

JR熊本駅ビル

～ 自然を建築に取り込むチャレンジ～



JR熊本ビルでは、屋内外においていかに熊本らしい自然を建築に取り込むかにチャレンジし、それらの効果を可視化することを試みました。本プロジェクトが都市において身近な自然を感じることの重要性を再認識するきっかけとなり、今後多くの都市においてその地域らしい身近な自然を回復していくことを期待しています。

水 「水の国くまもと」を象徴する景観作り、阿蘇地域の特有の自然のエッセンスを取り入れることで、自然を都心の人々にもたらしめます。阿蘇湧水群をモチーフとした9階ホテル中庭の水盤から水の流れは始まり、8階から1階にかけては商業施設の中にガラスを伝う滝や石壁を伝う滝が3つあり、それらの水は見え隠れしながら最終的に高さ10mの滝に流れ込み、商業施設の印象的な景観となります。

音 熊本の名所である鍋ヶ滝をモチーフにした落差10m、幅10mの滝からその音は発生します。滝のダイナミックさを損なわず、かつ室内環境としての心地よい音環境をデザインしました。滝の音が壁面の素材や植物の吸音により制御されたことにより、来訪者が心地よく過ごせる環境音として立体庭園の各所で変化のある音のシークエンスを楽しめる体験を可能としました。

光 7層吹き抜けの立体庭園では、階段状にフロアを積層させることで自然光がトップライトから1階の滝つぼまで降り注ぐようデザインしました。立体庭園では、自然をリアルに体感できるように外の環境と呼应します。日中は自然採光に加えて植物育成用の照明を点灯することで太陽光が差し込むすがすがしい昼を表現、日没後は照度を抑え、落ち着いた夜の状態を表現しています。

緑 立体庭園の中には、実際に熊本の中の山の中に自生している植物が多く含まれます。植物は適切な場所を見つけることで、生き生きと成長します。植物が最適な育成環境を得られるように、自然光の多い場所には高木を配置し、高さ30mの石壁には自然光の差し込む場所に自然に緑がはたように緑化しています。

風 自然の風を積極的に取り込むため、中間には立体庭園の1階からトップライトへ風を導く換気口を設置し積極的に自然換気を行うことで空調エネルギーの低減を図ります。また、高さ10mの滝から発生する滝風は立体庭園全体の空気を動かします。特にエントランスのある1階では、植栽の揺れ動く景観と合わせて視覚的にも自然の風を感じることが出来ます。



建物概要

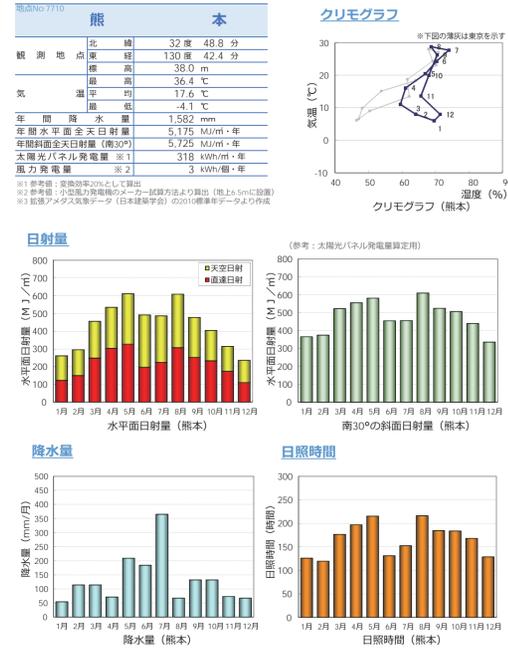
名称: JR熊本駅ビル
商業施設名: アミュプラザくまもと
ホテル名: THE BLOSSOM KUMAMOTO
建築主: 九州旅客鉄道株式会社
所在地: 熊本県熊本市西区春日
用途: ホテル、結婚式場、商業
敷地面積: 19,945㎡
建築面積: 13,869㎡
延床面積: 86,292㎡
階数: 地上12階、地下1階
高さ: 59.4m
竣工: 2021年2月
開業: 2021年4月23日

気象分析

気候特性

九州の中でも夏は蒸し暑く、冬は冷え込む地域。九州山地の西側にあるため、東シナ海からの暖かく湿った空気が入り込むため、大雨や集中豪雨が発生しやすい。平均気温は年々上昇しており、真夏日、猛暑日、熱帯者の年間日数も増えている。一方、冬日の日数は減っている。

