九州国立博物館

九州国立博物館における建築環境システム

九州国立博物館は、東京・奈良・京都に次ぐ日本で４番目の国立博物館として、福岡県太宰府市に建設された。博物館の空調は、事務所などとは異なり " 物のための空調 " を優先する産業空調的な側面がある。また、収蔵庫・展示室は大空間で恒温恒湿空調が必要であり、エネルギー多量消費型施設と考えられる。

これらを受け、計画コンセプトは、新たに誕生する国立博物館として環境に配慮した " 建築環境システムの構築 " とし、最新技術・材料の導入および自然利用により、未来へのタイムカプセルとしての「安全で良好な保存展示環境維持」と「エネルギー消費量・空調負荷の低減」の両立を目指した。

自然エネルギー利用環境設備

■太陽光発電

屋根頂部に400㎡(定格容量40kW相当)の多結晶セル型パネルを設置し、低圧連携にて建物電力負荷に供給している。

■太陽熱・放射冷却利用システム

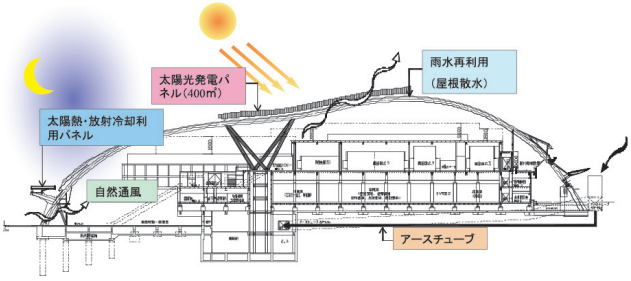
西側庇部分に設置された集放熱パネル、アンモニア冷媒水熱源ヒートポンプ、冷却塔、潜熱蓄熱槽から構成される。夏期・中間期は、パネルからの夜間放熱を最大限利用するため、全蓄熱運転を行い、昼間蓄熱された冷水をエントランス・展示ロビー部の床冷房へ利用している。冬期は、パネルからの集熱を熱源機で再加熱し、床暖房に利用している。

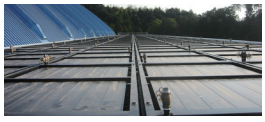
■自然通風

１階エントランスから３・４階へ続く大空間を対象とし、電動自然排煙口を利用した。風は西側庇下部より流入し、屋根頂部へ排出する計画とし、温度差換気と煙突効果を最大限に利用している。

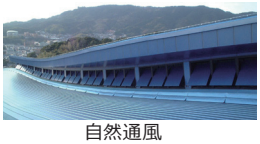
■地中熱利用

外気導入は、敷地東側給気塔から土中に埋設したコンクリートダクトを採用し、ピーク時の外気負荷低減を図った。





太陽熱・放射冷却仕様パネル

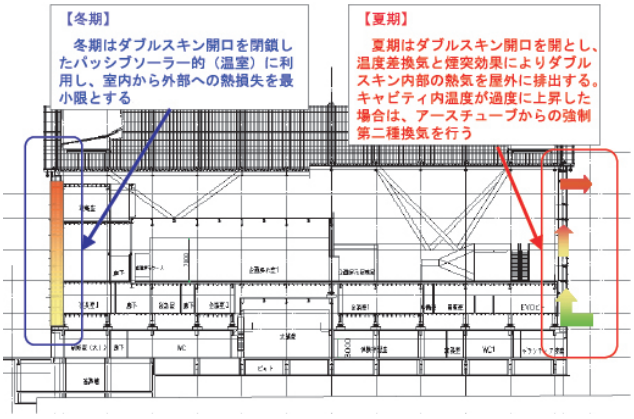


自然通風

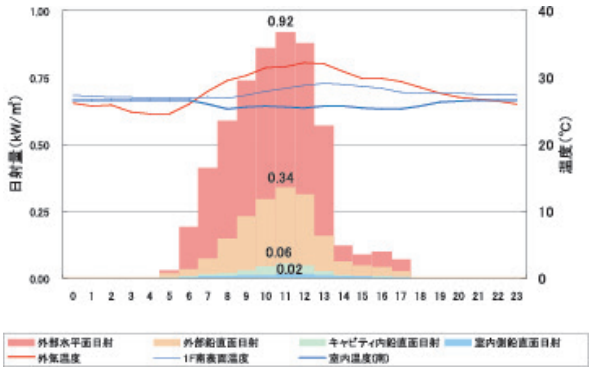
ガラスファサードをもつ博物館の環境計画と評価

博物館の外観は、展示資料への影響 (紫外線・温湿度環境・防犯対策) を考え、従来はガラスを全面的に採用しないのが一般的となっている。これに対し､本博物館は｢開放的なエントランス展示ロビー空間の実現｣と｢展示資料への影響排除｣の両立を、南北面外壁をダブルスキン構造としたガラスファサードを採用することにより実現した。

