

付属資料5

時計台の暑さ対策に関する検討資料

……付5-1～付5-12

時計台の暑さ対策に関する検討資料

時計台保存活用計画検討委員会 説明資料を再編集

本資料の内容

●本資料の趣旨

- ・時計台の暑さ対策について、今後の引き続きの検討の方向性を示す資料

●暑さ対策検討の背景

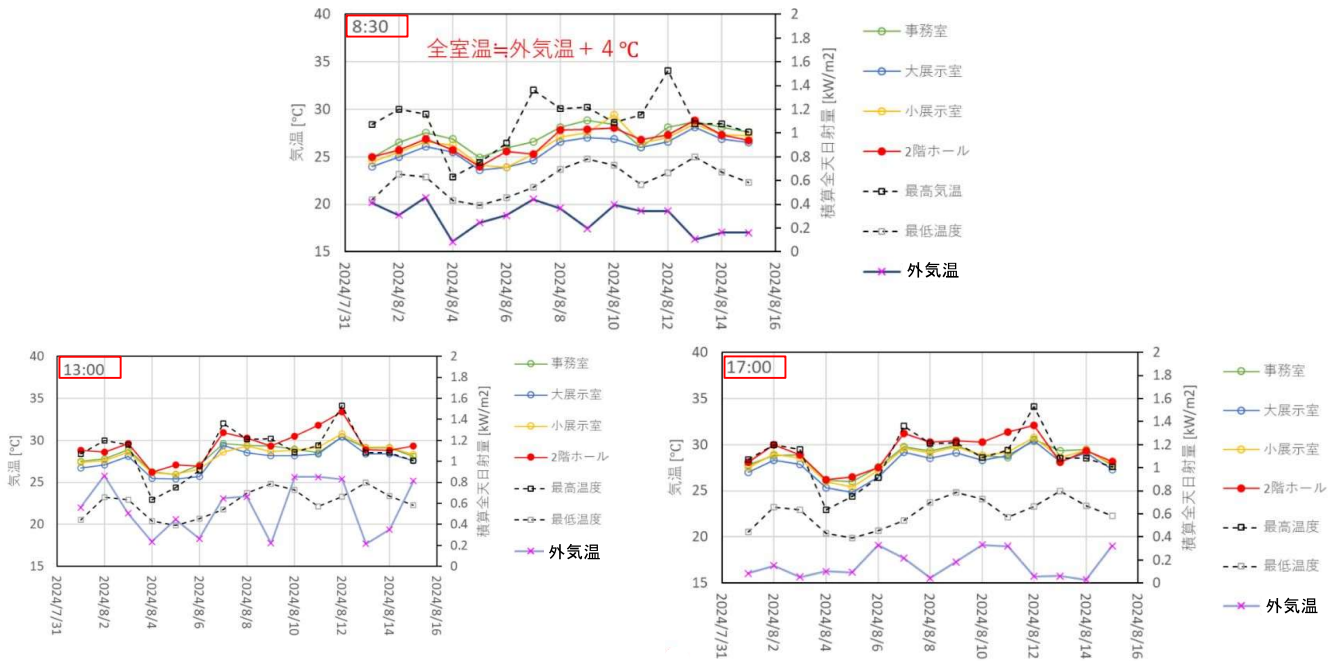
- ・近年の猛暑への対策検討の必要性の高まり。

●本資料での検討前提

- ・時計台の特徴：断熱が不十分。2階は天井がなく気積の大きな建物。
⇒冷房機器のみによる対策では、設備過剰となり文化財的価値を損なう。
⇒冷房負荷の最も大きい屋根に対する断熱を優先的に検討。

①時計台での屋根断熱の効果試算 ～室温実測～

- 室温測定結果(測定は指定管理者で実施。)
全室において、概ね「室温÷外気温+4℃」となっている。



①時計台での屋根断熱の効果試算 ～2階ホール温度実測～

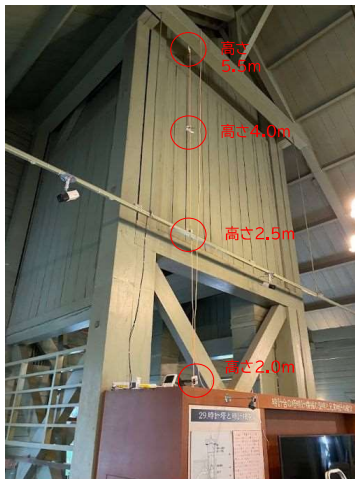


図1 温湿度計設置状況

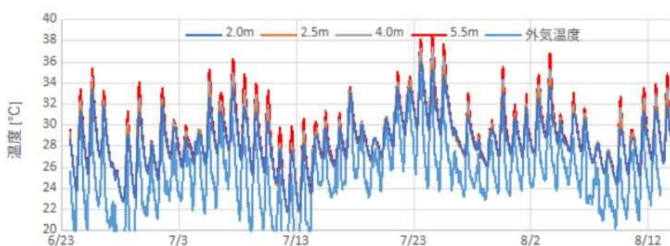


図2-1 外気温度と垂直温度分布(2025/6/23～8/14)

