

# ミュージアム環境エンジニアリングの成立に関する検討

## Museum Environmental Engineering

寒河江 昭 夫 荒 井 良 延 権 藤 尚  
佐 武 護<sup>1)</sup> 三 好 功 一<sup>2)</sup> 半 谷 信 彦<sup>3)</sup>

### 要 約

多くの美術館工事で温湿度の安定とコンクリートから放散するアルカリ低減等の面から、竣工後であっても数年間のコンクリート躯体の「からし期間」の確保などの慎重な取組みが指摘される一方、建物の早期使用への設計と施工に対する期待は大きい。内装材料を含め材料からの化学物質の放散低減は重要な課題であり、早期使用開始を前提として仕様を決定するためには、高度な判断を求められることが多い。これらについて設計や施工および竣工後の建物利用に携わる技術提案と支援を「ミュージアム環境エンジニアリング」として実施しており、本報では筆者らが担当した事例を整理して①温湿度と空気質等安定のための建築および設備の制御システム、②結露防止技術と建築設備の有効な使い方による美術館での使用エネルギーの削減③コミュニケーション・ツール、について示す。

### 目 次

- I. はじめに
- II. 建築および設備による空気質汚染対策
- III. 展示空間性能創造と省エネルギー
- IV. コミュニケーション・ツール
- V. 考 察
- VI. まとめ

#### I. はじめに

美術館の収蔵と展示が行われる空間に対して技術監修や技術指導が行われ、多くの先達に関与した美術館建設工事が記録されている。新たな美術館や博物館の建築では、意匠を含めたより建築的完成度が求められているが、他方では竣工後の早期の使用開始と省エネルギーなど建築形態に現れない多くの課題があり、現代の建築技術の実力と芸術に対する真価を問われることが多い。

形態に現れない問題の一つとしてコンクリート造りの美術館建築に対して、G・トムソン、登石、見城、長谷川、半沢、宮野、佐野他（順不同）らは油絵の退色に結びつく空気中のアルカリ汚染ガス低減等の環境管理の必要性から、2年程度の「からし時間の確保」など慎重な取組みが必要との指摘を行っている<sup>1)2)</sup>。

しかし、最近では「数年間のコンクリート躯体のからし」期間の短縮は重要な課題と言われ、材料と工法を含む技術開発と建築設計と施工技術に対する期待は大きい。このため対応技術としての一つはコンクリート躯体からの水分移動の促進と抑制であり、他方はコンクリートの調合変化によるアンモニアなど化学物質の放散の低減と化学吸着材料の導入である。建物の早期使用開始を前提とした場合、仕様と工法を決定するためには、物理的および化学的な判断が求められる。

また、これまでは「建築設備運転を前提とした美術館は問題がある」との指摘もあったが、欧米でも昨今の多くの美術館では空調設備が導入され、湿度低下など運転上の諸問題は抱えながらも、結果として美術品の維持管理に貢献している。この中で環境工学的には省エネルギーを図り、Fig.1に示すように温湿度の安定とともに化学物質の美術品への影響、酸性およびアルカリ性物質による館内

空気質への対応の重要性が指摘されている。しかし、それらにも拘わらず一つ一つが特殊解であり、体系だった評価基準とそれらに関する整理された報告は少ない。

筆者らはこれまでに、収蔵庫の室内環境に対し調湿性とアンモニア吸着性のあるゼオライトパネルを開発し適用するとともに、実際の美術館建設での温湿度安定とアルカリ低減等の空気質対応への取組みをデータ開示を目的に報告してきた。<sup>3)4)5)6)7)</sup>

設計や施工および竣工後の建物利用に係わるこれらの各種の技術提案と支援について、これまでの経験学的な取組みが支配する要素もあるが、筆者らはこれらに加えて建築環境工学的にデータに基づく「ミュージアム環境エンジニアリング」として体系化に取り組んでおり、本報では取組みの状況と課題について述べる<sup>8)9)</sup>。

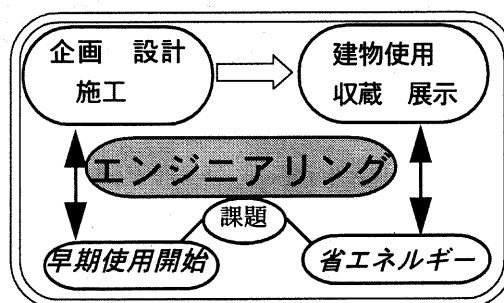


Fig.1 概念図  
(General Items)

#### II. 建築および設備による空気質汚染対策

##### 1. 課 題

ここでは、対象を収蔵庫と展示室とした場合の課題を以下に示す。

##### (1) 建屋気密化と空調

展示内容の高度化や防犯上の理由および汚染空気による美術品の劣化防止のため、ガラス展示ケースを設置し、各種のケミカルフィルターを装備し空気質を改善し、除湿再熱方式の空気調和設備が採用される。しかし、収蔵庫で循環空調など外部との遮断のみを考えた場合、つまり換気を導入しない形にした場合、初期の臭気を含む