拡張アメダスの標準年データを用いて分析を行う。

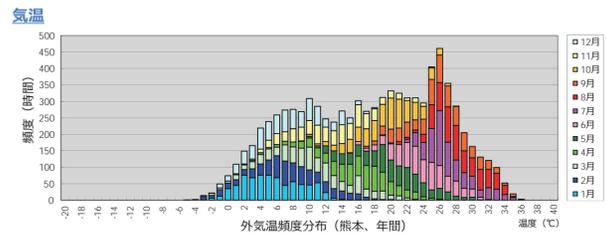


降水量と日射量

年間の降水量は梅雨時期に集中しており、直達日射の割合が天空日射よりも少なくなる。当然、日照時間も短くなる。しかし、その梅雨時期よりも12~2月における冬期の日照時間の方が更に少ない傾向がある。

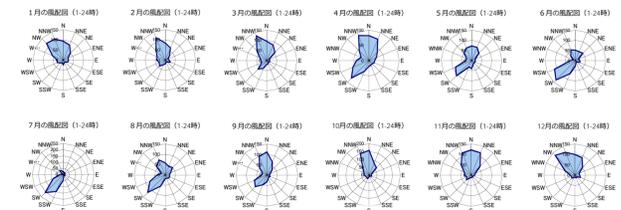
外気温と湿度

最高気温は36.4℃と高く、最低気温は-4.1℃で氷点下まで下がる。外気の温度湿度を空気線図上にプロットし、更に月別プロットを示す。室内との比エンタルピー差(26℃, 50%)は、8月はほとんど外気の方が高く自然換気には適さないことがわかる。一方中間期の5月や10月では、自然換気に適している時間が多いことも分かる。

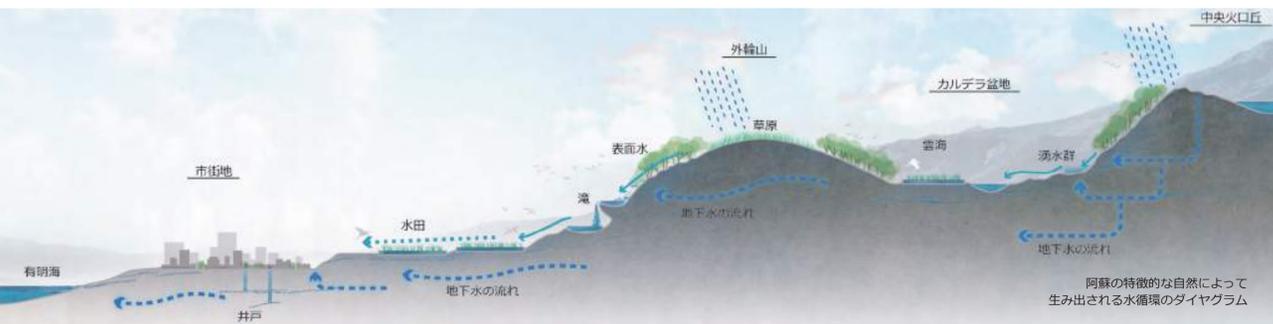
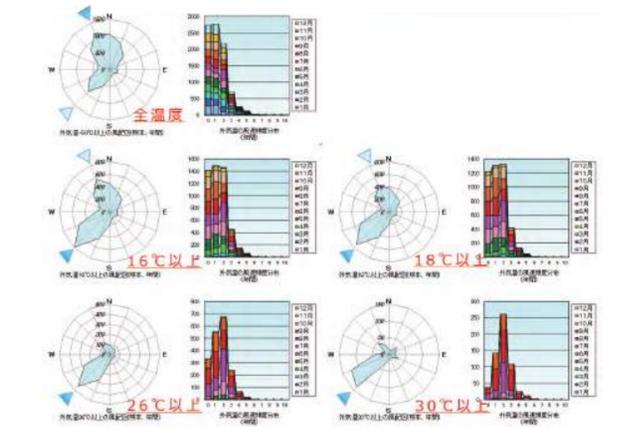