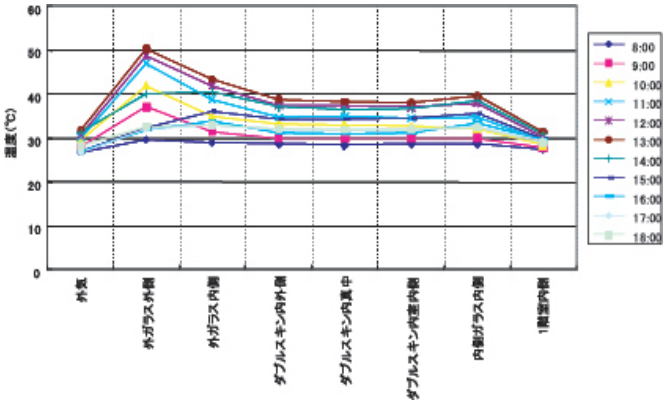
ダブルスキンは、外側を熱反射ペアガラス・内側を Low-E ガラスとし、視線を遮るブラインドは設置していない。キャビティ内は幅 1500mm の 1 階から屋上まで一体空間となっており、単独排気を行うことで内部結露や粉塵の侵入を最小限としている。ダブルスキン外側の青色熱反射ガラスは、周囲の緑や空を映し出すことにより建物ボリュームからくる威圧感を低減するとともに、自然採光による柔らかな光が降り注ぐ開放的なエントランス空間を実現している。また、夏期・中間期・冬期といった季節ごとに制御可能な方式を採用しており、計画時のシミュレーション結果とほぼ同等の設計意図どおりの遮熱断熱効果と保温効果を有している。



夏期南面ダブルスキン日射熱特性



ダブルスキン構成部位の温度特性 (夏期)

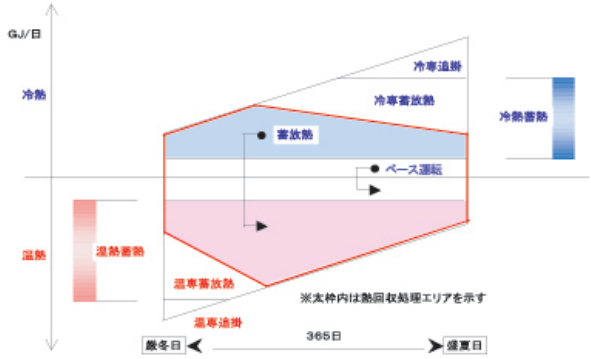


熱源空調システムの計画

- 熱の有効利用による高効率熱源システム -

熱源設備は、安全で環境負荷が小さく、高効率なシステムの構築を目指し、アンモニア冷媒空気熱源ヒートポンプチラー (熱回収仕様) と潜熱蓄熱槽を組合わせた蓄熱空調システムを採用した。熱源の運転は、年間ベース機運転および蓄熱運転を熱回収モードにて運転し、必要負荷熱量に応じて蓄熱利用・追掛運転を行う計画とした。

冷熱源と組合わせた蓄熱システムは、氷蓄熱を採用したことで負荷側の温度ポテンシャルを大きくとることが可能であり、ロバスト性を高め展示室・収蔵庫の温湿度の安定性を確保した。また、冷熱負荷の 38% を熱回収源として利用し、温水負荷の 97%（蓄熱 43%・追掛 54%）を熱回収でまかなうものとした。その結果、自然冷媒としては高効率の SCOP 2.55 を確保し、熱源系全体の夜間電力移行率が 70% となり、電力負荷平準化に貢献する結果となった。



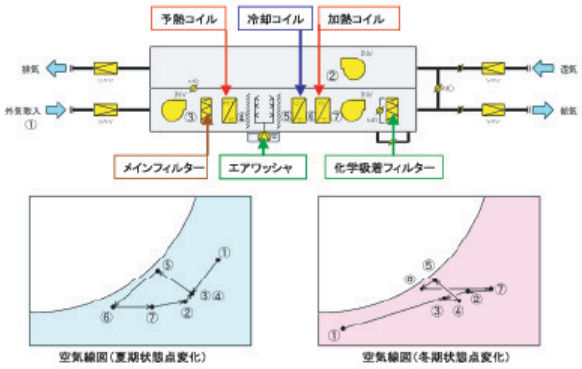
蓄熱と熱回収の熱負荷処理概念図

- 安全で良好な環境を確保する展示室・収蔵庫の空調システム -

展示室･収蔵庫の空調はエアワッシャ組込型空調機を採用した。エアワッシャは、水溶性汚染因子の効果的な除去、高価なケミカルフィルタの寿命延長、蒸気加湿による過加湿状況の防止、年間を通して制御性の良い冷水･温水コイルで恒温恒湿空調を実現できる、ブロー水は雑用水の熱源として利用できる等、様々な効果が挙げられる。展示室の空気質分析を行ったところ、エアワッシャ通過後の空気質が計測器測定限界値まで低減していることから、その有効性が確認されている。

また、夜間に空調を停止した状況での展示室・収蔵庫の温湿度変化は、湿度± 1℃・湿度± 5% 以内となっており、過度な変動なく良好な運熱環境が確保できていた。

以上のような省エネルギーシステムを採用することで、システムを導入しなかった場合に比べて、CO_2排出量・1 次エネルギー消費量とも 28% の削減効果が確認された。また、運用後の改善として、検証によるチューニングと収蔵庫・展示室の環境計測による空調機の運転時間見直し等を行い、開館当初と比較してエネルギー消費量をさらに 14% 低減した。



収蔵庫の空調システム