1) 広島支店 2) 関東支店 3) 東京支店

キーワード：コンクリート、室内汚染、HCHO、VOC

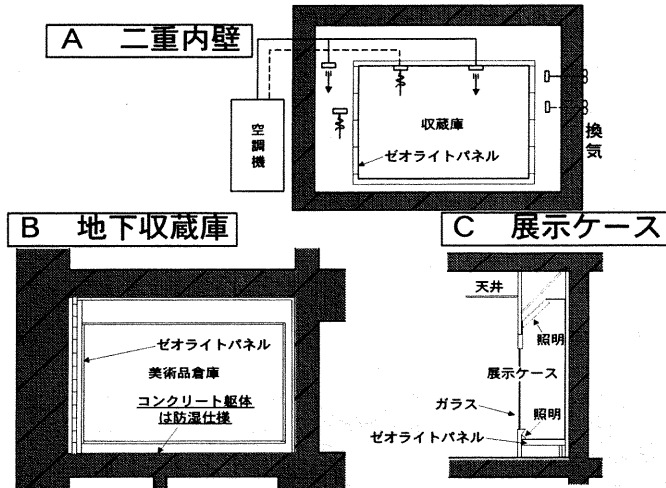


Fig. 2 ゼオライトパネル利用の収蔵庫と展示室  
(Zeolite Panel Finished Storehouse and Exhibition Room)

Table 1 空気質汚染に対する対応  
(Air Contaminant and Prevention Technique)

| 対応<br>汚染源   | 建築的                            | 設備的                    | 使用上                       |
|-------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------|
| 外気          | ・汚染外気遮断 (P1)                   | ・外調機<br>・フィルター (P2)    | ・換気 ON-OFF<br>・清浄度測定 (P3) |
| コンクリート躯体    | ・工期確保<br>・躯体防湿<br>・材料配合選定 (Q1) | ・からし運転<br>・換気 (Q2)     | ・清浄度測定 (Q3)               |
| 内装材<br>設備資材 | ・材料選定<br>・化学物質測定 (R1)          | ・間接空調<br>・フィルター設置 (R2) | ・清浄度測定 (R3)               |
| 収納棚材料       | ・材料選定 (S1)                     | ・庫内吹出 (S2)             | ・吹出 ON-OFF<br>・清浄度測定 (S3) |

Table 2 ゼオライトパネルを利用した美術館における環境エンジニアリング状況と「からし期間」  
(Environmental Engineering of Zeolite Panel Adopted Museums)

| 美術館名<br>* | 場所   | 構造       | 収蔵・展示<br>形式**<br>(Fig. 2) | 空気汚染対象 (Table 1) *** |    |    |      |    |    |     |    |    |     |    |    | からし期間 [月数] |    |     |     |     | 注記<br>*) 網掛けは<br>公的美術館<br><br>**) 網掛けは<br>ゼオライト<br>パネル適用、<br>ーは該当なし<br><br>***) ●印は<br>実施 |
|-----------|------|----------|---------------------------|----------------------|----|----|------|----|----|-----|----|----|-----|----|----|------------|----|-----|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |      |          |                           | 外気取入                 |    |    | RC躯体 |    |    | 内装材 |    |    | 収納棚 |    |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
|           |      |          |                           | P1                   | P2 | P3 | Q1   | Q2 | Q3 | R1  | R2 | R3 | S1  | S2 | S3 | ~3         | ~6 | ~12 | ~24 | 24~ |                                                                                           |
| G美術館      | 東京   | RC新築     | A B                       |                      | ●  | ●  |      | ●  | ●  | ●   | ●  | ●  | ●   | ●  | ●  |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| N美術館      | 千葉   | RC新築     | A C                       |                      | ●  | ●  | ●    | ●  | ●  | ●   | ●  | ●  | ●   | ●  | ●  |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| T美術館      | 東京   | RC新築     | A                         |                      | ●  | ●  | ●    | ●  | ●  | ●   | ●  | ●  | ●   | ●  | ●  |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| D美術館      | 大阪   | RC(地下)新築 | A                         |                      | ●  |    | ●    | ●  | ●  | ●   | ●  | ●  |     | ●  |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| H美術館      | 静岡   | RC(地下)新築 | A                         |                      |    | ●  | ●    | ●  | ●  | ●   | ●  | ●  |     |    |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| K美術館      | 長野   | RC改修     | B                         |                      |    |    | ●    |    |    | ●   | ●  | ●  |     |    |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| K美術館      | 山口   | RC新築     | ー C                       |                      |    | ●  | ●    |    | ●  | ●   | ●  | ●  |     |    |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| T美術館      | 新潟   | RC新築     | B                         |                      |    |    | ●    |    |    | ●   | ●  | ●  |     |    |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| H美術館      | 岐阜   | RC新築     | A                         |                      |    | ●  |      | ●  |    | ●   | ●  | ●  |     | ●  |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| I博物館      | イオニア | RC新築     | A ー                       |                      |    |    |      |    |    | ●   |    |    |     |    |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| A図書館      | 愛知   | RC新築     | B                         |                      |    | ●  |      |    |    | ●   |    |    |     |    |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| S美術館      | 東京   | RC新築     | A                         |                      |    | ●  |      | ●  | ●  | ●   | ●  |    |     |    |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| R美術館      | 東京   | RC新築     | A                         |                      |    | ●  |      | ●  | ●  | ●   |    |    |     | ●  |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| H寺収蔵庫     | 京都   | RC(地下)新築 | A                         |                      |    |    | ●    |    | ●  | ●   |    |    |     |    |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| S文学館      | 宮城   | RC新築     | B ー                       |                      |    | ●  |      |    | ●  | ●   |    |    |     |    |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |
| N収蔵庫      | 東京   | RC新築     | B ー                       |                      |    |    | ●    |    |    | ●   | ●  | ●  |     |    |    |            |    |     |     |     |                                                                                           |

