

# ハードボイルド・ワンダーシティ

\* 文中敬称を省略します。

都市研究センター 研究理事  
渡辺 直行

## はじめに

都市の中で都市を考えていたら、いつのまにか電算機の中の部品のようになっていた。人声がしたので振り向けば、そこには単なる信号を吐き出す IC チップがいた。自分で直接外部と接続しない、他から与えられた電気信号だけを単に流したり蓄えたりする IC チップには、自然のメッセージは届かない。地球温暖化もヒートアイランドも関係がない。

というところで目が覚めた。都市に浸かりすぎると自然が遠のいていくらしい。このあたりで少し遠くから都市を眺めた方がよさそうである。そうすればナスカの地上絵のようなものが見えてくるかもしれない。ナスカの地上絵は地下水脈の位置を示しているとも言われるが、東京にも人々の意識の底にある何かを示す地上絵があるかもしれない。とりあえずそれを宇宙から見てみよう。

## 1. Terra

### (1) ASTER

ということで今回はアメリカ NASA の地球観測衛星 Terra のお世話になった。Terra には地球観測センサー ASTER が搭載されている。これは経済産業省(日本)の開発・運用になるもので、幅広い波長帯域を位置・輝度等に関して高い精度で観測できるという優れた特徴を持っている(可視・近赤外[VNIR]域3バンド、短波長赤外[SWIR]域6バンド、熱赤外[TIR]域5バンドで、空間分解能は90

m四方)。このセンサーの開発は実際には財団法人資源探査用観測システム研究開発機構(JAROS)が担当し、アルゴリズムの開発、センサーの運用、データの処理は財団法人資源・環境観測解析センター(ERSDAC)が担当している。今回はERSDACのデータにより間接的にNASAの衛星の目で東京を見るという次第である。

\* 本稿で用いたデータを処理するにあたってはERSDACの多くの方のお世話になりました。特に技術部の堀口靖さんには画像回転(データ再計算)等の手間のかかる作業で大変お世話になりました。

### (2) TIR

今回眺めるのは「熱帯夜」である。「暑い」は夜つくられるからである。しかし夜は暗いので目では何も見えない。仮に見えても熱帯夜かどうかは目ではわからない。これは景観ではヒートアイランドという重要なものが見えないのと同じである。幸い熱帯夜を眺めるためにはモノの形が見える必要はなく、熱だけ見ればよい。ということで、熱を感知するセンサーで見ればよいということになる。

今回用いるデータの性質を理解するために、ここでASTERの内容を簡単に紹介しておきたい(ERSDACの資料による)。ASTERは次の3種類の光学センサーから成る。

- ・ 可視近赤外放射計 (VNIR)  
Visible and Near-infrared Radiometer
- ・ 短波長赤外放射計 (SWIR)  
Short Wave infrared Radiometer
- ・ 熱赤外放射計 (TIR)  
Thermal Infrared Radiometer

VNIR と SWIR とは太陽からの電磁波を地球上の物質が反射したものを感知するので、夜間は観測ができない(太陽が地球の裏側にいるので)。一方、TIR は地球上の物質が自分で勝手に放射する電磁波を感知するので、夜間でも観測ができる。その電磁波は物質の温度により異なるので、電磁波を観測することにより物質の温度がわかるということになる(物質の温度は真っ暗闇の中でその物質が発する赤外線量である)。したがってそれで観測される温度は気温ではなく地表面温度である。つまり得られるデータはフライパンの表面温度であって油の温度ではない。そのため気象庁による気温の観測記録と付き合わせるときには一定の補正が必要になる。

なお、温度を夜間に観測することは観測精度の面でも好都合である。それは、昼間は地表面が太陽からの熱を反射するのでデータが不安定になってしまうが、夜間はそれがないからである。

### (3) データの留意点

データを見る際の留意点をここに簡単にまとめておきたい。

今回用いるデータは地表面の放射を Terra で観測したものであるが、その放射は Terra に届くまでに相当程度減衰する。その度合いは大気の状態(水蒸気、エア

ロゾル等)により大きく異なる。そのため ASTER データは大気の状態を別途観測してそれにより補正を施している。ただし補正のための大気観測の頻度は熱観測の頻度より小さいので、補正係数は近時点のものになる。したがって異時点間のデータを比較する際には絶対値の変化より地点間の相対値の変化を見る方がよいということになる。

Terra は夜間は南から北へ移動しながら観測するが、その間に地球は自転するので、計測範囲は東に傾いたひし形になる。また、Terra は観測範囲を真下ではなく左右にある程度振ることができる(ポインティング角度範囲は軌道方向と直角の点から  $\pm 8.55^\circ$ ) ので、観測角度は各方面からの観測要求に応じてその時々により異なる。したがって異時点間のデータ比較においてはメッシュ(90m 四方)の区切りが同一範囲にならない場合があり、近傍点での比較ということになる。

観測結果はメルカトル図法(赤道に接する円筒面の上に地表面を投影する方法)によりデータを平面に落とした図をメッシュで区切って作成しているため、水平方向の緯度変化は観測範囲の真ん中がやや下に凹んだ形になる(地球は平面ではなく丸いため)。ただし今回用いるデータは東京という極めて狭い範囲のものなので大きな影響はない。

