水景施設より発生するマイナスイオンの濃度実測

FIELD MEASUREMENT OF NEGATIVE ION CONCENTRATION OF AQUASCAPE FACILITIES

二宮 敦 ——*1 畔柳昭雄 ——*2
渡辺秀俊 ——*3

Atsushi NINOMIYA ——*1 Akio KUROYANAGI ——*2
Hidetoshi WATANABE ——*3

キーワード：
マイナスイオン, 水景施設, 平面分布, 物理条件

Keywords:
Negative ion, Aquascape facilities, Distribution of plane, Physical condition

Field measurement of negative ion concentration, temperature, humidity, and relation wind has been done in aquascape facilities in the Funabashi Andersen Park. As a result, shown as follow.

① When the negative ion leaves the source, it decreased, but it increased again. ② There is a negative ion from the fountain within the range of 5m distances. ③ The negative ion density indicates a value which there are many things a condition whereby the lee or the humidity are high.

1.はじめに

空気中には、二種類のイオン（マイナス・プラス）が存在する。これらイオンは、空気中に存在するマイナスあるいはプラスの電荷を帯びた原子（原子群）の総称である。そして、マイナスイオンは清浄な空気中に多く存在し、逆にプラスイオンは汚染された空気中に多く存在することが分かっている。また、レナード効果¹⁾の分裂帯電などにより、マイナスイオンは水辺で多く発生する。

近年、イオンの人体に対する効果が医学分野などで明らかにされてきている。それらは、マイナスイオンは人体の副交感神経に作用し、新陳代謝を良くする、脈拍が落ち着く、最高血圧が静減されるなど人体に対し良い効果があり、逆にプラスイオンは交感神経に作用し、人体には良い効果をもたらさないなどである。また、上記のような生理的効果のみならず、マイナスイオンを充満させた室内において、作業効率が良くなったという作業効率に関する効果や、人間がリラックスしているときに検出される脳波の一つであるα波が検出されたなど心理的な効果に関する研究報告^{2)~4)}もある。

これらのマイナスイオン関連の研究^{1)~9)}の多くは主に屋内で行われ、マイナスイオン濃度分布把握や長時間の定点測定などが行われている。一方、屋外での調査・研究は、長時間の定点測定を除けばほとんど行われておらず、マイナスイオン濃度分布の把握や諸物理量との関係性の把握などの調査・研究は緒についたばかりと言える。また、水辺でのマイナスイオンの効果を対象に行った研究^{8)~9)}は極めて少ない。

そのような中、筆者らは今後の水景施設整備において、水景施

図-1 対象噴水図面及び写真

表-1 対象地及び測定期間

測定場所	千葉県船橋市 アンデルセン公園内噴水
噴水の特徴	高さ 245cm（出水時 300cm）、面積 53m ² 、水量 8.3t/min、使用ポンプ 29.55kw
測定期間	1998年8月4日～25日期间中の晴れた日

設に期待される心地よさや清涼感など視覚的效果以外に、マイナスイオンが人体へもたらす効果に注目することで、水景施設の新しい在り方を検討しようと研究を行ってきた。そのため、前報では水景施設（特に水の動きの激しい噴水や壁泉、滝など）におけるマイナスイオンと人間の心理との関係を把握してきた。⁸⁾

今後、水景施設のもたらす水辺におけるマイナスイオンの効果

*1 日本大学大学院理工学研究科海洋建築工学専攻
(〒274-8503 船橋市習志野台7-24-1 241A)

*2 日本大学理工学部海洋建築工学科 助教授・工博

*3 三洋テクノマリン 工博

*1 Graduate School, Nihon Univ.

*2 Assoc. Prof., Dept. of Oceanic Architecture and Engineering College of Science & Technology, Nihon Univ., Dr. Eng.

*3 Sanyo Techno Marine Inc., Dr. Eng.

を明らかにすることは重要と思われる。

2.研究目的

筆者らはこれまで、親水公園内の水景施設付近でのマイナスイオン濃度と人間の心理との関係性を明らかにしてきた⁸⁾。しかしながら、既報の調査では施設付近のマイナスイオン濃度分布等は考慮に入っておらず、このことが反省点として挙げられる。

そこで、本研究は水景施設付近におけるマイナスイオン発生量及び分布傾向を把握することを目的とし、噴水付近でのマイナスイオン発生濃度、噴水付近でのマイナスイオンの存在範囲、そして、マイナスイオン濃度に影響を持つ物理的要因の調査を行うこととした。

3.研究方法

本研究の対象地は、既往研究⁸⁾により明らかになったマイナスイオンの多く発生している水景施設形態、施設の周囲に広い空地があること、水量などの条件に基づき選定し、千葉県船橋市アンデルセン公園内の噴水とした(図-1参照)。

