器 (エアサンプラー) および超高感度アンモニア検知管を採用した。測定位置は各測定対象室の中央とし、高さは1.0m程度で測定した。測定方法は、一定時間空気のガスを吸引後、通気量とガスチューブ管の変色幅から空気中に含まれるアンモニア濃度を求める方法とした。測定条件は流量計 (通気量) 400ml/分とし、測定時間は60分とした。測定頻度としては、散水・乾燥処理前に1回測定し、その後は2週間に1回の測定を行った。写真-6と写真-7に濃度測定状況を示す。

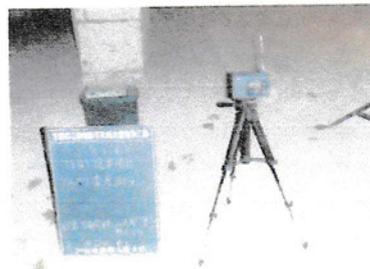


写真-6 濃度測定状況

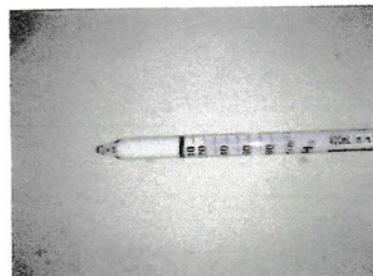


写真-7 濃度測定状況 (検知管)

3. 測定結果と考察

(1) 測定結果

現在までに測定されている主な計測対象室についてのアンモニア濃度測定結果を以下に示す。

①室A (地下階)

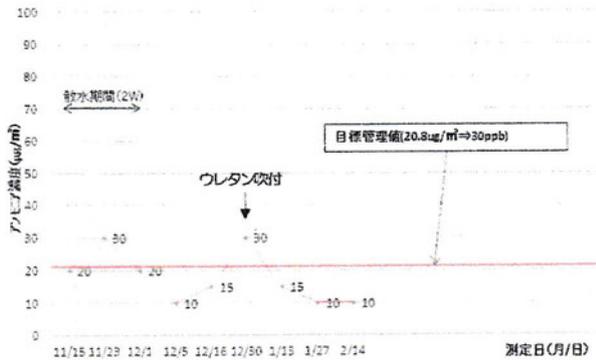


図-7 濃度測定結果 (室A)

②室B (地下階)

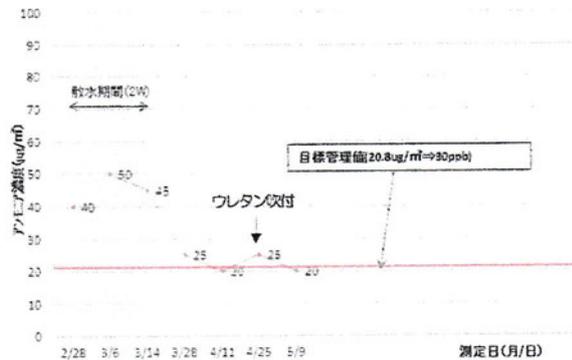


図-8 濃度測定結果 (室B)

(2) 考察

上記2室の濃度測定結果をみると、散水処理中に濃度が一時的に上昇していることが分かる。これはアルカリ除去工法によりアンモニアの放散が促進されたためと考えられる。また、散水処理が完了した数日後一時的に濃度が上昇しているのは、現場発泡ウレタン吹付けの施工を実施したからであるが、仮設による換気を行っているため、その後はすぐに濃度が低下している。今回の測定結果は、過去の他物件での濃度測定実績に比べると値が小さい傾向があるが、これは今回の対象室が、室の表面積に対し室容積の割合が非常に大きいためと考えられる。現状すでに基準値である30ppb程度の濃度水準にあることから、引続き仮設による換気を実施し、本設空調稼働が始まれば、竣工時には基準値30ppb以下であることが予測される。

4. 今後の課題

今回採用したアルカリ性物質除去工法は、早期にアンモニア濃度を低減させる上で有効な工法であることが実験や実施工により確認された。今後、博物館や美術館を新たに建設する場合は、この工法を適用することが有効なアルカリ性物質除去対策の一つになると思われる。

なお、引続き工事を進める上では以下の課題を考慮し対応していく必要がある。

- ・現状、吹抜けを有する大空間でのアルカリ除去対策を行っている最中である。空間として非常にいびつな形となっており、空気の循環が不十分となることが予測されるため、換気装置の適切な配置と台数の充実が必要と考える。

- ・一般的にアンモニア濃度が上昇する要因としては、コンクリート以外に断熱材などからの発生が挙げられる。今回の工事で室内側に断熱材として現場発泡ウレタン吹付け工事があり、実際に濃度上昇をもたらしている。また、建具廻りなどへのモルタルの使用も随所であり、アンモニア濃度の上昇が懸念される。今後引続き濃度測定を実施し、早期に濃度上昇の傾向をつかむこと、濃度上昇があれば、何が原因かを把握し、タイミングよく局所換気等の対策をとることが必要と考える。

- ・最終的には竣工時で基準となる30ppb以下を確認する必要があるため、竣工までは仮設および本設空調による換気を適度実施していくことが重要であると考えられる。本設空調については、より効果的な化学フィルタの設置や換気回数設定を検討しておく必要がある。予定通りの時期に本設空調の稼働を開始できるように工程管理を着実に進めることが重要と考える。

- ・内装工事の着手が本格的に進めば、それに伴い酸性物質やVOCへの対策が必要となる。現状では、内装材(下地材や接着剤も含む)の選定と換気が対策の基本となるが、例えば、取り付け方については、接着剤だけに頼らない方法、つまり接着剤使用量を減らし、ビス留め箇所を増やすなどの取り付け方について、メーカーを交えて十分に検討する必要があると考える。

5. おわりに

今後、各階で内装工事が本格化し、多くの内装材が搬入され取り付けられていくことになり、室内空気環境の管理が難しくなるが、引続き監視モニタリングを続け、仮設や本設による換気対策を適度実施し、竣工時に所定の室内空気環境を実現すべく工事を進めていく。

謝辞: 論文作成にあたり当工事関係者には、多大なご指導を賜りました。末筆ながらお礼申し上げます。