

熱田の杜が持つヒートアイランド緩和効果などの様々な有用性

大野 隆史

Various Valuable Functions such as the Mitigation of Urban

Heat Island that the Grove of Atsuta Shrine Involves

Takashi Ohno

名古屋市南部に位置する熱田神宮において大気関連の調査を行い、熱田の杜が持つヒートアイランド緩和効果などの様々な有用性を明らかにした。

夏季の日中には、熱田の杜は周辺市街地に比べて、日中平均で4℃ほど、日中平均の最大で6℃ほど、時間値の最大では8℃ほど気温が低くなった。熱田の杜はヒートアイランド現象を緩和する、大変貴重なクールスポットとなっていることが確認された。冬季の夜間には、常緑樹を含む熱田の杜によって天空率が小さくなり、放射冷却による地表面付近の低温化が妨げられ、熱田の杜の方が周辺市街地よりも暖くなる事例が認められた。熱田の杜が夏は涼しく、冬は暖かいスポットであることが確認できた事例と考えられる。

熱田の杜の中では、NO₂が15%ほど、NOが40%ほど吸収除去された。熱田の杜に大気浄化機能、あるいは大気緩衝機能があることが確認された。

夏季の熱田の杜の中では、周辺よりもα-ピネンとリモネンが1.5～2倍ほど、β-ピネンが2～3倍ほど高濃度となった。熱田の杜には、これらのテルペン類を放散することによる、森林浴効果・癒し効果があることが確認された。

はじめに

近年、都市に存在する公園等の緑地や河川等の水辺空間は、いわゆるクールスポットを形成し、都市のヒートアイランドを緩和する効果があることが、いくつか報告されている¹⁾⁷⁾。そのような都市内緑地は、窒素酸化物等の大気汚染物質を吸収・除去する、大気浄化機能をも併せ持つことが指摘されている⁸⁾。また、都市内の大規模緑地で、樹林密度が大であれば、いわゆる森林浴の効果も期待できる。森林浴とは、主に樹木が発散する揮発性成分であるフィトンチッドの香りを浴びることであり、α-ピネン等のテルペン類はフィトンチッドの代表的な成分である⁹⁾。そのテルペン類には、ストレスを緩和させる効果や、アロマセラピーに代表されるような癒し効果、消臭・脱臭効果、抗菌・防虫効果等があることが報告されている¹⁰⁾。

今回は熱田神宮において、生物多様性の保全と外来生物対策についての調査が行われる機会があり、そのような生物多様性関連での熱田神宮の有用性

を検証する調査の一環として、併せて大気関連の調査も行い、熱田神宮の森「熱田の杜」が持つ様々な有用性を明らかにしたので報告する。

熱田神宮は名古屋市南部の熱田区にあり、楠や檜などの常緑樹や樺などの落葉樹からなる熱田の杜を形成しており、熱田の杜は名古屋市内に残された大変貴重な手つかずの、約19haの面積の大規模緑地となっている。

調査方法

1. 温湿度

温湿度データロガー（(株)T&D 社製、TR-72Ui型）を用いて、原則1週間連続して、平成23年度は2分間隔で、平成24・25年度は5分間隔で、温湿度データを連続収録した。データ収録後は1時間値として、データを平均化した。

2. 大気浄化機能

大気汚染物質として、窒素酸化物（NO_x）（二酸化窒素：NO₂、一酸化窒素：NO）濃度を測定した。測

定はパッシブサンプラー（受動型測定器）である、PTIO-NO_x サンプラー（短期型）（株）小川商会製）を用いて、多点同時測定を行った。平成 23 年度調査では 2-3 日間の平均濃度を、平成 24・25 年度調査では原則 1 週間の平均濃度を算出した。

PTIO-NO_x サンプラーには 2 つの捕集面があり、一方の捕集面で NO₂ 吸収剤であるトリエタノールアミン（TEA）を含浸したろ紙上に NO₂ を捕集し、もう一方の捕集面でラジカル酸化剤である PTIO（2-Phenyl-4,4,5,5-tetramethyl-imidazoline-3-oxide-1-oxyl）で NO を NO₂ に酸化した上で、TEA 含浸ろ紙上に NO_x（NO+NO₂）として捕集するもので、受動型簡易測定器の中で唯一 NO も測定可能であり、測定期間中の平均濃度を正確に測定できるものである。

PTIO-NO_x サンプラー法は分子拡散法に基づいた測定法のため、風速等の影響はほとんど受けないが、温度・湿度については若干影響を受けるため、測定値の補正を行う必要があり、下記のような補正式が示されている¹¹⁾。その補正式に使用するための温湿度データについては、名古屋地方気象台のオンラインデータを用い、各々の測定期間についての平均気温・平均湿度を算出して使用した。

$$\alpha \text{ NO}_2 = 10000 / (0.677 \times \text{RH} \times \text{P} + 2.009 \times \text{T} + 89.8)$$

$$\alpha \text{ NO} = 10000 / (-0.780 \times \text{RH} \times \text{P} + 220)$$

$\alpha \text{ NO}_2$, $\alpha \text{ NO}$: 濃度換算係数 (ppb・min/ng)