## 2. データの選択と観測日の気象状況

### (1) データの選択

今回用いるデータは次の 2 時点におけるものである(記録のために記しておく、データの種類は ASTL1B)。2005 年についてもデ

ータを検索したが、残念ながら夜間雲がかかっていない観測記録はなかった(観測要求がなかったということ)。

- ・ 2003/08/04 12:41:13 GMT
- ・ 2004/08/13 12:47:48 GMT

GMT というのはグリニッジ標準時であるので、日本時間では 2003 年 8 月 4 日午後 9 時 41 分 13 秒及び 2004 年 8 月 13 日午後 9 時 47 分 48 秒ということになる。

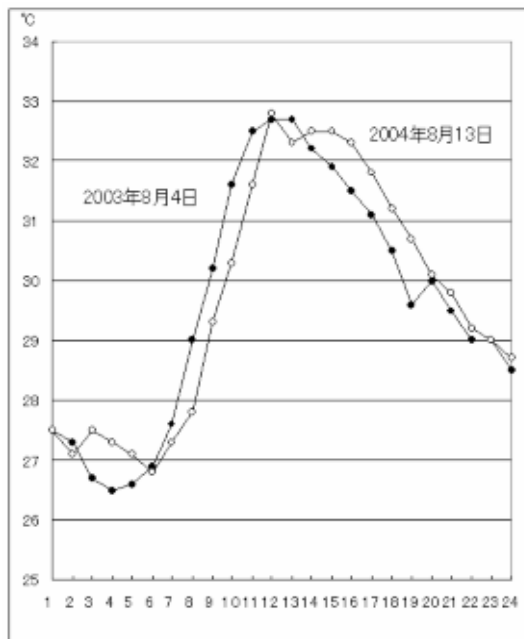
これらは、他の時点のものも含め膨大なデータをチェックした結果選んだものである。この両時点を選んだ理由は、第一に雲の量がどちらも少ないということである。言うまでもなく雲がかかっているのは地表面の温度を観測することはできない(観測記録の中には雲がかかっているものがとても多い)。第二に両時点の月日が近いということである。第三に両時点の天気が同じで、気温変化も近似しているということである。

## (2) 観測日の気温と湿度

気象庁のデータによれば、東京(大手町)における両時点の天気は日中、夜間とも晴れ。2003 年 8 月 4 日は平均気温 29.6、最高気温 33.4、最低気温 26.4、2004 年 8 月 13 日はそれぞれ 29.7、33.5、26.6 であった。時間ごとの気温及び相対湿度は図 - 1 のようになっている。

気温の変化はほぼ同じである。相対湿度の変化は午前はほぼ同じであるが午後は 2003 年 8 月 4 日の上昇が大きい(2003 年の場合は翌日が晴れ後曇り・午後から雨、2004 年の場合は翌日も晴れ)。

図 - 1 時間ごとの気温・相対湿度変化(東京)  
気温



## 相対湿度



(注) 気象庁のデータにより作成

**(3) 観測日の水面温度**

2003年8月4日と2004年8月13日との水面温度(東京湾、隅田川等)を比較すると、後者の方が高くなっている。それは神奈川県水産技術センターの資料でも確認できる(図-2、同センターの資料を部分引用)。

**図-2 東京湾口の海水温度**  
2003年8月4日



2004年8月13日

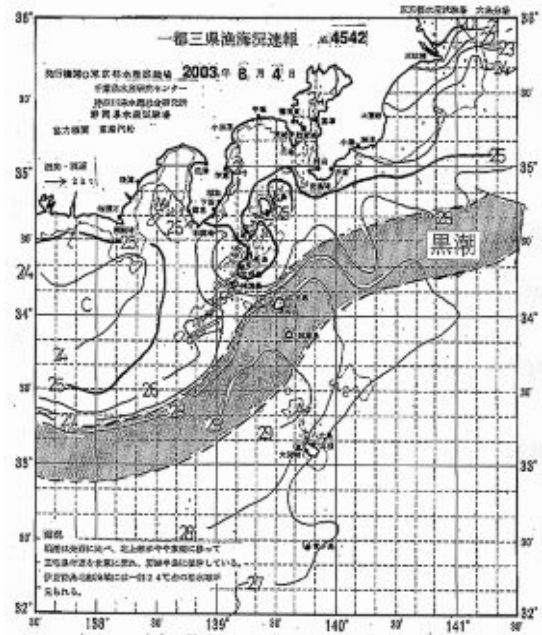


(資料)神奈川県水産技術センター

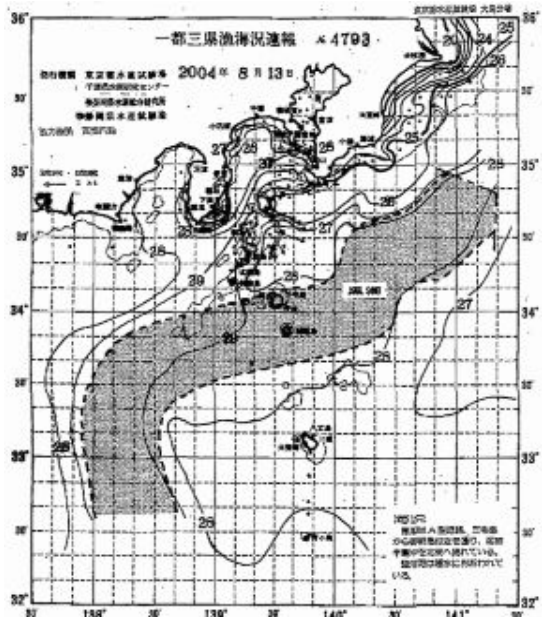
気象庁によれば、海水温度は主に地球温暖化の影響で上昇傾向にあるということである。ちなみに、それによる海水の膨張で日本沿岸の海面水位は上昇傾向にあるが、その影響はよく問題にされる氷河の融解よりはるかに大きいという。

