

関東地域における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究 — ヒートアイランドが発生したときの影響 —

飯田 信行, 大原利真*ほか国立環境研究所 C 型共同研究グループ
(環境保全部, *国立環境研究所)

Study on characteristics and formation mechanism of photochemical oxidants over Kanto area Influence when heat island occurred

Nobuyuki IIDA, Toshimasa, OHARA* and type C Joint research group
(Environmental Conservation Division, *National Institute for Environmental Studies)

キーワード: 光化学オキシダント, ヒートアイランド, 窒素酸化物

1 はじめに

関東地域の年平均気温は 1990 年以降平年値を上回る年が多く出現し, 日最高気温が 30℃を超える真夏日も増加している¹⁾。この気温上昇の原因として, ①地球温暖化の影響, ②建物排熱・自動車排熱等の人工排熱の増加や地表面被覆の変化が挙げられるが, 特に都市部では②によるヒートアイランド現象が問題となっている。

また, 関東地域における春から夏の光化学オキシダント (Ox) 濃度は, 1990 年以降上昇傾向にあり, その主な原因として, ①原因物質の発生量の変化, ②東アジア地域から移流する汚染物質の変化, ③気象要素の変化等が考えられている。同時に, ヒートアイランドによる高温化が光化学反応を促進しているとの見方²⁾もある。

そこで, 本研究では, Ox の挙動解明を目的に, 関東地域においてヒートアイランドが発生したときの気象状況と Ox 高濃度域の関係について事例解析を行った。

2 目的

関東地域におけるヒートアイランド発生時の気象状況や Ox 高濃度域との関係について, 既往研究⁴⁾では, 次のような指摘がなされている。

- 1) 7~8 月の風の弱い日の日中には 34~35℃を超える高温域が東京都北部から群馬県南部の広範囲に及ぶ。
- 2) 東京湾から北西方向に海風が吹き込む場合, 海風前線の内陸部で海風と逆向きの循環が形成され, 埼玉県南部によどみ状態が数時間継続する。
- 3) 埼玉県南部のよどみ域に汚染物質が蓄積し, さらに, 前線部分で上空に持ち上げられた汚染物質もよどみ域に集中して凝縮され, 午後の海風に運ばれて関東北部が高濃度となる。

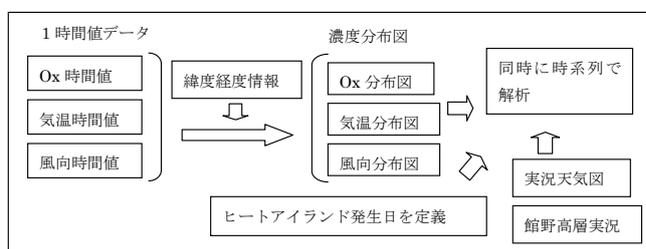


図1 解析方法フロー図

そこで, これらの報告を踏まえ, 本研究では, 風向・風速, 気温等の気象データと Ox 高濃度発生状況との関連について検討を行い, 以下の点を明らかにすることを目的とした。

- 1) ヒートアイランド発生日の気象状況に特徴が見られるか。
- 2) ヒートアイランド発生日の Ox 高濃度域に特徴が見られるか。

3 解析方法

平成7年から16年の10年間で関東地域における光化学スモッグ注意報の発令延べ日数が最多の165回であった2000年度を対象として, 次の方法により解析した。

具体的な解析方法のフローを図1に示す。

はじめに, Ox 高濃度の生成に影響を及ぼすと推定されるヒートアイランドが発生した日を「気温が 34℃以上の島状の高温域 (100km² 程度以上) が同一の地域に 2 時間以上継続した日」と定義した¹⁾。

次に, 2000 年度に山梨県を除く関東地域で光化学スモッグ注意報が発令された 51 日について, 常時監視 1 時間値データの Ox 濃度, 風向・風速, 気温及び窒素酸化物 (NOx) 濃度について, 緯度経度情報を元に地図上にプロットする

