

4.2 PM2.5 高濃度事象の詳細解析

4.2.1 解析方法

解析対象地点は図 4-1-1 に示した測定局とした。解析には大気汚染常時監視項目（PM2.5、NOx、SO₂、Ox、NMHC、風向、風速、気温、湿度）の 1 時間値を使用し、PM2.5 や関連物質の挙動を解析した。PM2.5 の 1 時間値については、その精度が保証されていないものの、今回の解析では経時変化等を把握する目的で使用した。

解析対象は、PM2.5 の日平均値が 35 μg/m³ を超えるものとし、関東地方で広範囲に高濃度事象が続いた日から解析期間を選定した。

なお、PM2.5 の環境基準の評価には、測定局の常時監視データの 0 時を起点にした 24 時間平均値を日平均値として用いられるが、成分分析においては 10 時を起点とした 24 時間とすることが多く、同一測定日であっても PM2.5 質量濃度が異なる場合がある。

さらに、高濃度事象の発生時刻や解析期間中の濃度変化の地域差を比較するため、図 4-2-1 及び表 4-2-1 のとおり東京湾沿岸部、関東平野中央及び内陸部、太平洋沿岸部（①、②）、甲信地方の 5 区域（A～E）に分け、その中から常時監視項目や成分分析の実施状況、地理的分布を踏まえ解析地点を決定した。

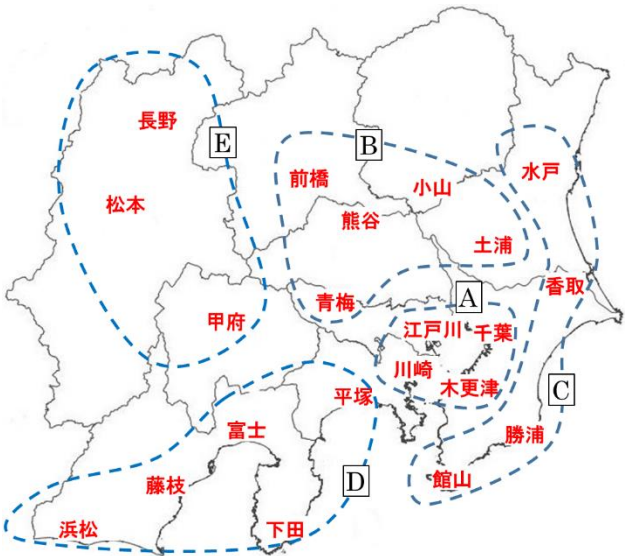


図 4-2-1 区域及び選定地点

表 4-2-1 5 区域と選定地点

区域	名 称（測定局名）
A 東京湾 沿岸部	木更津(木更津中央)
	千葉(千城台北小学校)
	江戸川(江戸川区南葛西)
	川崎(国設川崎)
B 関東平野 中央及び 内陸部	前橋(衛生環境研究所)
	小山(小山市役所)
	土浦(土浦保健所)
	熊谷(熊谷)
	青梅(青梅市東青梅)
C 太平洋 沿岸部①	水戸(水戸石川)
	香取(香取羽根川)
	勝浦(勝浦小羽戸)
	館山(館山亀ヶ原)

区域	名 称（測定局名）
D 太平洋 沿岸部②	平塚(旭小学校)
	下田(下田市役所)
	富士(救急医療センター)
	藤枝(藤枝市)
E 甲信地方	浜松(北部)
	長野(環境保全研究所)
	松本(松本)
	甲府(甲府富士見)

4.2.2 高濃度日の発生状況（日平均値 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 超を高濃度とする）

解析対象は、表 4-1-3 に示した 5 月 26～27 日にかけて発生した高濃度事象とし、解析期間を 5 月 25～28 日とした。

このうち 26 日に発生した事象では、解析対象とした測定局全 133 地点のうち、静岡県、神奈川県、千葉県、東京都の合計 15 地点で $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超え、27 日は静岡県、神奈川県、千葉県、東京都、茨城県、埼玉県の合計 31 地点で $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた（図 4-2-2）。

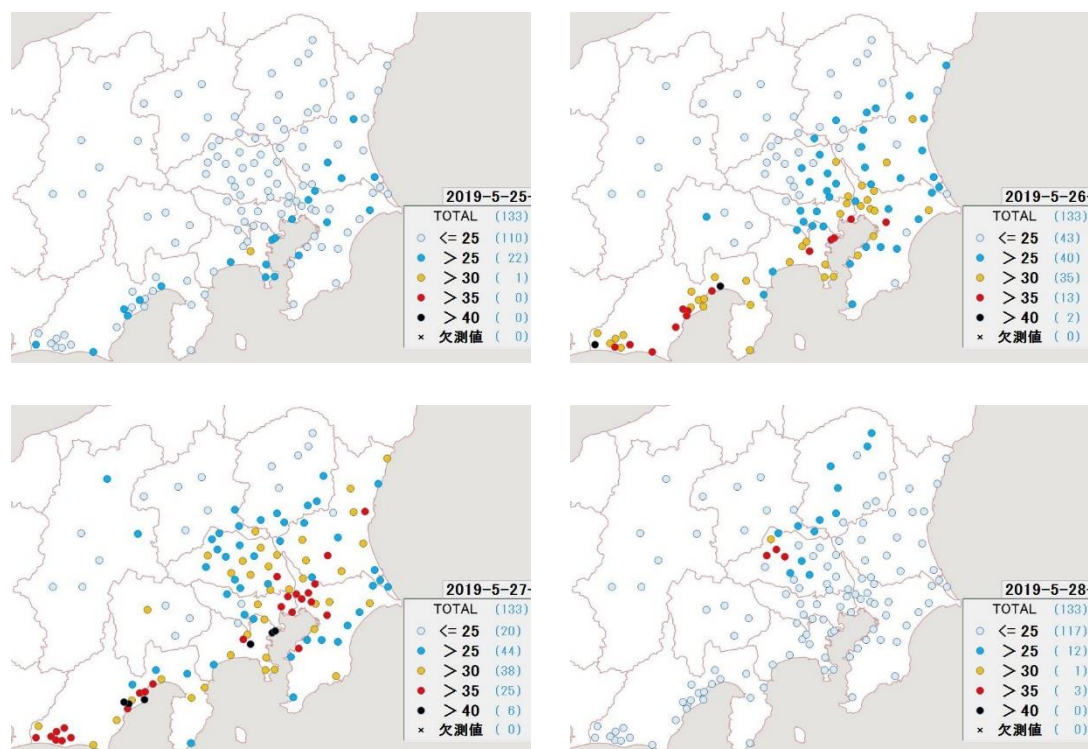


図 4-2-2 PM2.5 質量濃度分布(日平均値)（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

4.2.3 高濃度の発生時刻や濃度変化の把握

各区域の 5 月 25～28 日における PM2.5 質量濃度の推移を図 4-2-3 に示す。

A 区域では、4 地点全てにおいて概ね同様の推移を示した。25 日の夜までは $20 \sim 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で推移し、26 日未明から上昇し始め、江戸川では同日 3 時に $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、木更津では同日 9 時に $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、川崎では同日 11 時に $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、千葉では同日 13 時に $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇した。

その後、木更津、千葉、江戸川は 26 日夜にかけて $30 \sim 45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と高い濃度で推移し、江戸川では 27 日 3 時、4 時に $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、千葉では 8～9 時に $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、木更津では 9～11 時に $52 \sim 53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とピークを示した。川崎では 26 日 21 時まで $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で推移していたが、同日 22 時～27 日 6 時まで $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度に上昇した。その後、9 時に $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低下したが、再び上昇し 12 時に $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とピークを示した。木更津、江戸川、川崎は、27 日のピーク後 28 日の夜にかけて穏やかに低下した。しかし、千葉においては 27 日のピーク後 28 日の夜にかけて低下していくものの、27 日 17 時、18 時に $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、

28 日 9 時に 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、12 時に 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、としばしば高い濃度を示した。