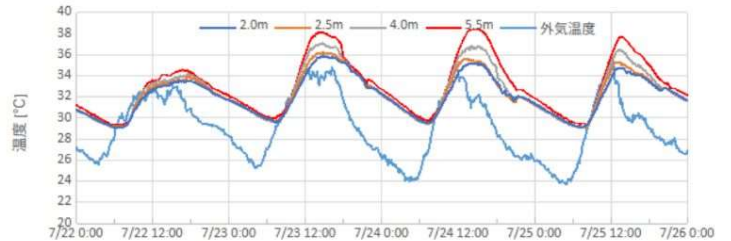


図2-2 外気温度と垂直温度分布(2025/7/22～25)

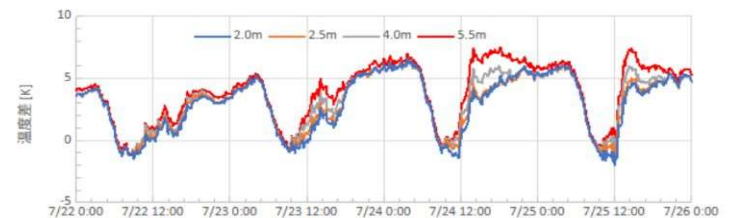


図2-3 外気温度を基準とした垂直温度分布(2025/7/22～25)

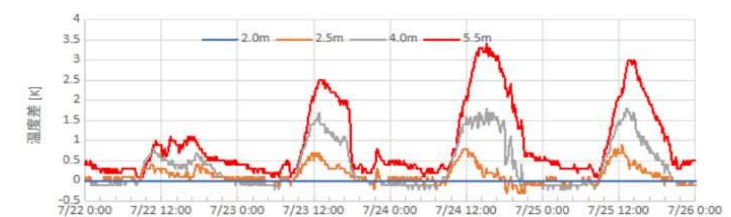


図2-4 モニタ上(床2m)を基準とした垂直温度分布(2025/7/22～25)

①時計台での屋根断熱の効果試算 ～2階換気回数測定～

➤ CO2濃度測定

貸しホール利用時にCO2濃度が上がるが、基準値の1,000ppmを超えるのは限定的。

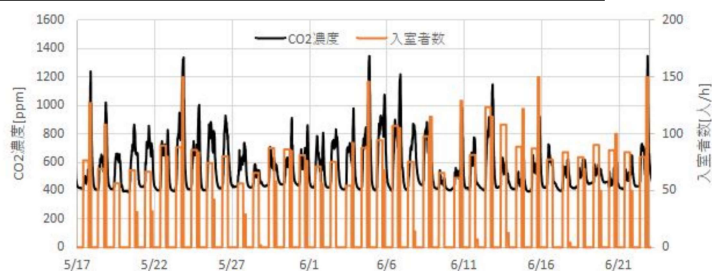


図1 室内CO2濃度(時計塔前モニタ上部)・入場者数

➤ 換気回数測定⇒およそ0.5回/h



写真 換気回数測定の様子(二酸化炭素ポンプ等の設置状況)

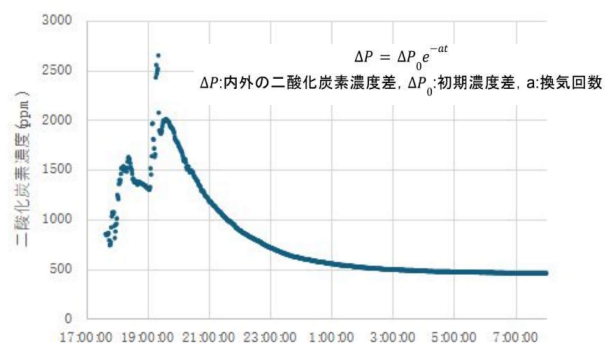
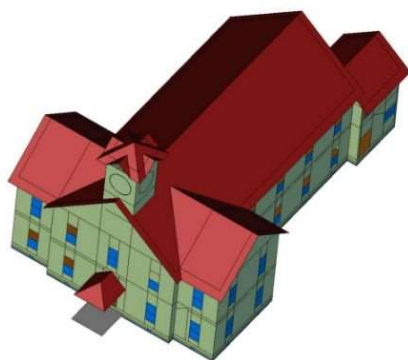


図2 中心部の二酸化炭素濃度の推移

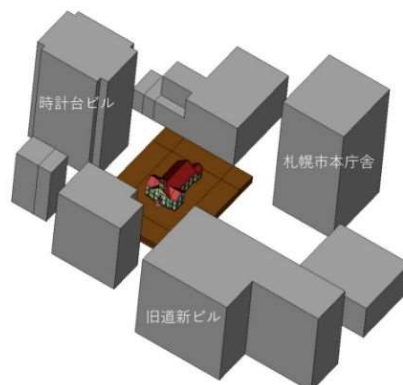
⇒測定結果を踏まえると、2階ホールでの機械換気の必要はない。

①時計台での屋根断熱の効果試算～成層空調方式での解析～

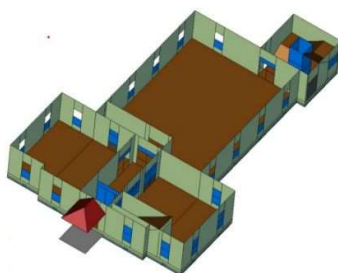
解析協力
札幌市立大学大学院デザイン研究科
教授 齊藤 雅也



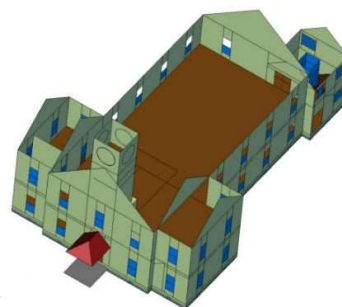
時計台全体のモデル(外観)



