

報告(Note)

光化学オキシダント高濃度地域の形成・移動と上空風の関係

飯田信行
(情報交流部)

Relation between Formation and Transportation of Photochemical Oxidants Hight Concentrated Area and Wind at 850 hPa

Nobuyuki IIDA
(Information and communication Division)

キーワード：上空風，光化学オキシダント，高濃度地域分布の時刻変化，8 パターン，ヒートアイランド

1 はじめに

最近の光化学オキシダント (Ox) 濃度は、本県においてはほぼ横ばいで推移しているが、全国的には地球温暖化による気象の変化，東アジア地域から移流する汚染物質の濃度の変化，発生源の変化等により徐々に上昇している¹⁾。特に，関東の都市域では，濃度が 200ppb を越えるような日が出現することが問題となっており，原因の一つとしてヒートアイランドとの関係が挙げられている²⁾。Ox の挙動には地形や気象条件の地域独自の要因も影響を及ぼしており，早急に実態を解明し，対策を講じる必要がある。

従来，Ox 高濃度予測は気圧配置や上層風観測結果等により実施してきたが，近年，気象要因の予測技術の進歩，コンピュータ性能の向上から上空風（850hPa 面・高度 1500m 程度の気圧傾度風）が精度良く予測できるようになった。このことから，図 1 に示すとおり，気象条件のうち，Ox 高濃度の地域分布の時刻変化（以下，「Ox 濃度変化」という。）に特に寄与の高いと考えられる上空風から，Ox 濃度変化を予測すること及びヒートアイランドが発生した日の Ox 濃度変化の特徴を把握することを目的として事例解析を行った。

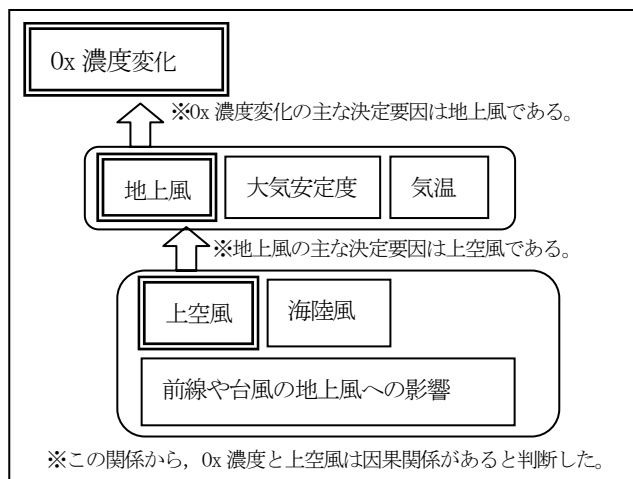


図 1 Ox 濃度変化と上空風の関係

2 検討方法

光化学スモッグ注意報の発令日について，Ox 濃度変化と気象条件との関係を解析するとともに，ヒートアイランドが発生した日における Ox 濃度変化の特徴を調べた。

光化学スモッグは広域大気汚染であることから，神奈川県地域の汚染予測を行うためには関東地域を調査対象として検討を行うことが必要と考えた。また，上空風を決定するものとして，関東地域周辺の気圧配置が考えられることから，上空風と気圧配置との関係についても検討を行った。

2. 1 利用したデータ及び資料

- ①Ox 濃度変化と地上風：常時監視 Ox データ及び常時監視風向風速データ
- ②上空風：850hPa 風・相当温位 12 時間予想図（予想図のため，実況と大きく異なる場合は，実況天気図から推定）
- ③前線や台風の地上風への影響：実況天気図（9 時・15 時極東天気図）及び常時監視風向風速データ
- ④気温：アメダスデータ及び常時監視気温データ
- ⑤大気安定度：茨城県館野における 9 時と 21 時の地上と上空 1000m の気温差データ

2. 2 光化学スモッグ注意報発令日の Ox 濃度変化

東京都，千葉県，埼玉県，神奈川県の一都三県において，2004 年度に光化学スモッグ注意報が発令された 32 日について，Ox 濃度変化と上空風の関係に着目して事例解析を行った。

2. 3 ヒートアイランド発生日の Ox 濃度変化

ヒートアイランドが発生した日を「東京から北の地域で，島状 34℃以上の高温域が 3 時間以上出現した日」と定義し，2004 年度に該当した 4 日について，同様に事例解析を行った。