B 区域は測定局ごとにそれぞれ異なる濃度推移を示した。小山と青梅は 25 日から 27 日の夜にかけて穏やかに上昇し続けた後、28 日の深夜にかけて低下した。前橋は解析期間中に濃度の上昇は見られず、20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で推移した。一方、土浦と熊谷では、解析期間中、連日濃度の上昇が見られ、土浦が濃度の上昇を示してから約半日後には熊谷で濃度の上昇が見られるという傾向が続いた。熊谷が高濃度を示す時間帯には、土浦では濃度低下が見られた。

なお、高濃度のピークは、土浦で、25 日 16 時の 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、26 日 2 時の 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、27 日 6 時の 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。熊谷では、各日 12 時頃にピークを示し、25 日 12 時に 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、26 日 13 時に 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、27 日 13 時に 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、28 日 9 時に 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇した。

C 区域では水戸で他の地点と異なる大きな変動を示した。水戸以外の 3 地点では、26 日の午前中から緩やかに上昇し、26 日 16 時頃をピークに 27 日未明にかけて低下した。さらに、27 日 9 時ごろにかけて再び上昇し、28 日夜にかけて緩やかに低下した。しかし、水戸では、25 日 10～14 時、26 日 8～16 時、27 日 8～14 時、28 日 10～11 時の間に 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超え、25 日 11 時で 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、26 日 11 時で 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、27 日 11 時で 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇した。

D 区域では、すべての測定局が 25 日の 19 時頃にかけて穏やかに上昇し、その後はそれぞれ異なる濃度推移を示したものの、28 日夜にかけて全地点で穏やかに低下する傾向を示した。平塚は 25 日 20 時に 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、22 時に 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と急激に上昇し、同日 24 時には 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低下した。その後、25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で推移していたが、26 日 15 時頃から穏やかに上昇し、同日 20 時に 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となった。下田は 25～26 日の 3 日間は 6 時頃から午後にかけて穏やかに上昇し、未明にかけて低下する濃度推移を示した。藤枝と浜松は 26 日の夜にかけて上昇し、藤枝では 26 日 20 時～21 時に 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、浜松では 26 日 23 時～27 日 16 時まで 40～50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で継続的に高濃度が推移した。富士は 25 日 24 時に 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇したが、26 日の昼にかけて急激に低下した。その後、急劇な上昇に転じ 26 日 22 時には 108 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と解析期間中の最高値となった。27 日の夜以降は、27 日 19 時に 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、28 日 4 時に 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とスポット的に高濃度となった。

E 区域はそれぞれ異なる濃度推移を示した。長野は連日、日中から夜間にかけて穏やかに上昇し、翌日未明に低下する日内変動が見られた。一方、松本は午後から上昇し始め、夜間をピークに翌日の正午にかけて低下する傾向が見られた。甲府は連日、8 時頃に急激に上昇し、10 時頃をピークに未明にかけて低下した。25 日の 11 時に 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、26 日の 9 時に 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、27 日の 9 時に 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、28 日の 9 時及び 14 時に 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇した。この傾向は、B 区域の熊谷及び C 区域の水戸と同様の傾向を示した。

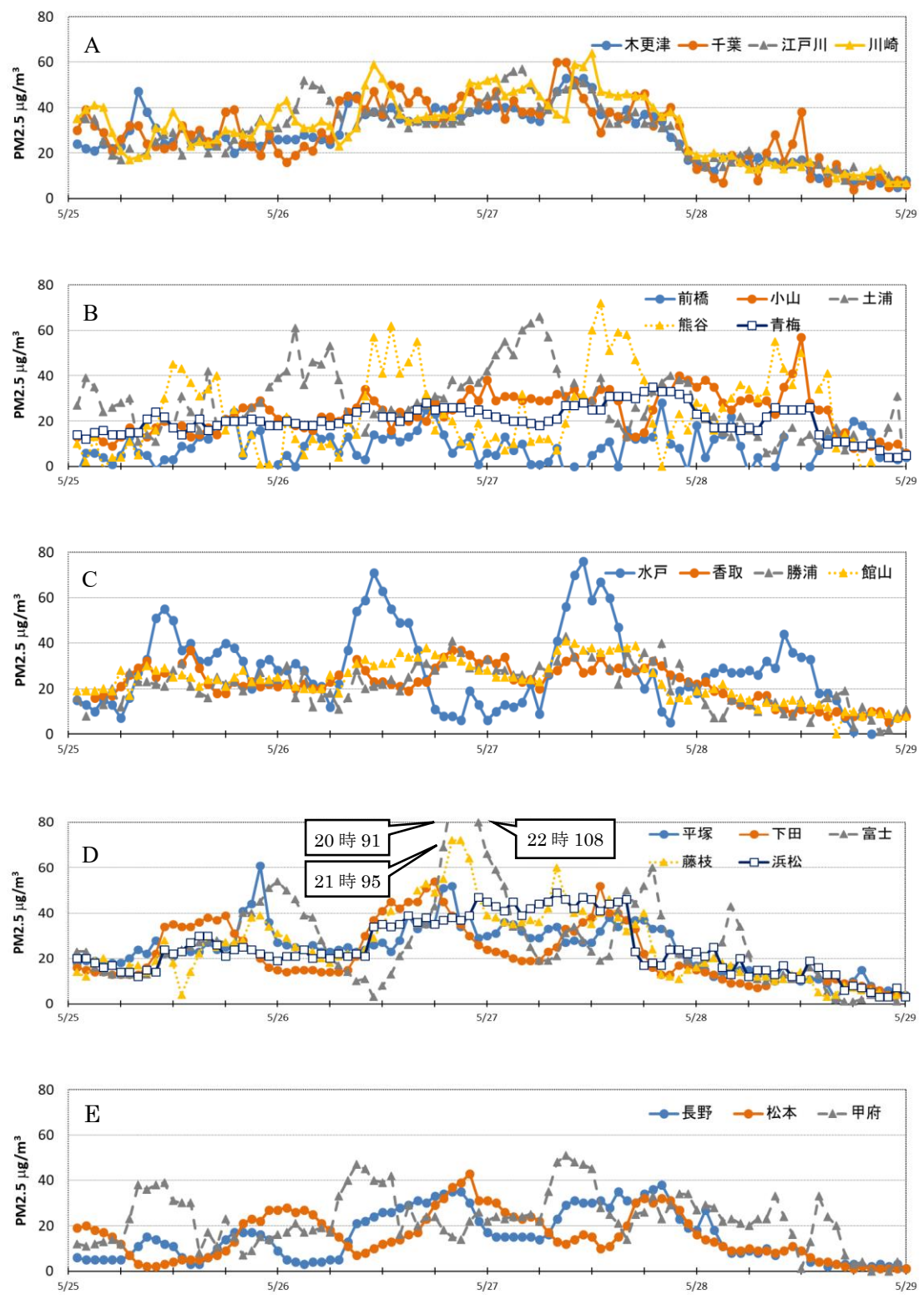


図 4-2-3 PM2.5 質量濃度(1時間値)の推移

4.2.4 気象を含めた詳細解析

(1) 気象概要

天気図を図 4-2-4 に示す。25 日は高気圧に覆われて、全国的に晴れ、暖かい空気の流入と強い日差しにより各地で気温が上昇した。26 日、27 日も高気圧に覆われ、晴れて気温が上昇し、真夏日や猛暑日のところもあった。その後、前線が西日本にのび、28 日は全国的に曇りや雨となった。