時計台周辺のモデル化



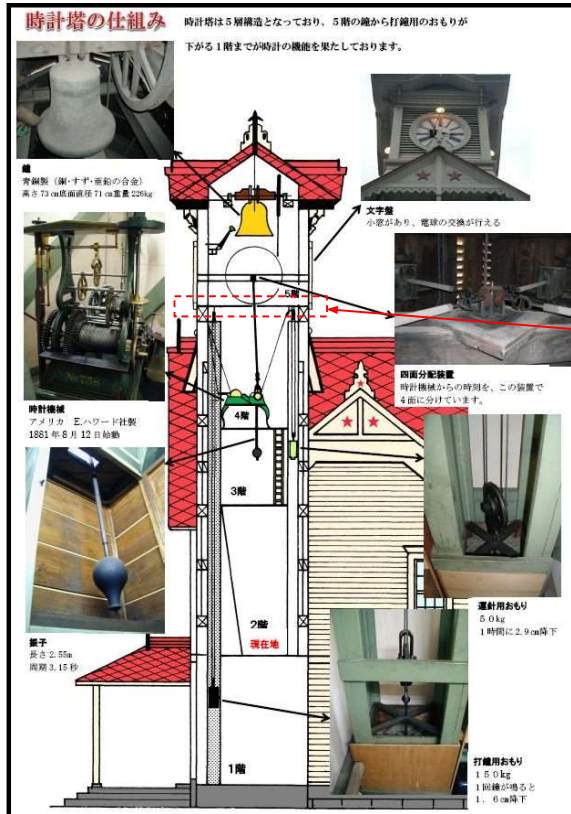
時計台1階全体のモデル(外観)



時計台2階全体のモデル(外観)

①時計台での屋根断熱の効果試算～成層空調方式での解析～

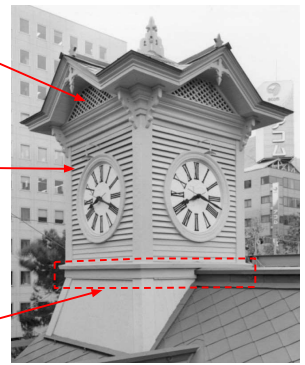
解析協力
札幌市立大学大学院デザイン研究科
教授 齊藤 雅也



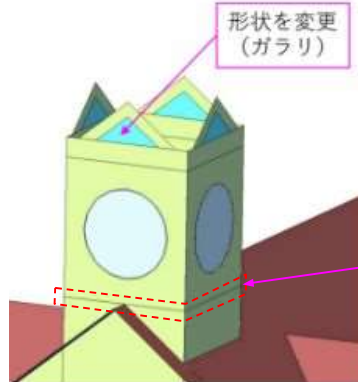
屋根妻面菱格子
(格子の隙間から通気あり)

文字盤横の羽目板
(ガラリ風になっている)

雨水からの時計機械保護のため、
5階床は防水シート張り
(= 気流阻害要因)



平成10年 しゅん功写真
(南東から撮影)

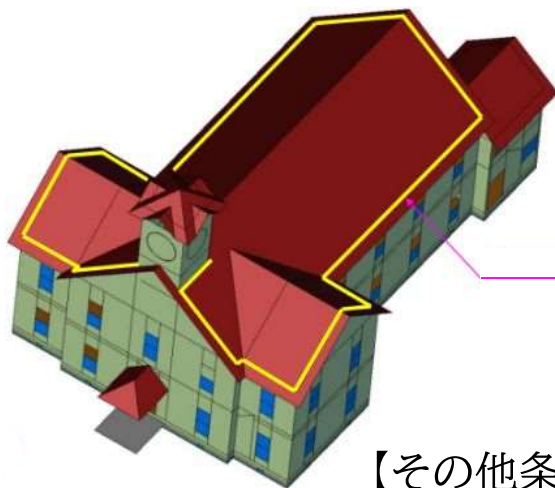


形状を変更
(ガラリ)

