

## 海上の森が愛知工業大学とその周辺に与える冷却効果

Cooling effect of the Kaisho Forest on the campus of Aichi Institute of Technology and its periphery

武田美恵<sup>†</sup>  
Mie Takeda

**Abstract** The Kaisho Forest is located near Aichi Institute of Technology in Toyota City, Aichi Prefecture. The Kaisho forest supported the livelihood of villagers and the local industries from the Heian era to the Meiji era by providing firewood and fuel for firing pottery. The purpose of this study is to discover a new incentive for conserving the Kaisho Forest formerly used as a fuelwood forest by performing fixed-point observations at the Aichi Institute of Technology campus and its periphery and examining the relationship between the environmental components, i.e. air temperature and humidity, at each observation spot. In addition, seeping tests were performed and the reaching distance of the cold air in the campus was determined to evaluate the cooling ability of the Kaisho Forest.

The results showed that the highest air temperature became the lowest and that the cool-island intensity, which indicated the intensity for decreasing the air temperature, became the highest near the spring water in the Kaisho Forest. Cold air not found outside the forest was formed near the spring water in the Kaisho Forest, indicating that the Kaisho Forest forms a cool island. The cooling effect of the cold air flowing out on the eastern side of the forest was observed up to a distance of 2 m from the boundary of the forest. From 24:00 to 6:00 h, the temperatures in the 30–40 m section, which is close to the forest on the northern side, were lower than that inside the forest. We believe that the cold air rising from the forest at the bottom of a cliff on the northern side of the campus has a strong cooling effect. This study showed that there is a cooling effect on the campus grounds adjacent to the Kaisho Forest and that having a green environment at the periphery of a campus is important.

### 1. 研究の背景と目的

愛知工業大学（愛知県豊田市）周辺には、海上の森のほか、水田および珪砂・陶土採掘場跡地にできた通称とんぼ池湿地など東海地方固有の動植物が息づく二次的な自然が存在する。海上の森（面積約 530ha）は、濃尾平野東端の猿投山（標高 629m）南西部に位置する標高 100～300m の緩やかな丘陵であり、平安期以降から明治期まで瀬戸物の焼成燃料や薪炭林として利用され、里山の暮らしと地域産業を支えていた<sup>1)</sup>。長期にわたる樹木の利用が森林を荒廃させてきたが、利用価値の低下や植林によって森林が回復しており、オオタカが営巣していることや 2005 年の愛知万国博覧会に伴う詳細な環境調査によって、新第三紀中新世中期の地層である瀬戸層群（砂礫層、下位陶土層）に貧栄養湿地が分布し、地質・地形に適応した湿地生態系が形成されていること等が世間に公表され、保全の意識が高まった。このように生物多様性など生態系に関する調査はこれまでに実施されて

いるが<sup>2)</sup>、海上の森がもたらす冷却効果について明らかにした研究事例はない。

日本の都心部の高温化は、高度経済成長期以前の 1936 年から荒井ら気象学者や地理学者によって指摘されている<sup>3)4)</sup>。なかでも福井<sup>5)</sup>は緑地が日中の暑さを和らげ、丸田<sup>6)</sup>は夏季、公園緑地内の気温は市街地と比較して低く、冷涼であることが体感温度の分析から認められたことを示し、さらには規模の大きな公園緑地からは周辺市街地へ冷たい空気が流出する「にじみ出し現象」が起きるとしている。浜田・三上<sup>7)</sup>は大都市内の大規模な緑地はクールアイランド（低温域）を形成し、横張ら<sup>8)</sup>は都市近郊にまとまって存在する水田が市街地の気温を低下させるとして、都市内部及び都市近郊の緑地がもたらす冷却効果は多くの事例をもって明らかにされている。一方、梅干野<sup>9)</sup>はヒートアイランド現象の主要な形成要因として膨大な人工廃熱を挙げ、建築物による周囲への環境負荷を減らす都市緑化の有効な手段の 1 つとして、屋上緑化による室内熱環境調整効果を示している。しかしながら、既存校舎は断熱性能が低い上、新たに屋上緑化を設けることは難しい。そこで本研究では、郊外型キャンパ

<sup>†</sup> 愛知工業大学 工学部 建築学科（豊田市）

スと共存する海上の森の存在価値及び自然エネルギーの利用効果を見出すことを目的として、大学キャンパス内及び大学周辺で定点観測を行い、観測地点ごとの環境構成要素と気温および湿度の関係性を調べる。また、冷気のにじみ出し実験を行い、海上の森で生成された冷気がキャンパス内のどこまで届くかを明らかにしてその冷却力を評価する。

## 2. 研究方法

### 2・1 気温および湿度の定点観測

緑地内に生成される冷気の把握及び環境構成要素の違いと温湿度の関係性を考察するため、定点観測地点は予備調査として気温計測を行い、愛知工業大学内のグラウンド（陸上競技場）、愛和会館屋上、沈砂池の縁、大学に隣接する水田、とんぼ池湿地に隣接する瀬戸万博記念公園（以下、愛・パークと記す）、上之山団地内こぶし公園、海上の森内 2 地点（湧水路無 緯度：35° 11′ 09″ 経度：137° 06′ 41″、湧水路付近 緯度：35° 11′ 12″ 経度：137° 06′ 41″）の 8 地点を選定した。センサーは日射の影響を防ぐために断熱シートを巻いた筒型の容器内に設置し、両穴は空気が通るようメッシュ網で塞いだ。

