

都市内噴水の周囲に形成される温熱環境調査と それに基づく設計手法

近藤 洋介¹⁾, 堀越 哲美²⁾

¹⁾(株) 総合庭園研究室, ²⁾名古屋工業大学大学院

Measurement of thermal environment formed around fountains in urban area and proposing the design method based on it

Yohsuke KONDOH¹⁾, Tetsumi HORIKOSHI²⁾

¹⁾SOGO TEIEN Co.,Ltd., ²⁾Graduate School of Eng., Nagoya Institute of Technology.

Abstract: The objective of this paper is proposing the design method of fountains based on the survey of its cooling effect. The measurement of thermal environment was conducted around fountains located at parks in an urban area. In downwind of the fountain, it was confirmed that cool effect and humidifying by water spraying were appeared in air temperature and wet-bulb temperature distribution. The configuration of fountains cooling neighbor space by controlling water spouting to wind direction was proposed.

Key words: fountain, heat island, water spraying, cooling, air washer

要旨: 本論文は、都市内噴水の周囲に形成される温熱環境を調査し、その結果得られた知見に基づき噴水の設計手法について提案することを目的とする。考察により、噴水の風下では水噴霧と同様の加湿冷却が行われていることが確かめられた。これを基に、風向に合わせて水の噴出を制御し、空間全体を冷却する噴水の設計手法を提案した。

キーワード: 噴水、水景施設、ヒートアイランド、水噴霧、エアワッシャー

1. はじめに

近年、日本の都市部は、緑地・水辺など自然の循環系が少なく、アスファルト舗装などで被覆された地表は保水性が非常に低い。ゆえに蒸発の潜熱が少ないため、日射の入力放射の大部分は顕熱と長波放射となり、また蒸発による湿度上昇が乏しい(近藤純正, 1994)。つまり、都市部では暑熱化・乾燥化が進行し、不快な温熱環境及び空気環境が形成されている。これに対し、緑地や水辺といった自然の力を利用し、マクロな視点から都市環境を改善しようとする動きの中で、さらに人々に密接したミクロな視点から快適な環境を創出していく必要がある。そのような背景で、水景施設、とりわけ噴水は水の蒸発散による冷却効果、加湿効果が高いと考えられ、都市環境を改善するために有効であることが期待される。

本論文では、噴水の周囲に形成される温熱環境を調査し、その結果得られた知見に基づき噴水の設計手法について提案することを目的とする。

2. 方法

本論文は実地観測によるデータを利用した。観測地の選定においては、名古屋市内の都市部でヒートアイランドが報告されている地域(菊池ら, 2005)を候補とした。その中でも中区久屋大通公園内では特徴の異なる噴水広場や、噴水のない広場が近接しており、その影響を比較考察しやすいと考え、この公園を観測地とした。

観測日時は2007年8月9、10日の早朝、日中、夜間であり、早朝において噴水は停止していた。観測項目は気温、湿度、風向・風速、日射量、表面温度とした。

図1に観測地の平面図及び観測点を示す。観測は定点観測と徒歩による移動観測によって行い、これらの観測にはアスマン通風乾湿計を用いた。また①から⑩の位置に温湿度計測ロガー(以下ロガー)を各地点に3個固定したポールを設置した。これらのロガーは地上から高さ10cm、80cm、150cmに固定した。

観測対象となる噴水は「希望噴水」と「エンゼル噴水」であり、データ補正の基準となる定点は地表面を草で覆われた「愛の広場」とした。図2には各噴水の

立面図を示す。図に補足して、希望噴水は円形の縁石内に水を溜めているが、エンゼル噴水では噴出した水は地下に流下する。

また、各噴水および広場の特徴を表1に示す。総吐出量とは、噴水の各ノズルから噴出される水量の総和である。水噴出領域とは、水が噴出されている領域の外縁を結び面積を計算したものである。これらのデータから、1㎡当たりの水噴出量を水噴出密度として計算した結果、希望噴水はエンゼル噴水の約4倍の水噴出密度となった。図1より希望噴水は主に噴水中央の1箇所から水が噴出するのに対し、エンゼル噴水は広場に分散して12箇所から噴出する。これと水噴出密度を考慮し、本論文では希望噴水を一点集中型、エンゼル噴水を分散型の噴水と定義する。