プログラムを使用して、それぞれの分布図を作成した。この4つの分布図を同時に時系列で確認することにより解析を行い、地上風の状況、ヒートアイランドの形成状況、Ox高濃度域の形成状況及びそれらの因果関係について調べた。作成した分布図の例を図2～4に示す。

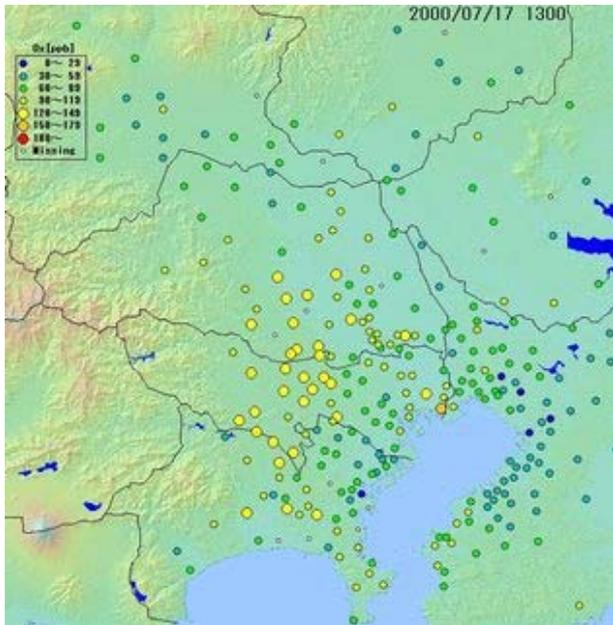


図2 Ox濃度分布図例 7月17日13時

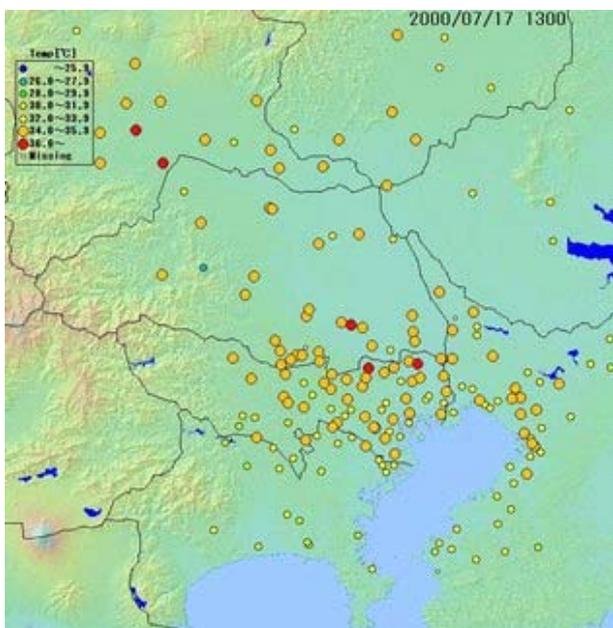


図3 気温分布図例 7月17日13時

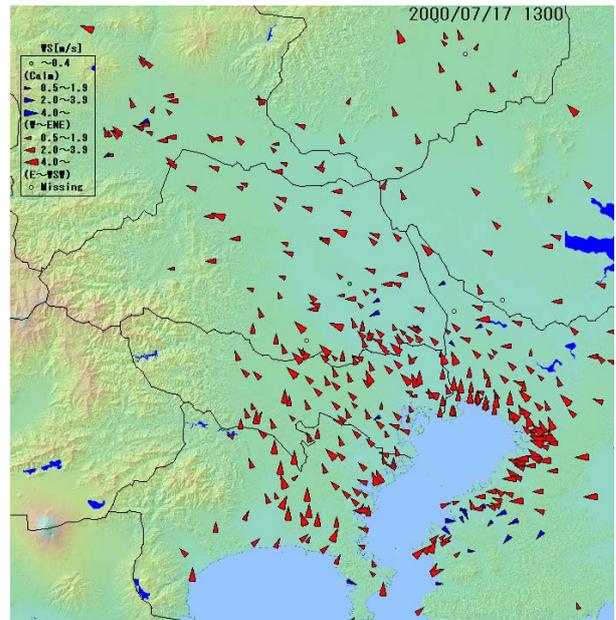


図4 風向風速分布図例 7月17日13時

4 結果及び考察

4.1 ヒートアイランド発生日

2000年度の関東地域光化学スモッグ注意報発令日51日のうち、ヒートアイランド発生日と認められたのは、7/1(土)、7/16(日)、7/17(月)、7/22(土)、7/23(日)、8/5(土)、8/6(日)、8/11(金)、8/25(金)、8/27(日)、8/29(火)の11日であった。このうち、2日間連続した日が3回あり、日曜日が4日あった。