愛和会館屋上以外は樹木の枝にセンサーを取り付けている。観測期間は 2010 年 8 月 1 日から 2010 年 8 月 31 日で、各地点に日置電機株式会社自動記録式温湿度データロガー 3641 及びセンサー 9680-51 を地上から 1.5m の高さに設置し、10 分間隔で温湿度を記録している。観測期間 31 日のうち気象庁豊田観測所（AMeDAS データ）にて 13 日間の猛暑日（気象庁が定める日最高気温が 35℃ 以上の日）が記録された。定点観測地点図を図 1 に示す。降水日は 8 月 5 日、8 日、15 日、19 日、20 日である。

浜田・三上<sup>7)</sup>が緑地内の気温低下度を表す指標とする「クールアイランド強度」は緑地内の気温から市街地平均気温を減じた値であるが、本研究では、海上の森湧水路付近の最高気温から各地点の最高気温を減じた値を冷却効果の度合いとして考察に用いる。

### 2・2 冷気のにじみ出し観測

丸田<sup>6)</sup>は、公園緑地内からその周辺市街地への空気移動は建造物の形態及び配置により阻止されたり促進されたりすることを示唆している。また、成田<sup>10)</sup>によると、冷気のにじみ出しは、晴天かつ静穏や夜間に放射冷却により冷気が蓄積され、その冷気が周辺市街地へ重力的にあふれ出る現象としている。本研究では、冷気のにじみ

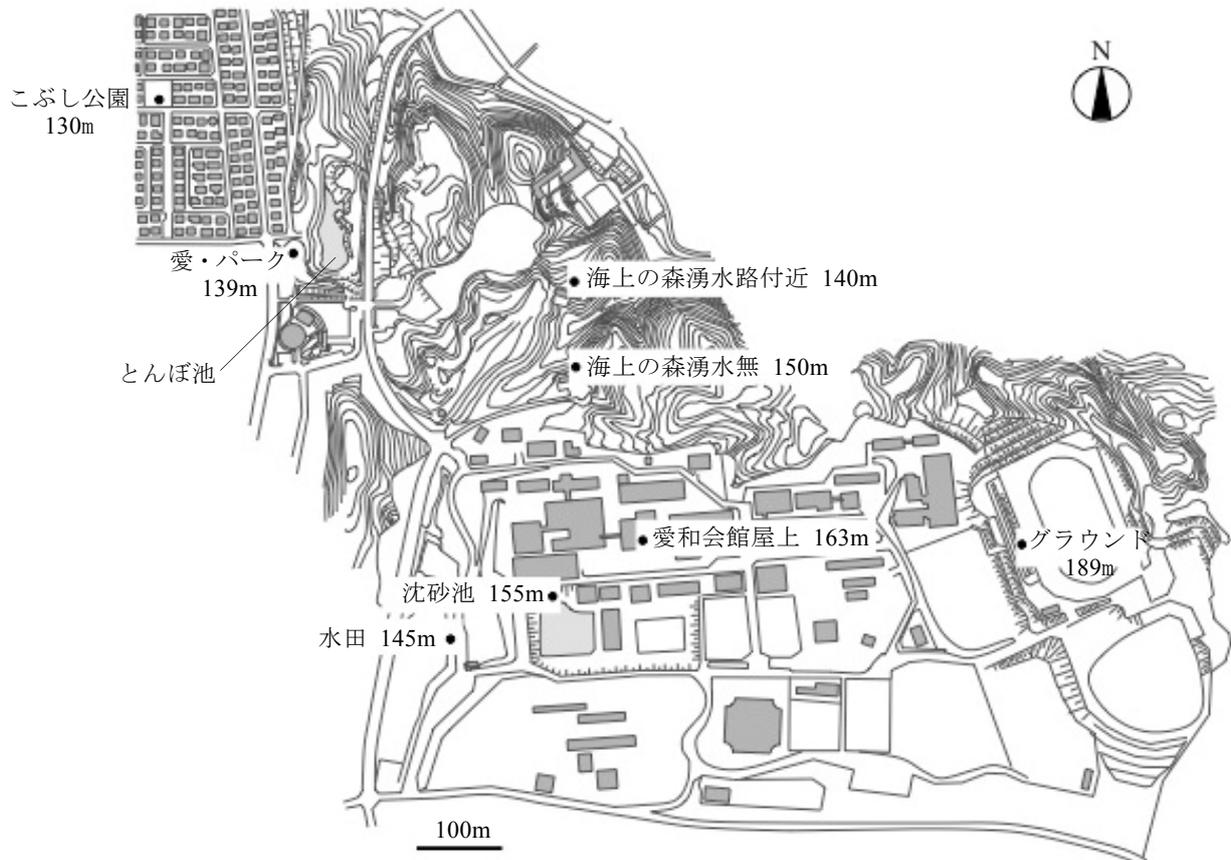


図 1 定点観測地点図  
(数値は標高を示す)

出し現象がアスファルト舗装やRC(鉄筋コンクリート)造校舎の影響を受けにくい場所として、海上の森で生成される低温な空気が重力的に流れ込む可能性がある愛知工業大学の陸上競技場グラウンド(草地)において気温観測を行い、冷気が届く距離を調べる。