からし期間の比率

~24 [月数] 13%

~3 19%

~12 66% N=16

空気質のコントロールへの対応がうまくいかない事例も多い。

## (2) 収蔵庫の内壁二重化

収蔵庫では美術品への送風空気の変動と不安定性を緩衝し防御するため、二重壁部分を空調し内装に木材や調湿性建材<sup>10)</sup>が用いられる事が多いが、この場合、地下に設置する場合も含めて二重空間をどのようにコントロールするかの議論がある。

## (3) コンクリート躯体防湿

建物の早期使用開始を前提として脱アルカリコンクリートの採用や躯体表面膜形成などによるアルカリ放散の抑制技術が提案されている。しかし、アルカリを吸着する層をコンクリート躯体に設置しても水分移動を制御できずに、他の化学物質を通過させ臭気発生などが問題となる事例もある。

## (4) 運営コスト削減と間欠的空調

美術館の運営コスト削減ためには、公的あるいは民間の運営主体でも、いずれの美術館でも照明や空調用エネルギーのコスト削減は大きな課題であり、館内の空気質を改善し使用開始前の長期間の空調や換気によるアクティブな「からし運転」を短縮することとあわせて、開館後には夜間と休日など展示空間もしくは収蔵空間を間欠運転にしたいとする要望が多い。

## 2. 対応技術

Table 1に収蔵空間に限定して汚染の原因となる項目と、建築および設備的な防御技術および建物使用上の対応技術を整理して示した。実際にはこれらの組合せで対応されることになるが、実態が明らかでないものが多い。このための情報の公開と共有化とそのためのネットワーク作りが、共通の文化財を維持管理すると言う立場から求められている。また、それらに関して過去の主な事例を Table 1の対応技術の状況と「からし期間」で整理して Table 2に示す。

企画から設計および施工までの工事支援と、竣工後の計測を含む支援が一貫したエンジニアリングの主題となることを示している。特に、早期使用開始に対してはコンクリート躯体と使用する内装材や設備ダクト等からの空気質汚染物質の美術品への影響、とりわけ酸性およびアルカリ性物質による館内空気質汚染に対応することが求められる。建物使用開始月数を見ると、1～3カ月の早期使用が6.8%を占めている。建築計画で夏と冬を考慮した断熱・調湿計画が求められ、そのための温湿度安定性と空気質濃度予測<sup>6)</sup>等が有効となるが、さらに竣工後の支援が一貫した環境エンジニアリングの対象となる。これらの美術館はゼオライトパネ

ルを採用したもので、温湿度の連続計測、空気質は変色試験紙法（環境モニター）の他、イオンクロマトグラフィー・ガスクロマトグラフ・質量分析法（GC-MS法）による計測を併用した。

### 3. 対応結果

その中から課題的なものを以下に示す。

#### (1) アルカリ対策の結果と酸性化

N美術館では竣工後の早期使用を目指して、設計施工段階で建築と設備に関する検討と、施工実験および調整を行い、1992年7月に竣工した。ここでは、美術館の展示ケース内部にゼオライトパネルが採用され、収蔵庫の内装は木であったが、早期使用に対応しコンクリート躯体の室内側防湿を行った。さらに竣工後も長期にわたってコンクリートの乾燥度を電気抵抗で測定するとともに、環境計測を行い、推移を観察した。Fig. 3には展示室と収蔵庫の空気質（環境モニター）の5年間の変化を示す。その間、展示ケースでは2年程度はややアルカリから中性を示し良好であった。収蔵庫ではアルカリ傾向は皆無であり、2年目までやや酸性傾向が見られたので、木製引出合板の取り替えと、一時持ち込まれた絵画運搬用箱の取り替えを行った。現在は両者とも温湿度、空気質とも良好な状態にある。

#### (2) アルカリと酸の同時対応

T美術館では、収蔵作業空間へのゼオライトパネル採用・空調機器の性能等について検討を行った。竣工1年間の測定結果ではゼオライトパネルを採用した部屋や展示室は温湿度・空気質とも良好な環境であったが、一部の木製調湿材で囲まれた収蔵庫が若干酸性となる傾向があった。室内空気を酸性化する要因は主として有機酸で、同時にアンモニアが検出されたことから、酸除去用の吸着剤とアルカリ除去用の吸着剤とを空調機内のケミカルフィルターに併用使用した。