3 結果

3. 1 光化学スモッグ注意報発令日のOx 濃度変化と上空風の関係

2. 2の32日を解析した結果、Ox 濃度変化を上空風別に、次の8パターンに分類できた。

3. 1. 1 上空南西風型

1) 気圧配置

次のような気圧配置の時に上空に南西風が吹いた。

- ・ 関東地域が低気圧の東側に位置する時
- ・ 関東地方が高気圧の北西側に位置する時
- ・ 関東地域が高気圧の西側で、関東に前線が南下した時

2) 高濃度発生機構

図2に示すとおり、南関東南部の東京、神奈川、千葉付近では、南西の風が吹き抜けるため、低濃度となる。南関東北西部の埼玉付近では、丹沢や奥多摩山地の山陰になるため、風が停滞し、東京、神奈川からの汚染物質の一部が流入し、80～120ppb以上の高濃度域が形成される。その後、高濃度域は、中部山岳部に形成された熱性低気圧に引き込まれる形で北西へ移動する。

発生日は、7月4日(日)、7月8日(木)、7月9日(金)、8月10日(火)、9月1日(水)、9月17日(金)の6日であった。

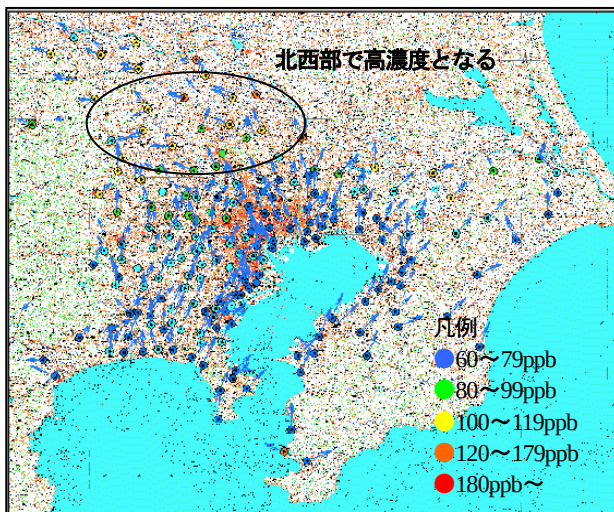


図2 9月1日15時のOx 濃度分布

3. 1. 2 上空西風型

1) 気圧配置

次のような気圧配置の時に上空に西風が吹いた。

- ・ 関東地方が高気圧の北西側に位置する時
- ・ 関東地方が高気圧の西側に位置する時

2) 高濃度発生機構

図3に示すとおり、南関東西部の東京、埼玉、神奈川では、上空が西風で相模湾海風が吹き易いため、内

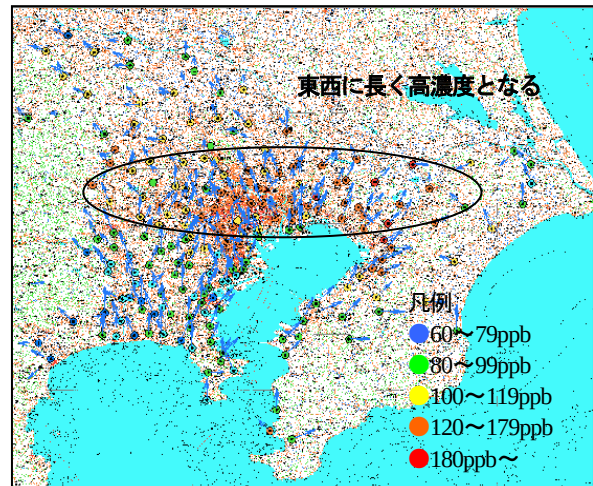


図3 8月13日14時のOx 濃度分布

陸部の東京付近で120ppbを超え、南関東東部の千葉では、上空の西風と地上の東京湾海風により都心からの汚染物質が流入して、北部で120ppbを超える。

このため、東京から千葉北部にかけて東西に長く、120ppb以上の高濃度域が形成される。その後、高濃度域は、南風の発達とともに北に広がるように移動する。

発生日は、4月12日(月)、8月13日(金)、8月16日(月)の3日であった。

3) 例外日

4月12日は、気温が低く、8月16日は、関東地域が前線の北側に入り気温が低く、ともに広域な高濃度とはならなかった。

3. 1. 3 上空西強風型

1) 気圧配置

次のような気圧配置の時に上空に西強風が吹いた。

- ・ 関東地域が高気圧の北西側に位置する時
- ・ 関東地域が高気圧の北側に位置する時

2) 高濃度発生機構

図4に示すとおり、南関東西部の東京、埼玉、神奈川では、南部の南西風と、北部の北東風とが低気圧性の渦となり、渦の北側で120ppbを超え、南関東東部の千葉では、上空の西風と地上の海風により都心からの汚染物質が流入し、北部で120ppbを超える。