図2ににじみ出し観測地点図を示す。観測方法は、林内に向かって緩い傾斜面を昇った8mの場所を0m地点として、センサーを取り付けた支柱20本を南東からの風向に合わせてグラウンド端の北西に向かって2m間隔で40m離れたところまで一直線上に並べた。20地点の気温は、グラフテック株式会社自動記録式データロガーGL800及び二宮電線工業株式会社センサーT型熱電対0.32×1P-T-Gを使用して10分間隔で測定・記録した。夏季における森からの冷気のにじみ出し現象の特徴を把握するため、観測は2010年8月19日から8月25日までの7日間連続して行った。夜間と日中の冷気のにじみ出し方の違いを比較するために、0時から8時(夜間)と12時から20時(日中)の2回に分けて行う。

観測地の標高は187.1mで北側から東側にかけて海上の森が続き、グラウンドの地面から高低差で約5m低い場所に野球場(裸地、標高182.2m)、西側にサッカー場(裸地、標高183m)がある。なお、観測地は陸上競技場のため、トラック部分に砂利が敷き詰められているが計測機器の設置はここを避けている(写真1)。

冷気の流出限界地点では、温度クリフ(崖上の気温の急変)を形成するため、成田<sup>10)</sup>はこれをにじみ出し範囲としている。本研究では、気温の変化がみられなくなった地点より前の距離までを海上の森からのにじみ出しによる冷却効果が現れた範囲とする。

### 3. 定点観測結果

#### 3・1 海上の森のクールアイランド強度

2010年8月に観測した猛暑日の日中の平均最高気温は各地点間で差が生じている。観測地点のうち海上の森湧水路付近が最高気温及び最低気温ともに最も低く、クールアイランド強度(気温の低下度)が最も強い。

##### 1) 最高気温からみるクールアイランド強度

表1に各地点の猛暑日(13日間)の平均日最高気温と海上の森湧水路付近のクールアイランド強度を示す。浜田・三上<sup>7)</sup>は負の値が大きいほど緑地と周辺市街地との気温差が大きく、クールアイランドが明瞭化することを示すとしている。

猛暑日の海上の森湧水路付近の平均日最高気温は、愛和会館屋上より8.0℃、愛・パークより9.6℃、住宅団地内こぶし公園より10.5℃低い。海上の森内の湧水路付近には林外にはない冷たい空気が生成され、海上の森がク

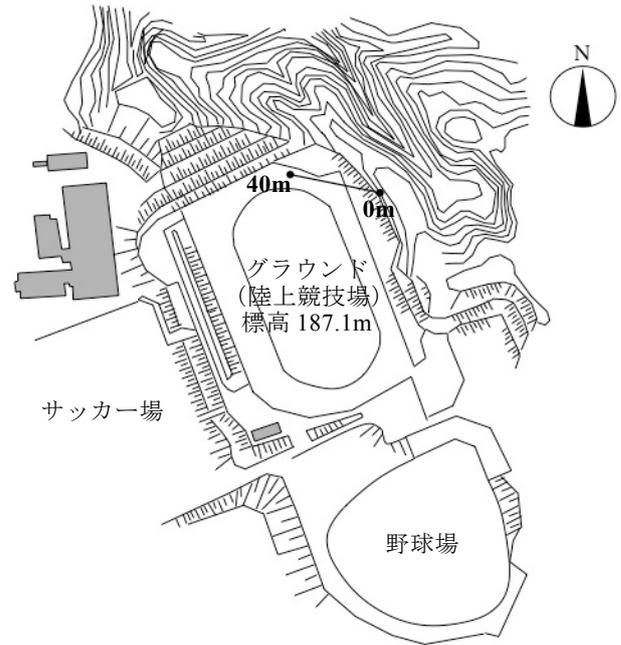


図2 にじみ出し観測地点図



写真1 にじみ出し計測機器配置状況

ールアイランドになっていることが示された。一方、住宅団地内こぶし公園の最高気温は14時台に40.4℃、団地に隣接する愛・パークは13時台に39.5℃と高い。森林内と住宅地、隣接する公園との間に負の値は大きく現れ、大規模な森林に囲まれていても、クールアイランドを凌ぐヒートアイランドが形成されていることが示された。戸建住宅からの排熱などは住宅密集地内のこぶし公園を覆い、更には周辺にまで高温の空気を放出しており、日中、海上の森の冷却効果は及びにくい。

水面は、水の蒸発によって気温を低下させ、水が直接身体にかからなくても涼しさを体感することができるなどの効果をもつ。また、植生は蒸散が行われる時に気化熱を奪い気温を低下させ、被覆率が高くなると平均気温は昼夜ともに低下する<sup>11)</sup>。一方、沈砂池と湧水路付近の間には気温差が5.2℃、水田とは4.3℃ある。沈砂池は芝地と桜の木に取り囲まれており、水面があることによる気温低下が期待できるはずである。しかしながら、沈

砂池はすり鉢状で標高 160m のアスファルト舗装面から約 6m 下がったところに水面があり、体感的にも蒸し暑さを感じられ、空気が停滞しているとも考えられる。噴水を設置しエアレーションするなど空気と水の流れを作り出し、水面の冷却効果を向上させる工夫が必要である。

海上の森内の湧水路付近と湧水路の無い場合では、湧水路付近の気温の方が 2.4℃低く、8月の観測期間中には最低水温で 22.2℃、最高水温で 29.4℃を示し、平均水温が 24.3℃である湧水の流れが冷気を生成していることが推測される。また、湧水路付近は谷地形にあり、森林内で発生した冷気が重力的に降下し水路付近に溜まっている可能性も考えられる。