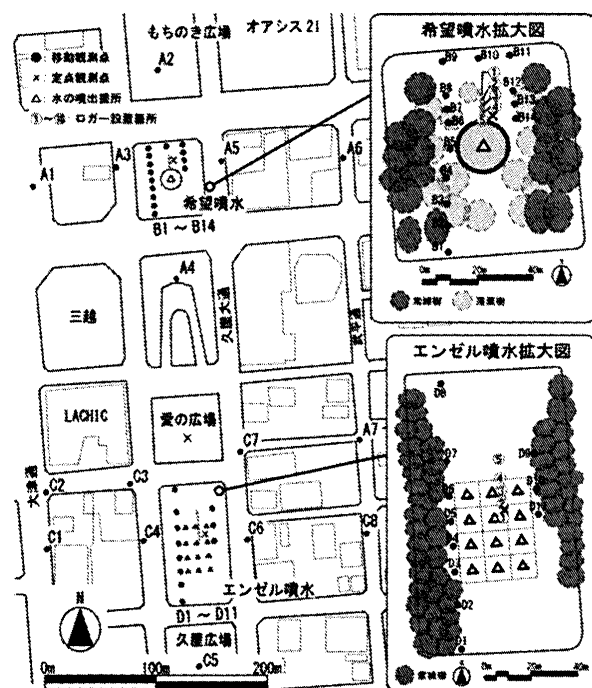


図1 観測対象地の平面図及び観測点

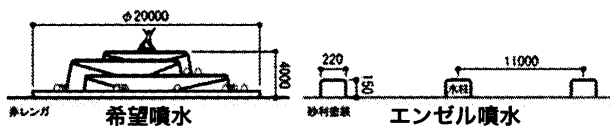


図2 各噴水の立面図（北面）

表1 各噴水の特徴

	地表面被覆	総吐出量 (l/min)	水噴出領域 (㎡)	水噴出密度 (l/min・㎡)
希望噴水	赤レンガ	33000	260	0.1269
エンゼル	砂利舗装	24000	845	0.0284
愛の広場	草地	0	0	0

3. 結果

3.1 移動観測

観測日の気象概況は、気象庁の観測データより8月9、10日は晴天であり、特に10日は猛暑日であった。10日の日中における各噴水の風向・風速、気温、湿球温度、日陰の有無を図3に示す。B2とB3の地点で温度低下が見られ、このとき両地点とも風下であった。一方、エンゼル噴水ではD3において温度低下がみられ、このとき風下であった。

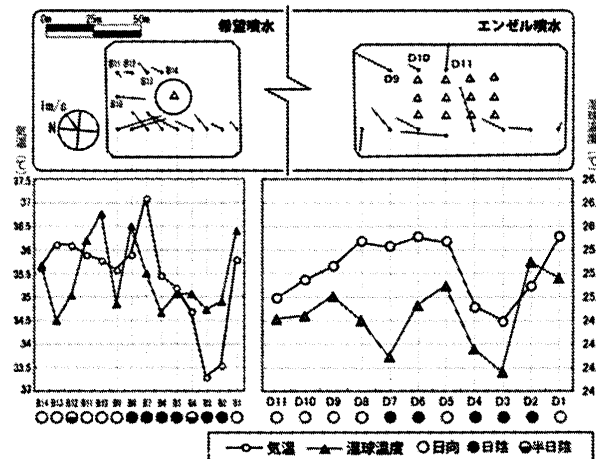


図3 各地点の風向・風速、気温、湿球温度、日陰の有無

3.2 温湿度計測ロガー

図4から図7にロガーの経時変動を示す。希望噴水において風下の時間帯に気温低下と絶対湿度上昇がみられた。それに対してエンゼル噴水は気温の変動が小さく、絶対湿度は地面に近いほうが高い傾向であった。