風向と風速

計画敷地の気象観測地点の風配図を月別に示す。10~3月の比較的気温の低い季節では、北寄りの風が卓越し、気温の高くなる季節では南西の風が卓越している。



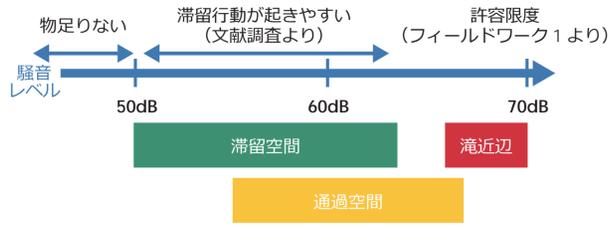
外気温と風配図の関係を下図に示す。すべての気温では、北北西と南西の風が卓越しているが、気温が16℃以上や30℃以上に絞って集計すると、気温が高くなるにつれ南西の頻度が高くなり、風速も速くなる傾向がある。



音

目標設定…文献調査とフィールドワーク

■音環境計画の目標
「自然の滝の音ダイナミックさの維持と快適性の両立」

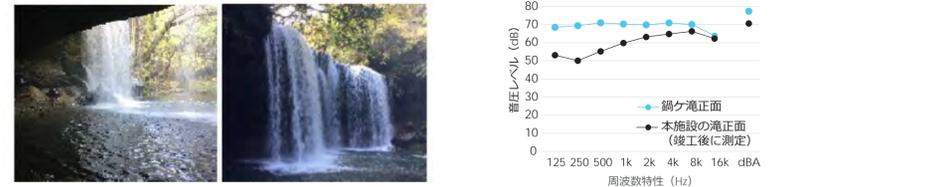


音環境計画の目標は自然の滝のダイナミックさの維持と快適性の両立であった。しかし、商業施設の中での騒音レベルの基準がないため、文献調査とフィールドワークにより施主とも感覚を合わせながら上記のように目標値を設定した。これらの目標値をクリアできるようにシミュレーションにより値を確認しながら設計を行った。

■フィールドワーク1 都内の滝のある施設の調査
滝の音の大きさはその形状によりさまざまで、近傍で約64~83dBであった。施主を含めた調査メンバー内で70dBであれば会話もできるため、許容限度として設定することとした。

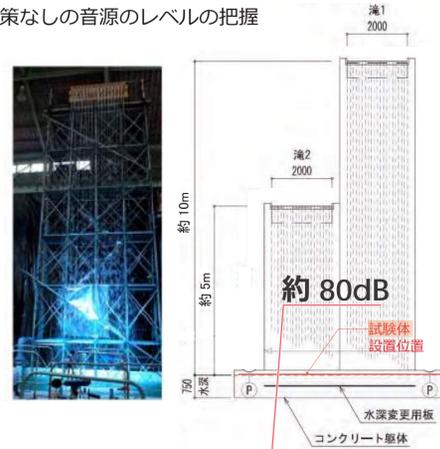


■フィールドワーク2 鍋ヶ滝の調査
実際の自然の滝は滝裏で約90dB、滝正面で約80dBであった。周波数特性はフラットで高音域から低音域までまんべんなく含まれていた。屋内の滞在空間の音環境としては低音域はやや抑えることが望まれる。



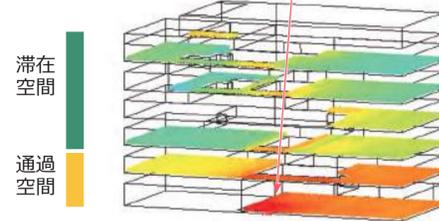
滝の音を制御するための計画

①対策なしの音源のレベルの把握



シミュレーション

①対策なし



この結果をシミュレーションに反映し、計画中の空間内に音源を配置したときに、空間にどのように伝搬するかを把握。

②滝の音量を下げる

■基準状態
高さ約10m、水膜20mm、対策なし

■各部の寸法と騒音変化量まとめ

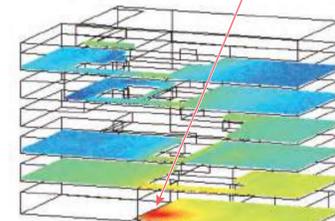
落下高さ	約5m	-2~3dB	採用
	約10m	基準	
水量 (吐水線の厚み) 竣工後も調整可	20mm	基準	水のエネルギーを減衰させるよう緩衝材を設置。緩衝材はモックアップ実験で最も効果の高かった立体網状構造体を使用。
	35mm	+2dB	
	50mm	+4dB	