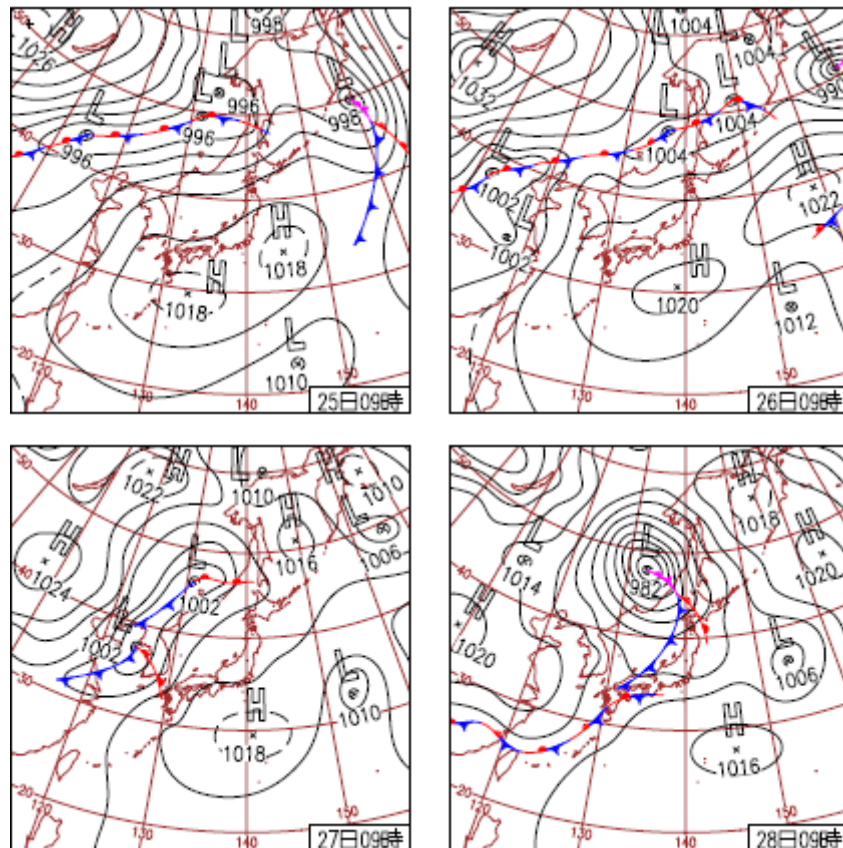


図 4-2-4 天気図 (気象庁 <http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/>)

(2) 解析対象期間における PM_{2.5} や関連物質の日別挙動

① 5 月 25 日 (図 4-2-5～図 4-2-7)

- 風向風速は、千葉県、茨城県、静岡県の沿岸部や内陸部の一部で 2.5 m/s 程度の地点があるが、一日を通して関東全域で 0.5 m/s 程度であった。12 時には太平洋側から東寄り、埼玉県に流れ込むように吹いており、神奈川県や静岡県の沿岸部には南から吹いていたが、18 時には東京湾沿岸部で南風となった。
- PM_{2.5} 濃度は、12 時に千葉県、神奈川県、埼玉県、茨城県の区域 A 及び B 周辺において 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点が全体の約 10% 見られ、18 時になると 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超す地点が全体の約 5% となった。しかし、24 時には東京湾沿岸部や茨城県、静岡県などで上昇し、全地点の約 10% で 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた。
- Ox 濃度は、12 時～18 時に全地点の 90% 以上が 60 ppb を超え、24 時になっても全地点の 30% 以上が 60 ppb を超えていた。

- 気温は、12 時に全地点で 25℃を超え、18 時になっても気温は下がらず全地点で 20℃を超えていた。24 時には区域 A 及び B の多くが 20℃を超えていた。
- 相対湿度は、昼間は低く、夜間にかけて上昇した。

② 5 月 26 日（図 4-2-8～図 4-2-11）

- 風向風速は、12 時に沿岸部では海から風が吹き込み、内陸部では東寄りの微風が吹いていた。24 時になると関東全域で風速 0.5 m/s 程度となった。
- PM2.5 濃度は、6 時に千葉県、茨城県、神奈川県、東京都において 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の地点があり、12 時に全地点の 20%以上で 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた。18 時には静岡県に 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の地点が多く見られるものの、35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点は全地点の約 15%に減少した。24 時には東京湾沿岸部と静岡県の太平洋沿岸部を中心に全地点の 30%以上で 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた。
- Ox 濃度は、12 時～18 時に全地点の 95%以上で 60 ppb を超え、東京湾沿岸部や内陸部において 120 ppb を超える地点も見られた。24 時になると全地点の 95%以上が 60 ppb 未満となった。
- SO₂ は、12 時にかけて千葉県、神奈川県の東京湾沿岸部の一部において上昇が見られた。
- NMHC は、東京湾沿岸部から内陸部の一部上昇が見られた。
- 気温は、12 時に全地点の 70%以上で 30℃を超え、18 時になっても気温は下がらず全地点の 85%以上で 25℃を超えていた。
- 相対湿度は、昼間は低く、夜間にかけて上昇した。

③ 5 月 27 日（図 4-2-12～図 4-2-15）

- 風向風速は、12 時～18 時にかけて長野県を除く地点において山梨県を中心に反時計回りの風が吹いており、風速 2.5 m/s を超える地点もあった。24 時にかけて、東京湾沿岸部では南東寄りの風が吹いており、風速 2.5 m/s を超える地点もあった。
- PM2.5 濃度は、6 時には東京湾沿岸部及び静岡県西部において 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えている地点もあり、12 時には東京湾沿岸部や内陸部など全地点の約 40%で 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた。18 時においても全地点の約 30%で 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていた。
- Ox 濃度は、12 時～18 時には全地点の約 90%で 60 ppb を超え、東京湾沿岸部や長野県、群馬県では 120 ppb を超える地点も見られた。24 時においても東京湾沿岸部を中心に 25%以上の地点で 60 ppb を超えていた。
- 気温は、朝から上昇し、12 時には約 80%の地点で気温が 30℃以上となり、18 時になっても下がらず全地点の 80%以上で 25℃を超えた。
- SO₂ 及び NO_x は、12 時～18 時にかけて東京湾沿岸部の一部において上昇が見られた。
- NMHC は、6 時～12 時にかけて東京湾沿岸部や埼玉県、群馬県などで上昇が見られた。
- 相対湿度は、昼間は低く、夜間にかけて上昇した。

④ 5 月 28 日（図 4-2-16、図 4-2-17）

- 風向風速は、6 時～12 時にかけて東京湾沿岸部では南西寄りの風が吹き、風速 2.5 m/s を超える地点が多かった。

- PM2.5 濃度は、12 時に埼玉県北西部及び千葉県や栃木県、群馬県の一部で 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超えたが、全地点の約 85% で 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となった。
- Ox 濃度は、12 時には栃木県及び埼玉県北部、群馬県や静岡県の一部など全地点の約 25% で 60 ppb 以上となった。
- NMHC は、6 時～12 時にかけて埼玉県や群馬県、静岡県、千葉県などの一部で上昇が見られた。
- 気温は、6 時に全地点の約 85% で 20℃ を超え、12 時に全地点の約 75% で 25℃ を超えたものの、30℃ を超える地点はなかった。
- 相対湿度は、12 時に全地点の約 30% で 60% を超えた。

(3) まとめ

これらのことから、5 月 26～27 日にかけて発生した PM2.5 高濃度事象は、25～27 日において、関東地域が太平洋に中心を持つ高気圧に覆われたことによる気温上昇に加え、微風の時間帯が多く、関東全域において大気が滞留しやすい気象環境が要因と示唆された。

また、25～27 日にかけて関東全域で Ox 濃度が高いことから、二次生成の影響が考えられた。Ox 濃度については、23 日から九州地方や中国地方などで高濃度となり、24 日～26 日は九州地方や中国地方に加え、四国地方や近畿地方でも高濃度となり全国的に Ox 濃度が高くなった。23～27 日にかけて Ox 高濃度域が西から東へ移動していることから、アジア大陸を起源とする越境汚染の影響も考えられた。

さらに、東京湾沿岸部の一部では SO₂ 濃度や NO_x 濃度の上昇が見られ、一次発生の影響も推測された。加えて 27 日の、千葉県や神奈川県、埼玉県など一部の地域では NMHC の影響も考えられた。