RH : 相対湿度 (%), T : 温度 (°C),

P = (P_N/P_T) (1/2) : 水蒸気圧補正項

P_N : 20°Cにおける水蒸気圧 (mmHg)

P_T : 測定時の平均気温における水蒸気圧 (mmHg)

標準的な温度 20°C・湿度 70%の場合には、 $\alpha \text{ NO}_2=56.38$, $\alpha \text{ NO}=60.46$ となる。これらの補正項より NO₂ 濃度, NO 濃度は次式で算出される。

$$\text{NO}_2 \text{ 濃度 (ppb)} = (\alpha \text{ NO}_2 \times \text{WNO}_2) / \text{T}$$

$$\text{NO 濃度 (ppb)} = (\alpha \text{ NO} \times (\text{WNO}_x - \text{WNO}_2)) / \text{T}$$

W:検量線から求めた NO_x または NO₂ 捕集量 (ng)

T : 曝露時間 (min)

3. テルペン類

VOC 測定用パッシブサンプラー VOC-SD（スベルコ社製）を用いて、多点同時測定を行った。平成 23 年度調査では 2-3 日間の平均濃度を、平成 24・25 年度調査では原則 1 週間の平均濃度を算出した。

テルペン類については、VOC 測定用パッシブサンプラーで測定可能で、サンプラーへの捕集速度 (ng/ppb/hr) が報告されている¹²⁾ α -ピネン、 β -ピネン及びリモネンの 3 物質を調査対象物質とした。

但し、 β -ピネンについては捕集速度が報告されていないので、 α -ピネンの捕集速度をそのまま流用して算出した。サンプラーへの捕集全量の測定は、二硫化炭素で抽出後、内部標準物質（トルエン-d8）を添加して、GC/MS-SIM 法で行った。捕集全量から、捕集速度及び曝露時間を用いて、測定期間中の平均濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ at 20°C) を算出した。

GC/MS 条件としては以下の通りである。

- ・ GC/MS : 島津製作所製 GC-2010/GCMS-QP2010
- ・ カラム : J&W 社 DB-1MS 30m×0.25mm×0.25 μm
- ・ 昇温条件 : 40°C(5min)→10°C/min→200°C→20°C/min→290°C

4. 設置状況

手作りの雨よけシェルター内に、温湿度データロガー、PTIO-NO_x サンプラー、VOC-SD サンプラーを一括して取り付け、そのシェルターを樹木の枝等の、地上 1 m 付近にぶら下げて設置した。

雨よけシェルターの写真を図 1 に、温湿度データロガーの写真を図 2 に、PTIO-NO_x サンプラーの写真を図 3 に、VOC-SD サンプラーの写真を図 4 に示す。このシェルターは自然通風式の百葉箱として使用し、内部の測定機器には直射日光は当たらない構造となっている。



図 1 雨よけシェルター



図 2 温湿度データロガー



図 3 PTIO-NO_x サンプラー



図 4 VOC-SD サンプラー

調査期間・調査地点

平成23年度から平成25年度にかけての3カ年に、原則夏季と冬季に、各々原則1週間の調査を行った。3カ年の調査期間や調査地点数を表1に示す。平成24・25年度は夏季調査に加えて、NOx等の大気汚染物質が高濃度になりやすく、かつヒートアイランド強度自体も夏季に比べて大きくなりやすい^{13,14)}冬季（初冬季）にも調査を行った。

表1 3カ年の調査期間・調査地点数

年度	季節	調査期間	日数	調査地点数
平成23年度	夏季	H23/08/19～26	7	14
				7: 熱田の杜内
				6: 熱田の杜境界
平成24年度	夏季	H24/08/20～27	7	10
				3: 熱田の杜北部
				3: 熱田の杜中部
平成25年度	夏季	H25/08/26～30	4	3: 熱田の杜南部
				1: 比較対照

平成23年度の調査地点配置図を図5に、平成24・25年度の調査地点配置図を図6に示す。

平成23年度には、熱田の杜内に7地点、熱田の杜と周辺歩道との境界に6地点、比較対照として熱田区役所南端の敷地境界付近(図5の⑭)に1地点の、計14地点で測定を行った。

平成24・25年度には、熱田の杜内の北部・中部・南部に各々3地点ずつの計9地点、比較対照として1地点の、計10地点で測定を行った。

熱田の杜北部の3地点(図6の①～③)を含む一帯は「神の領域」と呼ばれ、通常は人の立ち入りが制限されている、樹林密度の高い神聖な手つかずの森が広がる区域である。

調査結果及び考察

1. 温湿度調査結果（夏季調査）

夏季調査について3カ年のまとめを、温度について表2に、湿度について表3に示す。熱田の杜の地域区分毎に、全調査期間を通算した平均で示す。日中平均とは6時から18時についての平均、夜間平均とは18時から翌6時についての平均である。