#### 2) 最低気温からみるクールアイランド強度

最低気温時には、海上の森湧水路付近との間に水田及びグラウンドが 0.7℃、愛・パーク及び沈砂池が 0.9℃、愛和会館屋上が 1.2℃、こぶし公園が 1.9℃の気温差がある(表 2)。各地点とも 4 時台から 5 時台には気温低下をみせ、クールアイランドを形成する海上の森内の気温に近づき海上の森周辺は一体的に平衡化する。

#### 3) 日没直後の気温からみるクールアイランド強度

直接日射の影響を受けなくなる日の入時刻 19 時においても猛暑日は海上の森湧水路付近との間に愛・パークで 2.7℃、こぶし公園で 2.8℃、愛和会館屋上で 3.9℃の気温差が生じている(表 3)。沈砂池及びグラウンドでも 2.2℃、2.5℃とそれぞれ気温差が生じ、水面及び芝地であっても蓄熱していることが日没後の気温に現れている。

#### 4) 土地被覆と周辺環境の違いによる気温差の現れ方

地表面が草地土壌のグラウンドと、同じ草地土壌であってもアスファルト舗装された団地に隣接する愛・パークは両地点とも海上の森から約 100m 離れた位置にある。猛暑日の両地点の気温差を比較すると、最低気温時及び日没直後は 0.2℃である。一方、最高気温時には 5.2℃の差が生じ、土地被覆と周辺環境の違いが日中の気温差に強く現れることが示された。

#### 5) 猛暑日と猛暑日以外を比較した熱環境特性

観測期間中の猛暑日(13日間平均)と猛暑日以外(降水日を除く 13日間平均)の日を比較すると、海上の森のクールアイランド強度は猛暑日の方が強く、最高気温時に気象の違いがよく現れる。

一日のうち気温が最も低くなる 4 時ないし 5 時は、猛暑日及び猛暑日以外の日ともに地点間の違いが 0~1.1℃と無いに等しい。

猛暑日と猛暑日以外の日々の最高気温を比較すると、愛和会館屋上において猛暑日が 37.9℃、猛暑日以外が 32.0℃で 5.9℃と観測地点の中で最も差が大きく異なり、コンクリート建物の屋上が最も気象の影響を受け易い場所といえる。一方、

表 1 各観測地点の平均日最高気温と湧水路付近のクールアイランド強度(猛暑日 13日間)

低気温順位	観測地点	気温(℃)	最高気温観測時刻(h)	湧水路付近のクールアイランド強度(℃)
1	海上の森 湧水路付近	29.9	14	0
2	海上の森	32.3	15	-2.4
3	水田	34.2	14	-4.3
4	グラウンド	34.3	14	-4.4
5	沈砂池	35.1	12-14	-5.2
6	愛和会館屋上	37.9	14	-8.0
7	愛・パーク	39.5	13	-9.6
8	こぶし公園	40.4	14	-10.5

表 2 各観測地点の平均日最低気温と湧水路付近のクールアイランド強度(猛暑日 13日間)

低気温順位	観測地点	気温(℃)	最低気温観測時刻(h)	湧水路付近のクールアイランド強度(℃)
1	海上の森 湧水路付近	23.6	5	0
2	海上の森	23.8	5	-0.2
3	水田	24.3	4	-0.7
3	グラウンド	24.3	4	-0.7
4	沈砂池	24.5	4-5	-0.9
4	愛・パーク	24.5	4-5	-0.9
5	愛和会館屋上	24.8	4	-1.2
6	こぶし公園	25.5	5	-1.9

表 3 各観測地点の日没直後の平均気温と湧水路付近のクールアイランド強度(19時)(猛暑日 13日間)

低気温順位	観測地点	日没直後の気温(℃)	湧水路付近のクールアイランド強度(℃)
1	海上の森 湧水路付近	26.5	0
2	海上の森	27.9	-1.4
3	水田	28.3	-1.8
4	沈砂池	28.7	-2.2
5	グラウンド	29.0	-2.5
6	愛・パーク	29.2	-2.7
7	こぶし公園	29.3	-2.8
8	愛和会館屋上	30.4	-3.9

日射の影響を受け易い人工構造物で囲まれるこぶし公園は猛暑日が 40.4℃、猛暑日以外が 39.5℃と最高気温差は 0.9℃である。気温が安定的な海上の森湧水路付近の猛暑日が 29.9℃、猛暑日以外が 27.8℃の 2.1℃差よりも変化が小さく、住宅密集地では気象に関係なく定常的に熱が保持されていることが考えられる。

3・2 環境構成要素による気温上昇の違いの現れ

図 3 に猛暑日の各地点の日最高気温、日最低気温及び平均値を示す。最高気温と最低気温の差は愛・パークが 15.0℃、こぶし公園が 14.9℃と観測地点の中でも一日の中での気温上昇が激しい。一方、海上の森湧水路周辺は 6.3℃と気温上昇が最も小さく、林外に比べて抑えられている。水田で 9.9℃、グラウンドで 10.0℃、沈砂池で 10.6℃の気温差が生じるが、人工度の高い環境に比べれば気温上昇は小さいといえる。