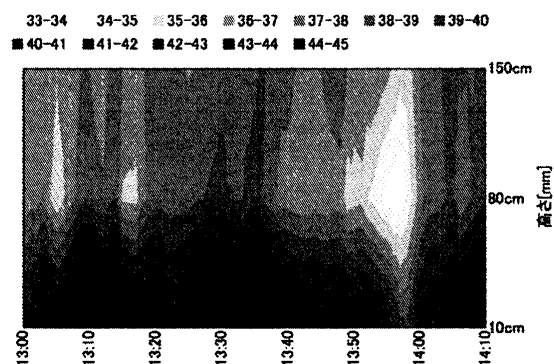


図4 8月10日、④の日中の気温の経時変動

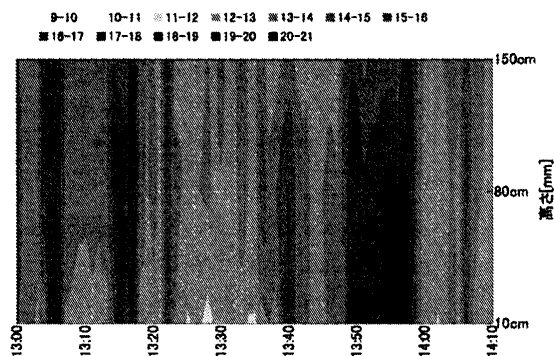


図5 8月10日、④の日中の絶対湿度の経時変動

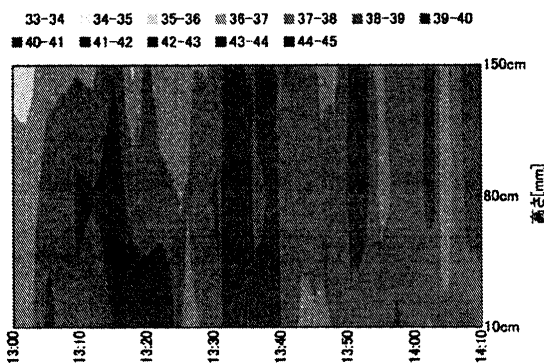


図6 8月10日、⑩の日中の気温の経時変動

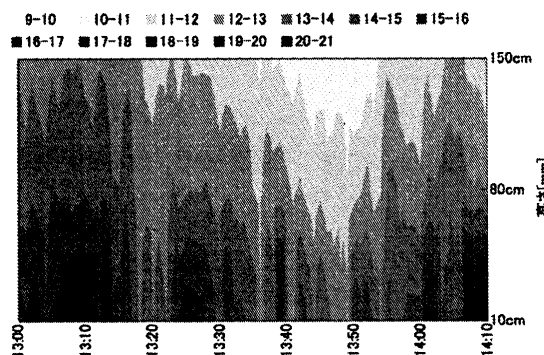


図7 8月10日、⑩の日中の絶対湿度の経時変動

4. 考察と提案

4.1 t検定

8月10日、日中における各地点のロガーデータを風上と風下に分けて解析を行った。表2をみると、希望噴水では①から④の地点で風上より風下で気温低下したことが確認できた。また表3をみると、希望噴水では③から⑤の地点で風上より風下で湿度上昇したことが確認できた。つまり、希望噴水周辺の③と④の地点では風下において加湿冷却が起きていると考えられる。一方、エンゼル噴水では風下において加湿冷却が確認できなかった。

表2 各ロガーのt検定(気温)

t検定	気温	風上平均	風下平均	判定
希望噴水	①	37.36759	36.2287	* (両側)
	②	39.37142	38.07327	* (両側)
	③	38.08883	36.13883	* (両側)
	④	38.56735	37.6266	* (両側)
	⑤	39.2008	38.0971	
エンゼル噴水	⑥	40.63222	41.31222	
	⑦	39.33204	40.49204	* (片側)
	⑧	39.70117	39.64284	
	⑨	37.70667	38.71167	* (片側)
	⑩	37.59198	37.75364	

表3 ロガーのt検定(絶対湿度)

t検定	絶対湿度	風上平均	風下平均	判定
希望噴水	①	13.02079	13.00778	
	②	12.84125	13.07019	
	③	12.31074	12.85622	* (片側)
	④	12.32092	13.09191	* (両側Welch)
	⑤	13.12224	14.08533	* (両側Welch)
エンゼル噴水	⑥	12.69847	12.18933	
	⑦	13.82736	14.1743	
	⑧	12.93538	13.51545	* (片側)
	⑨	13.33358	13.56136	
	⑩	13.21478	12.98322	

4.2 クラスカル・ウォリス検定

8月10日、日中における各地点のロガーデータを多

重比較して解析を行った。表4と表5をみると、希望噴水では各地点を比較した加湿冷却効果は確認できなかった。一方で表6をみると、エンゼル噴水では⑨と⑩の地点は⑥、⑦、⑧の地点に比べて平均気温が低いことが確認できた。これは⑨と⑩の地点が噴水に近く、また周囲を噴水に囲まれており風向に関わらず冷却されたためと考えられる。⑧の地点は噴水に近いが、周囲を噴水に囲まれておらず、観測中は噴水の風上であったため冷却されなかったと考えられる。しかし表7をみると、絶対湿度において同じ傾向の湿度上昇は確認できず、加湿効果は確認できなかった。