このため、東京から千葉北部にかけて東西に長く、120ppb以上の高濃度域が形成される。その後、東京付近の高濃度域は、低気圧性の渦が弱まるまでその場に停滞し、千葉北部の高濃度域は、南風の発達とともに北東へ移動する。

発生日は、7月13日(火)、7月17日(土)の2日であった。

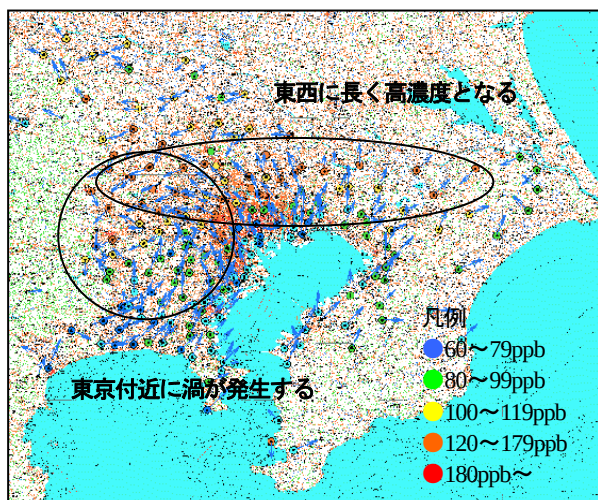


図4 7月13日15時のO₃濃度分布

3. 1. 4 上空北西風型

1) 気圧配置

次のような気圧配置の時に上空に北西風が吹いた。

- ・関東地域が高気圧の北西側に、且つ本州西部にある前線の端に位置する時
- ・関東地域が高気圧の北側に位置する時(「鯨の尾型」の気圧配置)

2) 高濃度発生機構

図5に示すとおり、南関東西南部の東京、神奈川では、東京湾海風、相模湾海風及び陸風が収束し、広範囲で120ppbを超え、南関東東部の千葉では、東京湾海風と陸風が収束し、東京湾岸で120ppbを超える。

このため、南関東南部の広域で120ppb以上の高濃度域が形成される。その後、高濃度域は、南部が高濃度のまま一旦北部に広がり、南風の発達とともに北へ広がるように移動する。また、上空の北西風により汚染物質が海上に運ばれるため、東京湾及び相模湾の沿岸部から高濃度域が形成される。

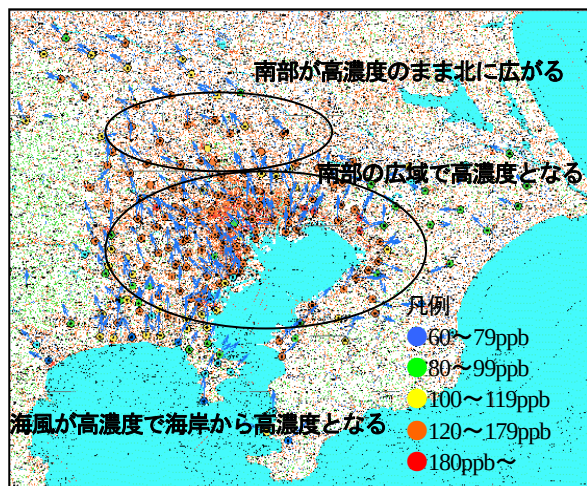


図5 5月30日13時のO₃濃度分布

発生日は、5月30日(日)、7月14日(水)、7月15日(木)、7月16日(金)、7月19日(月)の5日であった。

3) 例外日

7月14日は、前日からの新潟・福島の前雨により、夜のうちに関東地域に寒気が入ったため、日中も気温が上がらず、広域な高濃度とならなかった。7月19日は、関東全域が曇りのため、広域な高濃度とならなかった。