3・3 日没直後から最低気温時までの気温低下値

日没直後の 19 時台の気温から最低気温を減じた値を気温低下値とすると、気温低下値は、湧水路付近が 3.0℃、こぶし公園が 3.8℃、水田が 3.9℃、海上の森（湧水路無）が 4.1℃、沈砂池が 4.1℃、愛・パークが 4.6℃、グラウンドが 4.8℃、愛和会館屋上が 5.6℃である。

グラウンドは草地土壌であり、開放的で放射冷却が起き易く、風が通り抜け易い位置にあるため気温低下が大きく現れると考えられる。こぶし公園の低下度が小さい理由として、恒常的な貯熱状態にあることを現し、水田、グラウンド、沈砂池など水面及び植生がある場所は気温の日変化が小さく、低下度も小さくなると考えられる。

最高気温時の愛・パークのクールアイランド強度が 9.6℃に対して、最低気温時のクールアイランド強度は 0.9℃差まで縮まる。愛・パークは住宅密集地に隣接していることや道路に近いことから日中は高温化するが、夜間とはんば池湿地や海上の森に近いことによる気温の低減効果が期待できることが明らかになった。

RC 造の日没直後の表面温度は、夏季の壁面だと日中日射受熱の蓄熱により外気温より 10℃近く高い温度を維持すると言われているが<sup>12)</sup>、建物屋上の最高気温時のクールアイランド強度が 8.0℃に対して朝方の最低気温時のクールアイランド強度が 1.2℃まで下がる。また、気温低下値が大きい理由としてキャンパスが海上の森に接していることによる冷却効果と結びつけて考えられるかどうかは今後の検討課題とする。図 4 に猛暑日の気温の平均日変化を示す。

3・4 環境構成要素による猛暑日の湿度の違い

1) 最高湿度及び最低湿度

表 4 に各観測地点における猛暑日の平均日最高湿度を高湿度順に、表 5 に各観測地点における猛暑日の平均最低湿度を低湿度順に示す。こぶし公園の湿度は計測していないため省略している。湿度差は、最高湿度を示した海上の森内（湧水路無）及び湧水路付近の値を基準として各地点における一日の最高湿度及び最低湿度をそれぞれ減じた値とする。

海上の森、海上の森湧水路付近、愛・パーク及び沈砂池は全て相対湿度 100%rh を示した。また、水田は 99.5%rh を示し、屋上の 97.2%rh に比べると水面及び植生を有する方が 2.3%rh と僅かであるが湿度は高い。

最低湿度をみれば屋上が 40.7%rh、愛・パークが 38.9%rh と沈砂池や水田に比べると湿度が低い環境であることが分かる。最低気温同様、湧水路付近の土壌は腐葉土化しており保水性が高く、谷地形になっているため傾斜面の植生から放出される水分が、水路から放出される湿気と合わさって滞留していることが考えられる。

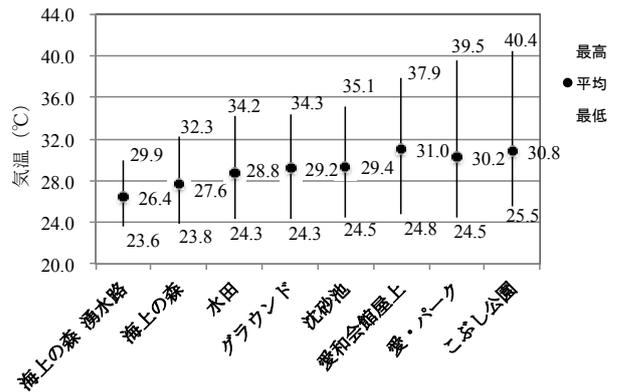


図 3 環境構成要素による気温上昇の違い (猛暑日 13 日間)

表 4 各観測地点の平均日最高湿度 (猛暑日 13 日間)

高湿度順位	観測地点	湿度 (%rh)	最高湿度観測時刻 (h)	海上の森内との湿度差 (%rh)
1	海上の森	100	5	0
2	海上の森 湧水路付近	100	6	0
3	愛・パーク	100	5	0
4	沈砂池	100	5	0
5	水田	99.5	4	-0.5
6	愛和会館屋上	97.2	4	-2.8
7	グラウンド	96.2	4	-3.8

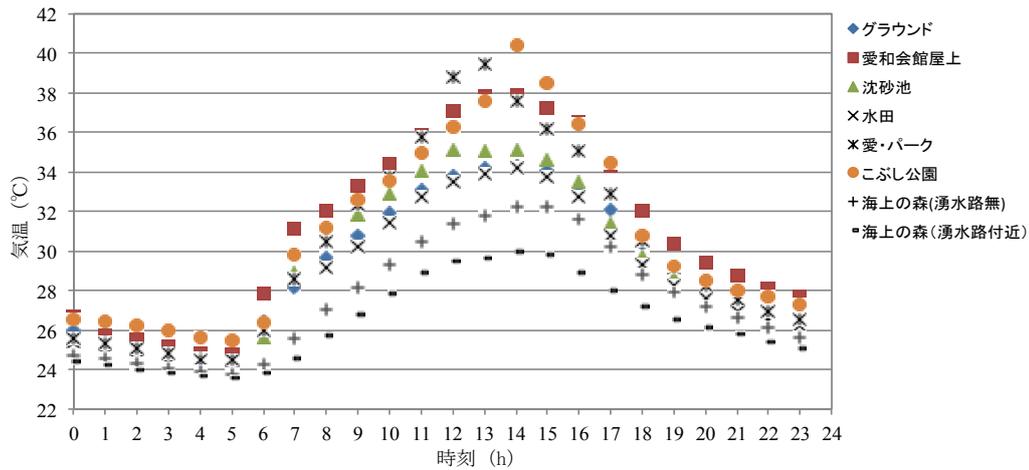


図 4 気温の平均日変化 (猛暑日 13 日間)