また、いずれの日も、ヒートアイランドは東京都と埼玉県の都県境付近に発生していた。

4.2 ヒートアイランド発生日の気象状況

4.1のヒートアイランド発生日の気圧配置を調べた結果、次の2つに分類することができ、それぞれを南西風型、南東風型とした。また、関東地域付近の気圧傾度が緩やかで、一般風(地形などの局地的な影響を受けない、広い地域を代表する風)が無風の日、もしくは一般風が弱い西風の日にはヒートアイランドは発生せず、気温が34℃以上の高温となった地点が分散する傾向が認められた。南西風型の気圧配置例を図5に、南東風型の気圧配置例を図6に示す。

ヒートアイランド発生日の気圧配置の特徴は次のとおりである。

1) 南西風型

南西風型は、図5に示すとおり、関東地域が日本の東海上に中心を持つ太平洋高気圧の北西側に位置し、一般風が緩やかな南西風となるような気圧配置である。

7/1 (土), 7/22 (土) 7/23 (日), 8/11 (金), 8/25 (金), 8/29 (火) が該当した。

なお 7/22 及び 7/23 日は、東北地方の東海上を台風が通過した直後で一般的な気象状況とは言えないが、ここでは特徴から南西風型に分類した。

2) 南東風型

南東風型は、図6に示すとおり、関東地域付近の気圧傾度が緩やかで、かつ、日本の南西海上に低気圧または日本海に前線があって、地上に南東寄りの風が入るような気圧配置である。

7/16 (日), 7/17 (月), 8/5 (土), 8/6 (日), 8/27 (日) が該当した。

3) 高温の地点が分散した日

ヒートアイランドが発生しなかったのは、関東地域の気圧傾度が緩やかで、一般風が無風の日、もしくは一般風が弱い西風の日である。

8/3 (木), 8/8 (火), 8/10 (木) が該当した。

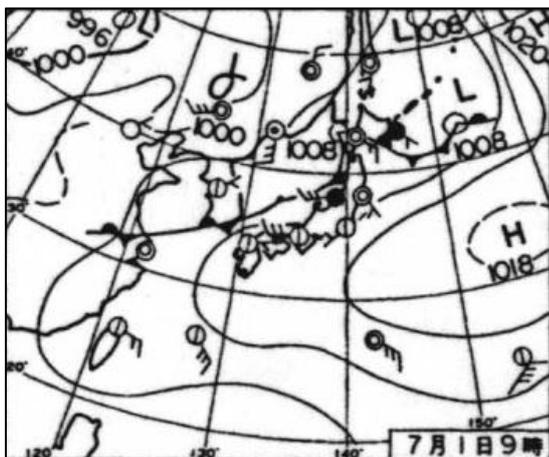


図5 南西風型気圧配置例

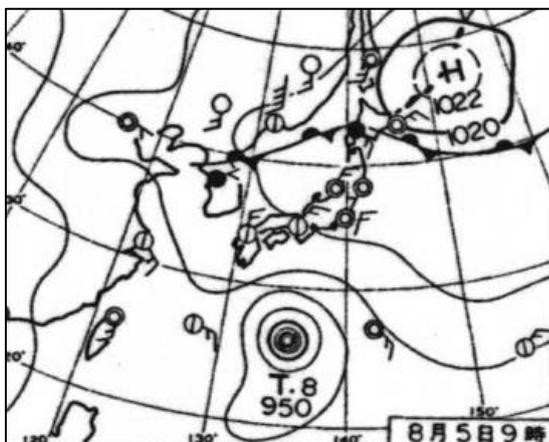


図6 南東風型気圧配置例

(財団法人日本気象協会：実況天気図(2000)より)