3. 1. 5 上空北西強風型

1) 気圧配置

次のような気圧配置の時に上空に北西強風が吹いた。

- ・関東地域が高気圧の北東側に位置する時
- ・関東地域が台風の西側に位置する時
- ・関東地域が高気圧の北側に位置する時

2) 高濃度発生機構

図6に示すとおり、南関東西部の東京、埼玉南部、神奈川では、東京湾海風、相模湾海風及び陸風が収束し、広範囲で80～120ppb程度の濃度となり、南関東東部の千葉では、東京湾海風と陸風が収束し、千葉の東京湾岸で80～120ppb程度の濃度となる。

このため、南関東南部の広域で80～120ppb程度の高濃度域が形成される。その後高濃度域は、南関東北部の北西風に北上を阻まれるように北東へ移動する。

発生日は、6月15日(火)、7月3日(土)、7月18日(日)、7月20日(火)の4日であった。

3) 例外日

7月3日は、房総沖にある台風の影響で地上に北東風が入り、南関東東部で低濃度となり、南関東西部の広範囲で120ppbを超えた。7月20日は、フェーン現象が発生し、関東全域で35℃を超える高温となり、南関東南部の広域で120ppbを越えた。

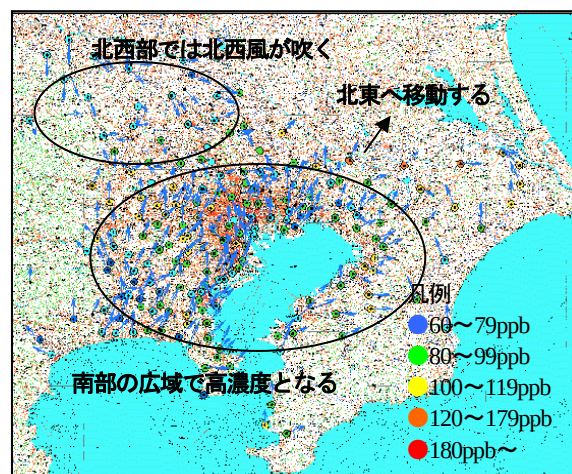


図6 6月15日14時のO₃濃度分布

3. 1. 6 上空北寄風型

1) 気圧配置

次のような気圧配置の時に上空に北寄り風が吹いた。

- ・関東地域が高気圧の北東側に位置する時
- ・関東地域が高気圧の南東側に位置する時

2) 高濃度発生機構

図7に示すとおり、南関東西部の東京、埼玉、神奈川では、朝からの北風で海上に運ばれた前駆物質が光化学反応により高濃度Ox汚染気塊となる。この汚染気塊は、東京湾海風及び相模湾海風となって陸風と収束し、東京湾及び相模湾の沿岸部で120ppbを超える。南関東東部の千葉では、北東の風が吹き低濃度となる。