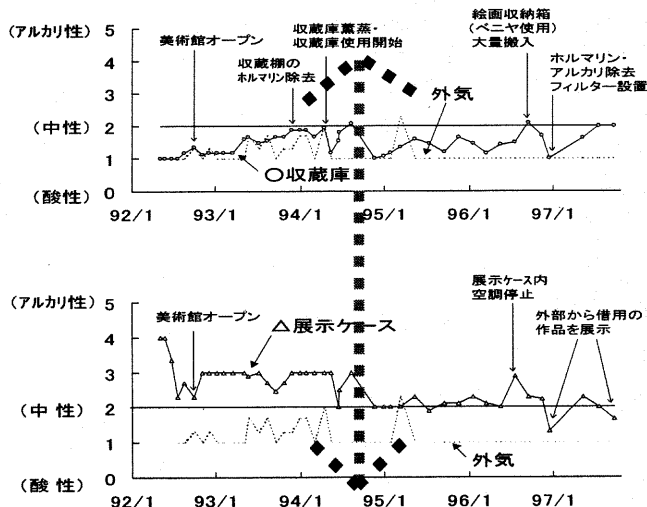


Fig. 3 室内空気測定結果

(Measurement Result of Acid and Alkaline Air Quality)

#### (3) 外気の遮断

D美術館では、地下3階の収蔵庫の環境を良好なものとする必要があり、施工中から竣工後にかけて建築躯体の仕様、仕上の材質、空調機器の性能についての検討を行った。特に、打設したコンクリートからのアルカリの放出の影響が長期間持続することが考えられ、地下連壁部分は防湿が行われ、収蔵庫の内壁ではゼオライトパネル二重張り採用された。屋外空気汚染があり外気取り入れがなく、また施工時の換気も不可能であった。このため庫内には空気清浄器が設置された。竣工後に定量分析法と環境モニターによる空気質の測定を実施したが、立地条件の厳しい都心の地下3階であっても良好な結果であった。

#### (4) 早期使用開始

以上の状況を取りまとめると、早期使用開始が有効となるものとしてTable 3に示す技術（工法・設備）を組み合わせることが考えられる。脱アルカリコンクリートなど提案レベルのものと、商品化されたものもあるが、一部は項目間で相反する現象を招く恐れもあり、いずれにしても設計段階で建築と設備に関する検討と、現場での施工実験及び確認を行い、コストを含め使用の是非を検討することとなる。

Table 3 早期使用開始に対する対応技術  
(Contamination Prevention Techniques)

| 工法・設備       | アルカリ酸 | 温湿度 | 外気水分対応 | 躯体水分対応       |
|-------------|-------|-----|--------|--------------|
| 脱アルカリコンクリート | ◎     | ◎   | -      | ◎            |
| 躯体脱気パイプ     | ◎     | ◎   | ○      | ◎            |
| 防湿シート       | ◎     | ◎   | ◎      | ◎<br>(部分的に△) |
| ゼオライト       | ◎     | ◎   | -      | ◎            |
| 換気          | ◎     | △   | ◎      | ◎            |
| 空調・除湿機      | △     | ◎   | ◎      | ◎            |
| 空気清浄器       | ◎     | △   | -      | -            |
| 木製ラック       | △     | ○   | -      | -            |

注 (◎と○は効果あり、△問題あり。)

### III. 展示空間性能創造と省エネルギー実現

事例として建築物のデザインと冷凍空調設備との組み合わせにより可能となった、造形的な氷（氷の造形）を展示する旭川の雪の美術館の竣工後の状況を通して建物環境維持と省エネルギーの実現について述べる。

#### 1. 建物概要

Fig. 4に示すように、とけてしまうような雪や氷をメインの造形材として、新たな美術館を建設したことは他に例を見ない。ここでは、オーナーや建築家のみならず造形家、建築技術者、設備技術者、冷凍技術者、環境技術者などが参画してトータルな環境エンジニアリングを含む環境設計が進められた。特に、造形的な氷のコンセプト造りとそれを支援する技術とが錯綜する事が多く、それらの解決のため、人工気象室を用いた氷の制作実験や、実際の冬の気象条件下における実大の氷の造形制作実験などを行った。竣工後も各部の温度やエネルギー消費に関してのその後の長期的なフォローを実施している例である。

#### 2. 環境創造と維持

##### (1) 空間温度

建物の入口から階段室、氷の回廊、音楽堂にいたる観客の動線上の室内温度を4月から11月の各季節ごとに徐々に設定を下げ、観客にある程度の冷涼感を与え、しかもガラス面での結露防止を達成させる。ここでは、動線上の「演出温度」の導入と呼ぶ。各室温の設定は人体の代謝率（RMR）をもとに、変化する外気温との差が最大8～10℃となるように目標設定した。にFig. 5に1991年から1998年夏季（7月、8月）の開館時間帯の実績を示す。勾配を持つ温度設定は当初の目標範囲に入り演出温度が達成されている。