4.3 ヒートアイランド発生日のOx高濃度域

ヒートアイランド発生日のOx高濃度域の出現場所は、南西風型と南東風型で異なる傾向を示した。4.2で挙げた南西風型日について、ヒートアイランドとOx高濃度域をヒートアイランドの形成初期に注目して作成した示したパターンを図7に、同様に作成した南東風型日におけるパターンを図8に示す。

ヒートアイランドは、南西風型、南東風型とも、埼玉県中部に吹く南風と埼玉県東部に吹く東風とが合流することによって、合流地点手前付近に発生する‘風のよどみ域’にあたる埼玉県南部から東京都と埼玉県との都県境付近に発生していた。

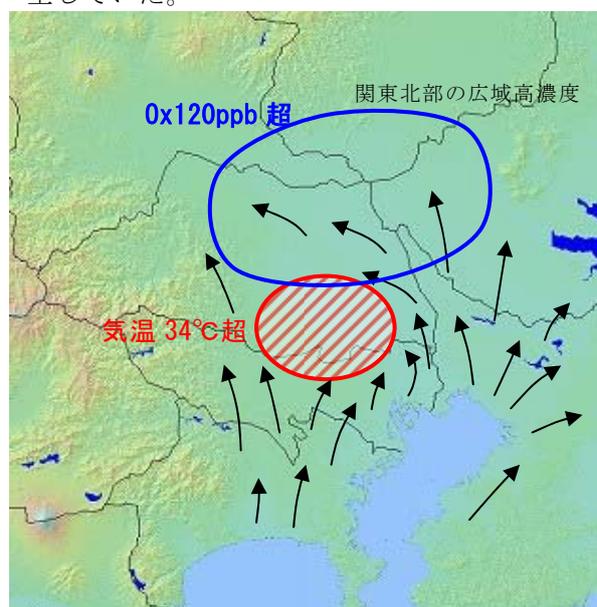


図7 南西風型における形成初期のヒートアイランドとOx高濃度域のパターン

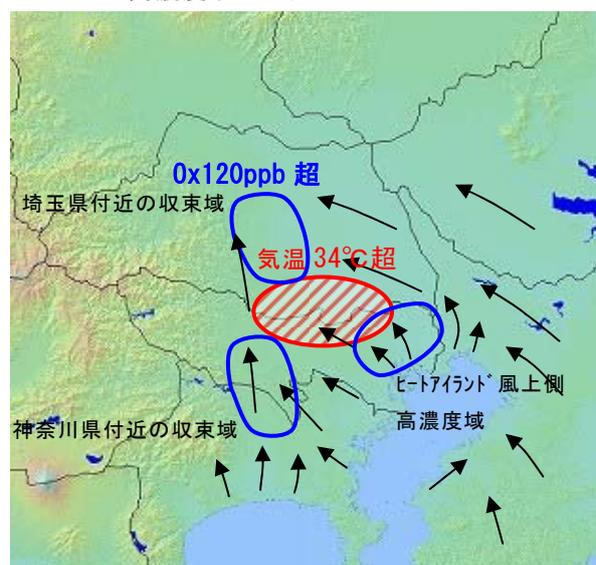


図8 南東風型における形成初期のヒートアイランドとOx高濃度域のパターン

また、ヒートアイランド発生域では、東京湾、相模湾及び鹿島灘方面からの海風の風速が、合流地点手前付近で低下し、風向が乱れ、同時に気温が高くなっている状況が分布図から認められた。このヒートアイランド発生域は、これまでの報告内容³⁾と一致していた。

さらに、図7及び図8から、南西風型、南東風型いずれの場合においても、Ox高濃度域はヒートアイランドと重ならない傾向が見られた。

以上のことから、ヒートアイランド発生日における気象条件とOx高濃度域の特徴をまとめると次のとおりとなる。

1) 南西風型の気象とOx高濃度域の特徴

南西風型では、神奈川県東部及び東京都東部では朝から南西風が入り、その後、埼玉県から群馬県方面へと北西に回りこむようにこの南西風が内陸部へ入る。また、神奈川県西部、東京都西部及び埼玉県西部へは、相模湾からの南風が入る。この二つの流れが埼玉県中部で合流して、合流点手前付近の埼玉県南部から東京都と埼玉県との都県境付近に‘風のよどみ域’が発生し、この付近にヒートアイランドが発生する。