参考文献

- 1) 久保智子、中坪良平、瀧本充輝、高石豊：2019 年 5 月 24-26 日における広域的な高濃度光化学オキシダント発生事例、第 60 回大気環境学会年会講演要旨集、P-06、2019
- 2) 小原幸敏、池田有里、園山隼人、藤原誠：2019 年 5 月における高濃度光化学オキシダント事象について、第 61 回大気環境学会年会講演要旨集、O-A-007、2020
- 3) 小原幸敏、池田有里、園山隼人、藤原誠：2019 年 5 月における高濃度光化学オキシダント事象について、環境保全・公害防止研究発表会講演要旨集、2020

5月25日 12:00

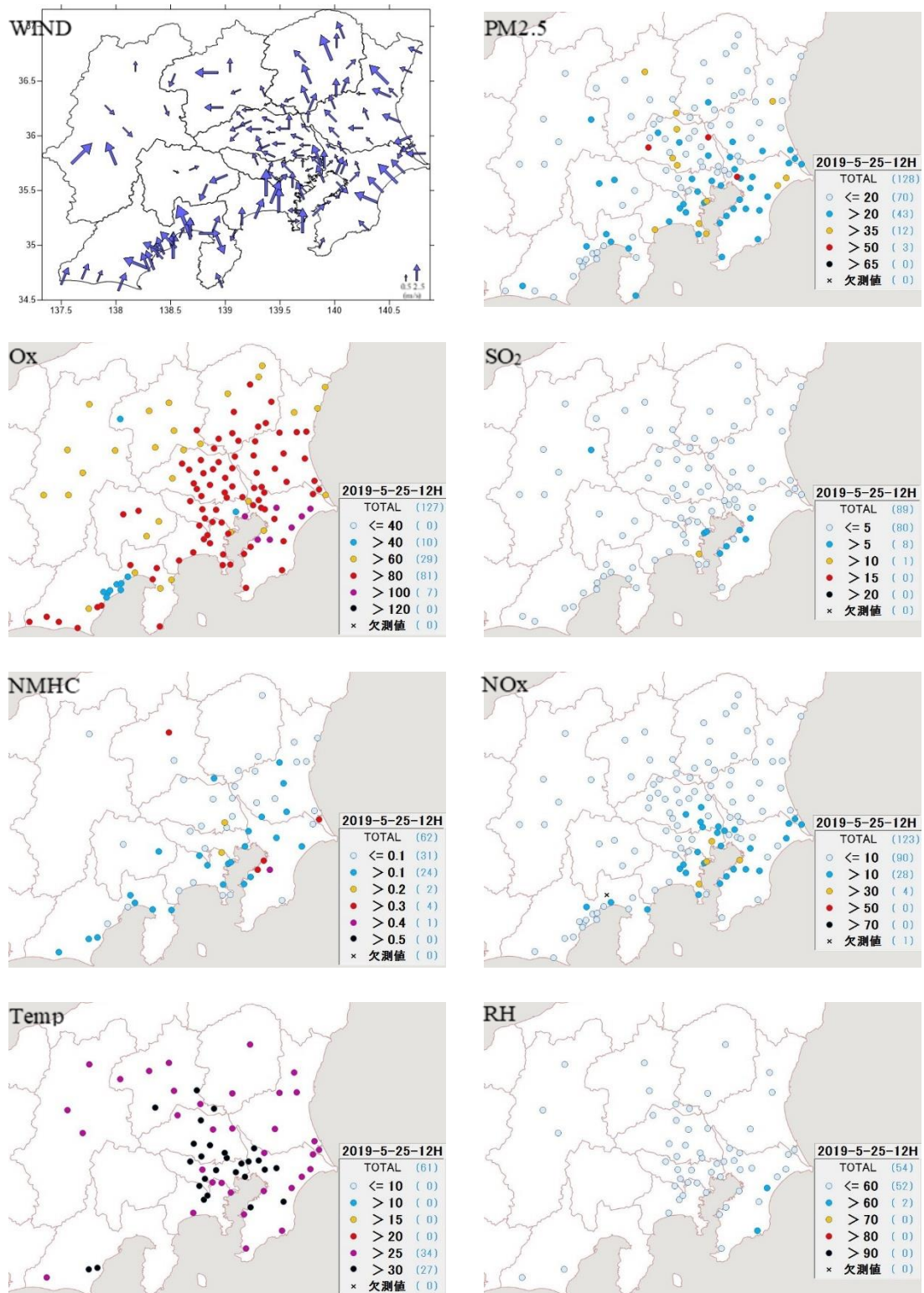


図 4-2-5 PM2.5 質量濃度等の分布状況 1
(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月25日 18:00

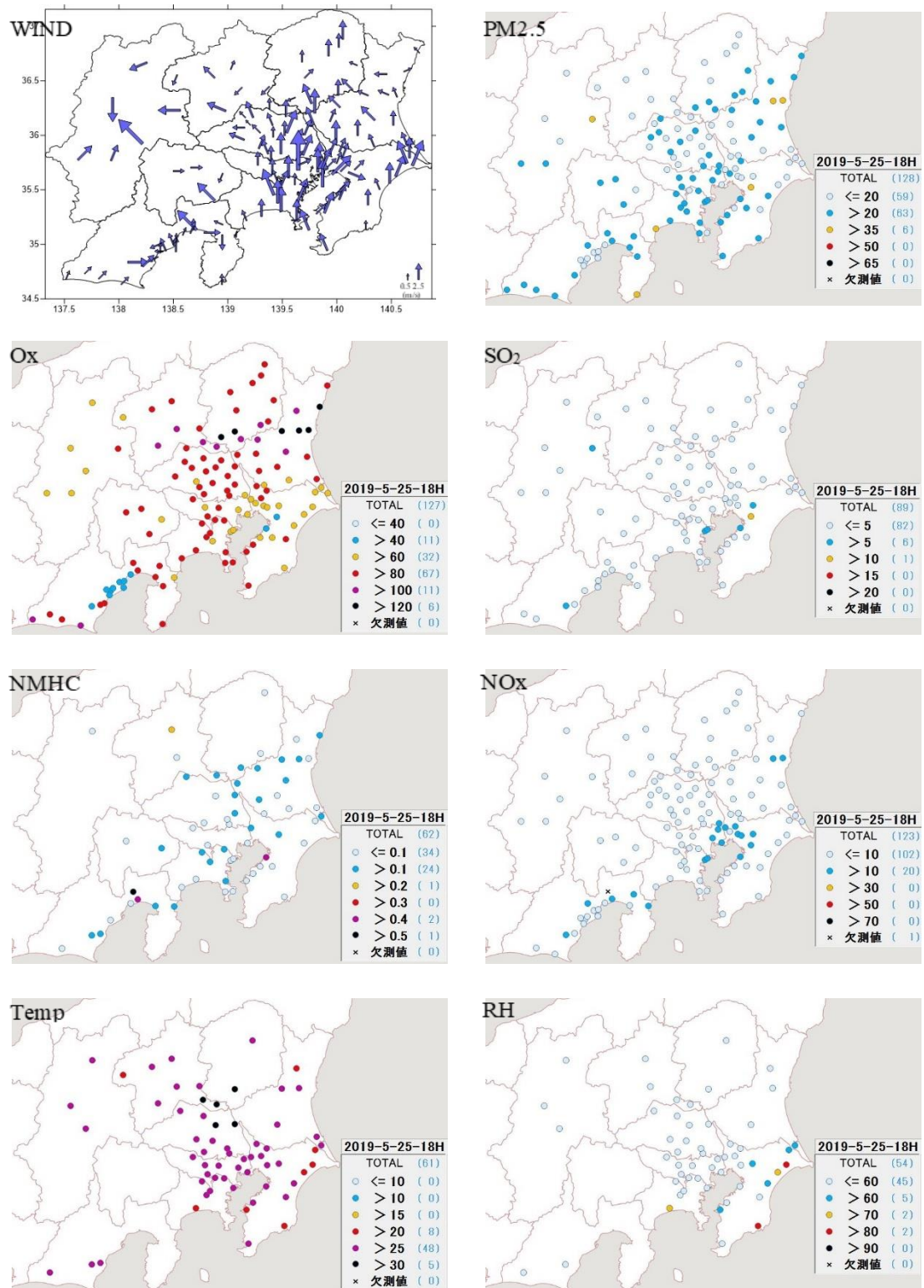


図 4-2-6 PM2.5 質量濃度等の分布状況 2
(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月25日 24:00