**図-3 海況図**

2003年8月4日



2004年8月13日



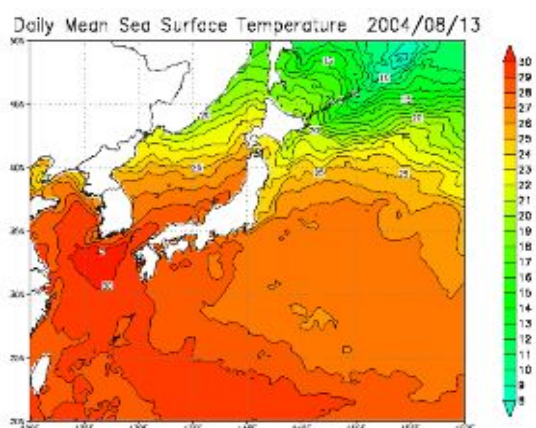
(資料)東京都島しょ農林水産総合センター

海水温度上昇の他の要因としては、黒潮の蛇行が指摘されている。黒潮の流れが南下すると海水の温度が高くなるということである。図-3は、東京都島しょ農林水産総合センターの資料により東京南方の海況を見たものであるが、2004年は温度の高い海水を

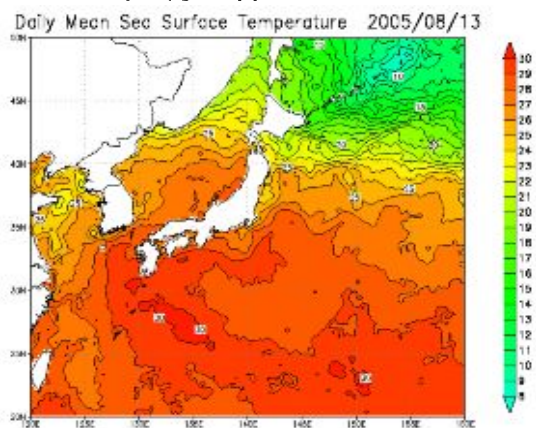
南の方から押し上げるような形で黒潮が流れていることがわかる。なお 2004 年の観測日は新月に近かった。2004 年の新月は 8 月 16 日、2003 年の新月は 7 月 29 日、同満月は 8 月 12 日であった。

図 - 4 海面水温解析図

2004 年 8 月 13 日



2005 年 8 月 13 日



(資料) 気象庁

海面温度は年々上昇する傾向にある。図 - 4 は昨年の 8 月 13 日と今年の 8 月 13 日の海面温度を比較したものであるが、今年は昨年より一段と高くなっている。これが都市の高温化にどの程度影響するのかわからないが、仮に都市活動や都市構造が不変であるとしても東京都心の温度は上昇してい

く可能性がある。

### 3. データの加工

データを見やすくするために以下の加工を施した。

#### (1) 観測図の向き修正

観測図を回転させて上が北になるようにした。単に図を眺めるだけなら必要ないが、観測図を地図と重ね合わせるためにはこの作業が必要になる。

#### (2) データ補正

先に述べたように ASTER データは大気の状態に応じて補正されているが、その補正は必ずしも正確なものではなく、場合によってはかえって誤差を大きくしてしまうこともある(補正係数取得のための観測の時点が補正されるデータの観測の時点と必ずしも一致していないことがその主な理由)。

気象庁データによる東京の午後 9 時の気温は、2003 年 8 月 4 日が 29.5、2004 年 8 月 13 日が 29.8 であった。これに対し ASTER データは、前者が 309.4K、後者が 305.0K であった(ASTER データの単位はケルビン( $K = \text{ } + 273.15$ )である)。摂氏に換算すればそれぞれ 36.25、31.85 になる。先にも述べたように ASTER データは気温ではなく地表面温度であるため高めに出る傾向があるが、2003 年と 2004 年との差は気温の差よりかなり大きくなっており、しかも逆転している。

2003 年と 2004 年とを絶対値で比較するのであれば気温データなどを参考にしてきめ細かく補正していく必要があるが、今回はそ



れだけの時間的余裕がないので 2003 年のデータは参考程度の扱いとし、主に 2004 年のデータで地点間の相対関係を見ていくことにした。そのためデータそのものは操作しないことにしたが、観測図の全体の感じを 2003 年と 2004 年とで比較する際にはそのままでは都合が悪いので、次の(3)の操作の中で図の見え方だけ修正することにした。

