JR 熊本駅ビル内のバイオフィリック熱環境に関する研究

楊　賢テツ

1. はじめに

一般的に人間には本能的に「自然を好む性質＝バイオフィリア」が備わっている。室内に植物、自然の音、など自然との結びつきをもたらす要素を取り入れることにより、精神的な回復をもたらす上に、人間の幸福度、生産性、創造性が高まる効果があると検証されている [1)]。

JR 熊本駅ビルではバイオフィリック・デザインが組み込まれた屋内立体庭園が設けられている。それにより施設利用者に精神的な幸福を向上させる機能があるが、温熱環境に関して調査を行う必要がある。

本研究では、対象建物の屋内立体庭園を中心とした温熱環境を検証・評価することを目的に、実測調査とアンケート調査によって温熱環境の実態把握と利用者の温熱感覚の調査を行う。

2. 対象建物

対象建物の内観と断面を図 1 、図 2 に示す。研究対象となる屋内立体庭園は 9 階にある水盤を起点とし、立体庭園の最上階である 7 階にガラス壁泉を設け、3 階から地上階へ落ちる幅 10m、高さ 10m の滝と数十種類の植物を有する階段形状の吹き抜けで構成される [2)]。

3. 実測調査による温熱環境の実態把握

3.1 実測調査の概要

調査時の気象条件と滝の水温、流量を表 1 に示す。屋内立体庭園全体の温湿度分布を把握するため、滝および吹き抜け周辺の空気温度、相対湿度の測定を行った。放射環境計測のため、滝とガラス壁泉による影響が比較的に大きい 1 階と 7 階に計測点を設け、サーモカメラと魚眼レンズを用いて 6 方向（上下面、水平 4 方位）の撮影を行った。撮影高さは目線高さである約 1.5 m とする。魚眼写真による形態係数と熱画像から MRT（平均放射温度）を算出し、放射環境の検証を行った。温熱環境の評価方法として PMV を用いる。

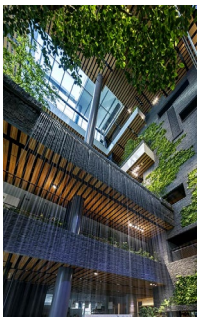


図 1　滝とガラス壁泉 [2)]

図 2　対象建物の断面 [3)]

3.2 実測調査の結果と考察

3.2.1 中間期

図 3 に 1 階、7 階の計測点と外気の温度、相対湿度、絶対湿度を示す。滝が停止する際に 1 階計測点の温度が約 1℃上がり、相対湿度が約 13%下がり、絶対湿度が 1.5-2.0kg/kg(DA)下がる。一方、7 階計測点の温度と湿度は滝の停止による明確な変化がない。滝が建物上階の温熱環境に及ぼす影響が顕著でないと確認できた。

図 4 に形態係数を示す。1 階計測点における滝の形態係数が小さいため、放射環境への影響が小さいことが予想される。7 階計測点における魚眼画像には滝と 1 階水面が写らず、ガラス壁泉の形態係数も小さいことにより、7 階計測点の放射環境は滝と水面から直接的な影

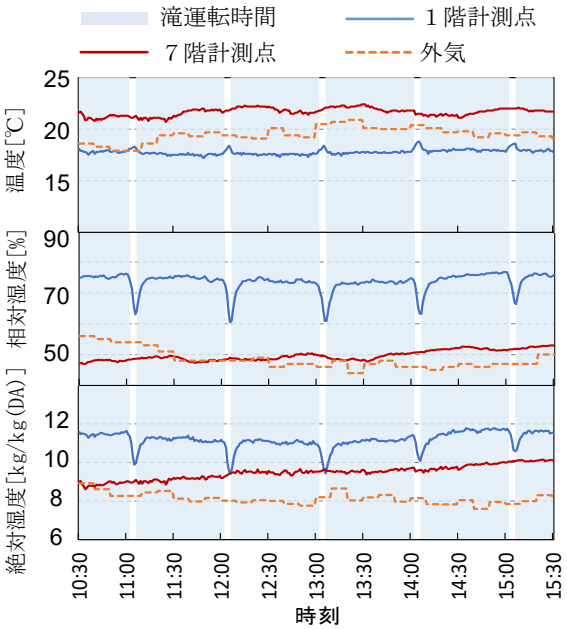


図 3　屋内環境の経時変化

表 1　調査時の気象条件と滝の水温・流量（平均値）

		天気	外気		滝	
			温度[℃]	相対湿度[%]	水温[℃]	流量[㎥/h]
中間期	2021年10月20日	曇り	19.5	48.4	16.2	106.1
	2021年10月21日	雨	16.2	67.6	16.3	106.8
冬期	2021年12月14日	晴れ時々曇り	11.9	47.1	14.3	66.6