表4 各ロガー同士の多重比較
(希望噴水, 気温)

Kruskal Wallis test			多重比較: Scheffe	
水準 1	水準 2	平均値 1	平均値 2	判定
①	②	37.0829	39.0469	**
①	③	37.0829	37.6013	
①	④	37.0829	38.3322	**
①	⑤	37.0829	38.9249	**
②	③	39.0469	37.6013	
②	④	39.0469	38.3322	
②	⑤	39.0469	38.9249	
③	④	37.6013	38.3322	
③	⑤	37.6013	38.9249	
④	⑤	38.3322	38.9249	

表5 各ロガー同士の多重比較
(希望噴水, 絶対湿度)

Kruskal Wallis test			多重比較: Scheffe	
水準 1	水準 2	平均値1	平均値2	判定
①	②	13.0175	12.8985	
①	③	13.0175	12.4471	**
①	④	13.0175	12.5137	**
①	⑤	13.0175	13.3630	
②	③	12.8985	12.4471	
②	④	12.8985	12.5137	*
②	⑤	12.8985	13.3630	
③	④	12.4471	12.5137	
③	⑤	12.4471	13.3630	**
④	⑤	12.5137	13.3630	**

表6 各ロガー同士の多重比較
(エンゼル噴水, 気温)

Kruskal Wallis test			多重比較: Scheffe	
水準 1	水準 2	平均値1	平均値2	判定
⑥	⑦	40.7456	39.5254	
⑥	⑧	40.7456	39.6915	
⑥	⑨	40.7456	37.8742	**
⑥	⑩	40.7456	37.6189	**
⑦	⑧	39.5254	39.6915	
⑦	⑨	39.5254	37.8742	**
⑦	⑩	39.5254	37.6189	**
⑧	⑨	39.6915	37.8742	**
⑧	⑩	39.6915	37.6189	**
⑨	⑩	37.8742	37.6189	

表7 各ロガー同士の多重比較
(エンゼル噴水, 絶対湿度)

Kruskal Wallis test			多重比較: Scheffe	
水準 1	水準 2	平均値1	平均値2	判定
⑥	⑦	12.6136	13.8852	**
⑥	⑧	12.6136	13.0321	
⑥	⑨	12.6136	13.3715	**
⑥	⑩	12.6136	13.1762	
⑦	⑧	13.8852	13.0321	**
⑦	⑨	13.8852	13.3715	
⑦	⑩	13.8852	13.1762	**
⑧	⑨	13.0321	13.3715	
⑧	⑩	13.0321	13.1762	
⑨	⑩	13.3715	13.1762	

4.3 湿り空気線図での考察

図8は湿り空気線図上にB1からB7、D1からD7のデータをプロットしたものである。希望噴水のデータの軌跡をみると、エアワッシャの加湿冷却と同様の軌跡となっている。つまり、希望噴水の風下では水噴霧と同様の加湿冷却が起きていると考えられる。

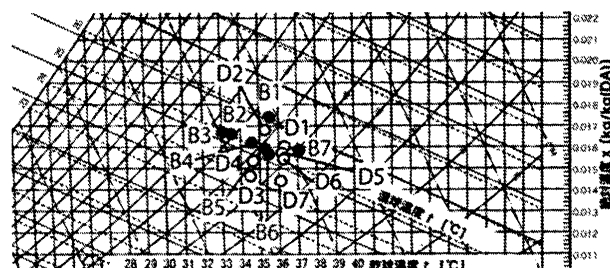


図8 湿り空気線図上へのプロット

4.4 考察

解析の結果、希望噴水では風下において加湿冷却効

果が顕著に確認された。これは希望噴水が一点集中型の噴水であり、冷気が噴水中央部に集中し、それが風下に流れるためであると考えられる。また、希望噴水は縁石内部に水を溜めており、そこからの冷気の滲み出しも影響していると考えられる。これに対して、エンゼル噴水の一部では風向に関わらず冷却効果が確認された。これはエンゼル噴水が分散型であり、冷気が一様に分散し、特に噴水に囲まれた空間は風向に関わらず冷却されるためであると考えられる。