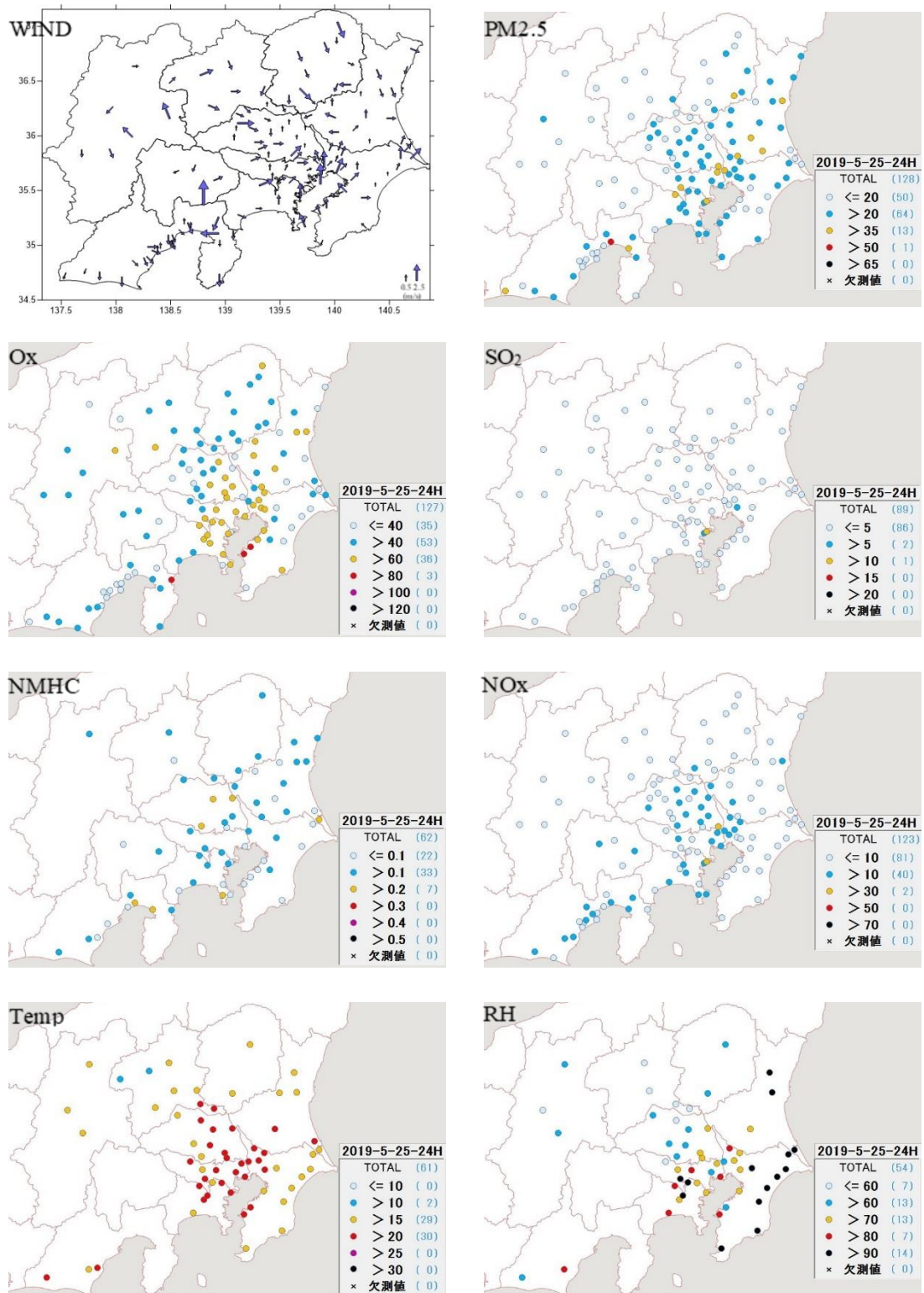


図 4-2-7 PM2.5 質量濃度等の分布状況 3
(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月26日 6:00

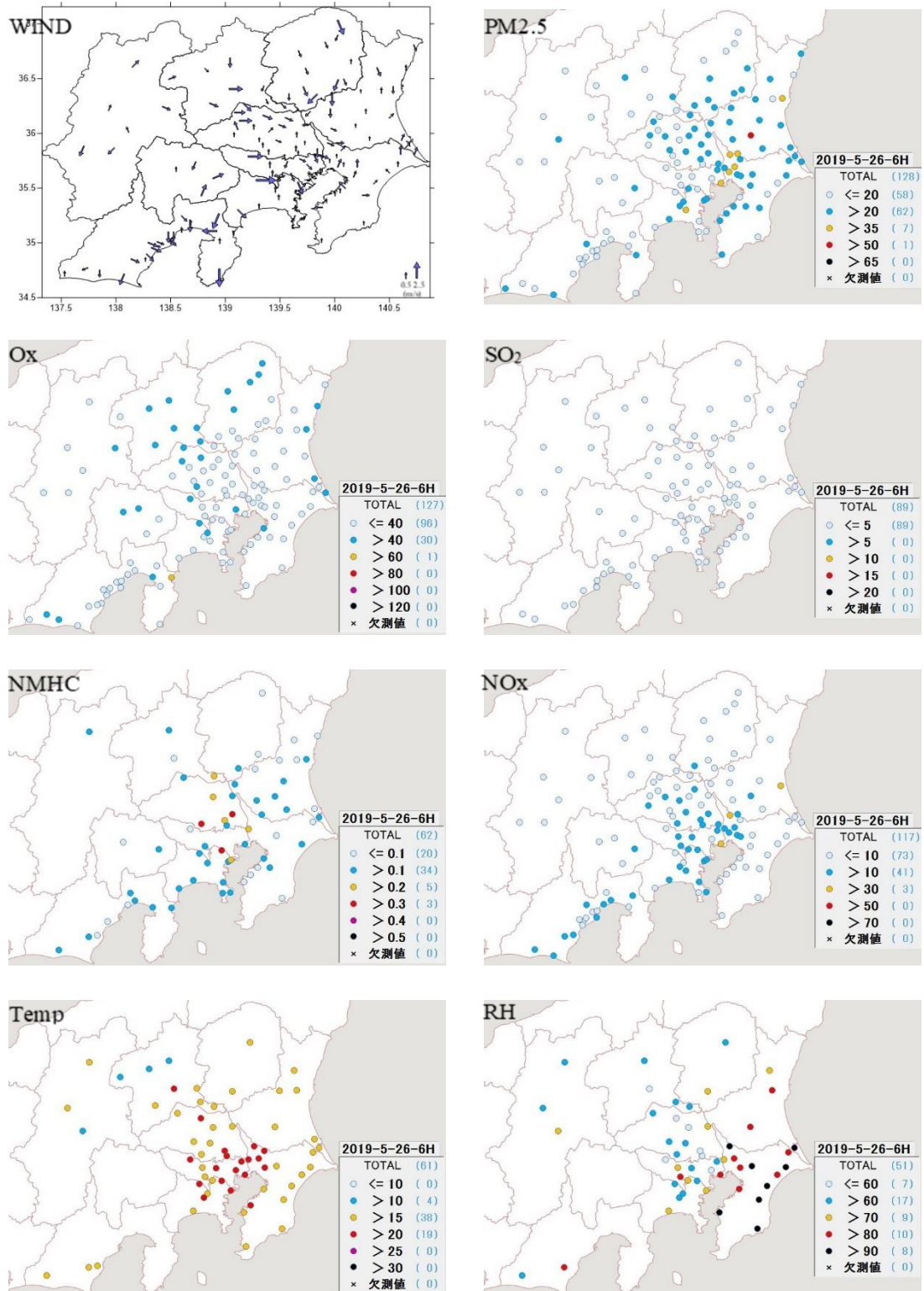


図 4-2-8 PM2.5 質量濃度等の分布状況 4
(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月26日 12:00