■各対策の効果まとめ

試験体	変化量
A グレーチング	約 -1dB
B 立体網状構造体	約 -10dB

採用

②立体網状構造体設置



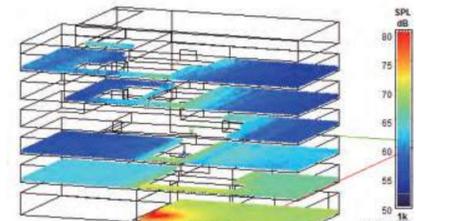
目標値に近づいたが、室内での反射による音の増幅により滝近傍で目標値をオーバーしており、また遠くまで音が伝搬してしまっている。

③内装に吸音材を適切に配置



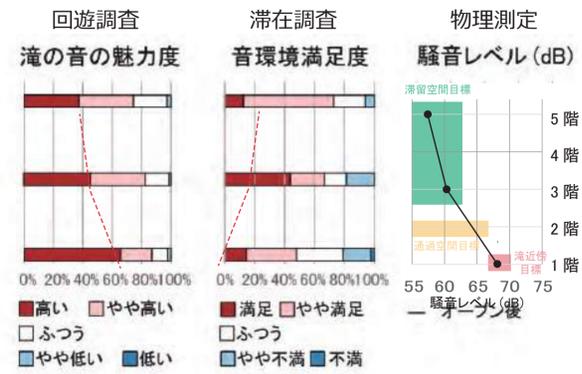
滝に近い天井ルーバー内のGWと壁面緑化の基盤により適度に吸音することで、3階以上の滝周りのカフェなどの滞在空間で目標値である50~65dBをクリアできるように計画した。

③吸音材を設置



吸音材を適切に配置することで滝近傍でのレベルも下がり、上階への音の伝搬も抑えることができ、各エリアで目標値が満足できることを確認した。

実測 + 主観印象評価



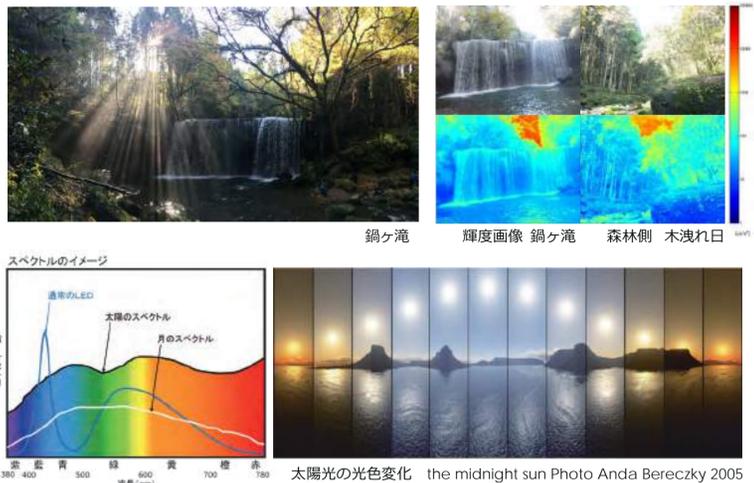
左のグラフからもわかるように、1階の滝近傍では滝のダイナミックさを維持したことで魅力度が増し、3階と5階では滞在時の音環境満足度が高い結果となっており、自然の滝のダイナミックさの維持と快適性の両立という設計意図が実現できたと考えられる。

光

目標設定

熊本県各所において環境計測を行い、各所の視察より、鍋ヶ滝の光環境を本施設の立体庭園に表現することを目標とした。表現するにあたって光のコンセプトは、下記3点に重点を置いた。