平成23年度の調査期間中は北からの寒気流入で、大雨と異常に気温の低い状態が続き、日中の熱田神宮内外の温度差が2℃程度と、3回の調査のうちで最

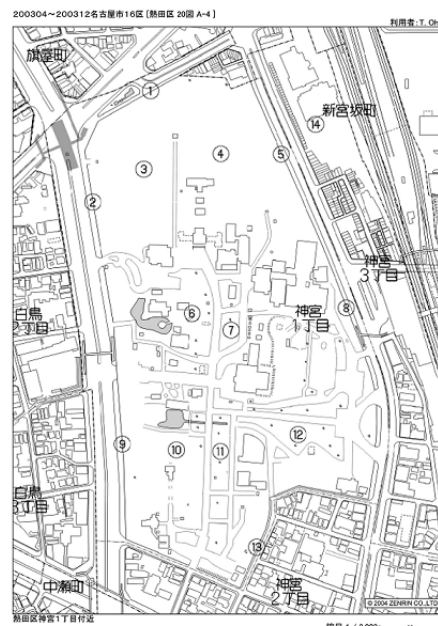


図5 調査地点配置図（平成23年度）

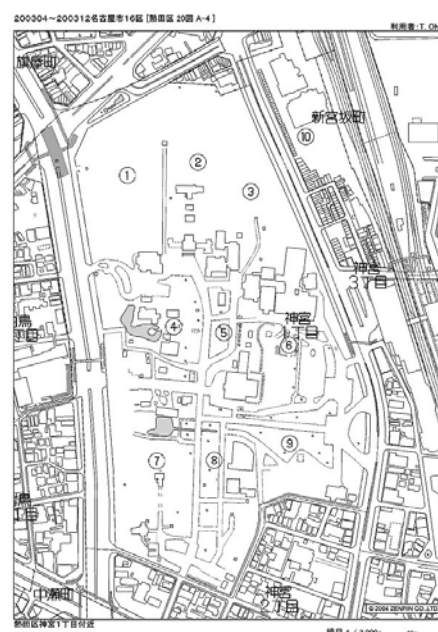


図6 調査地点配置図（平成24・25年度）

も内外温度差が小さくなった。平成24年度の調査期間中は晴天に恵まれ、日中の熱田神宮内外の温度差は3℃ほどであった。平成25年度は「晩夏」をターゲットとしたが、やはり晴天に恵まれ、日中の熱田神宮内外の温度差は、3回の調査のうちで最も大きな4℃ほどとなった。なお、これらの数字は全調査期間を通算した平均であり、かつ1時間値として均した上での評価であるので、実際の温度差は感覚的にはもっと大きかったものと推察される。

湿度についてみると、日中の熱田神宮内は比較対

表2 熱田の杜の中と外の温度差(夏季)

単位:℃

平成23年度	杜内7地点		杜境界6地点
全日平均	-1.4		-1.1
日中平均	-1.9		-1.6
夜間平均	-0.9		-0.7
平成24年度	杜北部(①-③)	杜中部(④-⑥)	杜南部(⑦-⑨)
全日平均	-2.3	-1.7	-1.8
日中平均	-3.5	-2.8	-2.9
夜間平均	-1.1	-0.7	-0.8
平成25年度	杜北部(①-③)	杜中部(④-⑥)	杜南部(⑦-⑨)
全日平均	-2.6	-2.3	-2.3
日中平均	-4.3	-3.7	-3.8
夜間平均	-0.9	-0.9	-0.8

表3 熱田の杜の中と外の湿度差(夏季)

単位:%

平成23年度	杜内7地点		杜境界6地点
全日平均	7.7		6.0
日中平均	10.4		8.5
夜間平均	5.4		3.8
平成24年度	杜北部(①-③)	杜中部(④-⑥)	杜南部(⑦-⑨)
全日平均	9.3	7.9	8.3
日中平均	13.7	11.4	12.0
夜間平均	5.1	4.4	4.7
平成25年度	杜北部(①-③)	杜中部(④-⑥)	杜南部(⑦-⑨)
全日平均	13.0	10.8	12.2
日中平均	19.6	15.9	17.7
夜間平均	6.5	5.8	6.8

照と比べて、平成23年度の調査では9%ほど、平成24年度の調査では12%ほど、平成25年度の調査では18%ほど湿度が高いという結果が得られた。

夜間に比べ、日中の方が温湿度差共に大きかった。夜間には、最も内外温度差が大きくなった平成25年度調査ですら1℃弱の内外温度差しかなかった。仮に夜間に冷気のしみ出しがあったとしても、その温度勾配の小ささ故に、熱帯夜を緩和する効果としてはごく小さいものと考えられる。