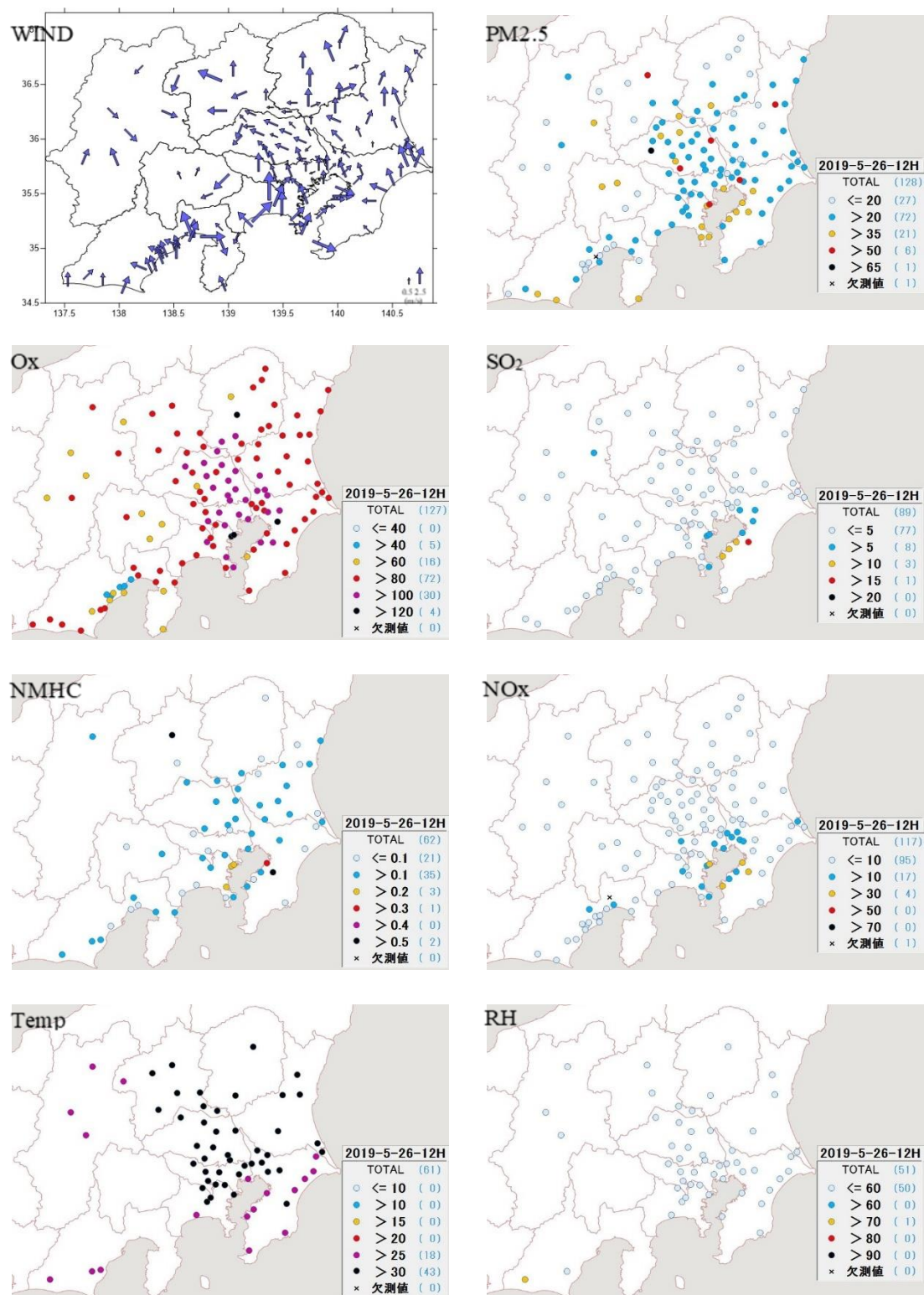


図 4-2-9 PM2.5 質量濃度等の分布状況 5
(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月26日 18:00

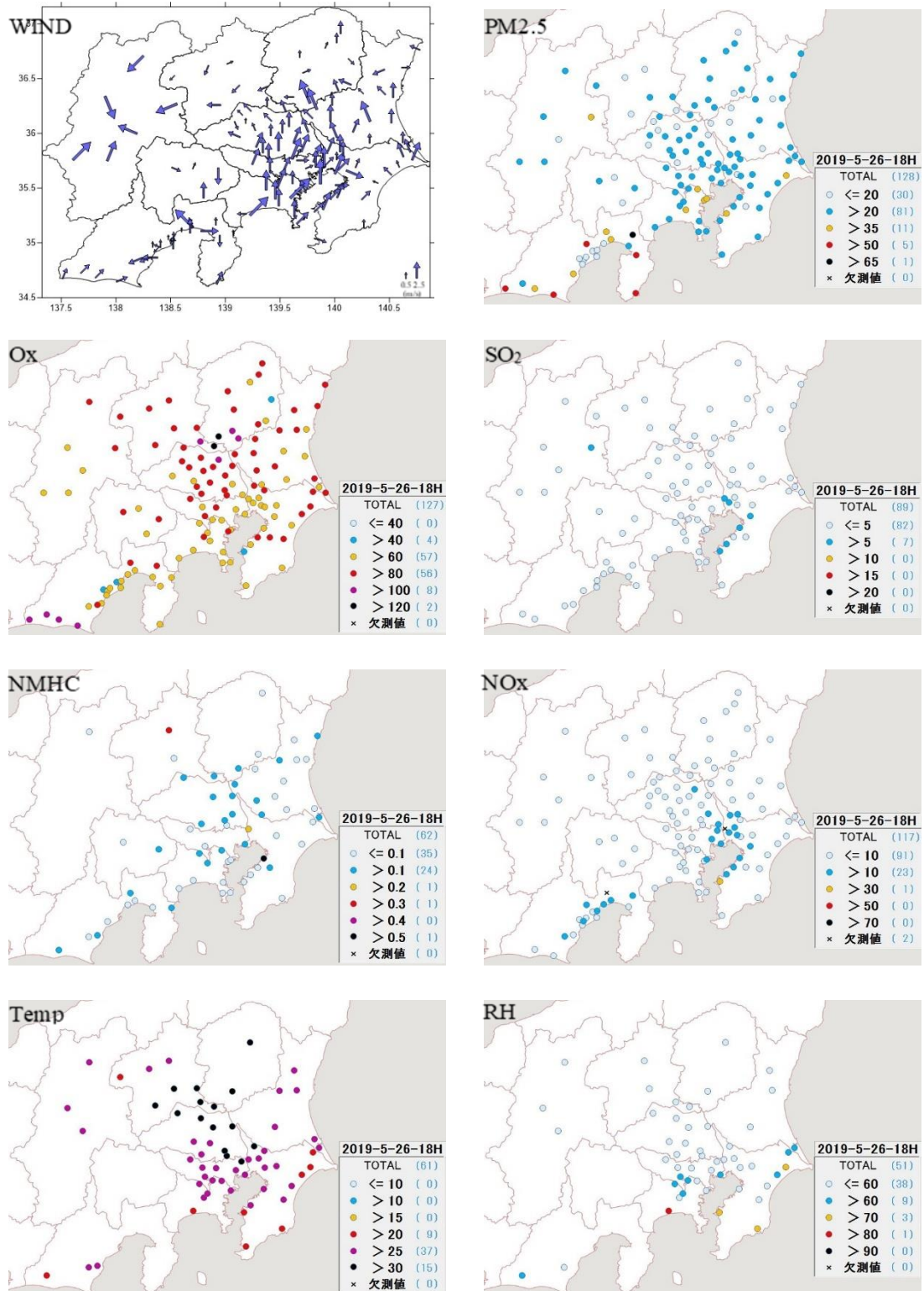


図 4-2-10 PM2.5 質量濃度等の分布状況 6
(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月26日 24:00