響を受けず、ガラス壁泉の影響も小さいと考えられる。

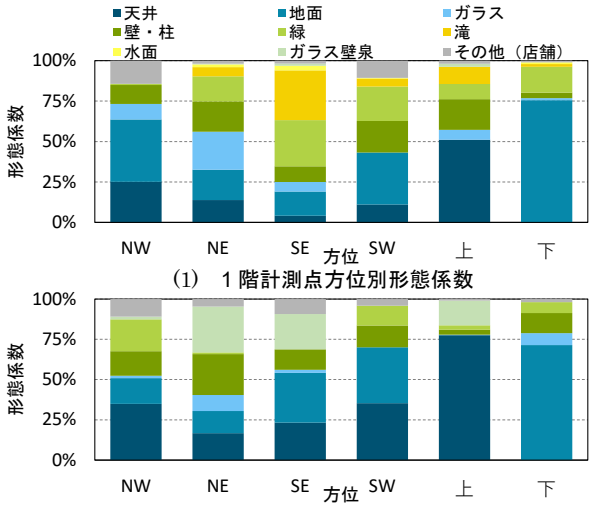
図 5 に熱画像を用いて算出した各計測点の MRT 計算結果を示す。二つの計測点の MRT が空気温度より高いという結果が示されている。1 階計測点の MRT が 7 階計測点より約 2.7℃低く、その温度差を生み出した原因は主に天井による熱放射であると確認できた。

表 2 に各計測点における PMV の計算結果を示す。1 階計測点においては寒い、7 階計測点においてはやや涼しいという結果が出た。1 階計測点における PMV が低いのは、風速の影響が大きいためと考えられる。

3.2.2 冬期

図 6 に 1 階計測点、7 階計測点および外気の温度、相対湿度、絶対湿度を示す。滝が一時間停止するたびに 1 階計測点における温度が約 1℃上がり、相対湿度が約 25%下がると見られる。一方、7 階計測点の温湿度は滝の運転状況により明確な変化を伴わない。

滝運転時と停止時の 1 階計測点と 7 階計測点それぞれの MRT 内訳を図 7 に示す。滝の運転状況により 1 階計測点における MRT は 0.77℃の差が生じ、7 階計測点における MRT は 0.11℃の差が生じる。7 階計測点より 1 階計測点の MRT が滝の停止によって上昇したが顕著ではない。滝の運転は建物の上階の MRT にほぼ影響せ