調査項目は、今後人間の心理との関連を把握することを考慮し、人間の心理に関係している様々な環境の内、熱環境を中心に項目を選定し、噴水付近のマイナスイオン濃度、気温、湿度、風速、風向とした。

マイナスイオン測定は、電気移動度 $0.4\text{cm}^2/\text{vs}$ 以上の小イオン(粒径約 $0.01\mu\text{m}$ 以下)を対象に、Gerdien 型イオンカウンタ(83-1001A、ダン科学製)を2台使用しペンレコーダに記録した。測定地点は、水源から1mごとに10mまで四方向(東西南北)を移動測定した。また、測定スケジュールは、測定時間5分間、機器の移動と測定機器が安定するまでの2分間を取り、一測定7分間で15日間計測を行った。また、風速・風向は水源付近にて定点観測を行い、また、気温・湿度はマイナスイオンと同様に移動測定で行った。噴水の特徴及び測定の詳細は表-1、2に示す通りである。

4.結果

今回、測定したマイナスイオン濃度データは、測定時間5分間の最大値、平均値、最小値の三つの形式で処理した。また、マイナスイオンは天候の悪化に伴い存在量が多くなる特徴がある。本稿では水景施設から発生するマイナスイオンの特徴を捉えることが目的であるので、天候が良好であった日の値を使用している。

水辺のマイナスイオン濃度と比較するために測定した芝生上の濃度の平均値は 0.3×10^3 個/cc であった。既往研究^{1,2,3)}によると、通常の大気中には約 $0.1 \sim 0.2 \times 10^3$ 個/cc の濃度があると報告されており、通常値より若干高い濃度となっている。

4.1.風上、風下におけるイオン濃度実測

図-2 は風上及び風下別にイオン濃度の平均値分布を示した図である。測定中の風速は $1.4 \sim 3.0\text{m/sec}$ の南風であった。

まず風下の北側では、0m付近において測定中の最高濃度を示し、 6.3×10^3 個/cc であった。また、水源から距離を置くに従い濃度は明確な減少傾向を示すが、6m付近で再増加し 0.8×10^3 個/cc を示した。次に、風上の南側では、0m付近で 0.4×10^3 個/cc と

表-2 測定使用機器及び方法

測定使用機器・方法		
イオン濃度	使用機器	イオンカウンタ 83-1001A (ダン科学製)
	測定地点	噴水付近を 10m まで 1m ごとに測定 地上より約 1m 地点
	スケジュール	計測 5 分移動 2 分、移動測定 7 分
気温湿度	使用機器	乾湿球温湿度計
	測定地点	噴水付近を 10m まで 1m ごとに測定
	スケジュール	計測 5 分移動 2 分、移動測定 7 分
風速風向	使用機器	ウェザ-リンクⅢ、ウェザ- PC
	測定地点	水源付近で定点測定
	スケジュール	イオン測定中、1 分ごとに測定

図-2 風上・風下別のマイナスイオン濃度分布

図-3 四方向のマイナスイオン濃度(最大値)

濃度は風下に比べて低い。また、僅かではあるが風下と同様に距離を置くに従い減少し、6m付近で再増加し、最高値は 0.6×10^3 個/cc を示した。

全体的に風下では水源から急激な減少傾向が見られるが、風上では水源から距離をおいても僅かな減少傾向であった。また、風下はマイナスイオン濃度が高く、風上と比べて最も濃度差の少ない6m地点でも約1.3倍大きい濃度を示した。再増加する特徴は、レナード効果によるものと考えられる。

4.2.四方向のイオン濃度実測

図-3 は噴水を中心に四方向(東西南北)測定した最大値、図-4 は平均値の結果を示したものである。測定中の風速は 1m/sec 以下の南風であった。これらの図を見ると、北、南、東側の各方向のイオン濃度は、最大値では噴水から0mの地点で、また、平均値では1m地点で最高値を示し、最大値 $10 \sim 14 \times 10^3$ 個/cc、平

均値 $2 \sim 7 \times 10^3$ 個/cc であることが分かる。そして、噴水から距離を置くに従い濃度は減少していくが、7m 付近で各方向の濃度は再び増加し、最大値 $3 \sim 6 \times 10^3$ 個/cc、平均値 $0.5 \sim 1.5 \times 10^3$ 個/cc となった。また、西側の測定では 0m 地点で最高値を示し、それから距離を置くに従い減少していくが、3m 地点で再増加する傾向が見られた。

噴水からの距離が離れるに従って濃度が減少すること、そして再増加することは全方向において共通に見られた特徴である。

図-5 は図-4 のデータを使用し、噴水付近のマイナスイオン濃度分布を平面的に示した図である。

この図を見ると、風下の北側では概ね 10m まで 0.5×10^3 個/cc 程度濃度があるのに対し、風上の南側では 5m 以遠ではほとんどマイナスイオンは存在していないことが分かる。また、東、西側では概ね 7m 付近で 0.5×10^3 個/cc となっていることが分かる。