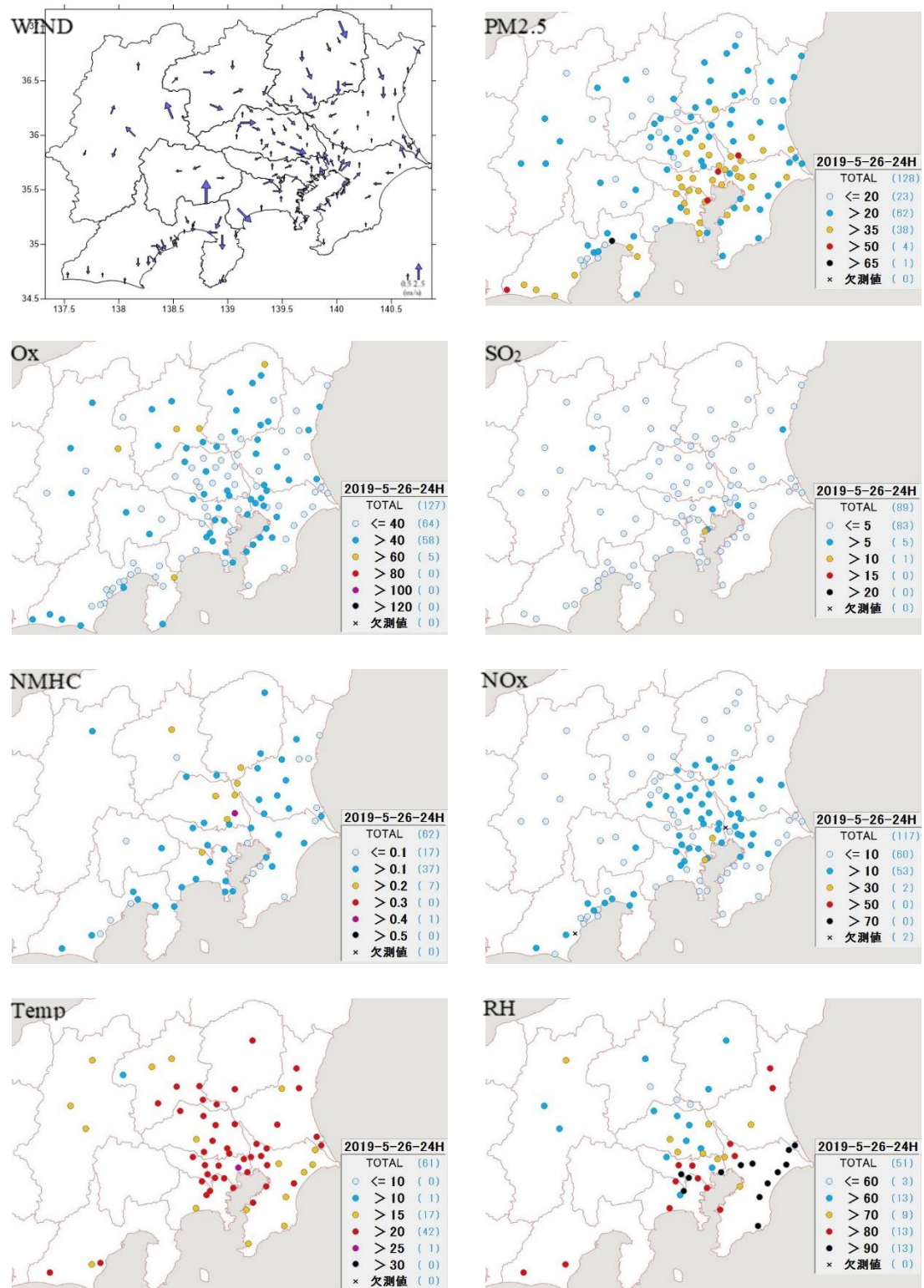


図 4-2-11 PM2.5 質量濃度等の分布状況 7
(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月27日 6:00

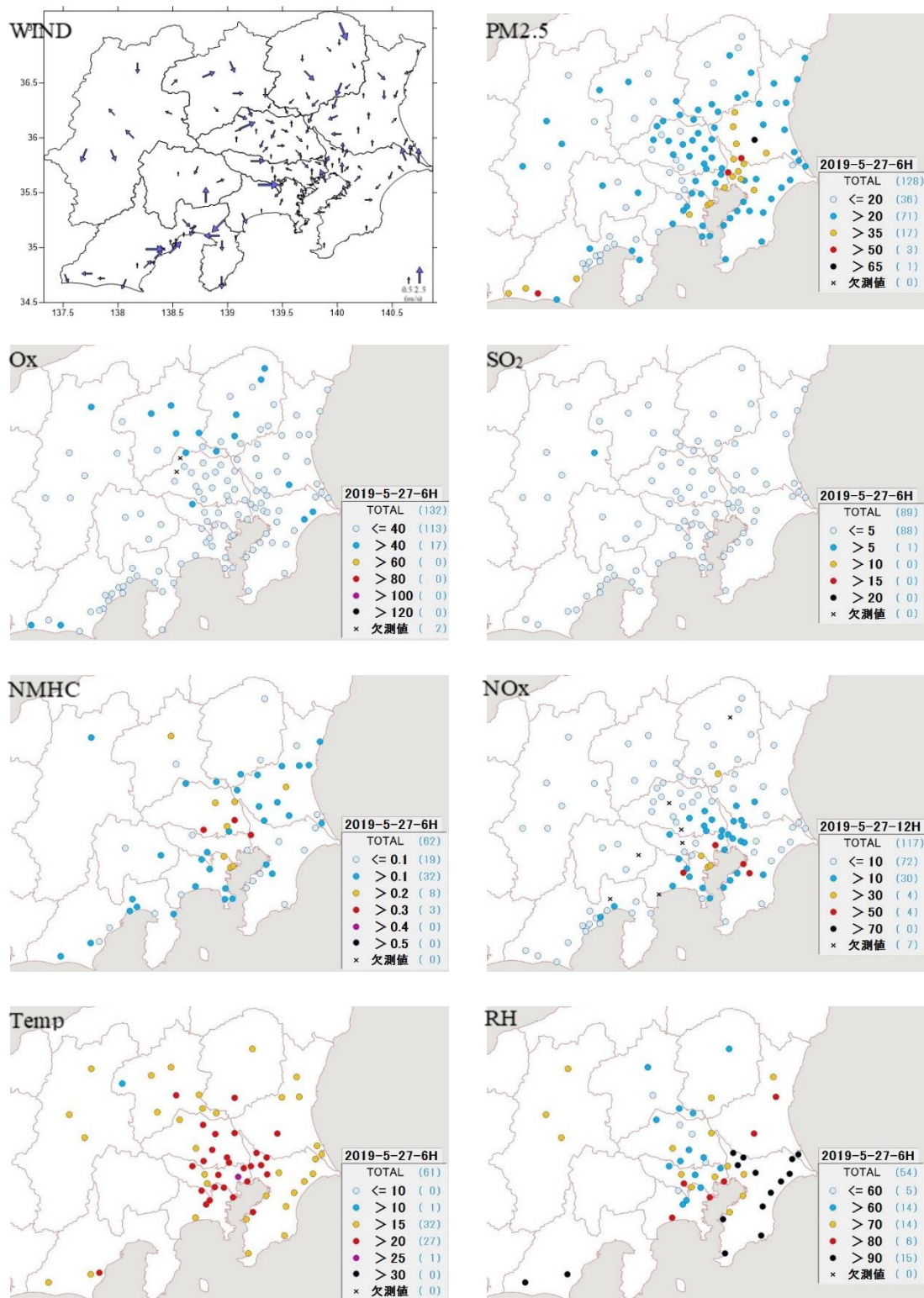


図 4-2-12 PM2.5 質量濃度等の分布状況 8
(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月27日 12:00