- ・光の質：自然光のスペクトルの再現
- ・光の量：こもれび、コントラストの再現
- ・光の変化：朝日から夕陽、月の光を再現



「水と緑の立体庭園」は北が窓面採光の主方位となり、午前中は直射の入る時間帯がある。北面採光とトップライトより安定した光環境を実現した。

立体庭園の光環境

立体庭園の年間代表日(夏至・中間期・冬至の8時~18時)の昼光シミュレーションを用いて算出した照度及び輝度分布により、空間の明るさのバランスを計画した。



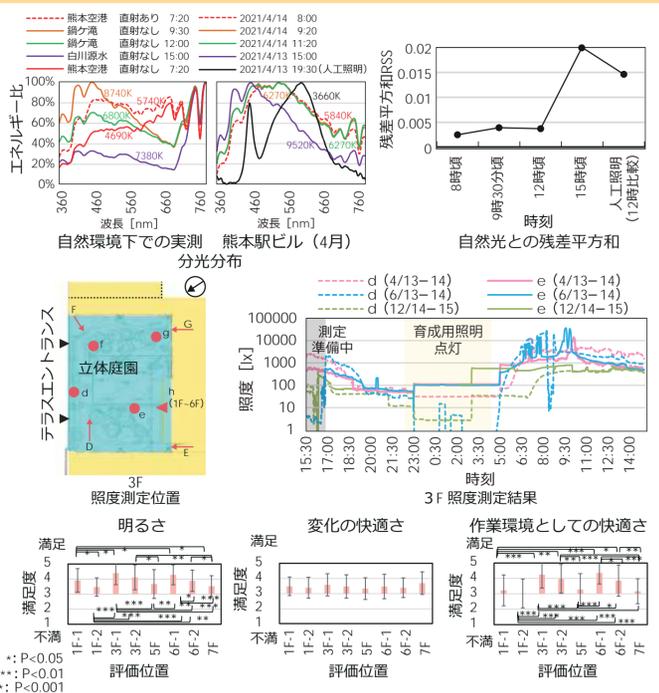
実測とアンケート結果

屋内にいながら自然を感じられる施設として、竣工した空間の実測とアンケート調査を行った。明るさ、変動、作業環境評価ともに高い評価が得られ、積極的な自然採光により、満足度の高い環境を創出できたことが示された。

・「光の質」分光分布より、自然環境下と赤色成分の差は少ない。自然光との残差より、午前中は自然光に近い環境であることが確認された。

・「光の量」照度より、3Fの滞留空間について、朝方は直射が入るため、照度変動が激しいが、10時以降は天空光のみとなり変化は穏やかになる。冬至以外は窓際、室中央部にて1000lx~2000lx程度の照度がある。いずれの季節においても設計時のシミュレーションと同様の結果となった。

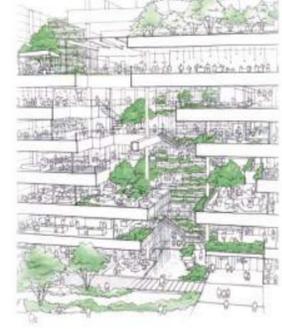
・「光の変化」被験者評価より、色温度・照度ともに緩やかな変化がみられる。被験者による印象評価において、屋内で感じる光の変化を快適と感じている結果が得られた。



緑

樹木の計画

立体庭園の高木計画は、シミュレーションにより、適度にばらつきがあり、日射も受けられる配置を探索した。

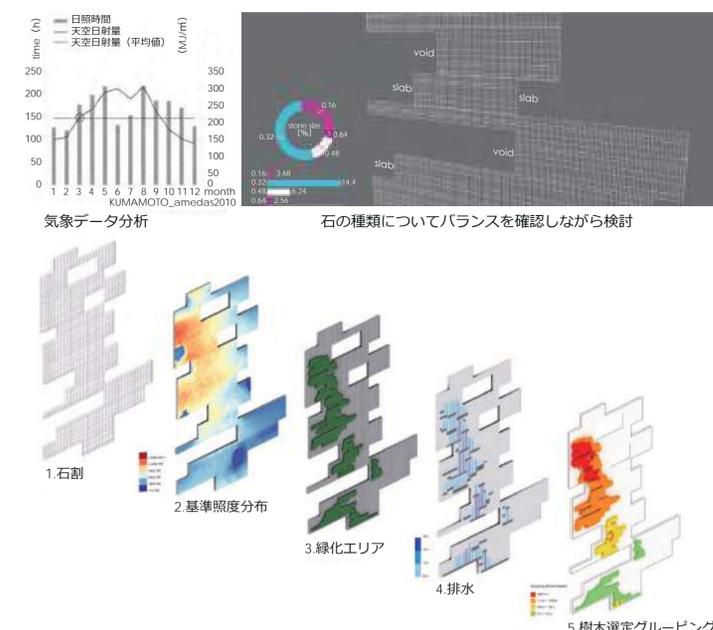


↑比較的高木の配置にばらつきがあり、照度も高い位置が今回の立体庭園の空間に最適な解と考えられる。
高木の最適配置：樹木が受ける日射エネルギーと配置集中度のバランス

植物が岩肌に自然に繁茂して見える配置計画

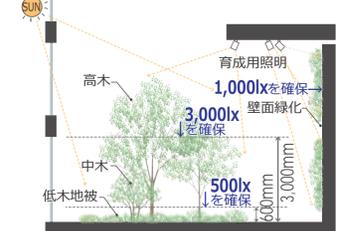
壁面緑化についても太陽光を配置計画に最大限活用する目的で、シミュレーションを用いたパラメトリックモデルを作成し設計者と共有しながら有機的な緑化デザインを検討した。緑が上階へ繋がっていくようなデザインを目指した。