前出の芝生上のマイナスイオン濃度 (0.3×10^3 個/cc) を考慮に入れると、この噴水では南側約 5m、南以外の方角では約 10m で芝生上のマイナスイオン濃度と同程度の値となることが分かる。

4.3 風速の違いによるマイナスイオン濃度

図-6 は風速とマイナスイオン濃度の関係を、水源からの距離別に示した図である。なお、この図では風速をビューフォート風力階級表^{12,13)}に基づき ~ 0.3 m/sec を階級 0、 $0.4 \sim 1.5$ m/sec を階級 1、 $1.6 \sim 3.3$ m/sec を階級 2 の三段階に分類し、更にそれらを風上又は風下に分類し表記している。この図を見ると、風下の場合に概ねマイナスイオン濃度が大きくなる傾向にあることが分かる。そして風の強弱では、弱風の方がマイナスイオン濃度は大きな値を示していることが分かる。

また、水源からの距離別に見ると、水源からの距離 0~4m 地点までは風下又は風が弱い条件の時、マイナスイオン濃度が大きくなる傾向にある。次に、約 5m 地点で各条件に関係なく濃度が小さくなり、6~8m 地点で再増加するがこれらの地点では、風上又は風下の明確な差は見られなかった。

4.4 湿度とマイナスイオン濃度比較

表-3 は、噴水から 2m の地点で測定したマイナスイオン濃度（平均値を使用）等の測定結果を測定した時間帯により分類し表示したものである。

測定項目の平均値を見ると、マイナスイオン濃度と湿度は午後の時間帯で若干高い値を示していることが分かる。また、気温では時間帯による明確な差異は見られないことが分かる。

図-7 は表-2 の値を用い、マイナスイオン濃度（平均値）と湿度、風の強弱、風向の関係を示した図である。なお、マイナスイオンの値は湿度の降順に並べ替え、図中に湿度とマイナスイオン濃度の平均値を加えて表示してある。

この図を見ると、マイナスイオン濃度にばらつきがあることが分かる。また、マイナスイオン濃度は湿度が高くなるほど大きな値を示す傾向にあることが分かる。

次に、マイナスイオン濃度が平均値を超える場合を見てみると、 0.3 m/sec 以下の弱風であること、風下であること、湿度が平均値より大きな値を示すこと、のいずれかの条件を満たしていることが分かる。逆に風上や 1.6 m/sec を越える風力の場合、マイナス

図-4 四方向のマイナスイオン濃度（平均値）

図-5 四方向のマイナスイオン濃度濃度分布（平均値）

図-6 マイナスイオン濃度と風向・風力の関係

イオン濃度は平均値を超えているものは少ないことが分かる。

5. おわりに

今回の調査で得られた結果を以下に示す。

- ① マイナスイオン動向の特徴として、濃度は水源から離れるに従って減少していく。そして、風下側で 5~7m、風上側で 3~6m 付近で再増加することを把握した。
- ② 今回の対象噴水でのマイナスイオン存在範囲は、水源から概ね 5m までであることを把握した。
- ③ マイナスイオンは風の影響を受けやすく、マイナスイオン濃度

は弱風または風下の場合に大きくなる傾向にあることを把握した。

④湿度が高い程マイナスイオン濃度は大きくなる傾向のあることを把握した。

本研究の結果、マイナスイオンと水源からの距離との関係、マイナスイオンの存在範囲、マイナスイオン濃度に関係する諸物理環境等を把握することができた。

一方、マイナスイオンの人体に与える効果として、疾患の予防及び衛生に対しては、 10^3 個/cc 程度の濃度で良好な影響を与えるとする報告⁹⁾がある。こうしたことを踏まえると、今後の水景施設の新しいあり方の一つとしては、従来までの視覚的な効果だけではなく、人間の精神面・心理面に働きかけることによってヒーリング効果やリラクゼーション効果を与えるような施設としての可能性があると思われる。

本調査は夏季のみの調査であり、水景施設付近でのマイナスイオンの特徴を全て網羅しているとは言い難く、四季を通じた調査や今回見られたマイナスイオンの特徴の詳細な調査や、今回の研究では触れなかったが近年問題となっている、水景施設での水質との関係など追究する余地はあると考える。

謝辞

本研究は親水工学研究室卒業生石坂仁君の卒業研究を基に作成したものであり、本調査を行うに当って、千葉県船橋市アンデルセン公園職員の方々、(株)フジタの佐藤満様、島田洋様、本研究室ゼミ生小林誠君には多大なご協力を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