(1) 1 階計測点方位別形態係数

(2) 7 階計測点方位別形態係数

図 4 方位別形態係数

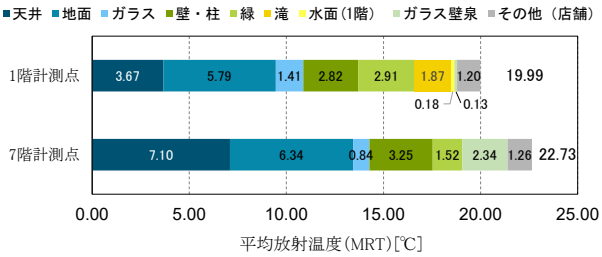


図 5 MRT の内訳

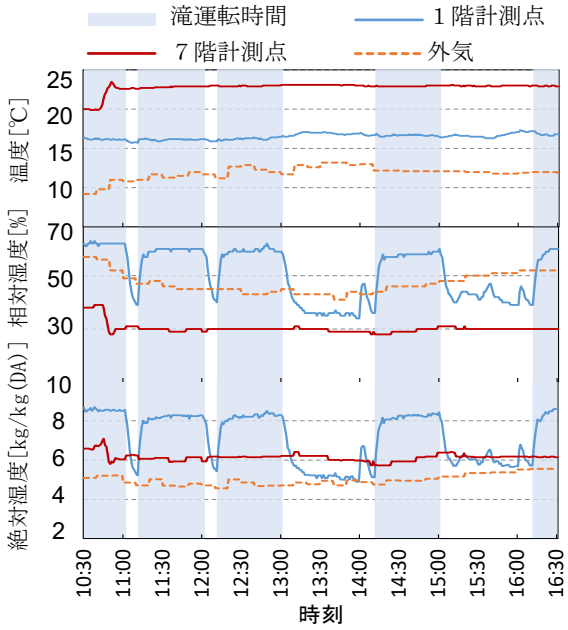


図 6 屋内環境の経時変化

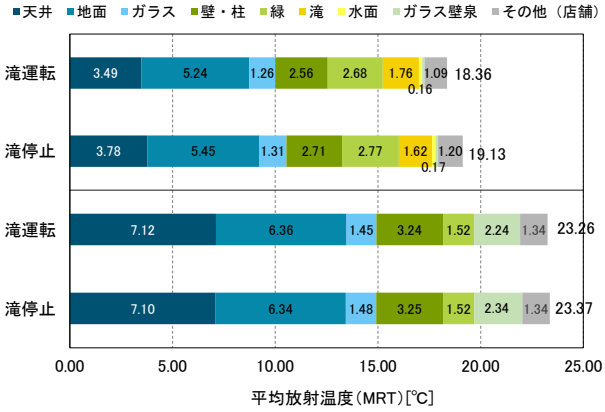


図 7 MRT 内訳(上：1 階計測点、下：7 階計測点)

表 2 中間期 PMV 計算結果

計測点位置	乾球温度[℃]	放射温度[℃]	相対湿度[%]	風速[m/s]	着衣量[clo]	活動量[met]	PMV[-]
1階計測点	17.75	19.99	73.61	1.20	0.75	1.10	-2.97
7階計測点	21.00	22.73	49.50	0.15	0.75	1.10	-0.77

表 3 冬期 PMV 計算結果

	計測点位置	乾球温度[℃]	放射温度[℃]	相対湿度[%]	風速[m/s]	着衣量[clo]	活動量[met]	PMV[-]
滝運転中	1階計測点	16.18	18.26	56.42	0.59	1.10	1.10	-2.79
	7階計測点	22.93	23.51	29.61	0.15	1.10	1.10	0.06
滝停止中	1階計測点	16.79	19.13	35.67	0.26	1.10	1.10	-1.40
	7階計測点	22.97	24.42	29.73	0.15	1.10	1.10	0.16

ず、滝の周辺部分にも大きく影響しないと考えられる。

表 3 に各計測点における PMV の計算結果を示す。滝運転時、1 階計測点においては寒い、7 階計測点においては快適である。滝の停止に伴い、二つの計測点における PMV が上がり、特に 1 階計測点において風速が下がり、PMV が大幅に上がったことが確認できた。

4. アンケート調査による利用者の温熱感覚の把握

4.1 アンケート調査の概要

屋内立体庭園の温熱環境と利用者が実際に得ている温冷感や快適感の関係性を明らかにすることを目的とし、アンケート調査を行った。滝を中心として、1 階に計測点 1-1 と 1-2、3 階に計測点 3-1 と 3-2、5 階に計測点 5、6 階に計測点 6-1 と 6-2、7 階に計測点 7、計 8 つの計測点を設置した。8 名の被験者は 8 ヶ所を順番に入れ替わりで同時刻では 1 ヶ所に 1 人配置した。アンケート調査中、被験者は椅子に座り、スマホ操作、PC 作業程度の活動を行っていた。

中間期調査では、25 分間で 10 分おきに 3 回のアンケートの記入を行った。調査は 2 日間行われ、実施時間を 10:30～12:30、13:30～15:30 とし、計 384 回答を集めた。

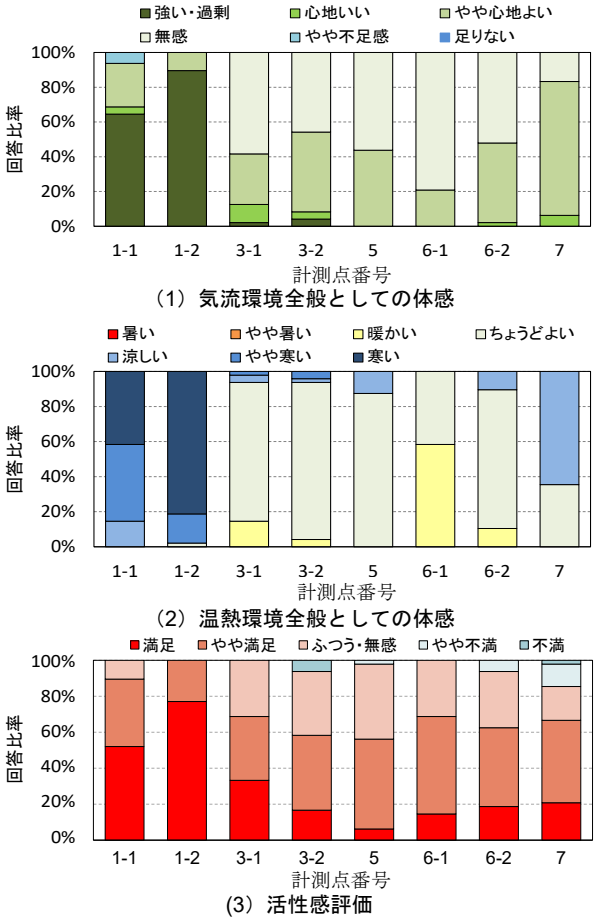
冬期調査では、一箇所につき 10 分間滞在し、アンケートの記入を行った。調査は一日のみ行われた。実施時間は 10:30～11:30、12:30～16:30 であり、計 160 回答を集めた。滝が停止する際の温熱感覚と比較することを目的とし、冬期調査では 13:00～14:00、15:00～16:00 を滝の運転停止時間帯として設けた。