解析では、気流の流れが
ほとんどないよう設定

①時計台での屋根断熱の効果試算～成層空調方式での解析～

解析協力
札幌市立大学大学院デザイン研究科
教授 齊藤 雅也



【断熱条件】

- ・黄色い線の内側
- ・屋根の裏に配置
- ・フェノールフォーム断熱材45mm($\lambda = 0.018$)
- ・空気層無

【その他条件】

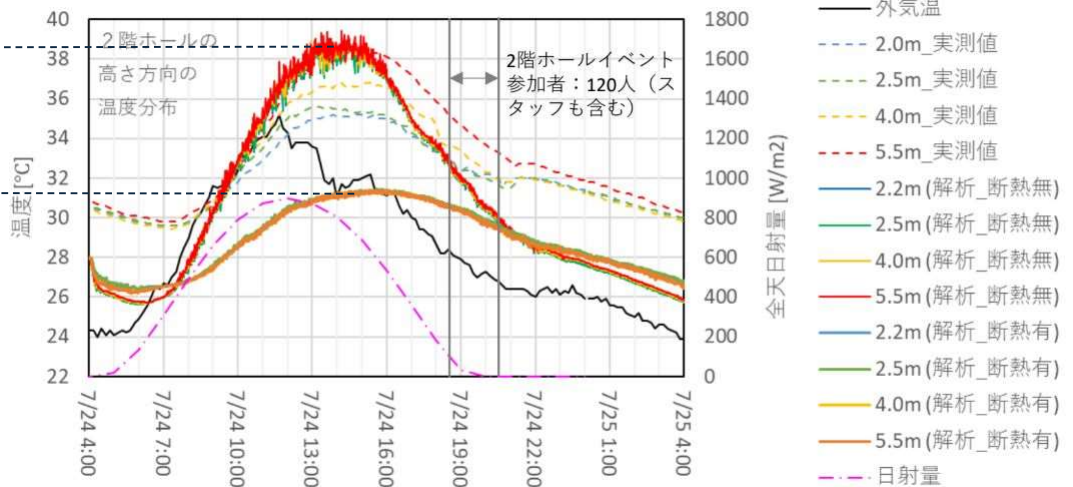
- ・窓は開口しているが、風速は与えてない条件
(温度差による対流のみで、窓のそばの扇風機による対流は考慮に入っていない)
- ・1階西階段の風除室扉は、閉めた条件(現状と同じ)
- ・人体発熱は計算に含めていない。