一方、Ox高濃度域については、朝からの南西風で関東北部に運ばれた原因物質が光化学反応を起こすことにより、午後に関東北部の広域でOx濃度が120ppbを超える高濃度となるものと考えられる。

2) 南東風型の気象とOx高濃度域の特徴

南東風型では、埼玉県東部では、鹿島灘方面から南東風が入る。また、神奈川県及び東京都では、東京湾海風と相模湾海風が合流して収束し、その流れが埼玉県西部にまで及ぶ。この二つの流れが埼玉県中部で合流して、合流地点手前の埼玉県南部から東京都と埼玉県との都県境付近に‘風のよどみ域’が発生し、この付近にヒートアイランドが発生する。

一方、Ox高濃度域については、神奈川県及び東京都付近の東京湾海風と相模湾海風の合流地点の収束域で、Ox濃度が120ppbを超える高濃度となって停滞気味となり、午後からの海風の発達によりヒートアイランド付近を通過しながら関東北部へと運ばれる。また、埼玉県中部の鹿島灘方面からの南東風と相模湾からの南風との合流地点付近でも、風の収束によりOx濃度が120ppbを超える高濃度となるところがある。

図2～4に分布図を例示した2000年7月17日(月)は南東風型日に該当し、この日の14時の分布図からも、南東風型の特徴が認められた。

4. 4 ヒートアイランドとOx高濃度域との関係

南東風型の場合に、次の二つの特徴的な現象が認められることがあり、それぞれをケースE1、ケースE2とした。ケースE1の例を図9に、ケースE2の例を図10に示す。

それぞれにおけるヒートアイランドとOx濃度の関係は次のとおりである。

1) ケースE1

図9に示すとおり、Ox高濃度気塊が海風に運ばれてヒートアイランドの南側から北西へ移動するとき、ヒートアイランドの外側の風上側でOx濃度が上昇し、150～180ppb超の超高濃度となることがある。

原田⁴⁾によれば、一般風が3m/s<～<8m/sの場合、ヒートアイランドの外側の風上側に、ヒートアイランドの側に上昇流をもった循環流が発生する。ケースE1はこの循環流によってOx気塊が滞留することによりOx濃度が上昇したと考えられる。

2) ケースE2

図10に示すとおり、Ox高濃度域が海風に運ばれてヒートアイランドの南側から北西へ移動するとき、ヒートアイランドを迂回するように移動するように見えることがある。

この現象は、鹿島灘方面からの海風と相模湾海風との合流地点手前付近の埼玉県南部から東京都と埼玉県との都県境付近が‘風のよどみ域’となってヒートアイランドが発生する現象と、東京湾海風と相模湾海風が合流することによって神奈川県付近に生じる風の収束域が風の通り道となってOx高濃度気塊を北西方向へ運ぶ現象が同時に起こっていると見ることもできる。

4. 5 窒素酸化物(NOx)の状況

4.3で示したように、ヒートアイランドは‘風のよどみ域’に発生し、その領域におけるOx濃度は必ずしも高くない傾向があった。これについて、‘風のよどみ域’においてはNOxが高濃度となりOxがNOxにより消費されている可能性が既往研究⁵⁾により指摘されている。

そこで、NOx濃度分布についても同様に検証したところこのような事実は確認できなかった。

ヒートアイランドがきれいに形成された図9(7月16日)の事例においては、昼間のNOx濃度が東京湾沿岸でやや高かったが、この地域を除けば関東全域で30ppb未満であり、ヒートアイランド内で特に濃度が高くなるという現象は見られなかった。このような現象はその他のヒートアイランド発生日についても同様であった。