4.2 アンケート調査結果と考察

4.2.1 中間期

図 8 にアンケート調査の集計結果を示す。図 8(1)から、5 階から 7 階の計測点においては気流環境が「やや心地よく」、3 階点においては気流感をやや感じ、1 階計測点では「強い冷射感」を感じることを確認した。図 8(2)に示すよう、3 階から 6 階の計測点においては快適性が良く、7 階計測点においてはやや涼しいと感じ、1 階計測点においては「寒い」と感じる。図 8(3)により、全ての計測点における活性感評価の 50%以上が「満足」と「やや満足」であり、1 階計測点の満足度が一番高いと確認できた。

1 階計測点特に計測点 1-2 において強い気流感を感じ、寒く感じるのは滝と建物の出入り口による気流が原因であると考えられる。一方、活性感評価の面では 1



(1) 気流環境全般としての体感

(2) 温熱環境全般としての体感

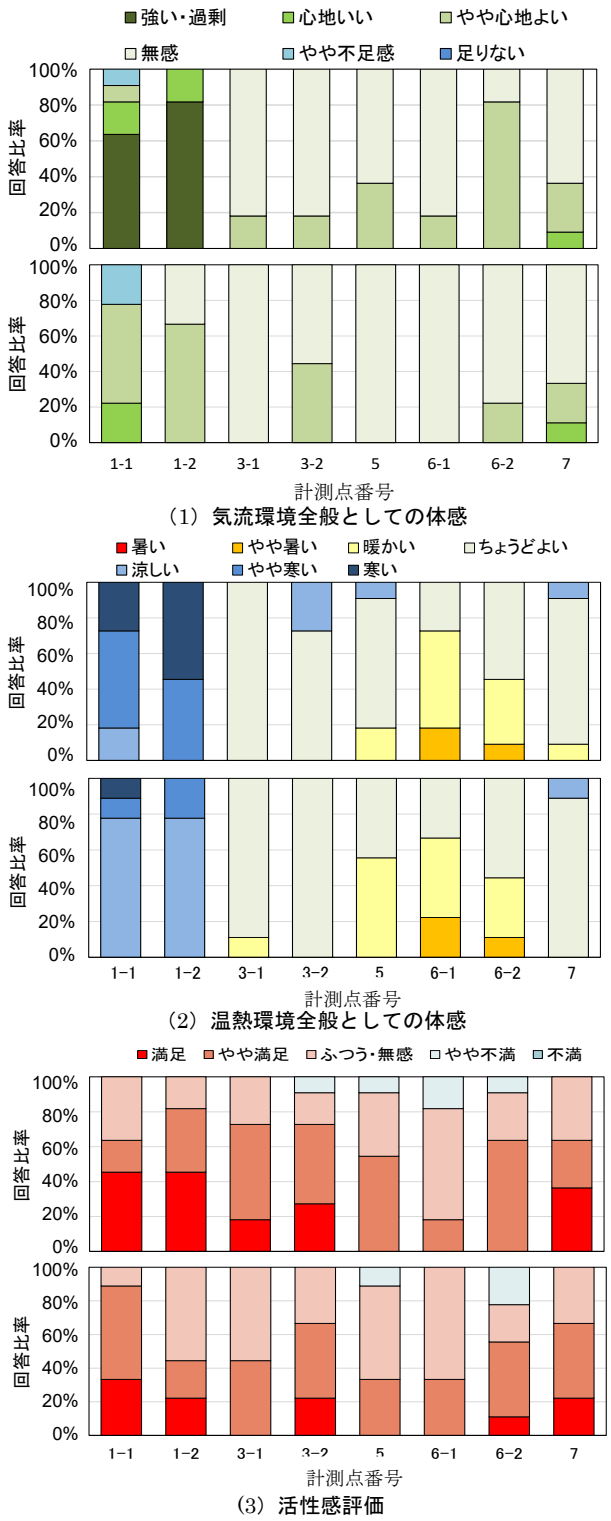
(3) 活性感評価

図 8　アンケート調査結果

階計測点が最も高く評価され、バイオフィリック・デザインの一部として取り入れられた滝が施設利用者の幸福感を向上させるという心理的効果が確認された。7 階において 6 階より少し気流感が強く、涼しく感じる理由として、7 階にダクトを設けている自然換気システムが稼働していることが考えられる。

4.2.2　冬期

図 9 に滝運転時と滝停止時それぞれのアンケート調査の集計結果を示す。図 9(1)に示すよう、滝運転時では 1 階における気流感が特に強く感じる。他の階における回答のほとんどが「無感」または「やや心地よい」である。滝の停止により全体的に気流感が弱まった傾向が示されているが、1 階計測点の気流感が特に大幅に弱まったと示されている。図 9(2)に示すよう、上階の方が暖かく感じ、1 階滝周辺ではやや寒く感じる傾向がある。滝の停止により 1 階計測点での「寒い」という回答数が大幅に減り、78%の回答が「涼しい」となった。図 9(3)により、全体的な活性感評価が高いが、1 階滝周辺の満足度が最も高く、その次が 7 階ガラス壁泉近くの計測点である。滝の停止により活性感評価が全体的



（1）気流環境全般としての体感

（2）温熱環境全般としての体感

（3）活性感評価

図 9　アンケート調査結果

（上：滝運転時、下：滝停止時）

に下がり、特に滝正面に位置する計測点 1-2 において明らかである。

温熱環境の面では 1 階滝周辺においては寒く感じ、上階に行くほど暖かくなる傾向が示されている。一方、滝の音や動的な水など自然の要素が感じられる場所の活性感評価がより高いという結果も出ている。