①時計台での屋根断熱の効果試算～成層空調方式での解析～

解析協力
札幌市立大学大学院デザイン研究科
教授 齊藤 雅也

➤2階天井付近の実測データに対し合わせ込みを行い、下図の結果を得た。

解析上、
約8℃低減

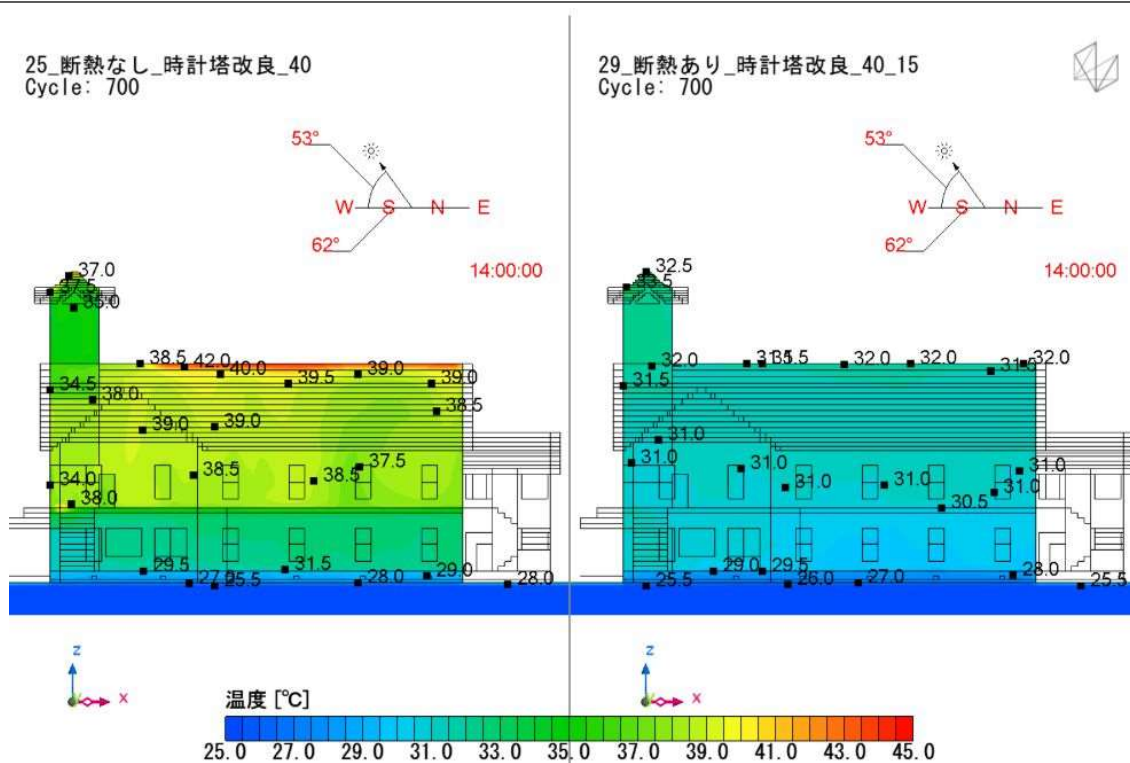


※解析において高さ方向の温度分布が現れない理由は、扇風機による対流や屋外からの風による対流は考慮できていないため。

※15時以降、解析より実測の方が温度が高くなる理由は、人体発熱や夜間換気を考慮に入っていないことや、西日の影響が考えられる。

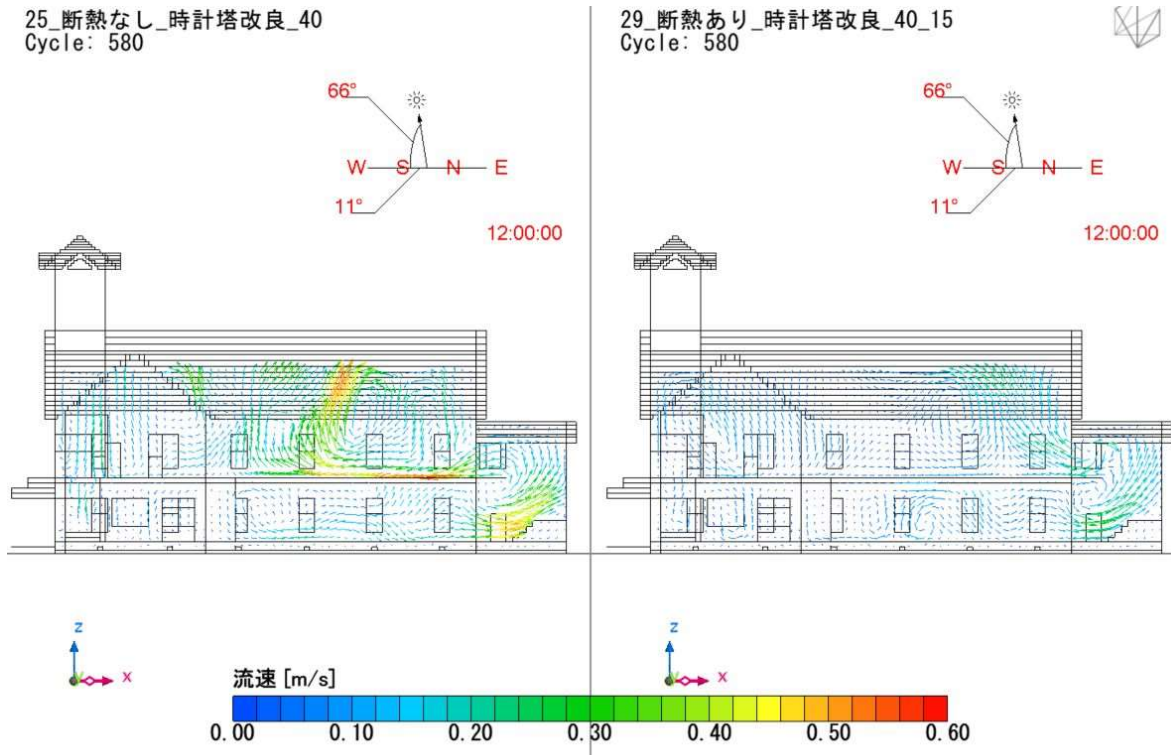
①時計台での屋根断熱の効果試算～成層空調方式での解析～

解析協力
札幌市立大学大学院デザイン研究科
教授 齊藤 雅也



①時計台での屋根断熱の効果試算～成層空調方式での解析～

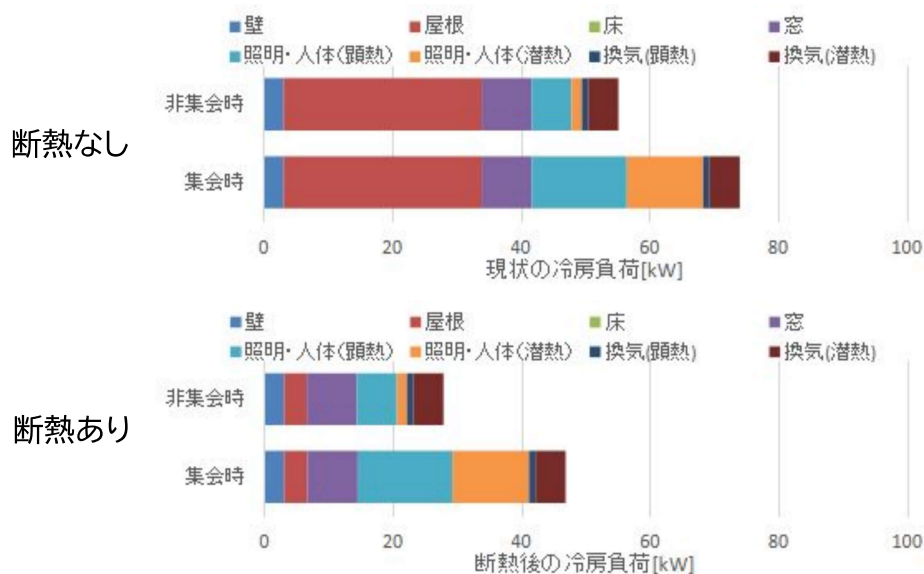
解析協力
