

文化財を収蔵する大規模地下収蔵環境構築への 取組ーコンクリートのからし期間の短縮及び耐久性向上に関して (新総合資料館（仮称）新築工事の事例をもとに)ー

三品 実穂¹・島谷 竜次²

¹京都府商工労働観光部文化学術研究都市推進課（〒602-8570京都市上京区下立売通新町西入藪之内町）

²京都府建設交通部営繕課（〒602-8570京都市上京区下立売通新町西入藪之内町）

本報告は京都市左京区北山文化ゾーンに計画された新総合資料館（仮称）新築工事の地下収蔵庫の施工における取組内容である。

工事を実施するにあたり、収蔵品の変質や劣化の原因となる、コンクリート躯体や仕上げ材料から放散されるアルカリ性物質等の放散期間を短縮するための工夫や、地下水や湿気から収蔵品を守るため、耐久性の高い密実なコンクリートを打設することが求められた。

この2点を解決するために行った、材料選定から空気質の確認まで具体的な対策と段階的な収蔵庫の施工フローについて発表するものである。

キーワード 収蔵庫，コンクリート，からし期間，耐久性

1. はじめに

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放散するアルカリ性物質及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ある。特にアルカリ性物質の主要な発生源のひとつに、大容量のコンクリート躯体があり、アルカリ性物質等の放散が低減する期間である「からし期間」は、通常コンクリート打設完了後、二夏必要といわれている。

今回の工事では、事業全体のスケジュールから、からし期間をできる限り短縮することが求められていた。その上で、文化庁より示されている空気質の望ましいレベ

表1. 文化財公開施設における空気質の望ましいレベル¹⁾

レベル	物質名	アンモニア	ホルムアルデヒド	酢酸	蟻酸	評価基準の解説
基準値		30	80	170	20	1～2ヶ月の短期の展示期間で要求される展示空間における最低限度の値。
推奨濃度		30以下	40以下	80以下	10以下	常設展示室での展示で要求される展示空間における最低限度の値。
評価基準	レベルI	30以下	20以下	40以下	10	所蔵品等を長期保存する収蔵庫等空間の推奨レベル。
	レベルII	30～50	20～40	40～80	10	建物の新・改築直後に「レベルIV」のレベルにあれば、換気や空気正常装置等による汚染空気清浄化で半年～1年経過後に「レベルII」間での改善を見込める。
	レベルIII	50～100	40～80	80～170	10～20	
	レベルIV	100超	80～120	170～400	20～50	
	レベルV	—	120超	400超	50超	設備（内装・什器材含）改善等、抜本的な対策を必要とするレベル。

単位：ppb

ル（表1）のレベルIを目標とし、収蔵品を搬入するまでに収蔵環境を整えることとした。

また、新総合資料館（仮称）は地下階に大規模な収蔵庫を配置する計画となっており、国宝を含む貴重な収蔵物を永続的かつ確実に保管するという役割から、構造躯体を形成するコンクリートに耐久性が要求され、特に地下水や湿気から収蔵物を守るため、水密性の高いコンクリート打設が重要となった。

以上の条件から、今回の工事では、コンクリートのからし期間の短縮及び耐久性向上の2点を大きな課題として取り組んだ。

2. 報告内容について

計画地は、京都市街地北部の北山文化環境ゾーンに位置し、賀茂川、北山通、下鴨中通、府立大学南側通に囲まれた京都府立大学キャンパス内に所在している。周囲には府立植物や京都コンサートホール、陶板名画の庭などがあり、歴史的・文化的・学術的移設が集積している。

本施設は、旧府立総合資料館の老朽化に加え、京都に関する資料を収集・保存・提供する拠点として、学術・文化の振興と府民サービスの充実を図ることを目的として計画された。