##### (2) 展示ケース

氷の回廊部分ではガラス越しに氷の造形を見せるため夏季や多客時にガラス面の結露防止が重要となる。結露についてのシミュレーション結果では外気の湿度が高い場合、或いは、通常時でもピークには時間当たり700人の入場者があり、室内が飽和に近い相対湿度となり、ガラス面及び床面に結露の発生が予想された。このため二重ガラス構造と壁面加温空気吹出を持つ除湿再熱空調方式を採用したが、これは氷の回廊全体に低湿（15～20%RH）な空気を送り込

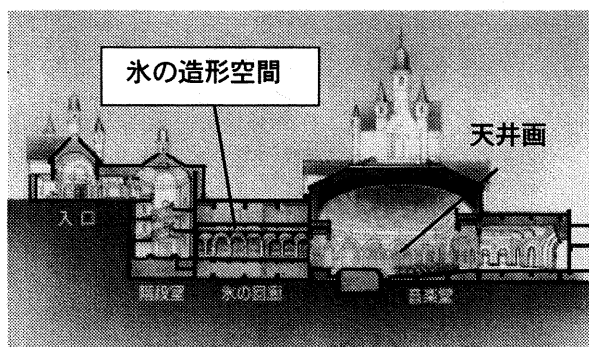


Fig. 4 雪の美術館空間構成  
(Snow Crystals Museum)

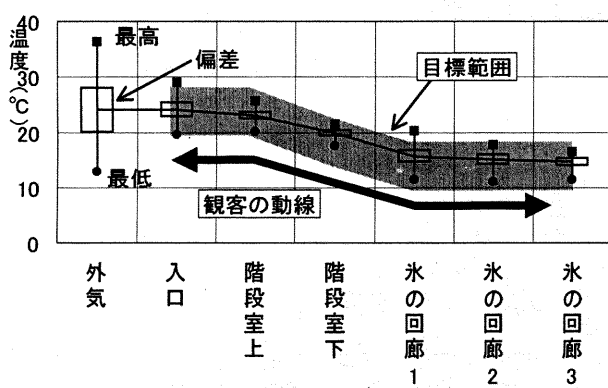


Fig. 5 夏季動線上各室温度  
(Setting Value of Summer Season Room Temperature)

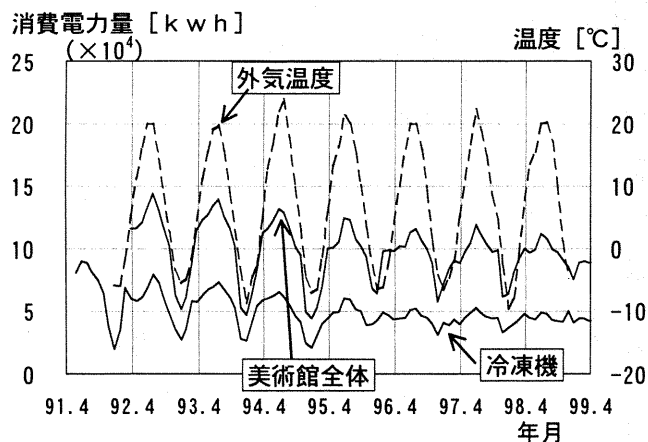


Fig. 6 積算消費電力量 (月間)  
(Monthly Electric Consumption Value in Snow Crystals Museum)

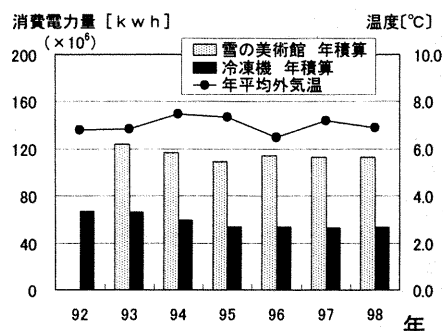


Fig. 7 冷凍機の積算消費電力量 (年間)  
(Annually Electric Consumption Value in 1992 to 1999)

み除湿するとともに、空間をプラス圧とすることによって、外部に接する扉からの外気流入を抑える方法である。さらに、氷の造形の観賞上、表面温度センサーが取り付けられないガラスの表面温度は氷室と回廊の温度湿度の測定結果より演算し、露点温度との比較から常時結露発生を観察を行っている。1991年から1996年の開館時間帯の実績では96%以上の時間帯で結露発生を防止している。

### (3) 造形

長さ60m高さ6.4mの氷室の建築形態として周囲の壁を二重としてその間に冷気を供給し、制作した厚みのある氷の壁の融解を防ぐ構法を採用している。氷の制作設備としては散水設備を設け、給水温度を1~2℃とし、造形制作の自由度を確保するため風の流れを確認して装置が完成した。その後も毎年冬の間休館し、その間で新たな氷の造形が生まれている。