注1) レナード効果: 1890年、Elster, Geiter が、オーストリア・アルプスの山中で滝壺に光る静電火花を観察した。1892年、Lenard 博士(ドイツ)はこの現象を調べ、滝壺に落ちるしぶきが帯電(液体が分裂し帯電する分裂帯電)すること、滝壺より少し離れた地点でマイナスイオンが多く存在することを見出した。これらの現象をレナード効果または滝効果と呼ぶ。

参考文献

- 1) Kruger, A.P. & Reed, E.J.: Biological impact of small air ions: Science vol.193, p.1209, 1976
- 2) Hawkins, H.H. & Baker: Air ions and human performance: Ergonomics vol.1, p.273, 1978
- 3) C.A. Laws: Air ions in the working environment: The heating and Ventilating Engineer, 1982, 5
- 4) 空気イオン、イオンと環境衛生: 空気浄化第2巻第2号, p.48, 1964
- 5) 空気イオンの保健と治療のための用量について: 空気浄化第3巻第6号, p.40, 1965
- 6) 島田洋他: 大気中におけるイオン濃度実測: 本建築学会大会学術講演梗概集, 1990, 9
- 7) 島田洋他: 大気中におけるイオン濃度実測その2 高原・郊外・山荘における春・夏・秋のイオン濃度の実測: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1991, 9
- 8) 磯部久貴他: マイナスイオン発生量からみた水景施設の評価: 日本建築学会技術報告集, 第6号, p.131, 1998, 10
- 9) 出田浩孝他: 空気中のマイナスイオンの効果に関する研究〜水噴霧ならびに親水公園での実験における被験者の生理的変化〜: 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1998, 9
- 10) 伊川健次: 体に良く効くマイナスイオン: KK ベストセラーズ, 1996, 12
- 11) 菅原明子: マイナスイオンの秘密: PHP 出版, 1998, 5
- 12) 高橋幹: 応用エアロゾル工学: 養賢堂, 1884
- 13) 斎藤平蔵: 建築気候: 共立出版, 1974
- 14) 新建築体系編集委員会: 新建築学大系 11: 彰和社, 1982
- 15) イオンクラスター: vol. 3, No.2, 1996
- 16) 東京天文台編: 理科年表: 丸善, 1998
- 17) A.D. Penwarden: Acceptable Wind Speeds in Towns/Building: Science, Vol.8, p.259
- 18) Biological Impact of Small Air Ions: Science, Vol.1, p.193, 1976, 9
- 19) Air ions and Human Performance: ERGONOMICS, vol.21, no.4, p.273, 1978

表-3 測定結果

測定時間帯	測定地点	マイナスイオン濃度 ($\times 10^3$ 個/cc)	湿度 (%)	気温 ($^{\circ}$ C)	風速 (m/sec)	風向 風速
午前中(12:00)	北	0.47	68.10	37.50	0.16	▽
	西	0.50	71.90	34.00	0.24	▽
	北	0.56	79.70	31.00	0.52	—
	北	0.94	83.20	32.50	0.84	●
	東	1.21	60.80	38.00	0.70	—
	東	1.48	61.40	39.00	0.98	—
	東	1.67	86.20	31.00	1.51	▲
	西	1.70	64.70	36.00	1.40	▲
	西	3.40	75.20	35.00	0.00	▽
	平均値	1.33	72.36	34.89	0.71	
日中(12:00~15:00)	東	0.33	64.70	36.00	2.12	—
	東	0.78	52.80	40.00	0.34	—
	東	1.26	58.70	38.50	0.42	—
	南	1.38	83.10	31.50	0.08	▽
	東	1.67	89.50	30.50	1.14	—
	北	1.75	66.80	35.00	2.40	○▲
	北	1.84	67.80	37.00	0.00	▽
	南	2.18	89.50	30.50	0.74	○
	南	2.62	73.90	32.00	0.50	—
	平均値	1.53	71.87	34.56	0.86	
午後以降(15:00~)	南	0.30	68.50	33.00	2.68	●▲
	東	0.73	71.30	39.00	0.08	▽
	東	1.43	58.70	38.50	0.60	—
	西	1.50	86.10	30.50	0.00	▽
	西	1.55	86.20	31.00	0.04	●▽
	南	2.90	86.20	31.00	0.75	○
	東	3.06	84.60	32.00	0.18	▽
	東	3.62	83.20	32.00	0.00	▽
	平均値	1.89	78.10	33.38	0.54	

凡例▽: 0~0.3m/sec, ▲: 1.6~m/sec, ○: 風下, ●: 風上, —: その他の風向き

図-7 マイナスイオンと湿度・風向・風力の関係

[1999年3月16日原稿受理 1999年7月27日採用決定]