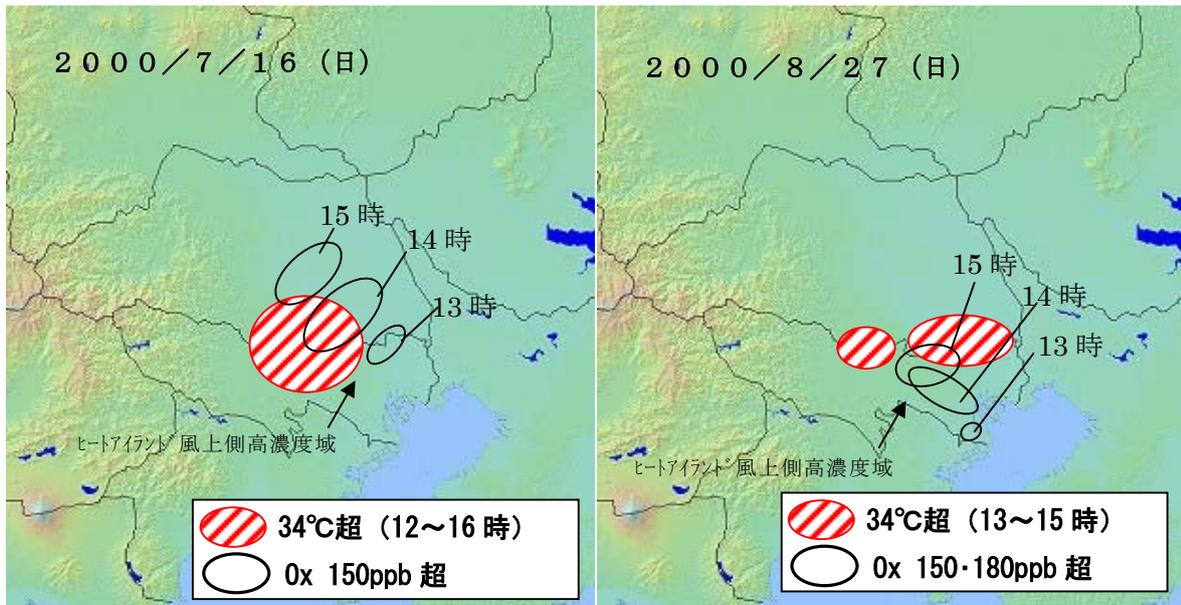


図9 O_x高濃度域の時間変化（ケースE1）

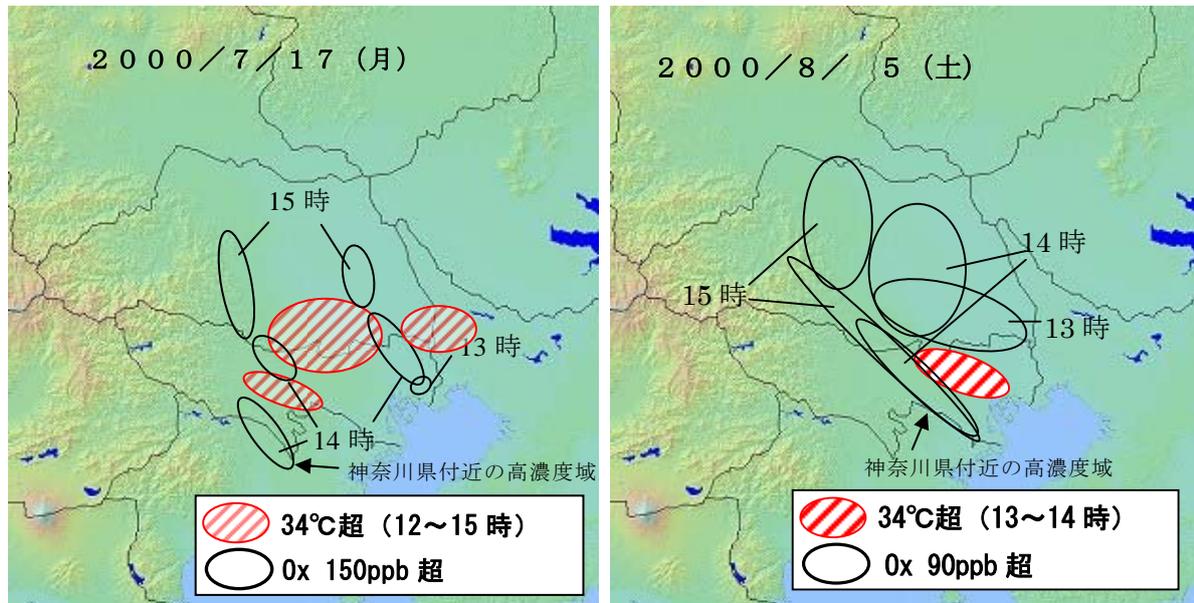


図10 O_x高濃度域の時間変化（ケースE2）

4.6 過去の状況

これまでの検討結果の確認のため、ヒートアイランドが現在ほど問題となっていなかった1990年度についても同様の解析を行った。

関東地域における7月と8月のO_x高濃度日は、2000年度の33例に対し1990年度は21例、同様に7月と8月のヒートアイランド発生日は、2000年度の11例に対し1990年度は13例であった。

1990年度のヒートアイランド発生日の特徴は、南西風型の気圧配置では2000年度と同様の特徴が見られたが、南東風型の気圧配置では明確なヒートアイランドは発生していなかった。

なお、1990年度は、猛暑の年であったため、2000年度にはなかった「陸風と海風がぶつかり合う海陸風前線付近で34°C超の高温域が発生するケース」（図11）や「フェーン効果で関東地域の広域で34°C超の高温となるケース」もあった。

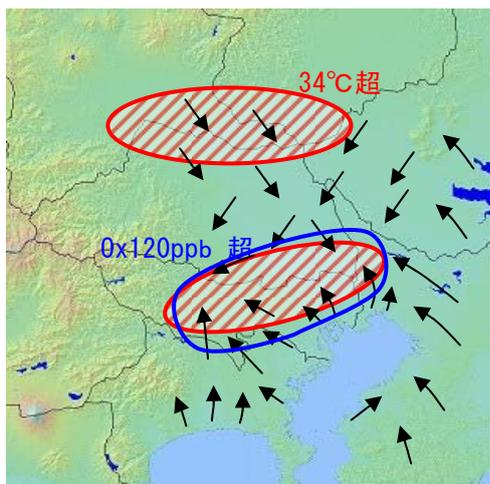


図 11 海陸風前線付近に高温域が発生するケース

5 まとめ

関東地域に光化学スモッグ注意報が 51 日と多く発令された 2000 年度における Ox 高濃度日について、ヒートアイランドと Ox 高濃度との関係を事例解析した結果、次のことがわかった。