地点別にみても、平成23年度の調査では杜内の方が杜境界よりも内外温度差が若干大きくなったものの大きな差ではなく、熱田の杜の境界域付近にまで冷気域が広がっていたことが分かる。平成24・25年度の調査では、データとしては示していないが、概ね樹林密度の大きな①、②、③や⑧地点で

温湿度差が大きくなった。また、高蓄熱性地表面であるアスファルト舗装駐車場に近い⑨地点が、最も温湿度差が小さくなった。全体としては、人の立ち入りが制限されている神聖な森の広がる杜北部が、他の杜中部や杜南部よりも大きな温湿度差となり、人の往来があり、かつ樹林密度が最も疎である杜中部の温湿度差が最も小さくなり、杜北部とは1℃弱の温度差が生じた。

内外温度差が最も大きくなった平成25年度調査について、温度の経時変化を図7に、比較対照(⑩熱田区役所)との温度差の経時変化を図8に示す。図7には参考として、名古屋地方気象台でのオンライン公表温度データ(1時間値)も示す。但し、名古屋地方気象台は標高51m、熱田神宮は標高7mの地点にあるので、気温減率(0.649℃/100m)を用いて高度補正を行った。

内外温度差は日中平均で4℃ほど、1時間値の最大値は6℃ほどであるが、8/27には日中平均で6℃ほどとなり、1時間値の最大値は8.6℃を記録した。最大値としては、かなり大きなクールアイランド効果があることが分かる。熱田の杜がヒートアイランドを緩和する、大変貴重なクールスポットとなっていることが確認された。

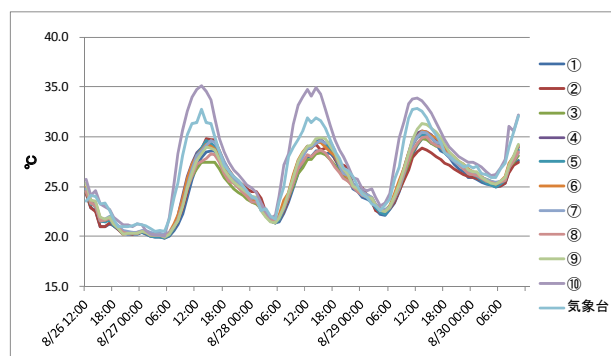


図7 温度の経時変化(2013/8/26-30)

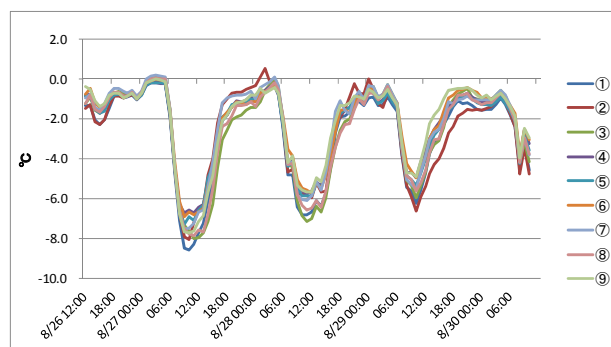


図8 比較対照との温度差の経時変化(2013/8/26-30)

クールアイランド強度としては、新宿御苑の日中で 2°C ほど、夜間で 1°C ほど⁴⁾、皇居でも日平均値で 2°C 弱⁵⁾が報告されている。また、熱田神宮と類似した杜を形成していると考えられる明治神宮では、日中平均で 3°C ほど、日中の最大値の平均で 4°C ほど、日によっては最大で 6°C に達したことが報告されている³⁾。都市内緑地の規模が大きいほどクールアイランド強度が大きく、かつ緑地の樹林率とその規模を関連付けると、クールアイランド強度との相関がより明確となることも報告されている⁷⁾。また、樹林率が大きい緑地では、新宿御苑や皇居で観測された 2°C より大きな 2.5°C ほどのクールアイランド強度が観測されている⁹⁾。以上のことから、あまり人の手が入らず、鬱蒼とした森として残された熱田の杜は、樹林率も大きいこともあって、明治神宮で観測されたクールアイランド強度よりも大きい、日中平均で 4°C ほど、日中平均の最大で 6°C ほど、時間値の最大では 8°C ほどのクールアイランド強度となった。

2. 温湿度調査結果（冬季調査）

一般的に人工熱源の分布が都市域で密なことや、蓄熱性の高いコンクリートやアスファルトの地表面被覆が多いこと、冬に特有の放射冷却を妨げる都市の天空率の小ささ等の要因によって、夏季に比べて冬季の方が、ヒートアイランド強度が大きくなりやすい^{13,14)}。