(注)今回用いたレベル1B のデータは、レベル1A のデータを補正して作成されている。レベル1A、レベル1B の内容は以下のとおり(ERSDAC 資料より)。

レベル1A:幾何学的補正係数および放射量補正係数は提供されるが、画像に対してこれらの補正処理は行なわれていない。

レベル1B:レベル1A に添付されている補正用係数を使って、幾何補正と放射量補正をした画像プロダクト。

### (3) データの階層化

ASTER データは連続データであり、観測図もグレースケールの連続的な階調変化で表示されているが、本誌の印刷ではそのままでは見にくくなってしまいますので、ここではデータを一定の値でスライスして階層化し、観測図もそれに従って表示するようにした。その際 2003 年と 2004 年との誤差を図の表示の上で吸収するため、2003 年と 2004 年とでスライスする値のレベルを変えた(表 - 1)。これは東京(大手町)の午後 9 時の気温の比に合わせたものである。

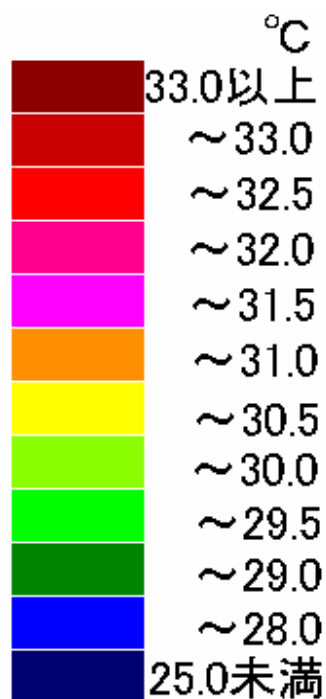
図 - 5 は表 - 1 に基づいて作成した階層図である。次項から掲げる温度分布図はこ

れにより作成した(本誌紙版ではグレースケール、WEB 版ではカラーになっている)。

表 - 1 ASTER データスライス表

℃	K*10		RGB値	
	2003年	2004年	カラー用	グレースケール用
25以下	3029	2982	[0,0,13]	[Black]
28.0	3059	3012	[Blue]	[30,30,30]
29.0	3069	3022	[0,133,0]	[70,70,70]
29.5	3074	3027	[Green]	[90,90,90]
30.0	3079	3032	[138,255,0]	[110,110,110]
30.5	3084	3037	[Yellow]	[130,130,130]
31.0	3089	3042	[255,143,0]	[170,170,170]
31.5	3094	3047	[Magenta]	[200,200,200]
32.0	3099	3052	[255,0,141]	[225,225,225]
32.5	3104	3057	[Red]	[240,240,240]
33.0	3109	3062	[200,0,0]	[245,245,245]
33.0超			[141,0,0]	[White]

図 - 5 温度分布図の凡例



## 4. 観測結果

### (1) 東京広域図

図 - 6(1)は2003年8月4日午後9時41分の、同(2)は2004年8月13日午後9時48分の観測結果である。2003年は観測範囲の偏りにより左上端がやや切れており、また雲の影響で東京西部のデータが得られていない。これらの図により次のことがわかる。

高温域が拡大している。

都心では高温域がやや東方へ移動している。

湾岸に沿って高温域が南下している。

緑地の部分は比較的低温になっている。

北区北部、板橋区北部、埼玉県川口市南部の温度が上昇している。

都心部と南西部との温度差が大きくなっている。

海面温度が上昇している。河川では隅田川、荒川等東部の河川の温度が上昇しているが、南西部にある多摩川には温度上昇が見られない。

はヒートアイランドの激化、は都心開発の偏り、は湾岸開発の加速、は樹木等による冷却、はマンション建設等の増加、は人口の都心回帰や残業の増加を、それぞれ反映しているものであろう。

に関しては、後で補足的に考察してみたい。に関しては、2004年8月13日が金曜日であったことから、新橋あたりで飲んでいた人が多かったのかもしれない(2003年8月4日は月曜日であった)。

の理由は先に述べたとおりであるが、現

在の東京は夜間でも海風が吹いているので(陸の温度が下がらないため)、海面温度の変化が熱帯夜の増加に少なからぬ影響を与えているかもしれない。

### (2) 東京都心図

図 - 7(1)は2003年8月4日の、同(2)は2004年8月13日の東京都心の温度分布である。高温域が皇居を取り巻いてドーナツ状に分布していることがわかる。また、渋谷、新宿、池袋の副都心の温度も高くなっている。

都心のドーナツ地帯で特に温度が高いのは東側である。2003年から2004年にかけて高温域は西側から東側へ多少シフトしている。また、港区から品川区にかけての臨海部で高温域が南に大きく伸びている。2004年で特に高温域の幅が広いのは品川～新橋～銀座～八重洲～神田～飯田橋の区間である。

一方、この図では多少分かりにくいだが、皇居に面した地区(丸ノ内、大手町等)と東京湾・隅田川に面した地区(汐留、築地、月島、佃等)の温度は低くなっている。

以上のような熱分布に大きな影響を及ぼす要因としては地形がある。例えば人口が多く、経済活動が盛んな窪地は温度が高くなる(京都がそのよい例)。

東京はもともと南に広く開けた風水の理にかなった地であったが、その地形を人工的に改変すれば(特に湾岸沿いや皇居沿いに超高層ビルを防風林のごとく建て並べる等で)、海や緑地からの冷気を遮ることになるので、巨大な窪地をつくっているのと同じことになる(遮るところまでいなくても、ビルの複雑な壁面変化が風速を著しく弱めている可能性がある、という研究もある)。