### 3. 省エネルギー

氷室内では温度と吹出風速のコントロールのもと、昇華防止のため氷の造形への散水によるメンテナンスが行われ氷の生命を維持している。氷室の室内温度は当初、氷制作時-15℃、氷保存時-10℃としたが、その後氷の状況を見ながら保存時の氷室冷風吹出温度を-10℃とし、その結果、氷室温度は-8℃と幾分高めになったがそれによる問題は発生していない。その間の1991年から1998年の冷凍装置の消費電力量をFig. 6に示すが、Fig. 7に示すように結果として竣工直後に比べて年間で15%以上削減されている。この建物にとり冷凍機をはじめとして使用エネルギーを削減することは非常に大きな意味を持つ。ここでは美術館関係者のデータ計測を含む関係者の日夜の努力が継続されている。

## IV. コミュニケーション・ツール

### 1. エンジニアリング対象者

企画から設計および施工までの工事支援と、竣工後の計測を含む竣工後の支援が一貫した環境エンジニアリングの対象となる。特に、早期使用開始に対してはコンクリート躯体と使用する内装材や設備ダクト等からの空気質汚染物質の美術品への影響、とりわけ酸性およびアルカリ性物質による館内空気質汚染に対応することが求められる。Table 4に過去12年間での主な事例(16件)を示す。結果を見ると、設計者と施工者を支援対象とした環境エンジニアリングが行われていることがわかる。しかし、建築設計や施工担当者が必ずしも、美術館の専門家では無い場合も多く、また、環境エンジニアリング担当者にとっても学芸員や美術館発注者、維持管理者、芸術家との交流が必要となることが多い。

Table 4 環境エンジニアリング対象者

(Membership of Museum Environmental Engineering)

| 美術館名  | 場所     | 構造       | 収蔵・展示  | エンジニアリング支援対象 |     |     |     |     |
|-------|--------|----------|--------|--------------|-----|-----|-----|-----|
|       |        |          |        | 発注者          | 学芸員 | 設計者 | 施工者 | 芸術家 |
| G美術館  | 東京     | RC新築     | 収蔵・展示  | ○            | ○   | ○   | ○   | ○   |
| Y美術館  | 北海道    | RC新築     | 展示     | ○            | ○   | ○   | ○   | ○   |
| N美術館  | 千葉     | RC新築     | 収蔵・展示  | ○            | ○   | ○   | ○   | ○   |
| T美術館  | 東京     | RC新築     | 収蔵・展示  |              | ○   | ○   | ○   |     |
| H美術館  | 静岡     | RC(地下)新築 | 収蔵     |              | ○   | ○   | ○   |     |
| K美術館  | 長野     | RC改修     | 収蔵・展示  | ○            |     | ○   | ○   |     |
| K美術館  | 山口     | RC新築     | 展示     | ○            | ○   | ○   | ○   |     |
| H美術館  | 岐阜     | RC新築     | 収蔵・展示  | ○            | ○   | ○   | ○   |     |
| I博物館  | インドネシア | RC新築     | 収蔵     |              |     | ○   |     |     |
| S美術館  | 東京     | RC新築     | 収蔵・展示  |              | ○   | ○   | ○   |     |
| R美術館  | 東京     | RC新築     | 収蔵・展示  |              | ○   | ○   | ○   |     |
| H寺収蔵庫 | 京都     | RC(地下)新築 | 収蔵     | ○            |     | ○   | ○   |     |
| N収蔵庫  | 東京     | RC新築     | 収蔵・展示  | ○            |     | ○   | ○   |     |
| D収蔵庫  | 兵庫     | RC新築     | 収蔵(展示) | ○            |     | ○   | ○   |     |
| K美術館  | 東京     | RC新築     | 収蔵・展示  | ○            | ○   | ○   | ○   |     |
| U美術館  | 静岡     | RC新築     | 収蔵・展示  | ○            | ○   | ○   | ○   |     |

## 2. コミュニケーション・ツール

K美術館建設工事では『美術品に対する環境を良好なものとするには建物全体の機能を検討する必要がある、そのためには建築、設備双方の考え方、また設計・施工双方の要求事項をとりまとめ問題点を解決していくことが必要』と認識された。ここでは、筆者らの提案を受け、設計事務所を中心に環境エンジニアリング実施の組織を立ち上げた。その構成をFig. 8に示す。構成は発注者側からの建築・設備担当、設計者側から建築設計者および電気、機械設備設計者、施工者側から建築および設備施工、使用者側から美術館学芸員、総務・経理担当者そして筆者らを加えた「環境部会」を形成した。この環境部会でははじめに、『何が絵画その他展示物に悪影響があるかの確認と、設備計画における空気汚染対策の方法の確認および建築施工側で実施できる対策の可能性を確認する』ことから開始した。Fig. 9は、ここで実施した、建築図+設備図+施工計画図+収蔵配置計画+空調空気の流れ図+汚染空気の流れ図を、一枚の情報として合成したシート（総合図）を示している。これに基づ