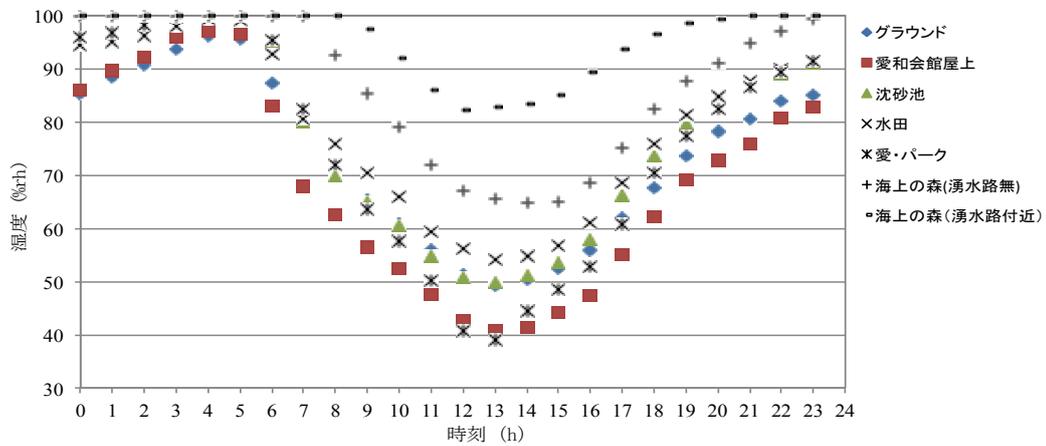


図 5 湿度の平均日変化 (猛暑日 13 日間)

表 5 各観測地点の平均日最低湿度 (猛暑日 13 日間)

低湿度順位	観測地点	湿度 (%rh)	最低湿度観測時刻 (h)	湧水路付近との湿度差 (%rh)
1	海上の森 湧水路付近	82.3	12	0
2	海上の森	64.7	14	-17.6
3	水田	54.2	13	-28.1
4	沈砂池	49.9	13	-32.4
5	グラウンド	49.4	13	-32.9
6	愛和会館屋上	40.7	13	-41.6
7	愛・パーク	38.9	13	-43.4

## 2) 湿度上昇からみる熱環境特性

最高湿度から最低湿度を減じると、湧水路付近は 17.7%rh で最も変化が小さく、海上の森 (湧水路無) が 35.3%rh、水田が 45.3%rh、グラウンドが 46.8%rh、沈砂池が 50.1%rh、愛和会館屋上が 56.5%rh、最も変化が大き

かったのは愛・パークの 61.1%rh であった。

湧水路付近は樹冠密度が高く気流が生まれにくいいため湿度が下がりにくく、愛・パークは、日中、湿度が最も低くなるが、朝方には高い湿度に回復することから、周囲を取り囲む森林から蒸発する水分が拡散し、その影響が及んでいることが考えられる。愛・パークの最高気温は屋上を上回るが、湿度の回復からみるとキャンパス内のように熱容量の大きい鉄筋コンクリート造の校舎が複雑に立ち並んでいる環境より森林からの影響を受け易いといえる。

## 3) 猛暑日の湿度の平均日変化の特徴

図 5 に猛暑日の湿度の平均日変化を示す。猛暑日の湿度の平均日変化の特徴は、海上の森湧水路付近が一日を通して 82.3%~100.0%の高い湿度を保つ。

日中の最低湿度は、水田および沈砂池のような水面のある場所が約 50%rh、愛・パークおよび愛和会館屋上のような人工被覆率が高い場所が約 40%rh と海上の森に比べると湿度の低い空気となる。しかし、22 時から翌朝

5時までの夜間は、全ての観測地点で湿度 80%rh を超え、海上の森に隣接する領域は湿潤な空気になることが明らかになった。

4. 冷気のにじみ出し観測の結果

にじみ出し現象は、緑地内に蓄積された冷気が周辺市街地へ乱流拡散を伴わずに重力的に全方位に流出する現象である<sup>10)</sup>。また、夜間「にじみ出し現象」が起こっている場合、緑地の影響はつねにほぼ一定の範囲に限られる可能性が高く、この領域に関しては緑地内とほぼ等しい温度レベルになり、隣接する市街地よりも 2 ~ 3℃ 涼しい環境が形成される<sup>13)</sup>。

予備調査において海上の森とグラウンドの境界から森林の奥に向かって 2m 間隔で気温を観測していき、8m 以降は気温に変化がみられなくなったため林縁から林内へ 8m 入ったところの位置を 0m 地点とした。なお、38m の地点は計測していない。

海上の森からにじみ出す冷気の到達距離を明らかにするために、観測期間 7 日間の平均気温値のうち、最低気温を示した 5 時、日の出後日射の影響が大きく現れ始めた 7 時、最高気温を示した 13 時の距離ごとの気温変化を図 6 に示す。なお、観測値のうち、8 月 19 日午後の 0m、8 月 20 日午前の 0m の値は異常値を示したため平均値計算に使用していない。また、12m 地点及び 34m 地点も異常値を示したため省略した。観測期間中の日の出時刻は、5:15 から 5:19、日の入時刻は 18:29 から 18:37 の間である。