1. 石の荷重や施工性を考慮したうえで、岩肌らしくランダムに見える石割を作成
2. 代表日(春分の日)の照度分布を7時から18時まで計算し、中央値の照度で分布を作成しこれを植栽選定の基準照度とした。
3. 緑化エリアは、各フロアの面積比を考慮しつつ、基準照度値の高いエリアを緑化することで、自然光がよりあたる場所に緑化を行った。この際に緑化パネルと植栽の配置ルールもシステム化した。
4. 排水計画については、緑化パネル種の関係が3m以下となるように、種が計画されるシステムとなっている
5. 植栽選定のために基準照度より植栽郡のグルーピングを行った。

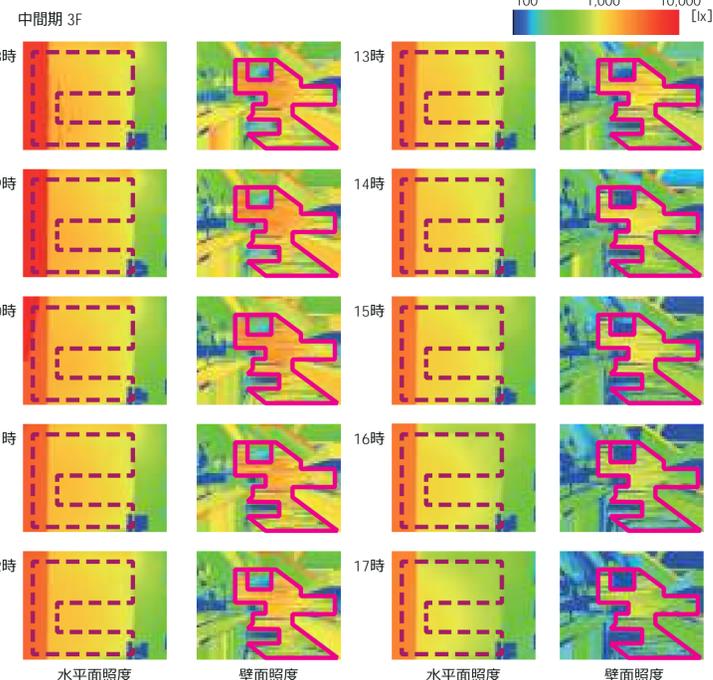
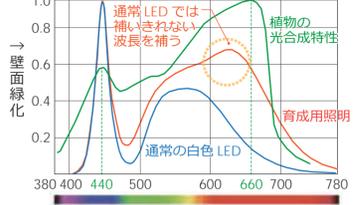


育成用照明計画

年間の照度シミュレーションを用いて、樹木高さの水平面照度(FL+3m)と壁面緑化部の鉛直面照度を確認し、不足分について夜間の育成用照明を計画した。



植物の光合成特性の高い波長を含む育成用照明器具を採用した。



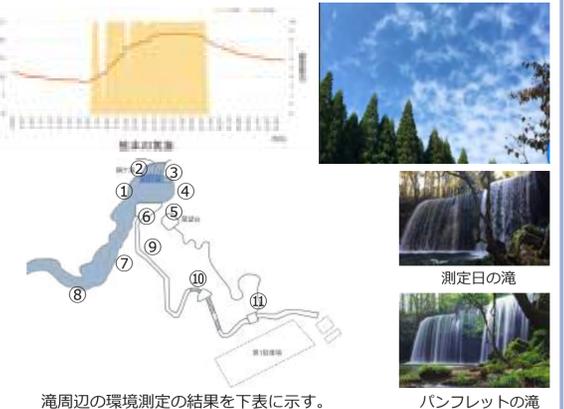
風・熱

現地視察 (計画phase)

室内に取り入れる滝による温湿度の調査を行う。また、温熱環境に影響する放射環境についてもサーモカメラを用いて評価を行う。

測定日の2017年11月1日、午前中に雲がかかっている時間もあつたが、雲の少ない晴天日。

鍋ヶ滝は測定日前日に雨が降ったこともあり水量が多く、滝周辺では大量の水しぶきが発生していた。商業施設の室内空間ではNGとなるため、滝から流す水量に配慮が必要と思われる。また、滝からの放湿量にも影響があるため、水量は重要なパラメーターと考える。