冬季調査はヒートアイランド強度の大きい冬季において、熱田の杜が宇宙空間への熱の放射（放射冷却）を妨げ、冬でも暖かいスポットであるということ を明らかにするための調査である。冬季にヒートアイランド強度が大きいのは、都市域と郊外との比較においてであって、都市内緑地内外において温湿度差を見出すことは難しく、日射のない初冬季の夜間（特に夜明け前）に接地逆転層が形成され、大気安定を崩すような風も吹かずに大気安定状態が保たれ、常緑樹を含む熱田の杜によって天空率が小さくなり、放射冷却による低温化を妨げる森のない比較対照地点の方が、放射冷却によって低温となるような場合に限定される。

比較対照地点との温度差の経時変化を、平成 24 年度調査について図 9 に、平成 25 年度調査について図 10 に示す。

平成 24 年度の調査期間中は、前線を伴った低気圧が次々と通過し、寒冷前線が通過するたびにシベリア高気圧からの寒気が流入して気温が下がり続

け、寒冷前線通過後の強い北西風が吹き荒れ、大気が非常に不安定な厳冬期の調査となった。そのため放射冷却による大気安定状態はほとんど形成されず、比較対照地点の方が低温となるような場合は、12/5 の明け方に数時間しか認められなかった（図 9）。その時間帯には気象台データでもごく微風を観測しており、接地逆転による大気安定状態が維持され、放射冷却による低温化を妨げる森のない比較対照地点の方が低温となったことを検出できた、ごく希な事例となった。

平成 25 年度の調査期間中は、大きな移動性高気圧がゆっくりと張り出し始め、しだいにその中心、後面となった。移動性高気圧の後面は、一般に微風で接地逆転層を形成しやすく、後続の温暖前線の進行面に生じる前線性逆転も相まって、強固な大気安定状態となりやすい。そのため比較対照地点の方が低温となるような場合が、平成 24 年度調査より多く散見され、12/5 の 21～24 時頃、12/7 の 0～3 時頃、12/9 の 0～6 時頃等に認められた（図 10）。その時間帯には気象台データでもごく微風を観測しており、熱田の杜が冬暖かいスポットであることが確認できた事例であろうと考えられる。

冬季のヒートアイランド強度については、報告例

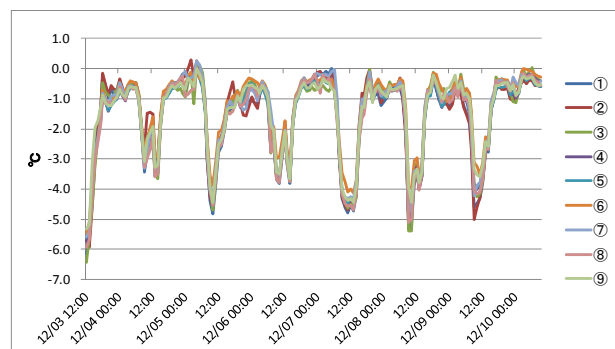


図 9 温度差の経時変化（2012/12/3-10）

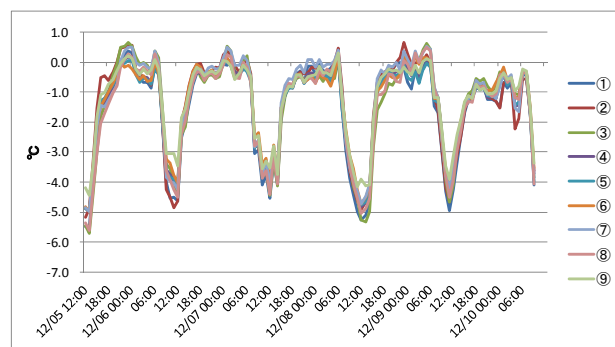


図 10 温度差の経時変化（2013/12/5-10）

は少ないが、ヒートアイランド強度の気象条件への依存性を検討し、冬季のヒートアイランド強度が大きいのは、放射冷却による大気安定が冬季に起こりやすいためとする報告がある¹³⁾。また、冬季に芝生と樹林地を比較すると、開けた芝生の方がより放射冷却が効いて、常に低温であったことが報告されている¹⁴⁾。このことは逆から見れば、樹林地は木々の枝葉によって天空率が小さくなり、放射冷却を妨げる効果があることになり、今回得られた結果と良く整合している。また、緑地内の方が市街地よりも低温であり、同じ市街地でも建物階が高いほど高温となることが報告されている¹⁴⁾。原因としては、建物が高いほど天空率が小さくなって、放射冷却が弱められるためとしており、建物と樹林の違いはあるものの、天空率が小さくなることによって放射冷却が妨げられるという点では、今回得られた結果とこれも良く整合している。

3. NO_x 濃度調査結果

調査結果をまとめて表4に示す。杜内（及び杜境界）の6～9地点の平均濃度と、比較対照地点（熱田区役所）との濃度差を示し、併せて濃度低減効果を「浄化率」として評価した場合の浄化率も示す。また、杜内平均濃度と比較対照濃度との比較を、NO₂について図11に、NOについて図12に示す。