図 - 6 (1) 東京圏の地表面温度分布  
2003年8月4日午後9時41分

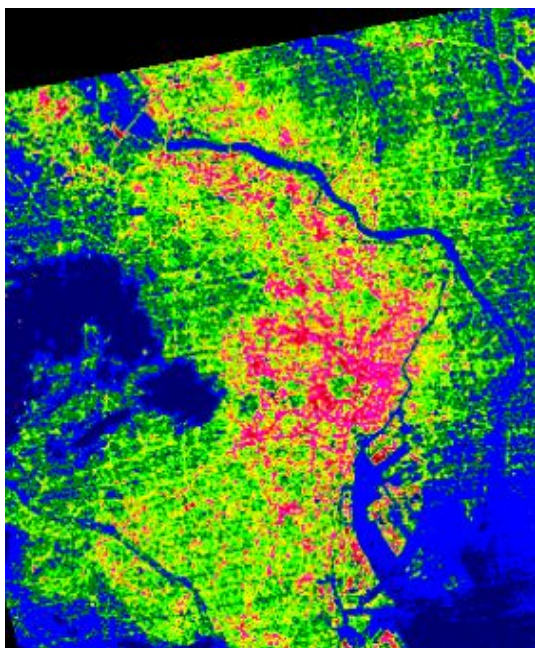


図 - 7 (1) 東京都心の地表面温度分布  
2003年8月4日午後9時41分

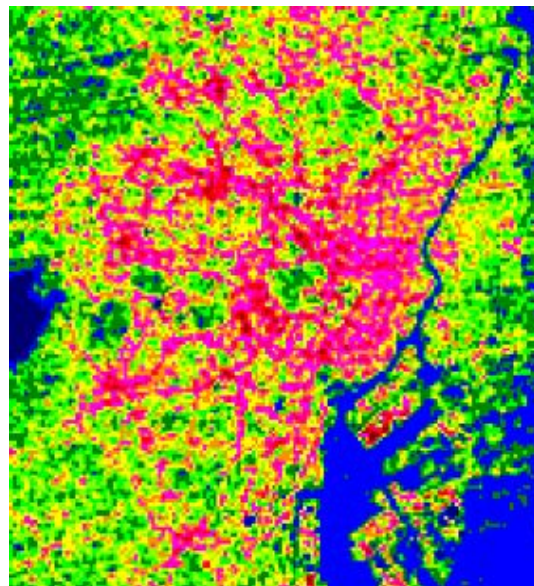


図 - 6 (2) 東京圏の地表面温度分布  
2004年8月13日午後9時48分

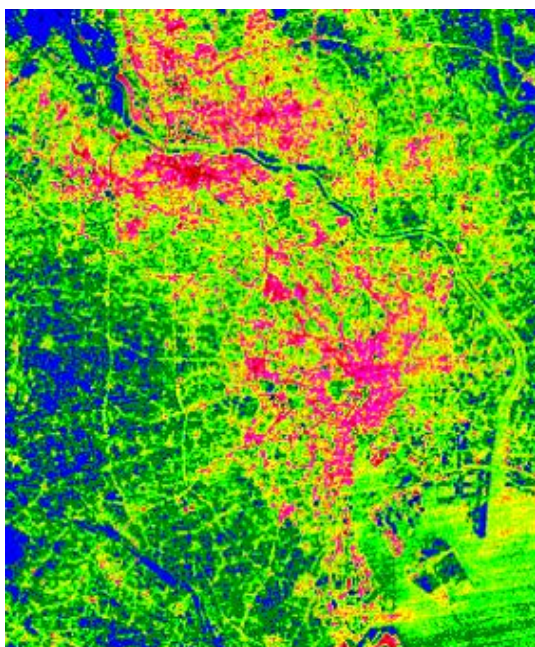
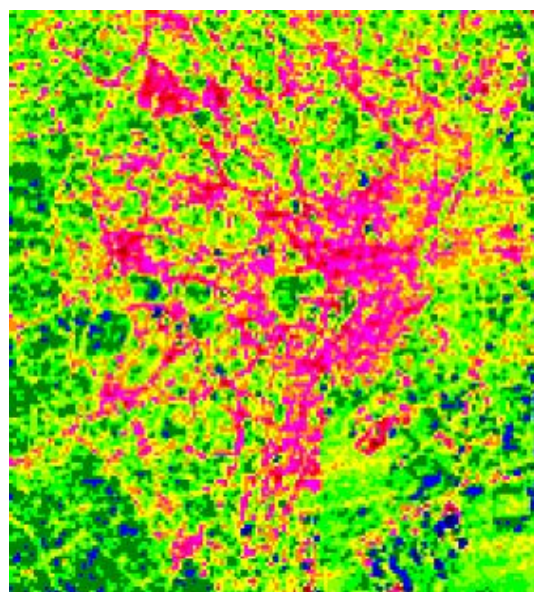