時刻	9:06	9:11	9:16	9:20	9:23	9:27	9:38	9:44	9:49	9:54	10:04	10:09
観測	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇	曇
気温 [℃]	8.5	8.9	9.5	9.7	8.9	8.5	9.5	9.4	10.0	10.0	12.1	12.7
湿度 [%]	73.7	69.6	67.2	69.7	69.4	67.7	68.5	69.0	68.0	68.9	64.5	64.5
風速 [m/s]	0.57	0.63	1.11	1.73	1.36	0.35	0.09	0.2	0.2	0.26	0.32	0.32
風向 [°]	18.5	11.0	8.7	18.7	12.3	8.7	4.4	1.8	10.2	10.8	18.1	18.1
降雨 [mm]	1.0	1.7	1.81	1.84	1.75	1.58	1.02	0.49	1.70	0.59	0.59	0.66
露点 [℃]	12.1	15.9	14.0	13.7	14.7	17.0	17.2	17.3	17.8	17.9	19.1	21.3
放射 [W/m ²]	220.24											
可視放射												
放射照度												

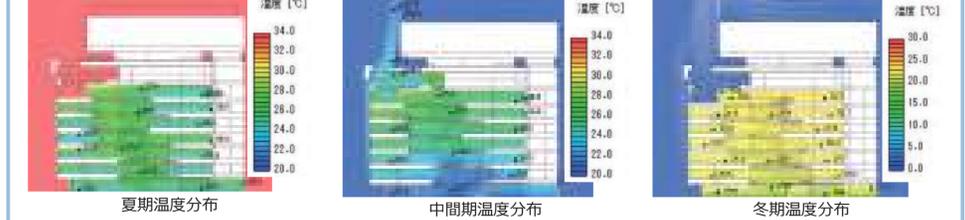
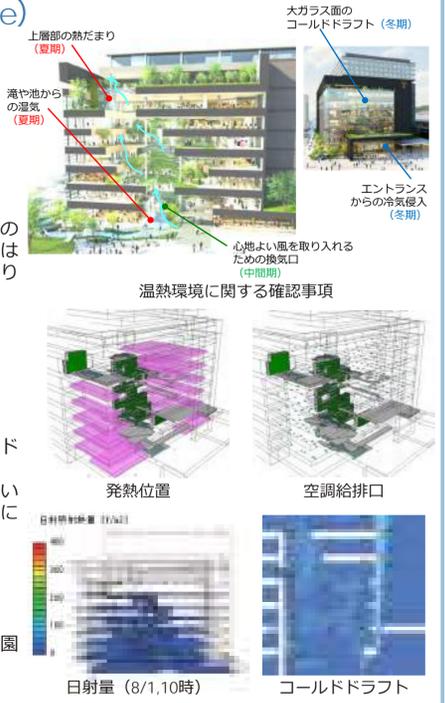
温熱環境シミュレーション (設計phase)

立体庭園における温熱環境予測をCFDを用いて行った。設計初期段階では、テナント未確定のため適当に条件を与えている。

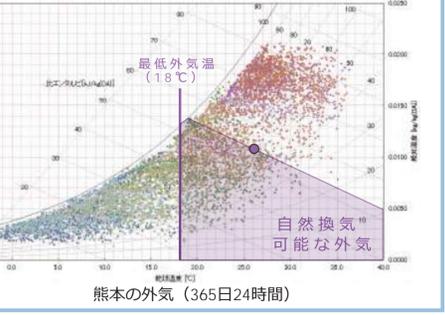
夏期
 確認事項: 熱溜まり除去、滝周辺の湿度
 解析条件: 日射は8月1日10時、外気温35℃
 居住域26℃設定、植栽の育成照明も考慮
 解析結果: 営業開始時刻10時の日射は、トップライトからの日射が侵入するが、空間全体としてはインパクトは小さいため、懸念していた立体庭園上層部の熱溜まりは発生しない。居住域も26℃以下となっていた。

冬期
 確認事項: 大面積ガラス面のコールドドラフト
 風除室からの侵入冷気
 解析条件: 日射はゼロ、外気温 0℃、居住域22℃設定
 解析結果: ガラス面のコールドドラフトの状況を確認。LowEガラスと梁によるガラスの分断でコールドドラフトは発生しにくい。空調することで1階エントランスでも22℃に近い温熱環境となる。但し、エントランスの開閉頻度により隙間風が増えることを示唆した。