4・1 日中における地点ごとの気温変化の特徴

12 時台から 16 時台は、図 6 に示す通り林外と比べて林内気温が低く、0m 地点（境界線から林内へ 8m 入ったところ）に近づくにしたがって気温が低くなる。12 時台から 15 時台までは、林内の 5 地点（0~8m）と林外とでは大きく気温差があるが、時間の経過に伴って気温差が小さくなる。17 時以降は林内と林外が逆転してグラウンド端の 30m から 40m の間の方が低い気温を示すようになり、北側の傾斜面下に広がる森に近い 40m 地点が最も低くなる。日没に近づくにつれて日射の影響がだんだん弱くなると林内と林外の地点との差がなくなるが、北側の海上の森からの放射冷却の影響が現れてくると考えられる。日中の距離間における気温差の時刻変化を表 6 に示す。

観測地点において、林外のように日射を受ける地点と林内のように日射を受けない地点を比較すると、日射を受けていない方が低い気温を示し、夜間に近づくにつれて放射冷却が進み林外の気温の方が低下していくことが明らかになった。

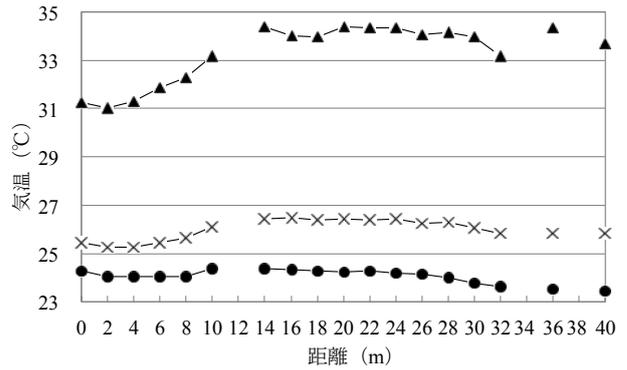


図 6 海上の森からにじみ出す冷気の到達距離 ●5時, ×7時, ▲13時

表 6 日中の距離間における気温差の時刻変化

時刻 (h)	気温差 (°C)	最低気温値地点 (m)	最低気温値 (°C)	最高気温値地点 (m)	最高気温値 (°C)
12	4.1	0	30.1	36	34.2
13	3.4	2	31.0	20-24	34.4
14	3.2	0	31.4	20	34.6
15	2.8	0	31.3	20	34.1
16	1.9	2	30.3	20	32.2
17	1.0	40	28.8	20-22	29.8
18	1.0	40	26.8	22	27.8
19	0.9	40	25.6	10-14,22	26.5
20	1.0	40	24.9	10-14,22	25.9

表 7 夜間の距離間における気温差の時刻変化

時刻 (h)	気温差 (°C)	最低気温値地点 (m)	最低気温値 (°C)
0	0.9	40	24.4
1	0.9	40	24.1
2	1.0	40	23.7
3	1.0	40	23.6
4	1.0	40	23.4
5	1.0	40	23.4
6	0.8	36~40	24.3
7	1.2	2	25.2
8	1.7	2~4	26.1

4・2 夜間における地点ごとの気温変化の特徴

0 時台から 5 時台までは、すべての地点において気温が下がり続ける。40m 地点は、0 時台から 6 時台までの地点よりも最も低い気温のまま維持される。林内の 0m、4m、8m 地点は 5 時台までを林外と比較して低い気温を示すわけではない。しかし、5 時以降の林内は林外ほど気温が上昇せず、7 時台以降は林外より低い気温となる。夜間の距離間における気温差の時刻変化を表 7 に示す。

#### 4・3 海上の森からにじみ出る冷気の到達距離

森との境界線から 2m 林外へ出たところの 10m 地点は、最高気温時の 13 時台にも他の林外の地点と比較すると低い気温を示している。12 時から 13 時にかけて、森林と外気の境界に最も近い 10m 以降は、14m から 40m 区間の気温が 10m と異なる高い気温を示すとともにほぼ同じであることから判断すると、日中の東側の森からのにじみ出し冷却効果は森との境界から 2m までということになる。一方、0 時から 6 時までは、北側の森に近い 30m から 40m の区間が林内より低い気温を示したことについては、成田<sup>10)</sup> が言う重力流的なにじみ出し現象とは異なるが、グラウンド北側の崖下の森で強い放射冷却が進み、冷却効果をもたらしていることが考えられる。崖下の森による冷却効果は日射の影響が弱くなる日没近くから現れ始める。

#### 5. 定点観測地における空気の冷え方の比較

冷却効果を考察するため、焦点を絞って気温値を比較する。使用データは、定点観測地における猛暑日 13 日間の平均気温値である。なお、異常値は平均値に含んでいない。

本研究観測地点のうち、海上の森エリアの中で最も冷却効果の高い湧水路付近①、海上の森からの距離が同じグラウンド②及び愛・パーク③、住宅からの人工的な排熱により高温化が現われるこぶし公園④、キャンパス内建物屋上⑤の 5 地点を選定し、空気の冷え方の比較を行う(図 7)。