今回の新総合資料館（仮称）新築工事の概要を表2に示す。また、収蔵庫は地下1階及び地下2階に配置されており、面積は全体の約4割程度を占めている。

表2. 工事概要

建築場所	京都市左京区下鴨半木町
床面積・建築面積	23,940.68 m ² ・6,716.04 m ²
構造	地上4階：S造 地下2階：RC造
用途	大学及び図書館
建築主	京都府
設計・工事監理	飯田義彦建築工房
施工	<建築工事> 竹中・増田・あめりか屋特定建設工事共同企業体 <電気設備工事> 光星・富士・中島特定建設工事共同企業体 <機械設備工事> 中川・春日・橋本特定建設工事共同企業体 <エレベーター設置工事> フジテック(株)
工期	平成25年7月～平成28年7月

注：各面積及び用途については建築基準法に基づく



図1 新総合資料館(仮称)全景

(1) からし期間の短縮等

からし期間を短くするため、有機ガスの放散量が少ない材料を使用するとともに、放散期間に強制的にからしを促すこととした。また、空気環境を保つため、躯体コンクリート面から放散される有機ガスの遮蔽や気密性を確保し有機ガスの室内への流入を抑制する手法を取入れた。

(2) コンクリートの耐久性向上

地下階のコンクリートの耐久性を向上させるには、密実なコンクリートを打設し、中性化や塩害等の現象を生じにくくさせる必要がある。また、水密性を確保するには、材料分離の防止や打継面の止水性の確保、厳格な単位水量の管理が重要となる。本工事では、特にリアルタイムな打設状況の確認を重視して、単位水量の管理及びコンクリートの充填確認をする手法を取り入れた。

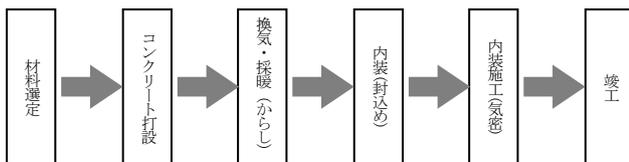


図2. 収蔵庫施工フロー

3. からし期間の短縮

(1) 有機ガス含有量の少ない材料の選定

限られた期間で規定値内の良好な空気質環境を満足させるため、有機ガス含有量の少ない材料を選定することとした。コンクリートから発生する有機ガス(アルカリ性物質)の主成分はアンモニアであることから、コンクリートから放散するアンモニアの含有量を計測し、アンモニア発生量が少ない2つのプラントを選定した(図3)。