- 1) ヒートアイランドは、関東地域に南西風が入る日及び南東風が入る日に発生し、発生場所は、埼玉県南部から東京都と埼玉県の県境付近に出現する‘風のよどみ域’であった。
- 2) ヒートアイランド発生日の Ox 高濃度域は、関東地域に南西風が入る日は関東北部の広域に出現し、南東風が入る日は風の収束域に出現した。
- 3) Ox 高濃度気塊がヒートアイランドの南側から海風に運ばれて北西方向へ移動するとき、ヒートアイランド付近で Ox 濃度が 150～180ppb 超の超高濃度となることがあった。
- 4) Ox 高濃度気塊がヒートアイランドの南側から海風に運ばれて北西方向へ移動するとき、ヒートアイランドを迂回するように移動するように見えることがあった。

参考文献

- 1) 気象庁気候・海洋気象部気候情報課：ヒートアイランド現象の観測・監視体制の強化，ヒートアイランドシンポジウム資料（2004）
- 2) 大原利眞：光化学オキシダントの全国的な経年変動に関する研究，増え続ける光化学オキシダント講演要旨集（2003）
- 3) 吉門洋：ヒートアイランド現象と光化学オキシダント，増え続ける光化学オキシダント講演会要旨集（2003）
- 4) 原田朗：大気汚染と気候の変化—人間社会と気候の関係—，p67（1982）
- 5) 片岡正光・竹内浩士：酸性雨と大気汚染，p32（1998）

共同研究（国立環境研究所）[平成 16～18 年度]
 課題名：日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究