5. まとめ

実測調査結果により、中間期と冬期での計測値は異なったが、同じ傾向が示されている。1 階計測点の温度が外気に近く、湿度と共に滝の運転状況によって明らかに変動する。滝近傍では比較的に寒く感じ、滝による影響があると確認できた。一方、7 階計測点の温湿度は滝による影響がほぼない。形態係数と MRT により滝が 1 階の放射環境に及ぼす影響が小さく、上階の放射環境への影響がほぼないと明らかになった。滝周辺の PMV が低く、寒く感じるが、滝の流量を減らすことで風速が弱まり、温熱環境が改善されることが確認された。

利用者の温熱感覚に関して、7 階計測点は自然換気システムによる影響を受けているが、全体的に上階に行くほど暖かく感じる傾向がある。滝近傍では比較的に強い気流感を感じ、寒く感じるが、活性感評価が高い。

実測調査とアンケート調査による結果がほぼ一致している。滝の水から直接的な影響を受けない 3 階以上の空間においては快適である。一方、対象施設のバイオフィリック・デザインの一部とする滝による心理的効果が大きいが、それに伴って周辺の気流感が強くなり、温度が下がることは必然的である。改善するためには滝の流量を少なくすることや滝の停止時間を多く設けることが挙げられる。一方、滝周辺においては長い時間の滞在が想定されないため、屋内立体庭園全体の温熱体感には大きく影響しないと考えられる。

6. むすび

対象施設内の立体庭園の中間期と冬期における温熱環境を評価するために実測調査とアンケート調査を通して実際の温熱環境の把握と利用者の温冷感の分析を行った。屋内立体庭園の温熱環境は全体的に快適であるが、対象建物はバイオフィリック・デザインに取り組んでおり、室内にいながら自然環境を感じるよう設計されているため、中間期と冬期において 1 階滝周辺における温熱環境は寒いと感じる結果になった。

今後は夏期にも調査を行い、さらに滝環境のシミュレーション再現を行い、年間の温熱環境の解析・評価を行う必要がある。

【参考文献】

1) Human Spaces: 世界中の職場における、バイオフィリックデザインが与える影響，2015
2) ㈱日建設計ホームページ <https://www.nikken.co.jp/ja/news/news/2021_06_03.html>　2021 年 12 月 6 日 アクセス
3) ㈱大林組ホームページ <https://www.obayashi.co.jp/thinking/detail/project66.html>2021 年 12 月 6 日 アクセス