4.5 提案

この提案は、噴水が設置される公園などの広場を想定し、なるべく広場全体を効果的かつ効率的に加湿冷却することを念頭に置いた。図9は希望噴水の平面図上に自然風が吹いたときの冷気の流れを示している。希望噴水は、風下の空間以外は加湿冷却されず不安定となる問題点がある。そこで、図10に示すように広場の外縁近くに噴出口を配置して風上側に水を噴出させるようにすれば変化する噴水としての演出とともに、空間全体を効果的に加湿冷却することができる。しかし、図11に示すように無風または微風のときは効果が期待できないと考えられる。この欠点は図12に示すように希望噴水も同様である。そこで、図13に示すように噴水の中央部から風を四方に発生させ、冷気をできるだけ広範囲に送るにする。この風は短絡的に扇風機のような機械で発生させるのではなく、水の噴出口の形状や制御の仕方によって効率的に風を発生させることが望ましい。これは新たな噴水形態・技術への提案でもある。しかし、風を噴水の中央部から発生させ続けるだけでは、図14に示すように自然風によって効果が偏ると考えられる。そこで、この2つの提案を合わせ、風をセンサーで感知し、図15に示すように無風または微風のときは中央から水が噴出すると共に冷風が吹き出し、風が吹くときは図16に示すように風上側の水が噴出するように制御する。図17に示すように風向が変われば、それに合わせて水の噴出させる位置を風上側に合わせる。

以上のように、風の影響による冷気の偏りを最小限に抑えて空間全体を冷却するためには、自然風に合わせて水の噴出を制御することが重要である。

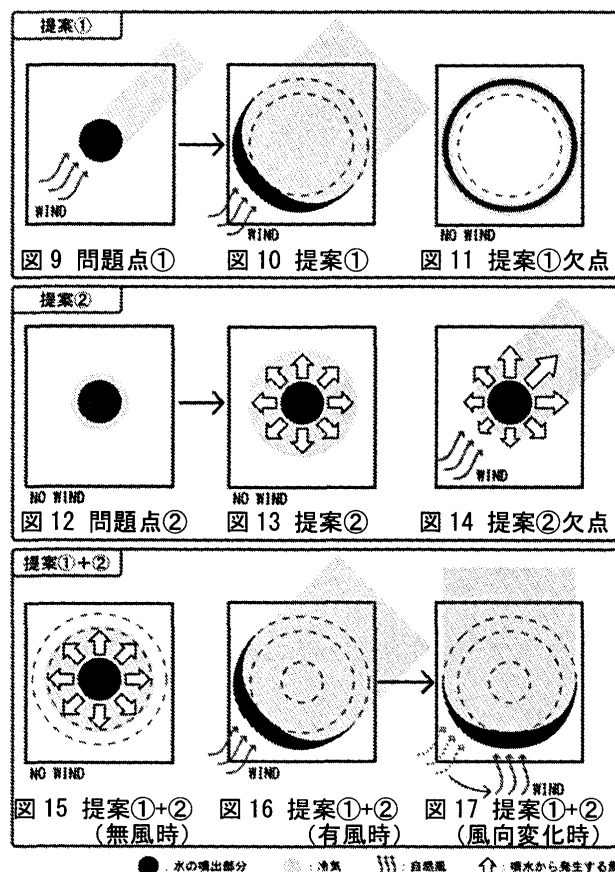
5. まとめ

都市内噴水の周辺に形成される温熱環境を調査し、以下の知見を得た。

- (1) 希望噴水では風下において加湿冷却効果が顕著に確認され、これは一点集中型の特徴といえる
- (2) エンゼル噴水では分散して配置された噴水に囲

まれた空間は風向に関わらず冷却効果が確認され、これは分散型の特徴といえる

- (3) 希望噴水ではエアワッシャの水噴霧と同様の加湿冷却効果が確認された
- (4) 考察をもとに温熱環境を考慮し、空間全体を自然風に合わせて加湿冷却し、変化する形態を持つ噴水の提案をした



謝辞 本研究を進めるにあたり、噴水の仕様データをご提供いただいた名古屋市役所に感謝申し上げます。

6. 文献

- 近藤純正 1994: 水環境の気象学, 朝倉書店, 128
 菊池信, 堀越哲美 2005: 夏季と冬季における名古屋の都市気候観測調査, 日本建築学会環境系論文集, 595, 83/89

<連絡先>

連絡先氏名: 近藤洋介
 住所: 東京都調布市布田 5-6-3-2-102
 所属: ㈱総合庭園研究室
 E-mail アドレス: yohsuke.kondoh@gmail.com