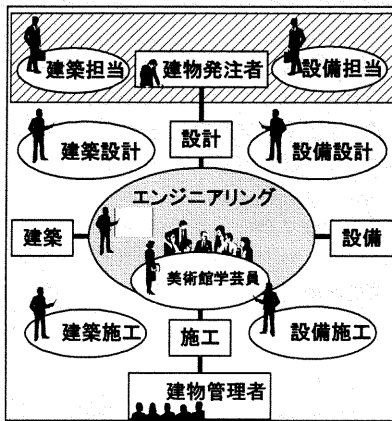


Fig. 8 美術館における環境エンジニアリング  
(Network of Museum Environmental Engineering)

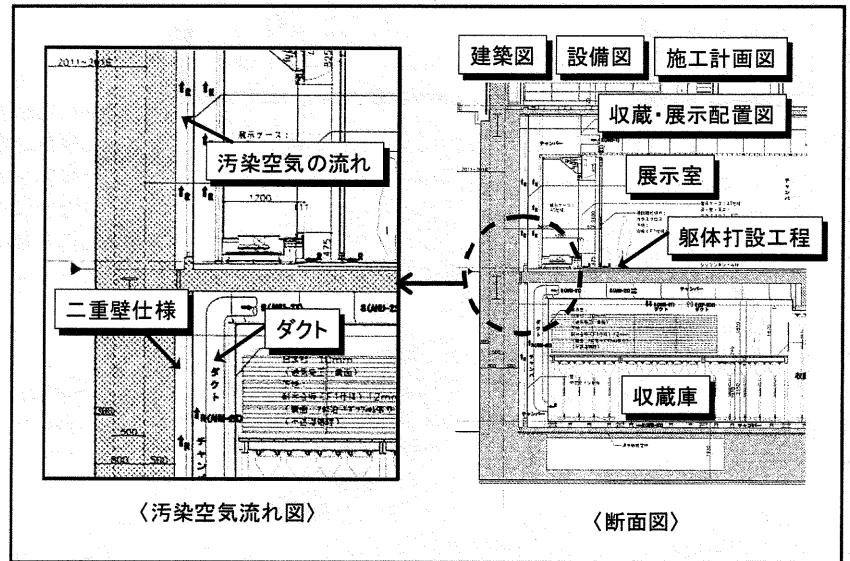


Fig. 9 環境エンジニアリングの総合図  
(General Museum Environmental Engineering Chart)

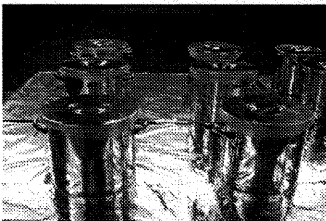
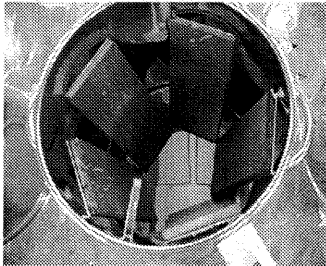


Photo 1 仕上げ材料の酸性・アルカリ性変化測定  
(Acid and Alkaline Test with Finishing Material)

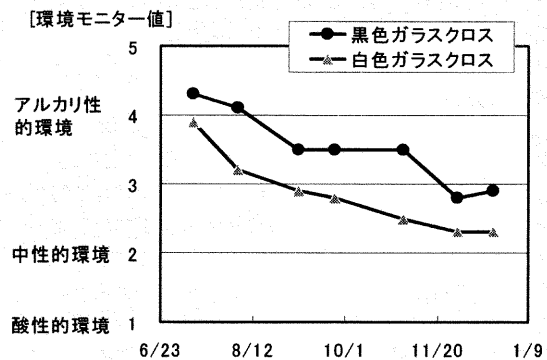


Fig. 10 空調用グラスウールの酸性アルカリ性変化  
(Acid and Alkaline Test with Air-Conditioning Glass Wool)

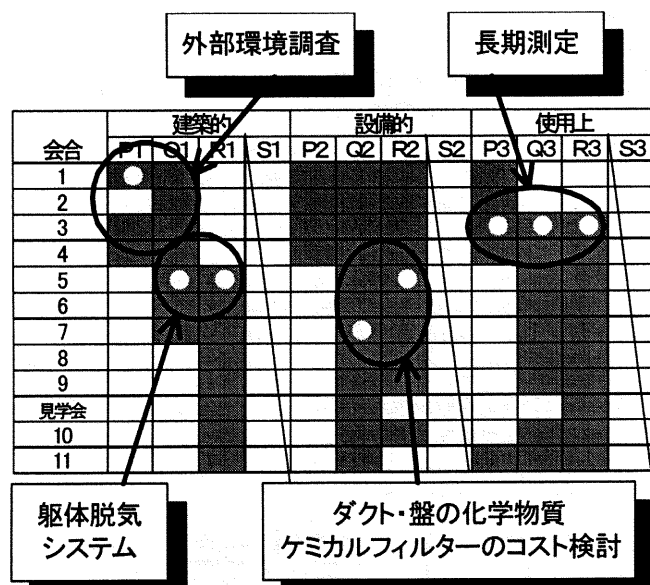


Fig. 11 環境エンジニアリングの状況と結果  
(Result of K-Museum Environmental Engineering)