ほとんど全ての場合において、熱田の杜内の方が熱田区役所より低濃度となった。浄化率としては、全体ではNO₂で15%ほど、NOで40%ほどの浄化率となった。熱田の杜に大気浄化機能、あるいは大気緩衝機能があることが確認された。

一般にNO_x濃度は、大気の鉛直混合拡散が盛んな夏季には低濃度になりやすく、大気安定となりやすい冬季には高濃度になりやすい。今回もそのような一般的な傾向に合致した結果が得られた。

NO₂と比べてNOでより大きな濃度差が認められた。NOとNO₂を比較すると、NOは自動車排ガスとして一次排出され（約90%以上）、自動車排ガスの指標としてはより直接的であるが、特に夏季の高温条件下では、速やかに高濃度のO₃やOHラジカルによって酸化・除去され（NO Titration）、急速に減衰する場合が多い。それに対してNO₂はその酸化二次生成物であり、減衰もなだらかになりやすく、特に夏季にはNOの方がNO₂に比べて低濃度となりやすい。

冬季にはしばしば大気安定となり、その安定成層内に大気汚染物質が閉じ込められると、冬季の低温

表4 熱田神宮内及びその周辺でのNO_x濃度

年度	回	測定地点	NO2濃度			NO濃度		
			ppb	その差	浄化率	ppb	その差	浄化率
平成 23年度 夏季	1回目	杜内7地点	10	-3	25	9	-2	21
		杜境界6地点	10	-4	29	7	-4	36
		比較対照	14			12		
	2回目	杜内7地点	9	-2	14	4	-8	66
		杜境界6地点	11	1	-6	6	-5	47
		比較対照	11			11		
	3回目	杜内7地点	9	-3	24	8	-1	11
		杜境界6地点	10	-2	20	10	1	0
		比較対照	12			9		
平成 24年度	夏季	杜内9地点	9	-1	7	4	-7	64
		比較対照	10			11		
	冬季	杜内9地点	19	-1	7	10	-4	26
		比較対照	20			14		
平成 25年度	夏季	杜内9地点	16	-2	11	4	-11	75
		比較対照	18			15		
	冬季	杜内9地点	24	-2	9	11	-7	38
		比較対照	26			18		
			平均浄化率		14	平均浄化率		38

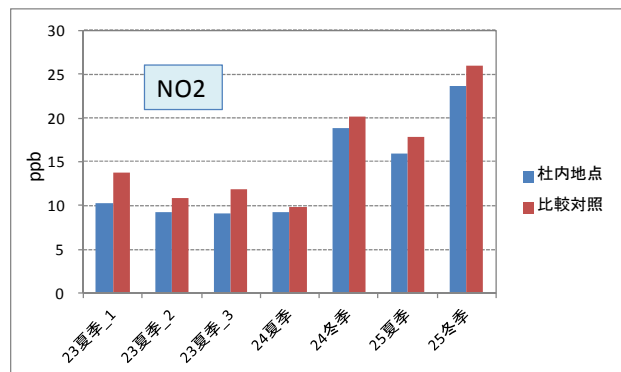


図11 杜内平均濃度と比較対照濃度（NO₂）

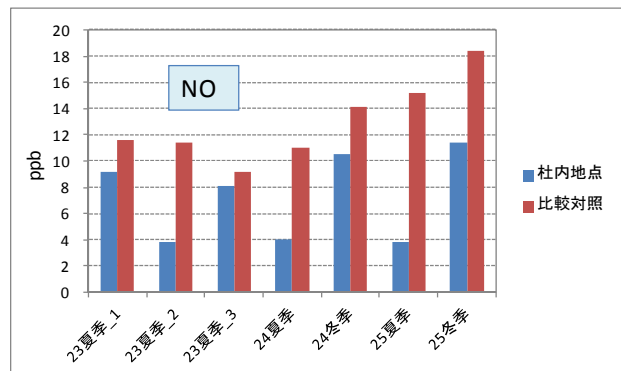


図12 杜内平均濃度と比較対照濃度（NO）

による反応の進みにくさ等も相まって、しばしば一次排出されたNOが数百ppb、NO₂で60ppbを超えるような高濃度が観測されることもある。

4. テルペン類濃度調査結果

テルペン類の調査結果をまとめて表5に示す。杜内（及び杜境界）の6～9地点の平均濃度と、比較対照地点との濃度比（林内林外比）を示す。また、杜内平均濃度と比較対照濃度との比較を、 α -ピネンについて図13に、 β -ピネンについて図14に、リモネンについて図15に示す。 α -ピネンは、夏季には林内平均濃度で1～3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、林外で0.5～2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、林内林外比で1.5～2倍ほどで、冬季には林内平均濃度で0.5～1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、林外でも同程度であった。 β -ピネンは、夏季には林内平均濃度で0.2～0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、林外で0.1～0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、林内林外比で2～3倍ほど、冬季には林内平均濃度で0.05～0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度、林外で0.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で、林内林外比で2倍ほどであった。リモネンは、夏季には林内平均濃度で0.2～0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、林外で0.1～0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、林内林外比で1.5～2.5倍ほど、冬季には林内平均濃度で0.1～0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度、林外で0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で、林内林外比で1.5倍ほどであった。夏季の方が冬季より、2～5倍程度高濃度であった。また、低温で雨の続くような場合（平成23年度調査1回目）には、樹木からの揮散が抑えられ、低濃度となる傾向が認められた。