札幌市立大学大学院デザイン研究科
教授 齊藤 雅也



①時計台での屋根断熱の効果試算 ～熱負荷計算～

換気は全て隙間風とし、冷暖房負荷(顕熱・潜熱)を試算

- (1) 非集会時の冷房負荷は55kWから28kWへ減少する(▲約49%)。
- (2) 集会時の冷房負荷は74kWから47kWへ減少する(▲約36%)。



①時計台での屋根断熱の効果試算～放射パネル機器量～

- ・屋根断熱なし ⇒ 壁・窓の全てに沿って設置が必要
- ・屋根断熱あり ⇒ 窓を除く壁だけの設置まで減らせる見込み(下図)。

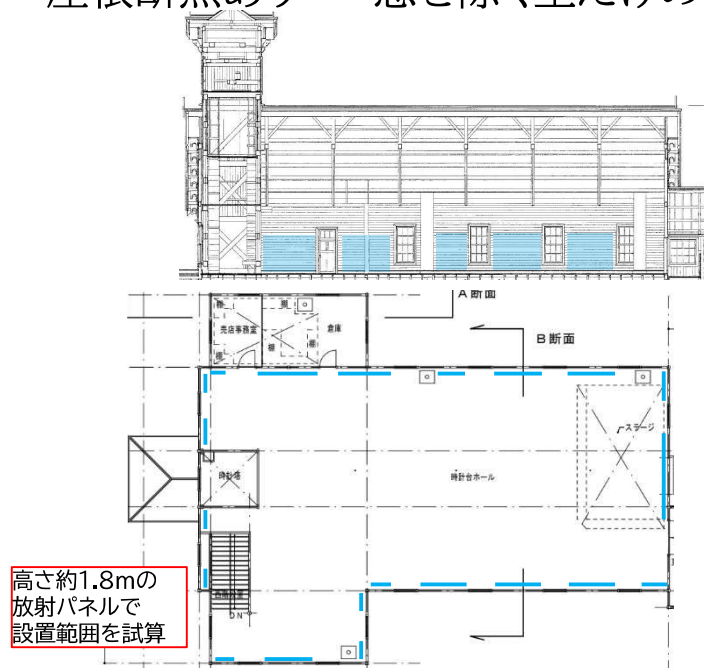


図1 屋根断熱を行う場合の2階での放射パネル設置範囲イメージ(青色部分)
※試算結果のため、今後の詳細検討により変わる可能性あり

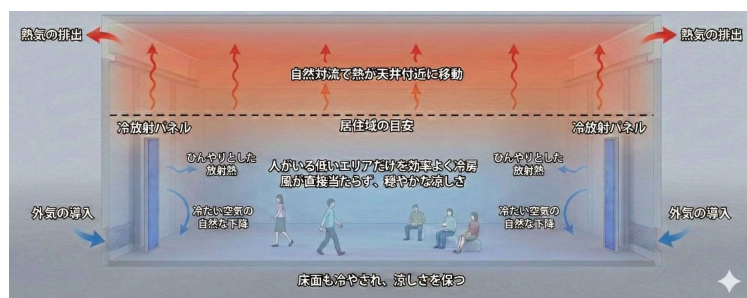
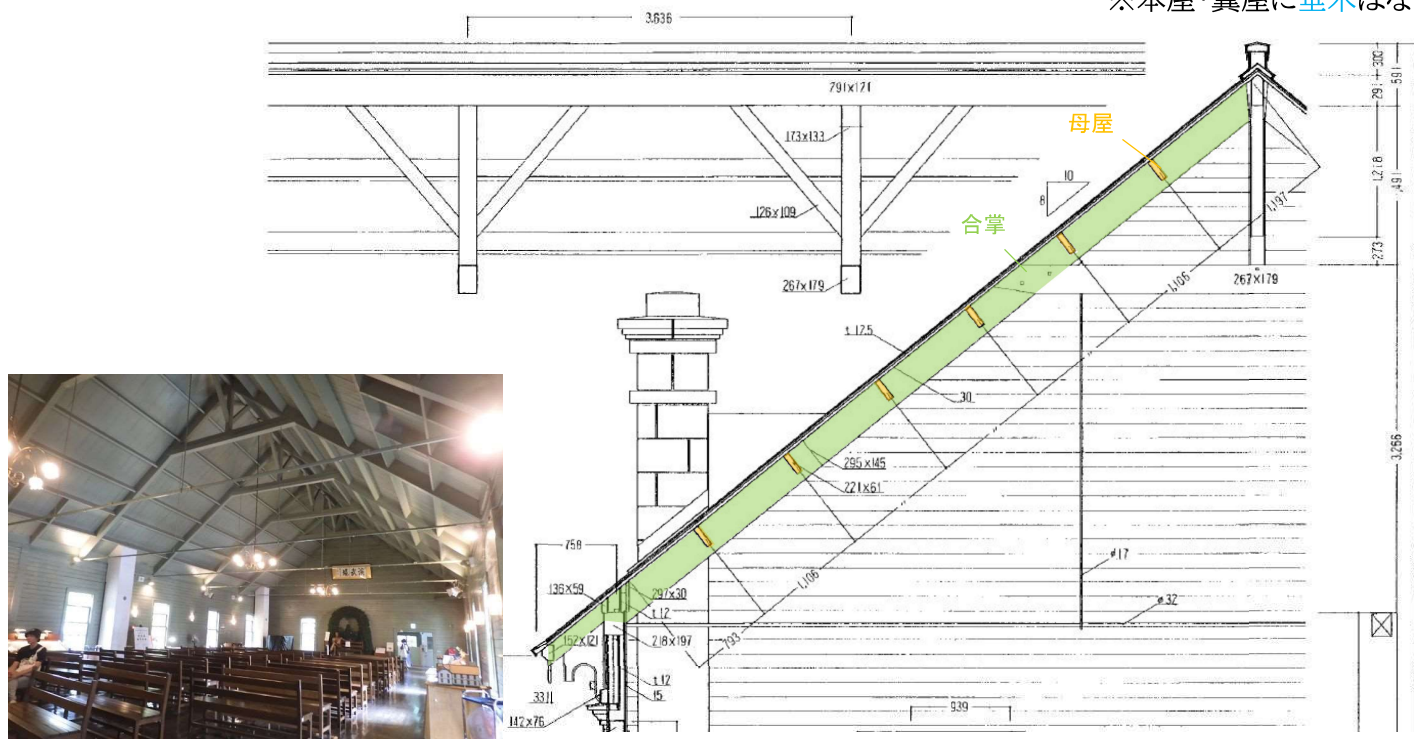