計測方法は、受け入れ可能なプラントの中から材料(セメント・骨材・混和材)を入手し、試験体を作成し、アンモニア放散量を試験装置により計測した。

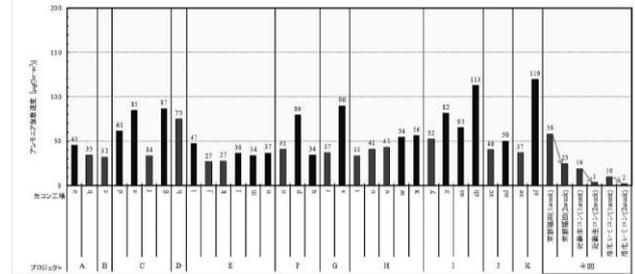


図3. プラント毎のアンモニア放散速度

(2) 効率的な「からし」の工期内達成

通常、セメント系材料から放散するアンモニア量は時

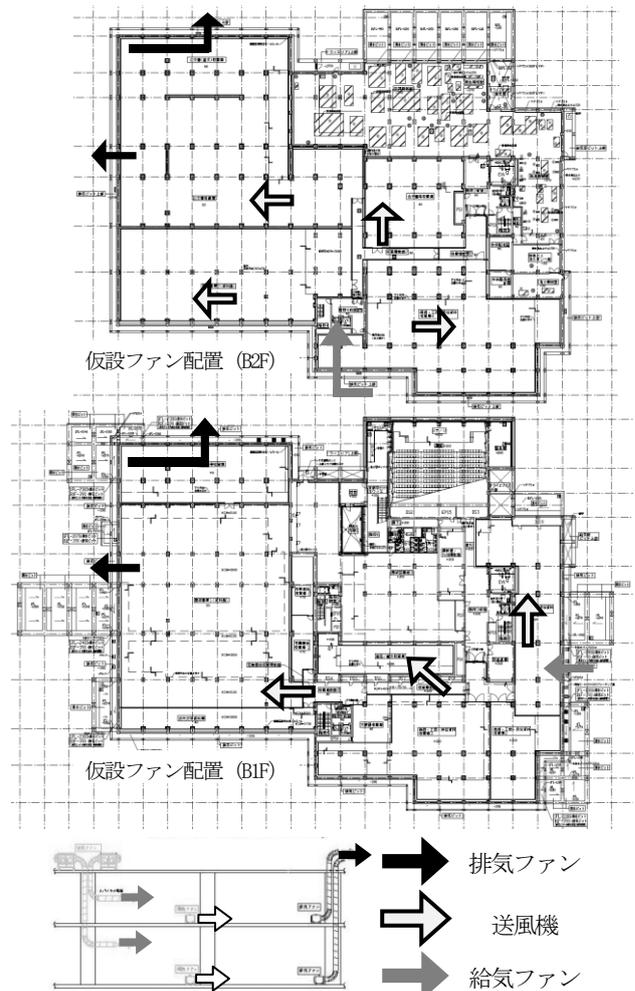


図4. 地下の送風機等の設置配置図

間の経過により低減していくが、この低減状況はコンクリート打設後の養生環境によって異なる。低減状況に寄与する対策として、換気・除湿・暖房・空調が挙げられるが、空調については、竣工後の空調機運転による除去のことであるため、それ以外の工事中に対応可能な対策について実施した。

今回の工事では10回/日程度の換気量を確保するよう各階ごとに仮設の排気ファンを設置・運転させ、収蔵庫内のアンモニアを含んだ湿った空気を地上に排気し、地上の乾燥した空気を給気することとした。また、循環用の送風機を設置することでそれぞれの収蔵庫内に空気の滞留域が生じないようにした(図4)。

また、平均外気温が10℃を下回る期間については、アンモニア放散量の低減が進みにくくなるため、ジェットヒーターを用いて採暖することによりアンモニアの放散を促した(図5)。

からの状況については、躯体表面からのアンモニア発生量の測定を定期的実施し、経過観察をした。その結果、既往調査事例よりも放散速度が速く低減していることがわかった(図6)。



図5. 送風機等設置状況

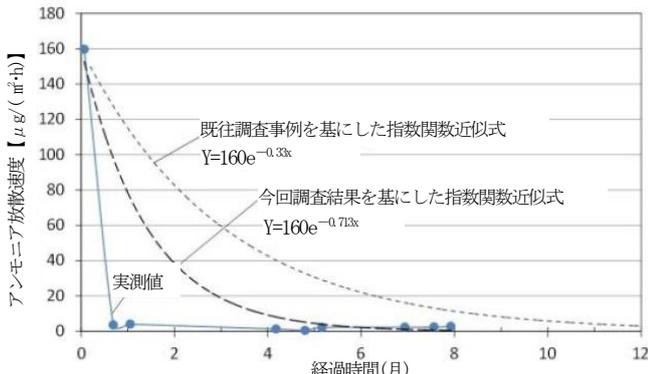


図6. アンモニア放散速度の低減状況

4. 空気環境のコントローラー有機ガスの遮蔽及び気密施工について

既存調査でコンクリート面をウレタン断熱材で覆うことでアンモニア等有機ガスを封じ込める遮蔽効果があ

るという結果が得られていることから、コンクリート面から放散される有機ガスが一定低減した後(前述のからし対策実施後)に、収蔵庫の壁・床・天井面のコンクリート面をウレタン断熱材や床用塗料で遮蔽し、有機ガスの放散速度を低減させることとした。これは、コンクリートから放散される有機ガスの絶対量を低減するものではないが、放散量を緩やかにすることで収蔵庫内の有機ガス濃度を基準値以下にする工夫として実施した。実際の遮蔽材については、選定試験を実施し、遮蔽率の高かったウレタン吹付を実施することとなった(図7, 8)。