このため、南関東南部の沿岸部で120ppb以上の高濃度域が形成される。その後高濃度域は、海風の強まり具合により北東や西へ移動する。

なお、房総沖や関東南岸に前線を伴う場合が多く、上空に寒気が入る場合は、大気が不安定となり、雷が発生する。

発生日は、7月21日(水)、7月22日(木)、8月22日(日)、9月3日(金)の4日であった。

3) 例外日

7月22日は、房総沖の前線が関東南海上で弱まったため、関東全域に南東風が入り、南関東西部の広域で高濃度となった。

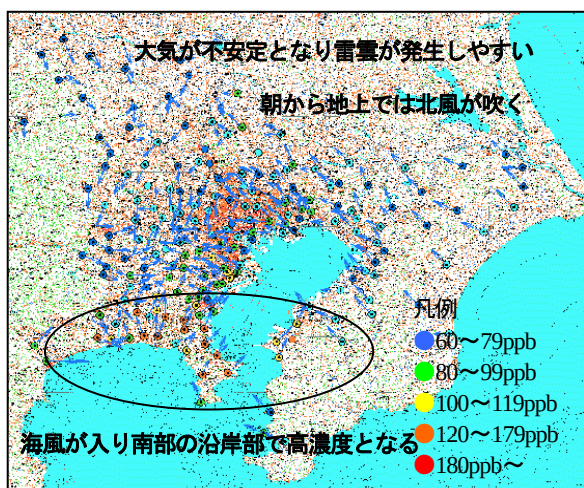


図7 7月21日15時のOx濃度分布

3. 1. 7 上空無風型

1) 気圧配置

次のような気圧配置の時に上空が無風となった。

- ・関東地域が南の高気圧と北の低気圧の間にある時
- ・関東地域が南の低気圧と北の高気圧の間にある時
- ・関東地域が南の高気圧と北の高気圧の間にある時

2) 高濃度発生機構

図8に示すとおり、南関東西部の東京、埼玉、神奈川では、上空が無風で相模湾海風が吹き易いため、内陸部の東京付近で120ppbを超え、南関東東部の千葉では、東京湾海風と陸風が収束し、千葉の東京湾岸で120ppbを超える。

このため、東京から千葉の東京湾沿岸にかけて、海老が尾を丸めたような形で120ppb以上の高濃度域が形成される。その後、高濃度域は、南部が高濃度のまま一旦北部に広がり、南風の発達とともに北へ広がるように移動する。

発生日は、6月23日(水)、6月24日(木)、7月7日(水)、7月27日(火)、8月12日(木)の5日であった。

3) 例外日

6月23日は、北東風が入り、千葉で高濃度とならず、東京、埼玉、神奈川で高濃度となった。7月27日は、台風の影響による東風により、千葉では高濃度とならず、東京、埼玉、神奈川で高濃度となった。

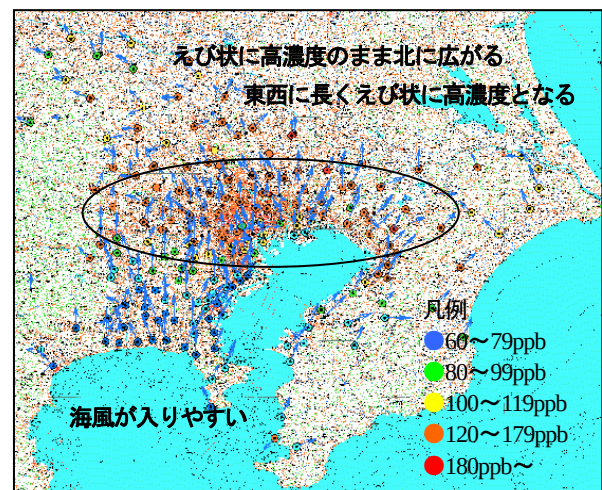


図8 6月24日13時のOx濃度分布

3. 1. 8 上空前線型

1) 気圧配置

- ・関東地域に寒冷前線が位置する時
- ・関東地域に停滞前線が位置する時

2) 高濃度発生機構

図9に示すとおり、前線に低気圧性の渦が生じている場合は、前線の北側で高濃度となり、その後、高濃度域は、前線と共に移動する。

また、直線状の停滞前線の場合は、前線の南側で高濃度となる。

発生日は、6月26日(土)、6月28日(月)、8月14日(土)の3日であった。

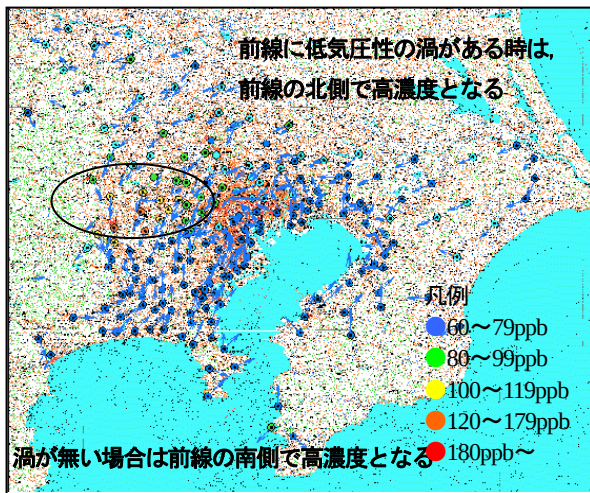


図9 6月26日16時のOx濃度分布

3. 2 ヒートアイランドが発生した日の特徴

2. 3に該当した7月7日(水)、7月8日(木)、7月9日(金)、8月13日(金)の4日間におけるOx濃度変化の特徴について検討を行った。

①図10に示すとおり、ヒートアイランドが発生した日は、関東地域が太平洋高気圧の北側に位置する気圧配置で、上空風が無風か弱い西寄りの風で、地上では南から緩やかに暖気が入るような日であった。