図 - 7 (2) 東京都心の地表面温度分布  
2004年8月13日午後9時48分



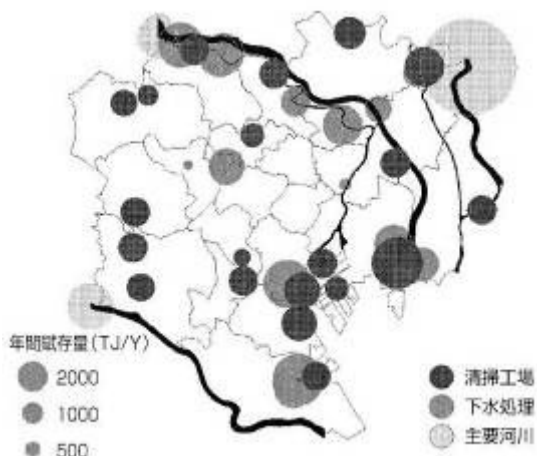


## 5. 都区部北西地区の高温地帯について

4(1)で述べたように、2004 年には都区部北西地区(北区北部、板橋区北部)が高温になっているので、ここではそれに関して補足的な考察を行ないたい。

まずはじめに単純な事実として指摘できるのは、この地区には清掃工場、下水処理場という排熱量が大きい施設が立地しているということである(図 - 8)。これらの施設がいつ立地したのか、今回はすべてを調べる時間的余裕がなかったので板橋清掃工場(板橋区高島平 9 - 48 - 1)に関してのみ調べてみたところ、新工場の落成式が 2002 年 12 月となっている(旧工場は 1974 年に建て替えられたもの)。「板橋清掃工場だより」(2003 年 2 月)によれば、その後「一步一步歩み始めたところ」となっているので、時間をかけて稼働率を上げていったとすれば、2003 年から 2004 年にかけて排熱量が増加していることが考えられる。

図 - 8 清掃工場、下水処理場の立地  
(未利用エネルギー量として表示)



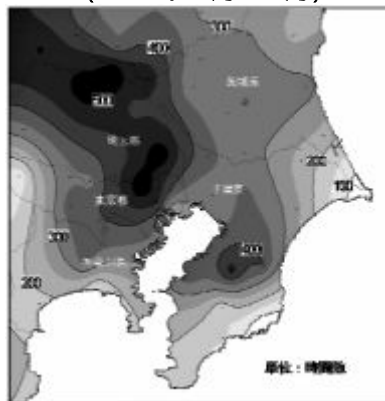
(出典) 尾島俊雄『ヒートアイランド』(2002 年)

次に考えられるのは、鉄筋コンクリートの集合住宅の増加である。建築着工統計によ

れば、2003 年度の鉄筋コンクリート住宅の着工床面積は前年度に比し区部全体で 40.6%の増加であったが、増加率の高い区は、1 位江東区(244.7%)、2 位中央区(151.8%)、3 位北区(133.2%)であった。

以上は、当該地区における排熱施設の増加であるが、他の重要な要因として考えられるのが、風により都心の高温の空気が吹き寄せられているということである。図 - 9 は関東地域における 2004 年 4 月～9 月の気温 30 以上時間数の地域分布を示しているが、東京の都心から北西方向に吹流しのよう高温地域が広がっている様子がわかる。先に見たように、夏季の東京では昼夜ともに南風が吹いている日が多いので、それにより高温の空気が流されていることが考えられる。

図 - 9 関東地域の気温 30 以上時間数  
(2004 年 4 月～9 月)