グラウンド及び愛・パークの観測地点は、海上の森から約 100m 離れており、海上の森からほぼ同距離にある。異なる環境条件として愛・パークに隣接して住宅団地がある。愛・パークはこぶし公園と同じ午前 6 時過ぎから急に気温が上昇しはじめ、日中こぶし公園と同様な気温上昇を示すが、夜間になればグラウンドと同じ気温になる。グラウンドが最低気温を示す 4 時の気温差をみるとこぶし公園とは 1.3℃であるが、愛・パークとは 0.2℃まで縮まる。空気の冷え方は排熱及び蓄熱要因がない方が森からの冷却効果が得られやすい事を示した。

キャンパス内建物屋上の気温が深夜から朝方にかけて住宅地より低いのは、住宅地では就寝時にもエアコンを稼働させるが、校舎のエアコン使用を夜間停止している間は冷却効果が及んでいる可能性もある。

標高の違いから検討すると、グラウンドと愛・パークとの間に 50m、こぶし公園と愛・パークとの間に 9m ある標高差が気温差に現れていることも考えられる。

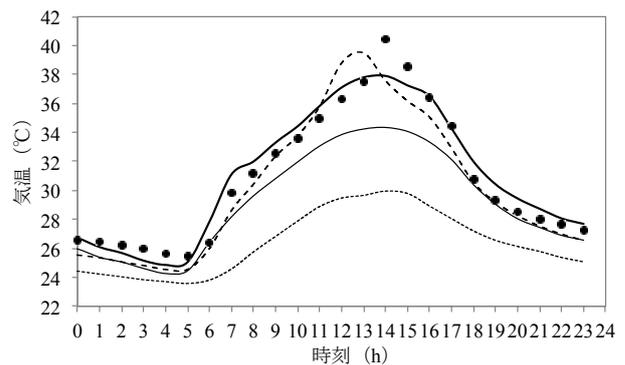


図 7 定点観測地の気温変化からみる冷え方  
(猛暑日 13 日間)

..... 湧水路付近、      ——— グラウンド  
 - - - - 愛・パーク、      ● こぶし公園  
 ——— 愛和会館屋上

#### 6. まとめ

本研究では、観測地点ごとの環境構成要素と気温および湿度の関係性を調べるとともに、冷気のにじみ出し実験を行い、海上の森で生成された冷気がキャンパス内のどこまで届くかを観測した。明らかになった結果を以下にまとめる。

- 海上の森内の湧水路付近には林外にはない冷たい空気が生成され、海上の森はクールアイランドを形成している。
- 22 時から翌朝 5 時までの夜間は、全ての観測地点で湿度 80%rh を超え、海上の森に隣接するキャンパス周辺は湿潤な空気に包まれる。
- 森との境界線から 2m 林外へ出たところの 10m 地点は、最高気温時の 13 時台にも他の林外の地点と比較すると低い気温を示している。本研究方法で観測された日中の東側の海上の森からのにじみ出し冷却効果は森との境界から 2m まで及ぶ。
- 17 時以降は林内と林外の気温が逆転して森から 30m~40m 離れた場所が最も低い気温を示すようになり、北側の傾斜面下に広がる森の放射冷却による冷却効果を受けている。
- 海上の森からの冷却効果がキャンパス内の気温低下に現れ、自然エネルギーとしての利用価値が確認できた。
- キャンパスの周辺環境全体に緑地があることが冷却効果を増し、一体的な森林保全の重要性があらためて示された。

## 7. 引用文献

- 1) 海上の森センター：海上の森の自然史,2007.
- 2) 財団法人 2005 年日本国際博覧会協会：2005 年日本国際博覧会に係る環境影響評価書, 677-680, 694-857,2002.
- 3) 荒井秀俊：日本の気候は変化しつつあるか,気象雑誌,14(8),425-427,1936.
- 4) 福井英一郎：日本の大都市に於ける都市気候の研究,都市問題,32(3),29～44,1941.
- 5) 福井英一郎：都市における気温分布と緑地,都市問題,47,699～705,1956.
- 6) 丸田頼一：公園緑地の都市自然環境におよぼす影響,都市計画,69・70,50～56,1972.
- 7) 浜田崇,三上岳彦：都市内緑地のクールアイランド現象－明治神宮・代々木公園を事例として－,地理学評論,67(8),518～529,1994.
- 8) 横張真,加藤好武,山本勝利：都市近郊水田の周辺市街地に対する気温低減効果,ランドスケープ研究,61(5),731～736,1998.
- 9) 梅干野晁：脱ヒートアイランド都市をめざして,安心都市 BIO-City41,34～39,2009.
- 10) 成田健一：新宿御苑のクールアイランド,空気調和・衛生工学,83(8),59～64,2009.
- 11) 浜田崇,鈴木智恵子：総説 シリーズ「ヒートアイランド」その2 都市気候に及ぼす緑地・水面の効果,生活衛生,40(1),3-11,1996.
- 12) 梅干野晁,何江：熱収支シミュレーションによる市街地街区単位の夏季と冬季のヒートアイランドポテンシャルの解析,日本建築学会環境系論文集,74(636),217-223,2009.
- 13) 成田健一,三上岳彦,菅原広史,本條毅,木村圭司,桑田直也：新宿御苑におけるクールアイランドと冷気のにじみ出し現象,地理学評論,77-6,403-420,2004.

(平成 26 年 3 月 19 日)