ほぼ全ての地点で、いずれのテルペン類についても、熱田の杜内の方が比較対照よりも高濃度となった。但し、低温の冬季で樹木からの揮散が抑えられるような場合には、林内と林外で濃度が変わらないようなことも認められた。

表5 熱田神宮内及びその周辺でのテルペン類濃度

年度	回	測定地点	α -ピネン		β -ピネン		リモネン	
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$	その比	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	その比	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	その比
平成23年度 夏季	1回目	杜内6地点	1.13	1.67	0.27	2.69	0.22	1.56
		比較対照	0.67		0.10		0.14	
	2回目	杜内6地点	2.31	1.37	0.30	1.99	0.29	1.74
		比較対照	1.68		0.15		0.17	
	3回目	杜内6地点	2.57	1.78	0.35	2.29	0.43	2.38
		比較対照	1.44		0.15		0.18	
平成24年度	夏季	杜内9地点	2.17	1.38	0.37	1.78	0.29	1.76
		比較対照	1.57		0.21		0.16	
	冬季	杜内9地点	0.52	0.68	0.11	2.24	0.19	1.41
		比較対照	0.77		0.048		0.13	
平成25年度	夏季	杜内9地点	1.27	2.24	0.19	2.77	0.17	1.44
		比較対照	0.57		0.067		0.12	
	冬季	杜内9地点	0.47	1.27	0.041	1.44	0.12	1.14
		比較対照	0.38		0.029		0.10	

測定年度間及び測定日間において、あまり大きな濃度差はなかったものの、林内濃度は測定地点の樹林植生の状況や密度、通風状況の違い等によって、比較的大きな地点間濃度差が認められた。但し、樹林植生の状況や密度、通風状況の違い等によって、統一的な一定の傾向が見い出されるまでには至らなかった。

名古屋市では大気汚染防止法に基づく常時監視として、有害大気汚染物質モニタリング調査を行っている。その調査の一環として、正規の調査対象物質ではないものの、平成25年度には、 α/β -ピネンについても測定を行った¹⁵⁾。年間を通しての濃