図2 放射パネル冷房を用いた成層空調の概念図(生成AIを用いて画像作成)

③時計台での屋根断熱方法検討～現状の構造～

※本屋・翼屋に垂木はない



③時計台での屋根断熱方法検討～現状の構造～



1. 屋根解体中



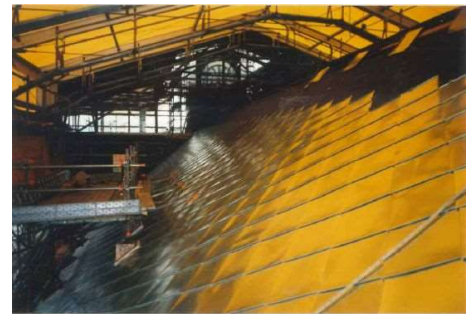
2. 補修済野地板(t30)の設置



3. 構造用パネル(t12.5)の設置



4. アスファルトルーフィング敷



5. 亜鉛引鉄板敷(t0.4)

③時計台での屋根断熱方法検討～屋外への検討～

- 保存修理工事報告書(H10)での記載事項
屋根の構造用パネル(t12.5)を設置する際に、
 時計塔との取り合いに支障が生じることを理由に当初材を含む
 健全な土居葺を撤去した。

↓

過去の保存修理工事での検討に配慮すると、
 断熱改修をする場合でも時計塔との取り合いに支障が生じぬよう
 検討する必要がある。

↓

屋根断熱のために鉄板と野地板の間に新規挿入する場合でも、
 数mm程度に抑える必要がある。

屋根面 良好な状態を保っているため、解体工事では残して置いた本屋北面の土居葺も、その上に構造用パネルを張ると本屋の屋根が厚くなり、時計塔との取り合いに支障が生じるので解体した。なお、補強効果に影響が少なくと判断した。本屋中央部の棟梁（合掌の四・五本目と棟木および棟木から一本目の母屋に囲まれた範囲）の約四割は現状を保存し、この部分は構造用パネルを張らなかつた。また、土居葺を広範囲に保存できなくなつたので、合掌の建て起こしと、板葺の隙間は正を日読み、野地板についても解体を実施した。

H10保存修理工事報告書(抜粋)



時計塔と屋根の取り合い

③時計台での屋根断熱方法検討～屋外への検討～

屋外での屋根断熱化 案		引き続きの検討余地
a案 断熱材新規挿入	断熱効果を発揮するには数十mm程度の厚みがあることが望ましい。 ⇒屋根の鉄板と野地板の間への設置の検討はしないものとする。	×
b案 構造用パネル(t12.5)の置き換え		×
c案 屋根鉄板の置き換え	より高断熱の鉄板があれば、既存の亜鉛引鉄板を置き換える案。 ⇒基準2(形状・材質・仕上げ・色彩の保存)のため、置換には配慮が必要。 また、亜鉛引鉄板(熱伝導率40W/(m・K))に対し、仮にガルバリウム鋼板(熱伝導率6W/(m・K))にしたとしても、断熱効果はほとんど期待できない。	×
d案 屋根鉄板表面への遮熱塗料塗布等による断熱		○