中間期
 確認事項: 自然換気口の位置や面積
 解析条件: 日射は夏至10時、外気温18℃
 居住域26℃設定、植栽の育成照明も考慮
 解析結果: 1階エントランス付近から外気を導入し、立体庭園上層部から排気することを確認。シミュレーション条件から若干変更される。



自然換気の省エネ効果
 卓越風2風向の換気量と風向発生頻度より開口時の換気量は75,000m³/hと算出。外気温19℃以上28℃未満、室温26℃50%の比エンタルピー差では負荷削減量は836GJ/年が期待できる。



実測 (運用フェーズ)

温熱環境測定を各シーズンで行った。

2021年4月(竣工前)
 ・ 竣工前による事前調査。テナント入居は全て終わっておらず、空調運転もしっかり行われていなかったため、参考値である。
 ・ 滝からの風が想像以上に吹いている。

2021年6月(中間期)
 ・ 最高気温30℃を超えていたため、自然換気は行っていない。
 ・ 1階滝の温度は21℃まで下がり最高湿度は85%となる。一方、通路等は22℃、55~70%。
 ・ 測定中、「涼しい」という言葉が聞こえた。

2022年8月(夏期)
 ・ 外気30~33℃、晴天。
 ・ 滝近傍は23℃程度まで下がり、外気とは温度近い温度があり、涼しい空間で来訪者を迎えることができる。
 ・ 滝周辺湿度は80%程度まで上がるが、通路等では55-65%まで下がる。

2021年10月(中間期)
 ・ 外気18~24℃で自然換気を実施したが、計測器の不備で自然換気量の提唱評価はできていない。
 ・ 2022年に実施予定。(現在計測中)
 ・ 1階滝周辺は17~18℃、最高湿度61%。
 ・ 1時間に5分間は滝を停止しているが、停止時は21℃、50%となり、滝による冷房効果を確認。

2021年12月(冬期)
 ・ 1階滝周辺温度は、14~17℃となり外気温よりやや高く、通路として温熱環境としては大きな問題はない。
 ・ 水温14℃の滝からの風は、水温より下がることはない。
 ・ エントランス付近の通路では、外気の侵入で滝近傍よりも低くなることもある。

マイナスイオン(参考値)
 ・ 滝の効果を評価するため、マイナスイオンの量を計測した。
 ・ 措定通り、滝近傍ではタマイナスイオンは12,000、1階通路6,300、2階2,400、3階1,000、4階以上は500程度となり滝近傍は一般的に癒し効果のあるマイナスイオンが高い。

滝シミュレーション (将来対応)

3階高さからの滝は、落下幅(W=9470[mm])から粒子をほぼ均等に落下させることで滝をモデル化した。滝からの放湿は、気液界面からの水の蒸発も考慮している。蒸発潜熱も考慮。
 滝壺に落ちた水が空間内に攪拌される傾向があったため、滝の落下位置に首の緩衝材として設置している物性値を実測値に合わせるためのチューニングを行った。

滝の稼働前は定常計算を行い、稼働開始からは非定常計算である程度安定するまで計算を行う。本条件ではある程度安定した180秒後を稼働時の結果としている。

滝近傍では、気温が下がり湿度は上がり風が速くなる。



測定時期

測定月	測定期間	外気		水盤		滝近		通路		備考
		T [℃]	RH [%]	T [℃]	T [℃]	RH [%]	T [℃]	RH [%]		
4月	2021.4.13-14	16-19	36-50	15-16	16-19	60-82	17-19	41-70	竣工前	
6月	2021.6.22-24	29-31	40-51	19-20	21-22	78-85	22-23	64-71	中間期	
10月	2021.10.19-21	18-24	38-50	17	17-19	61-77	18-20	42-60	中間期	
12月	2021.12.13-15	10-13	38-46	14-15	14-17	32-64	13-16	34-48	冬期	
5月	2022.5.16-23	18-28	20-50	18	19-21	-	20-21	55-65	中間期 (定常計測のみ)	
8月	2022.8.22-24	30-33	50-65	21-22	23-24	70-80	24-26	60-70	夏期	

2021年6月の温度推移
 ・ 冷房効果を目的に水温調整を行っているが、水温は18℃程度で一定に推移している。
 ・ 滝近傍で除湿対策として、滝の比較的近くで40℃で低温な空気を給気している。