また、内装材についても気密性を高め、コンクリートから放散される有機ガスが収蔵庫内に入らないような施工管理を行った。内装の気密施工についてはモックアッ

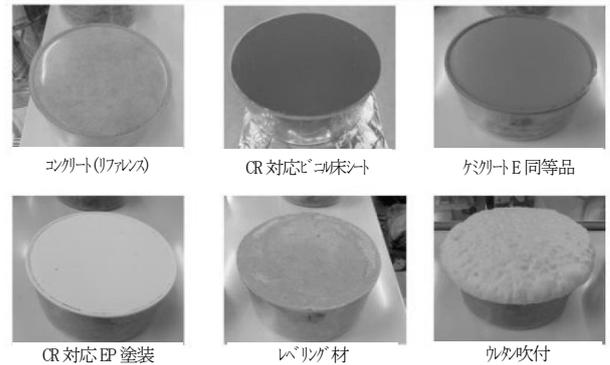


図7. 封じ込め材の試験体

アンモニアガス遮蔽率(%)

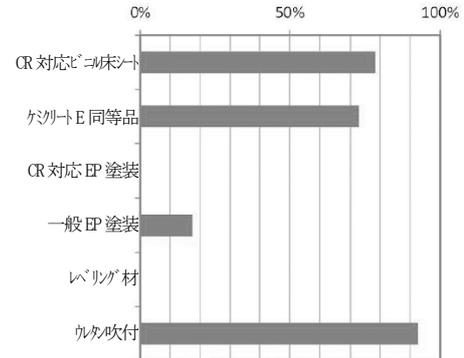


図8. 遮蔽材の効果

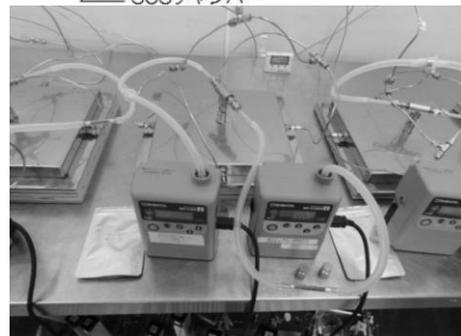
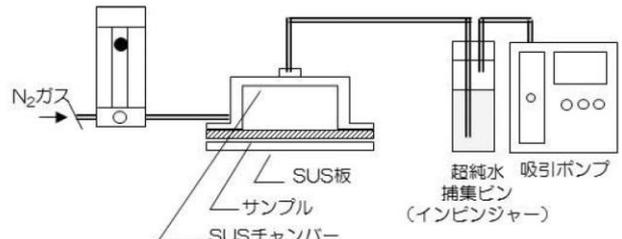


図9. 内装材からの化学物質発生量確認装置

ブを作成し、設備配管の貫通部や壁・床の取合箇所等、施工パターンを検討した上で施工方法を関係者間で共有化した。さらに確認体制の強化を図り、共通の自主点検表を作成し元請・下請業者、工事監理者による全数確認を行った。

さらに、内装材自体から発生する有機ガスを測定した結果、ブナフローリング、エマルジョンペイント（EP）塗装及びエポキシ樹脂塗料から有機ガスの放散速度が高かったが、どちらも28日後の試験で微量な値に減少しており、特段支障がないことが確認できた（図9）。

これらの結果を踏まえ、運用時の空気環境の計算を行ったところ、収蔵環境は望ましい空気質のレベルとなることが確認できた。ただし、運用時は空調設備にケミカルフィルターを設置することで、有機ガスが除去されることを前提としているため、定期的なフィルターの交換が必要となる。

5. 密実なコンクリートの打設ーリアルタイムの確認ー

密実なコンクリートを打設するために、打設中の単位水量のばらつきを抑えるとともに、充填不良をリアルタイムに確認・補修することにより充填性の高い、均一で密実な躯体を構築することを目的とした。