③時計台での屋根断熱方法検討 ～屋内への検討(断熱案1)～

- 断熱案1
母屋と合掌に囲まれる部分に断熱材設置
※固定方法については未検討



図1 現状の2階ホール

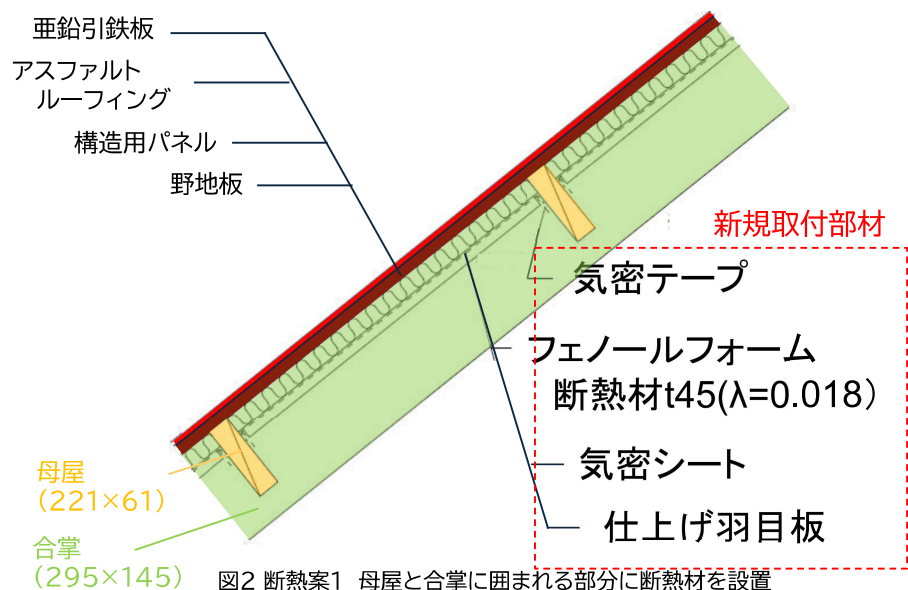


図2 断熱案1 母屋と合掌に囲まれる部分に断熱材を設置
(屋根の南北方向断面図)

機能上の問題点

- ・通気層がない⇒結露による野地板腐朽の心配
- ・気密層が不連続
- ・屋根の雨漏りがあった場合の発見が遅れる。点検もできない。

その他(換気機能強化)

- ・時計塔の文字盤横羽根板、菱格子を利用
時計塔5階床を一部開口し、ボイドを設ける

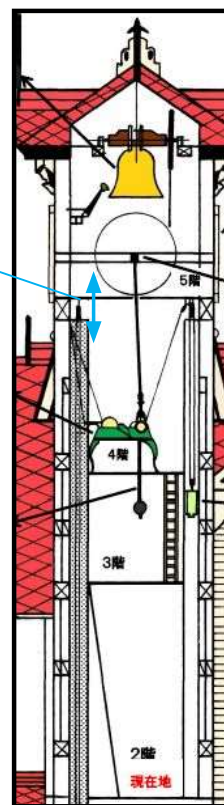
- ・西階段風除室の開放(夏場)



- ・窓の開口位置、扇風機の配置・風向きの最適化



- ・防犯に配慮した夜間換気



今後の検討の方向性

- 方策1.をベースとして、実現可否か詳細検討を今後行う。
※冷房は放射パネルに限定せず、居住域空調に有効な冷房を検討する。
※内部の意匠性に配慮して、機器の占める面積が極力小さくなるよう配慮する。
- 今後の検討の結果次第では、方策3や4に暑さ対策のレベルを下げていく
※方策2.は屋根断熱施工なしの状態では、冷房機器のみの対策を行うと機器過剰となり、文化財的価値の保持が困難であるため、今後の検討対象外とする。

	方策	部材影響	内観影響	外観影響	暑さ対策
懸念 機器重量等	1.屋根断熱(案1ベース) +冷房(放射パネル等) +換気強化、遮熱塗料	・天井部材への固定 具取り付け必要 ・床等に開口	・天井意匠に影響 ・内壁意匠に影響	・冷房附带設備 (チラー等)を設置	◎
	2.冷房機器のみ +換気強化、遮熱塗料	・床等に開口	・内壁意匠に影響	・冷房附带設備 (チラー等)を設置	○
懸念 結露等	3.屋根断熱 +換気強化、遮熱塗料	・天井部材への固定 具取り付け必要 ・時計塔床等に開口	・天井意匠に影響	・外観は維持	○
	4.換気強化、遮熱塗料	・時計塔床等に開口	・影響なし	・影響なし	△

(参考)寒さ対策で設置された2階天井(※重文指定前)

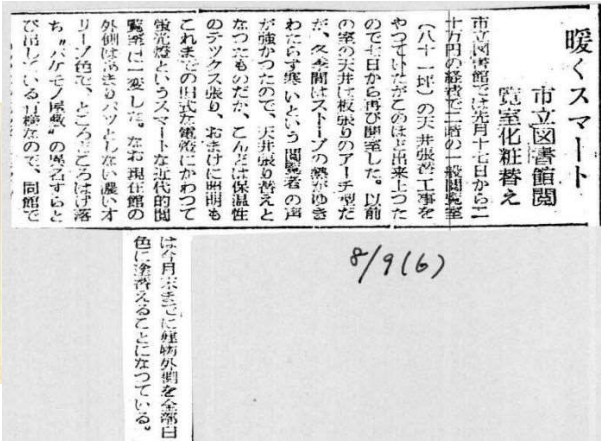
大正13年(1924年) 板張りかまぼこ型天井設置(目的は不明)

昭和28年(1953年) 市立図書館として利用されていた当時、
寒さ対策として保温性のテックス(繊維板)張り天井を設置
(かまぼこ型天井は上部に残したまま設置)

昭和42年(1977年) 復原工事で天井撤去



昭和42年復原工事での写真(※下記の説明書きは当時の記載文のまま)
左:2階閲覧室(東側より)
右:2階閲覧室上部小屋裏内に残存している大正13年5月修築時に造られたかまぼこ型天井



北海道新聞 昭和28年8月9日付(札幌市公文書館所蔵)