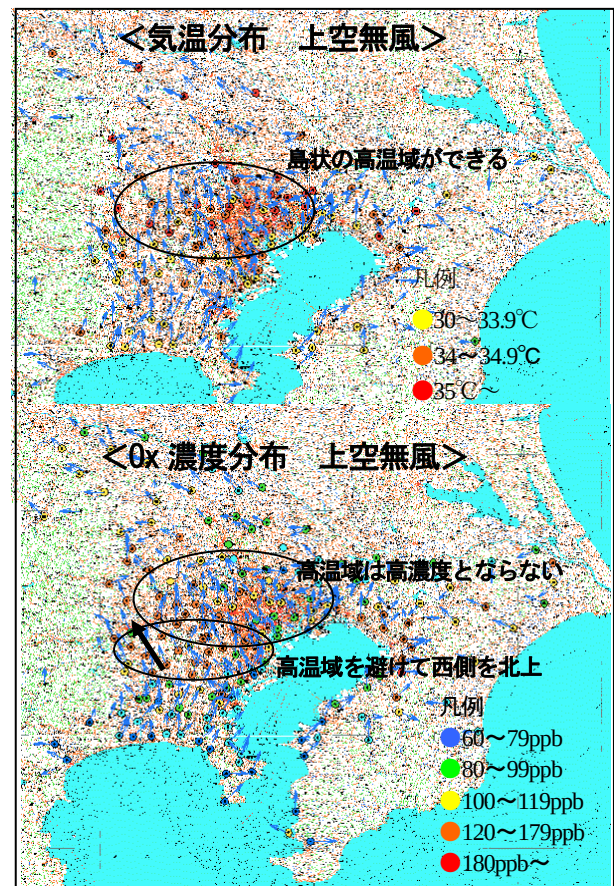


図11 7月7日13時の気温・Ox濃度分

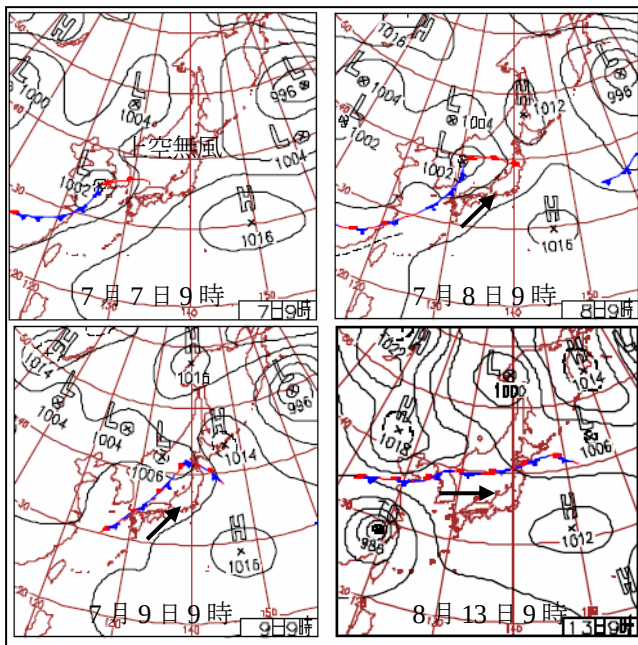


図10 ヒートアイランド発生日の気圧配置

②図11及び図12に示すとおり、ヒートアイランド内の地上では、風向が真南に近い弱風が吹いた。

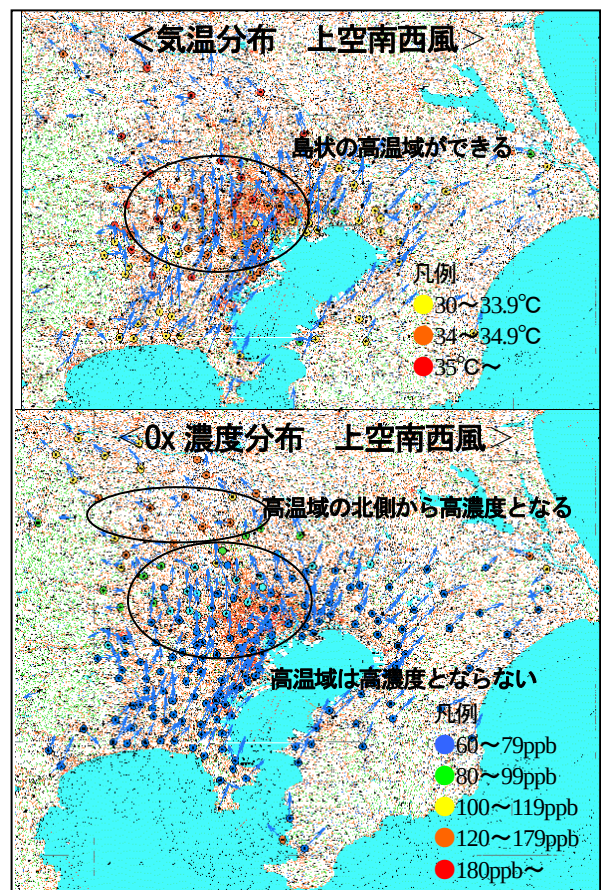


図12 7月8日14時の気温・Ox濃度分

③図11に示すとおり、ヒートアイランドの南側から汚染気塊が北上する場合は、ヒートアイランドの南側に形成された O_x 高濃度域はヒートアイランドの北側に移動していくが、ヒートアイランド内は高濃度となっておらず、ヒートアイランドの上空あるいは脇を避けて移動するように見える。(7月7日及び8月13日)

また、この時、ヒートアイランド南側の海風の停滞部で 180ppb を超える高濃度が出現した。

④図12に示すとおり、南風の発達が早い場合は、ヒートアイランドの南側では高濃度とならず、北側で 120ppb を超えた。(7月8日及び7月9日)

4 まとめ

2004 年度に南関東において光化学スモッグ注意報が発令された日について、 O_x 高濃度の地域分布の時刻変化と上空風の関係を事例解析した結果、高濃度日の O_x 濃度変化は、表1に示すとおり、上空風別に8パターンに分類できた。

また、ヒートアイランドが発生した日の気温分布と O_x 濃度分布を事例解析した結果、ヒートアイランドが発生した日の O_x 濃度変化の特徴として、次のようなことがわかった。

①ヒートアイランドの南側から汚染気塊が北上する場合は、ヒートアイランドを避けるように北上し、この時、ヒートアイランド南側の海風の停滞部で高濃度となり、180ppb を超えた日があった。