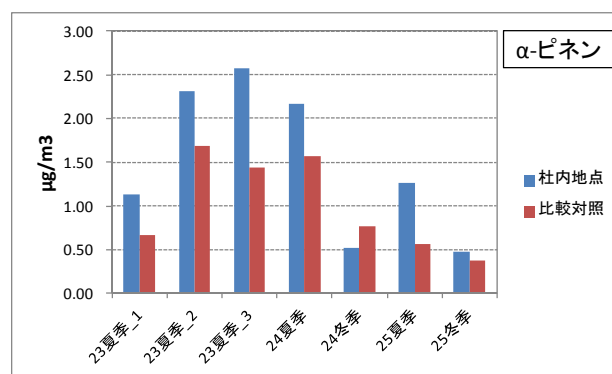


図13 杜内平均濃度と比較対照濃度（ α -ピネン）

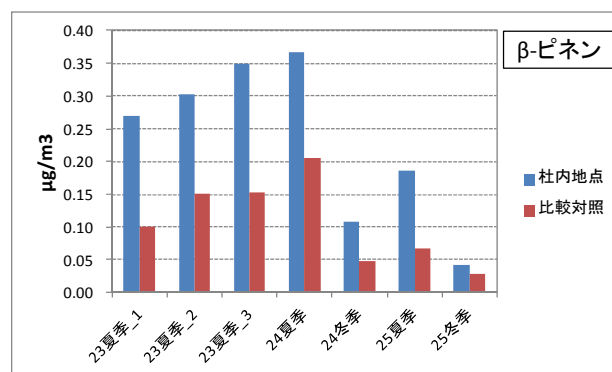


図14 杜内平均濃度と比較対照濃度（ β -ピネン）

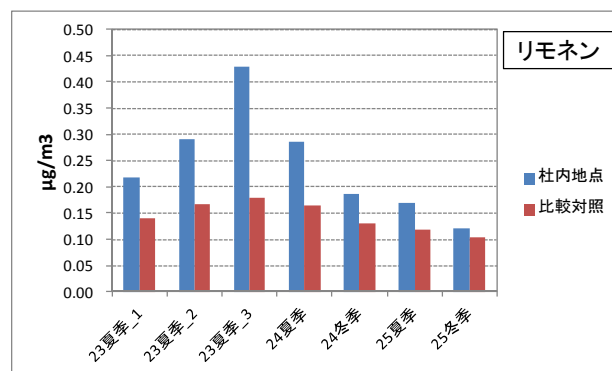


図15 杜内平均濃度と比較対照濃度（リモネン）

度は、 α -ピネンが $0.043 \sim 6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=60$, 平均 $0.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$), β -ピネンが $0.0060 \sim 0.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=60$, 平均 $0.093 \mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。今回の熱田神宮での測定では、主に一般環境での測定である有害大気汚染物質モニタリング調査での検出範囲内ではあるが、比較対照地点でも比較的高濃度のテルペン類が検出され、熱田の杜内ではより一層高濃度のテルペン類が検出された。比較対照地点でも高めのテルペン類が検出されたことは、熱田の杜からの影響が少なからず及んでいることを示唆している。

森林の中でのテルペン類の測定例はあまり多くはないが、夏季のヒノキ林内で α -ピネンが $3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, β -ピネンが $0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, リモネンが $0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 秋季のヒノキ林内で α -ピネンが $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, β -ピネンが $0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, リモネンが $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と報告されている⁹⁾。今回の熱田神宮での測定では、場合によっては夏季のヒノキ林内と同程度の、かなり高濃度のテルペン類が検出された。

熱田の杜は楠や樺、檜等の広葉樹が主体であるが、主に針葉樹から揮散すると言われている α -ピネンや、主に柑橘類の果皮や樹木から揮散するとされるリモネンについて、このような高濃度で検出されたことは、熱田の杜が多種の樹木を包括する、樹林密度の大きい鬱蒼とした森であることや、手つかずの自然がそのまま残されている、大変貴重な森であること等を反映しているものと考えられる。

謝 辞

本調査研究は「なごや生物多様性保全活動協議会」の中の一活動部会である、「熱田神宮の生きもの調査と外来生物対策部会」の大気部門調査として実施したものである。

同協議会事務局の方々には、調査日程調整等で大変ご協力いただいた。また、熱田神宮関係者の方々には、現場案内等で大変ご協力いただいた。ここに深く謝意を表します。

文 献

- 1) 大野隆史, 樋田昌良, 久恒邦裕: 河川や緑地によるヒートアイランド緩和効果の検証, 名古屋市環境科学調査センター年報, 1, 13-19 (2012)
- 2) (社)環境情報科学センター: 平成 17 年度 都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想の検討調査報告書, 平成 18 年 3 月

- 3) 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, **67A**-8, 518-529 (1994)
- 4) 成田健一, 三上岳彦, 菅原広史, 本篠 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**, 403-420 (2004)
- 5) 泉岳 樹, 三上岳彦, 清水昭吾, 岡 暁子: 皇居のクールアイランド効果について (その 2) —2006 年, 2007 年 8 月の観測結果—, 日本気象学会 2008 年度春季大会講演予稿集, p.296 (D404) (2008)
- 6) 三上岳彦, 菅原広史, 清水昭吾, 成田健一, 萩原信介: 自然教育園と周辺市街地における夏季の気温移動観測, 自然教育園報告, 42, 25-29 (2011)
- 7) 三上岳彦, 関田也寸志: 都市内緑地のクールアイランド効果とその規模別評価, 日本気象学会 2008 年度春季大会講演予稿集, p.298 (D406) (2008)
- 8) 神田 学, 森脇 亮, 高柳百合子, 横山 仁, 浜田 崇: 明治神宮の森の気候緩和機能・大気浄化機能の評価 (I) 1996 年夏期集中観測, 天気, **44**(10), 713-722 (1997)
- 9) 市岡高男, 加藤 進, 佐来栄治, 早川修二, 高橋正昭: 山地森林の快適性 (第 1 報) —測定方法の検討を中心に—, 三重県保健環境研究所年報, 1, 29-35 (1999)
- 10) アロマセラピー・コンサルテーションに必要な精油の化学
<http://www.forestwalking.com/kagaku.html>
- 11) 平野耕一郎, 前田裕行, 松田啓吾: NO, NO₂ 同時測定用の拡散型長期曝露サンプラーの使用マニュアル, 横浜市公害研究所報, 15, 199-204 (1991)
- 12) <http://www.sigma-aldrich.com/japan>
- 13) 菅原広史, 成田健一, 三上岳彦, 本篠 毅, 石井康一郎: 都市内緑地におけるクールアイランド強度の季節変化と気象条件への依存性, 天気, **53**(5), 393-404 (2006)
- 14) 岡田 牧, 若月泰孝, 犬飼 俊, 廣田 陸, 日下博幸: 初冬早朝における緑地内外の気温分布調査, 日本ヒートアイランド学会論文集, 8, 7-12 (2013)
- 15) 池盛文数: 未公開資料