## V. 考 察

### 1. 早期使用について

収蔵環境からは立地や工期等の制約で理想的な状況が作りにくい場合が多い。Ⅱに示した各事例に見るように、これらを解決するためには収蔵や展示のための専門的な保存技術と建築の躯体や内装施工、空調技術、汚染除去技術、生物除去技術などとの、より高度なシステム化が必要となる。多くの美術館で竣工前後に美術品の搬入や展示開始などの実態があり、からし期間の短縮と早期使用が可能となったことは事実である。

しかし、コンクリートの乾燥や空気質の推移を見ると、建築や設備に依拠した防護対応があっても、現代の技術はようやくその不安を幾分か軽減できたに過ぎず、竣工後24ヵ月（2カ年）以上の経過観察は必要である。

そのため各種の物理化学判断を継続的に実施することが生ずるので、学芸員の負担軽減の観点から、地域や専門性を考慮したネットワークによる共同分析支援センターの設置などが有効となるが、その場合でも美術館では美術品の状況を日常的に目視観察することに意味があり、あくまでも人による確認が基本である事には代わりがない。

### 2. 使用実態の公表

Ⅲの事例で示したように、関係者の独自の努力が日夜継続されている例は貴重である。つまり「ミュージアム環境エンジニアリング」の成立のためには、関係者間での継続的かつ有効な情報の収集と、エネルギー消費量を含め室内環境維持の実態が公表される文化的な体制を醸成するところにある。そのためには竣工後においてもますます関係者間の連帯協調が必要になると考える。

### 3. コミュニケーション

企画、設計の段階で環境影響を意識した検討と基本設計がなされ、それに基づき施工方法と建物使用の時期を加え総合図面による机上検討が行われる。このためには早期に関係者が合同で検討できるコミュニケーション・ツール「総合図」の展開や「環境会

議」等の会議体をスタートさせることが有効となる。内装材料のみならず、設備資材を含め使用する個々の材料等については工事実施段階での変更は可能である。特に、Ⅳの事例で示したように当初は問題があっても時間経過により中性化が期待できるものなど、採否を判断するには環境モニターの「時間的経過データ」等が有効となる。

## VI. まとめ

展示空間の形状、設備も含めた機能および空間デザイン的な仕様等は基本的に施工実施段階での変更は難しく、各種情報が入り乱れると大きな問題になる。対処方法には建築的・設備的それぞれの対応が考えられ、コスト・総合機能等を判断し、設計段階で維持費用も含め美術館運営にとってメリットのある形で選択されることが重要である。

さらに、竣工後の美術館の抱える最大の課題は運営をどのように円滑にしていくかと言うことであり、公的な美術館では経営の一層の合理化を目指した独立行政法人化や30年間の民間経営(PFI)の動きもある。これらに対しては当然、美術館当事者が多面的に取り組んでいるが、建築サイドもコンクリート構造物や、内装建材の長寿命化や、そして設備機器の維持管理など多岐にわたる情報を整備して協力して行かねばならない。

社会的な使命としての美術館建築の位置は高まりつつあり、それらの要請に応えるためには、継続的かつ有効な情報の提供と、広範な分野の技術者の連帯協調がますます必要となると考える。

## 謝 辞

本報告の取りまとめに関し、環境エンジニアリングネットワークを構成した社内外関係各位の熱心な実践に感謝する。

## 参考文献

- 1) 半澤重信; 博物館建築, 鹿島出版会他, 1991.7.
- 2) ギャリートムソン; 博物館の環境管理, 雄山閣, 1988.05.
- 3) 寒河江・荒井・権藤; 調湿性建材を利用した収蔵・展示空間, IBEC, 1997.03.
- 4) 寒河江; 建築環境設計の手法に関する研究, 建築学会大会, 1992.08.
- 5) 寒河江; 高機能ゼオライトの合成と応用, 共著, シーエムシー, 1995.12.
- 6) 荒井; 美術館の温湿度・空気質環境計画に関する研究, (学位論文), 1996.03.
- 7) 寒河江・荒井・権藤・太田; コンクリートの乾燥特性と室内環境, 鹿島技研年報42号, (1994.10).
- 8) 寒河江・戸河里・荒井; 建築環境設計の手法に関する研究, 建築学会大会, (1993).
- 9) 寒河江・荒井・権藤; ミュージアムの環境エンジニアリングに関する研究(その1, 2, 3), 建築学会大会, (1999), (2000), (2001).
- 10) 寒河江・高沢ほか; 氷の造形の制作方法と展示空間の温湿度制御, 空気調和衛生工学会誌, 67巻, 12号, (1993).
- 11) A. Sagae; Keeping cooring in the snow crystals museum, ASHRAE JOURNAL, Vol. 37, (1995).
- 12) 大堀哲ほか; ミュージアム・マネージメント, 東京堂出版, 1996.