②南風の発達が早い場合は、ヒートアイランドの南側では高濃度とならず、北側で 120ppb を超えた。

表1 上空風別の O_x 濃度変化一覧

NO.	上空風	高濃度域の形成	高濃度域の移動先
1	上空南西風	南関東北西部（埼玉県付近）で80～120ppb以上の高濃度域が形成される。	熱性低気圧に引き込まれる形で北西へ移動する。
2	上空西風	東京から千葉北部にかけて東西に長く、120ppb以上の高濃度域が形成される。	南風の発達とともに北に広がるように移動する。
3	上空西強風	東京から千葉北部にかけて東西に長く、120ppb以上の高濃度域が形成される。	東京付近の高濃度域は、低気圧性の渦が弱まるまでその場に停滞し、千葉北部の高濃度域は、南風の発達とともに北東へ移動する。
4	上空北西風	南関東南部の広域で120ppb以上の高濃度域が形成される。	南部が高濃度のまま一旦北部に広がり、南風の発達とともに北へ広がるように移動する。
5	上空北西強風	南関東南部の広域で80～120ppb程度の高濃度域が形成される。	南関東北部に吹く北西風に北上を阻まれるように北東へ移動する。
6	上空北寄風	南関東南部の沿岸部で120ppb以上の高濃度域が形成される。	海風の強まり具合により北東や西へ移動する。
7	上空無風	東京から千葉の東京湾沿岸にかけて、海老が尾を丸めたような形で、120ppb以上の高濃度域が形成される。	南部が高濃度のまま一旦北部に広がり、南風の発達とともに北へ広がるように移動する。
8	上空前線	前線に低気圧性の渦が生じている場合は、前線の北側で高濃度となり、直線状の停滞前線の場合は、前線の南側で高濃度となる。	前線と共に移動する。

参考文献

- 1)大原利眞：光化学オキシダントの全国的な経年変動，大気環境学会特別講演会要旨集（2003）
- 2)吉門洋：ヒートアイランド現象と光化学オキシダント，大気環境学会特別講演会要旨集（2003）