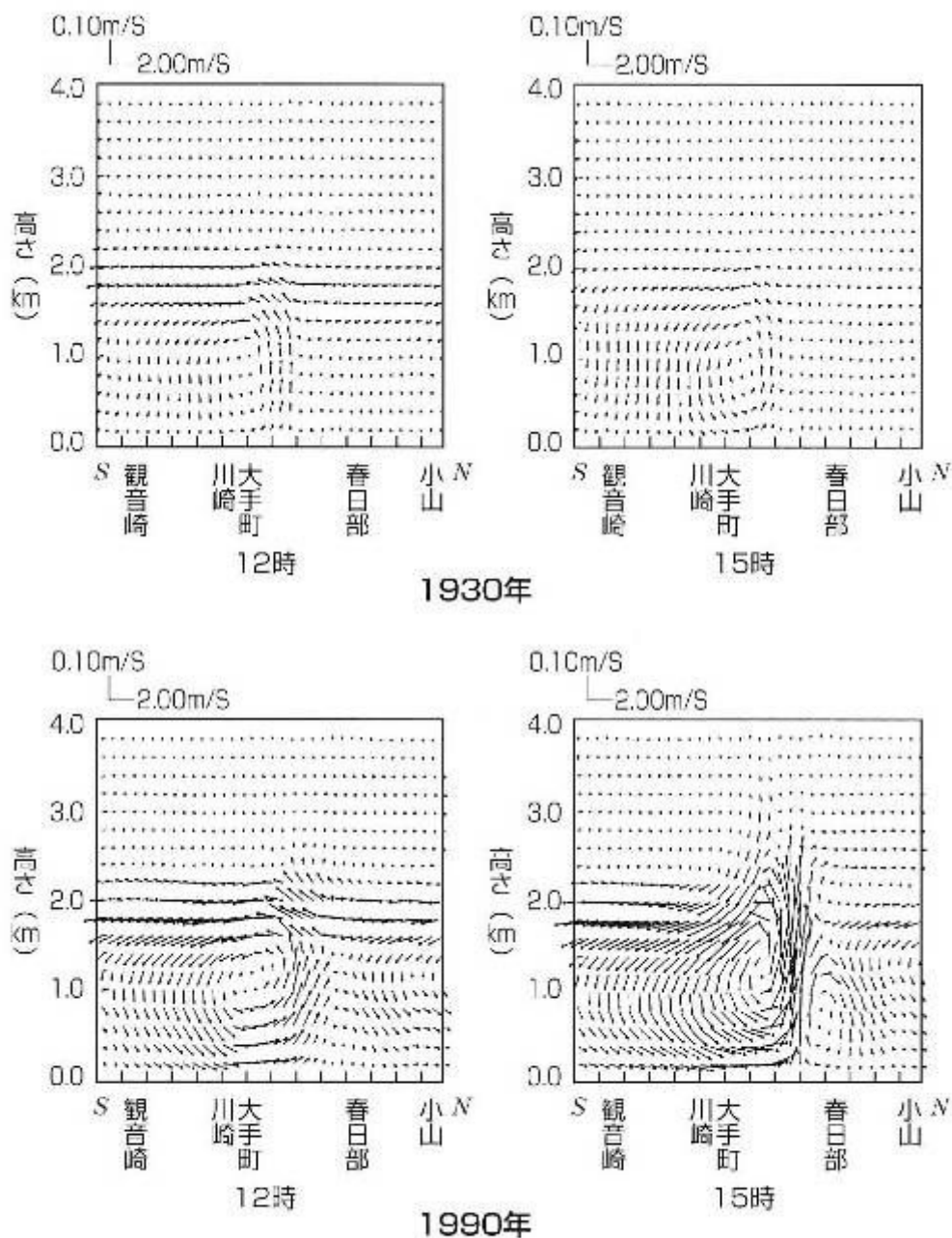
(資料) 安藤晴夫他「2004年の都区部及び関東地域における気温の状況について」(日本地理学会2005年度春季大会)

しかしながら、これも先に見たように、都心の気温がかなり高くなる日には風が都心に集まるように渦を巻く現象が見られる。この点に関しては尾島俊雄『ヒートアイランド』に掲載されている「鉛直断面内の風速分布」図が参考になる(図 - 10)。この図は、横軸に緯

度変化(南から北へ)を、縦軸に鉛直方向の距離をとり、観音崎から小山に至る線で空間を切った縦断面における二次元の風の動きを表わしている(大気乱流シミュレーションモデル解析)。1930年においては、海から入っ

た風が都心で上昇して海に戻るという弱い海風循環が見られる。北側からの風の流入はない。ところが1990年になると、その循環が激しくなるとともに、午後には北側からも風が流入するようになる。

図 - 10 鉛直断面内の風速分布

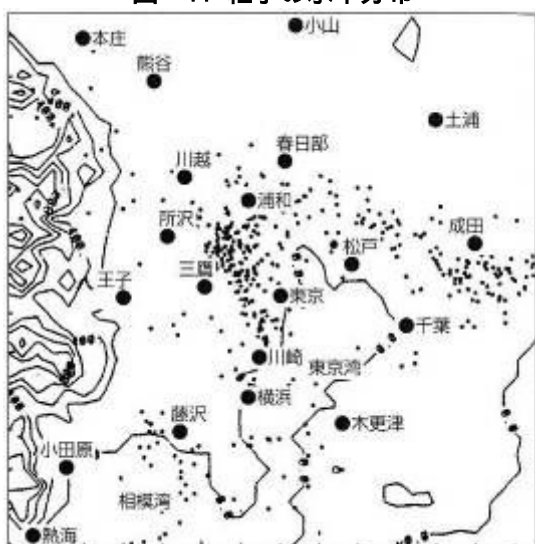


36時間の数値積分を行った。海面の湿度は26℃、深さ50cmの海中温度は26.1℃に設定。初期風速は計算領域全域で無風とした。

(出典) 尾島俊雄『ヒートアイランド』(東洋経済新報社、2002年)

両側からの風は都心でぶつかって激しく上昇し、その上昇した空気が海側だけでなく北側へも落ちるようになる。この循環が都心の汚染された空気を郊外に運ぶので、空気の汚染度を地区別に調べることによって、都心の空気がどの方向に落下しているかがわかる。それを示したのが図 - 11 である(尾島前掲書からの引用)。この図により、大気中の粒子が主に東京北西部の方向に運ばれていることがわかる。

図 - 11 粒子の水平分布



(出典)尾島前掲書

以上はシミュレーションによる結果であるが、実際の観測値においても同様の傾向が見られる。東京都の『光化学オキシダント対策検討会報告』(2005年2月)によれば、光化学オキシダント(大気中の窒素酸化物が太陽光を受けて発生する汚染物質)が高濃度になるになる頻度が2000年以降急激に増加している。同報告書には測定局別の測定結果を示す図が掲載されているが(図 - 12)、この図を見るとやはり東京北西部における高濃度時間数が特に多いことがわかる。