単位水量の管理については、通常の管理値15kg/m³より厳しい±10kg/m³を自主管理値として設定し、打設中「連続RI法」により単位水量を全数連続確認することとした。「連続RI法」とは、コンクリート中の水素原子（主として水）と照射する中性子との衝突によって減衰する中性子の割合から単位水量を推定する方法である。これにより、リアルタイムな改善指示を行うことができ、標準偏差に大きな変化のないばらつきの小さい安定した単位水量のコンクリート打設ができた。（図10, 11）。



図10. 連続RI法の実施状況

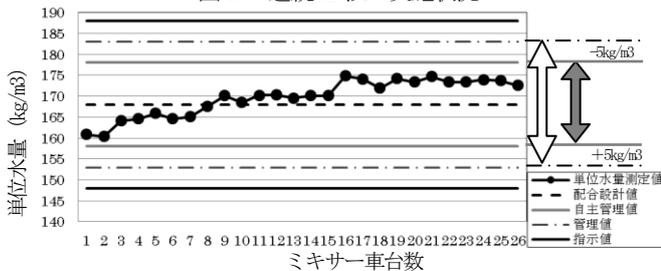


図11. 連続RI法の実施結果（抜粋）

また、地下外壁やSRC梁フランジ下部等、鉄筋や鉄骨が入り組み充填不良を起こしやすい箇所にセンサーを設

置し、コンクリート充填状態（空気層、ブリーディング水等、コンクリート充填完了）をリアルタイムに確認しながら打設することにより、打設中の充填不足箇所が確認でき即時に再充填処理ができた（図12）。その結果、空洞や豆板等のない密実なコンクリートが打設できた。

加えて、水密性の高いコンクリートを打設するための取組みとして、地下外壁となるコンクリートの打設では、水平打継位置が地下水位より高い位置になるような打設計画とした（図13）。また、土圧壁貫通部の止水性を確保するため、セパレーターの止水リングを3連のものを採用した（図14）。さらに、地下各階でのコンクリート打設は水平2段打ちとし、骨材分離への対策とした。

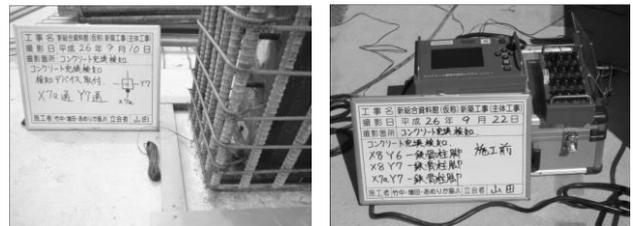


図12. センサーによる充填確認状況

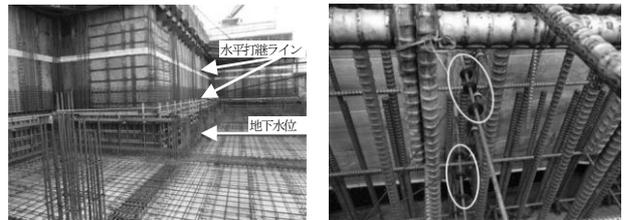


図13. 地下水位の確認

図14. 止水ゴム付セパレーター

6. おわりに

今回の地下収蔵庫の工事においては、コンクリート躯体のからし対策、有機ガス対策、密実なコンクリート打設の確認と、その時点毎に目標値の達成が確認でき、竣工時の空気環境測定においてもレベルIを満足する結果となった。しかし、収蔵品の搬入や空調運転状況等でも、収蔵庫内の空気質が変化する可能性があるため、引き渡し後は特に注視していく必要がある。

さらに、将来にわたり収蔵環境を保全のためには、日常的なメンテナンス、定期的な点検のはもちろん、建物の日常的な運用に関わる人が建物の構造・仕上げの施工状況を熟知し、それを引き継いでいくことが重要である。

なお、本論文は2014～2016年に所属した営繕課において工事監理を行った内容をもとに報告したものである。

謝辞：本稿の執筆にあたり、資料等提供いただきました設計者・施工者をはじめ、本工事にご尽力いただきました関係各位に感謝いたします。

参考文献

1) 佐野千恵：「美術館・博物館の空気質の現状と望ましいレベル・対策」