## おわりに

以上のように、都心のヒートアイランドの激化は都心の問題に留まらず郊外へもその被害を広げていく。都心で活動して利益を上げるための費用が外部不経済として東京圏の人々に広く負荷されていると考え、溶けかけていた脳ですら固ゆでになってしまう。実に驚異的な現象である。

ところで、図 - 7 をじっくり見ていたら岡本太郎の次の言葉を思い出した。

幼稚園や小学校1,2年の子どもがよくお日さまの絵を描きます。いったい、丸にチョン、チョン、チョンと毛をはやしたようなものどに、太陽の実感があるでしょうか。(中略)

となりの子どもが小器用に、赤いクレヨンでぐりぐりと丸を描いて、チョン、チョン、チョンと毛をはやす。お日さまだ。なるほど、シメシメ、あれをやれば というので、まねして、この赤丸チョン、チョンを描いてしまうのです。(中略)

このようにして、自分自身の喜びや確信から出発しないで、便利な型やポーズだけを利用する習慣を身につけてしまうと、おとなになってからも、ほんとうに思っていることを発表することは、世渡りに都合がわるいから、そっこのけにしてしまいます。

(岡本太郎『今日の芸術』)

光文社知恵の森文庫、1999年)

図 - 12 光化学オキシダント高濃度時間数の地域分布

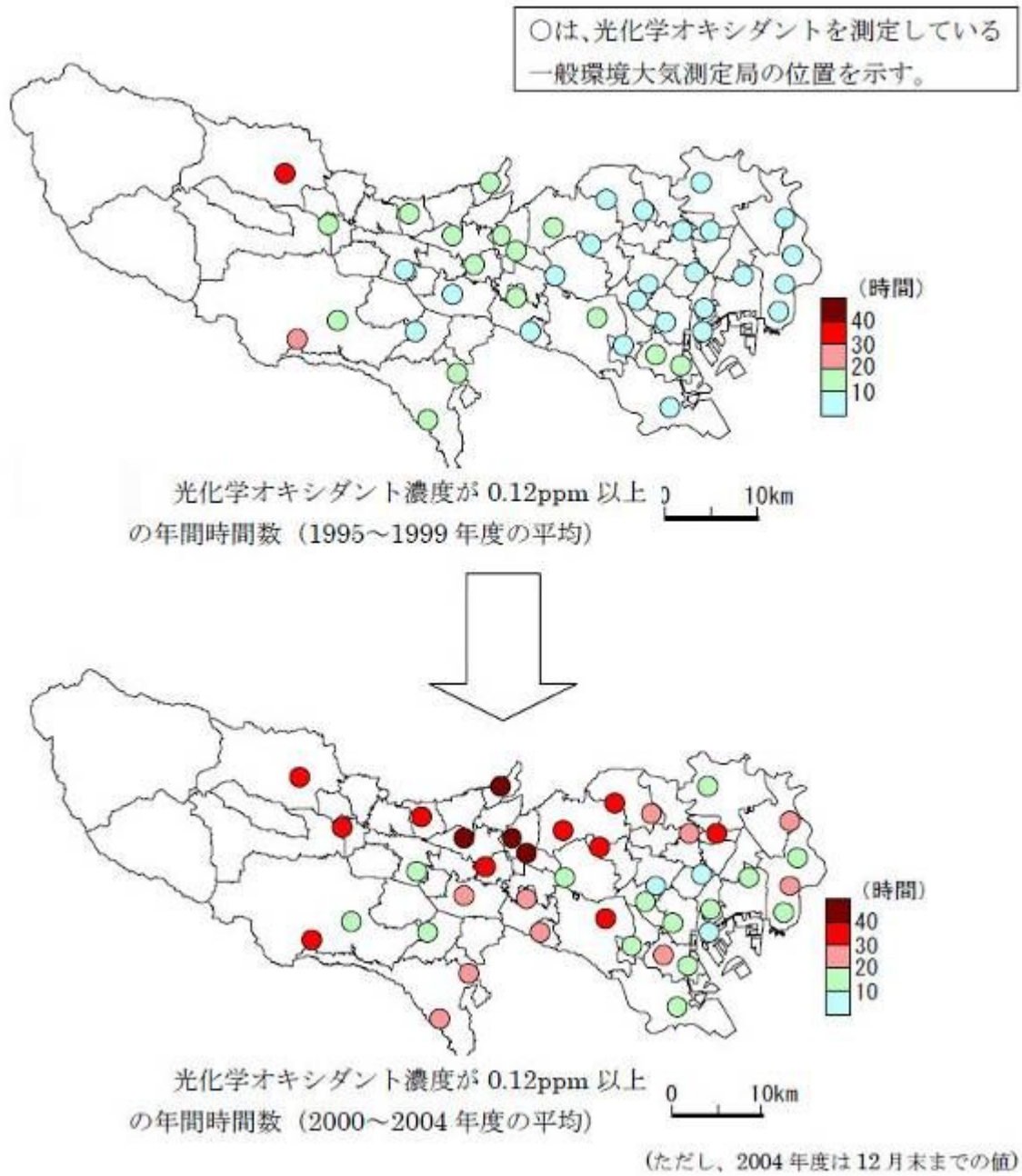


図 - 12 東京都の『光化学オキシダント対策検討会報告』(2005 年 2 月)