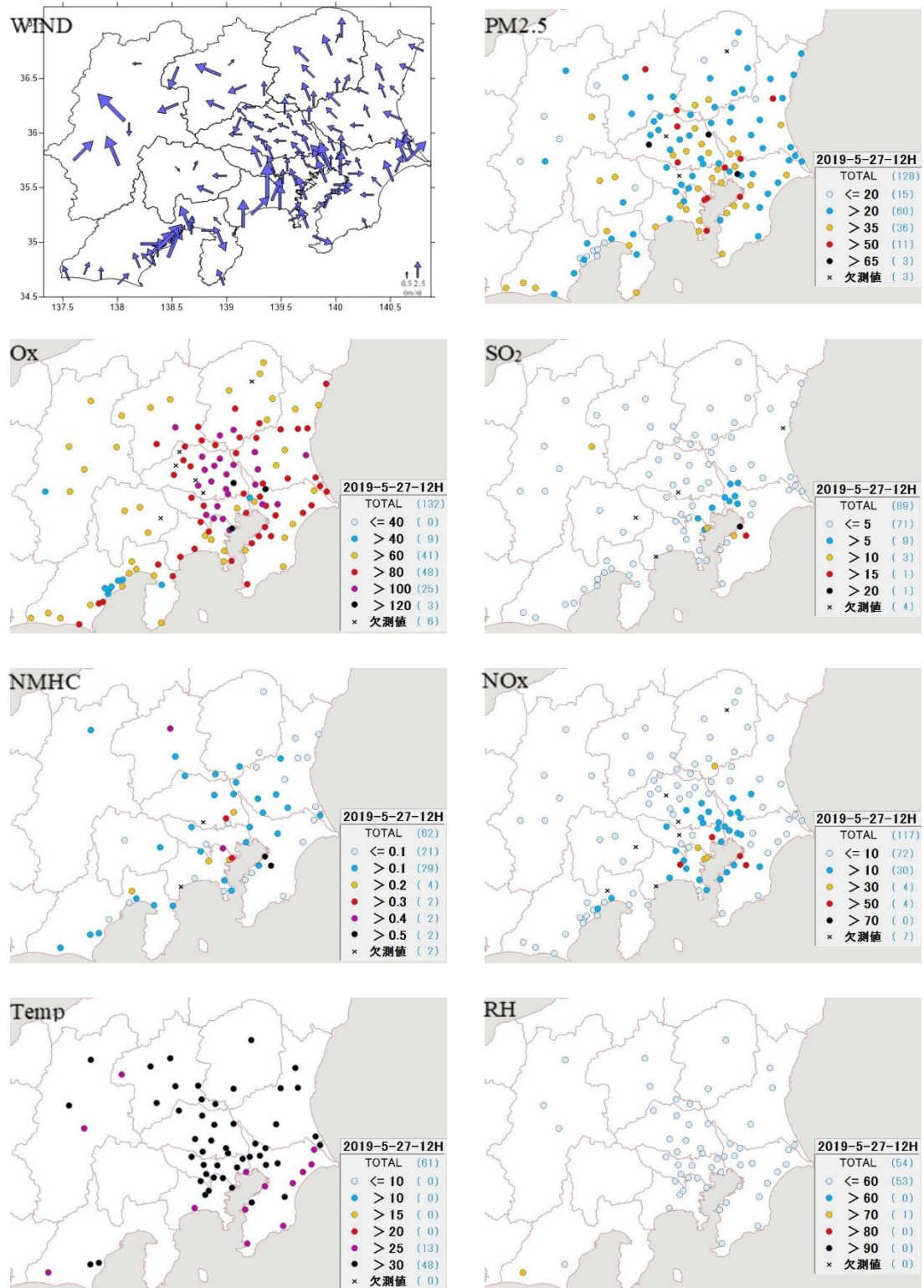


図 4-2-13 PM2.5 質量濃度等の分布状況 9
(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月27日 18:00

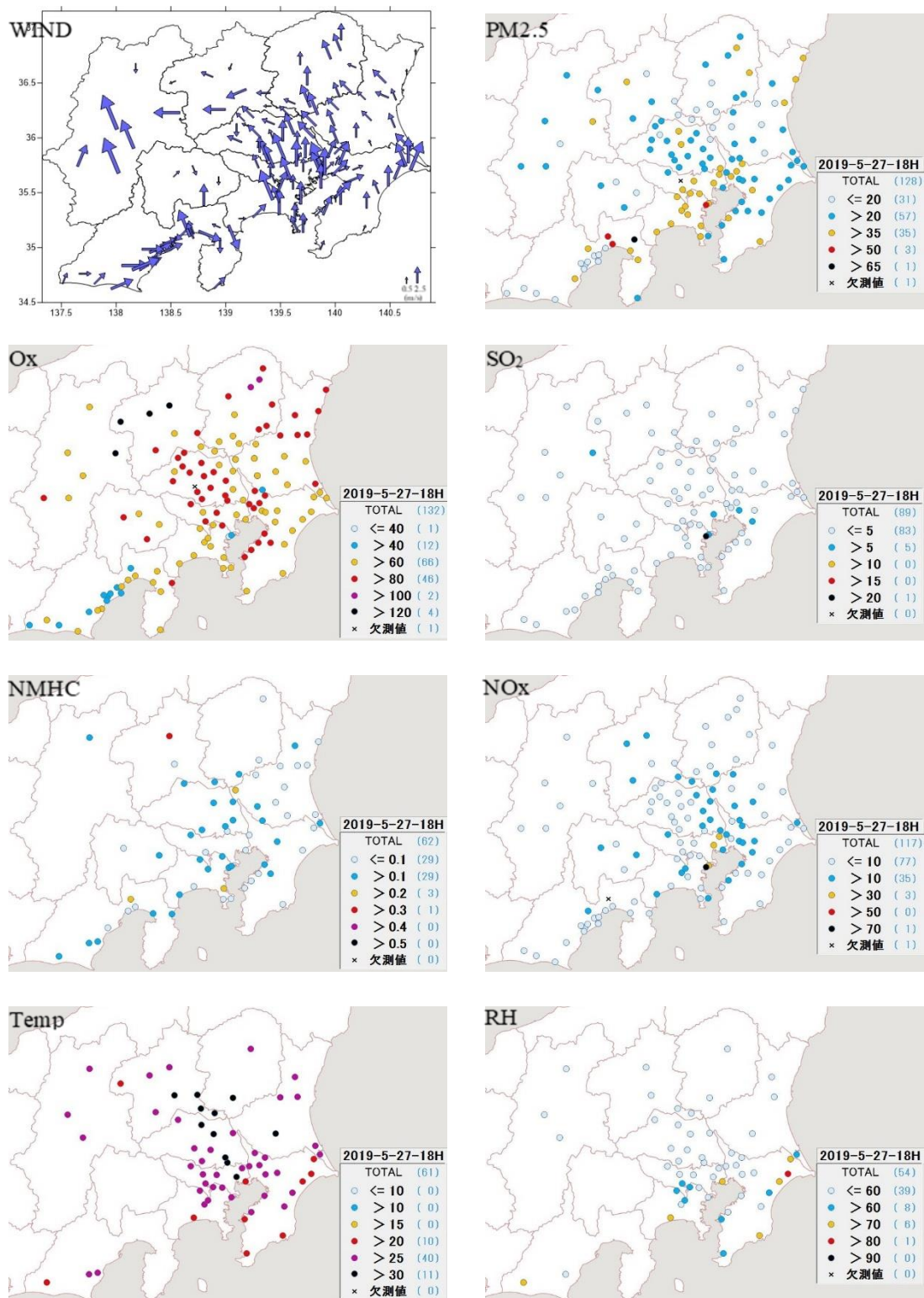


図 4-2-14 PM2.5 質量濃度等の分布状況 10
(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月27日 24:00

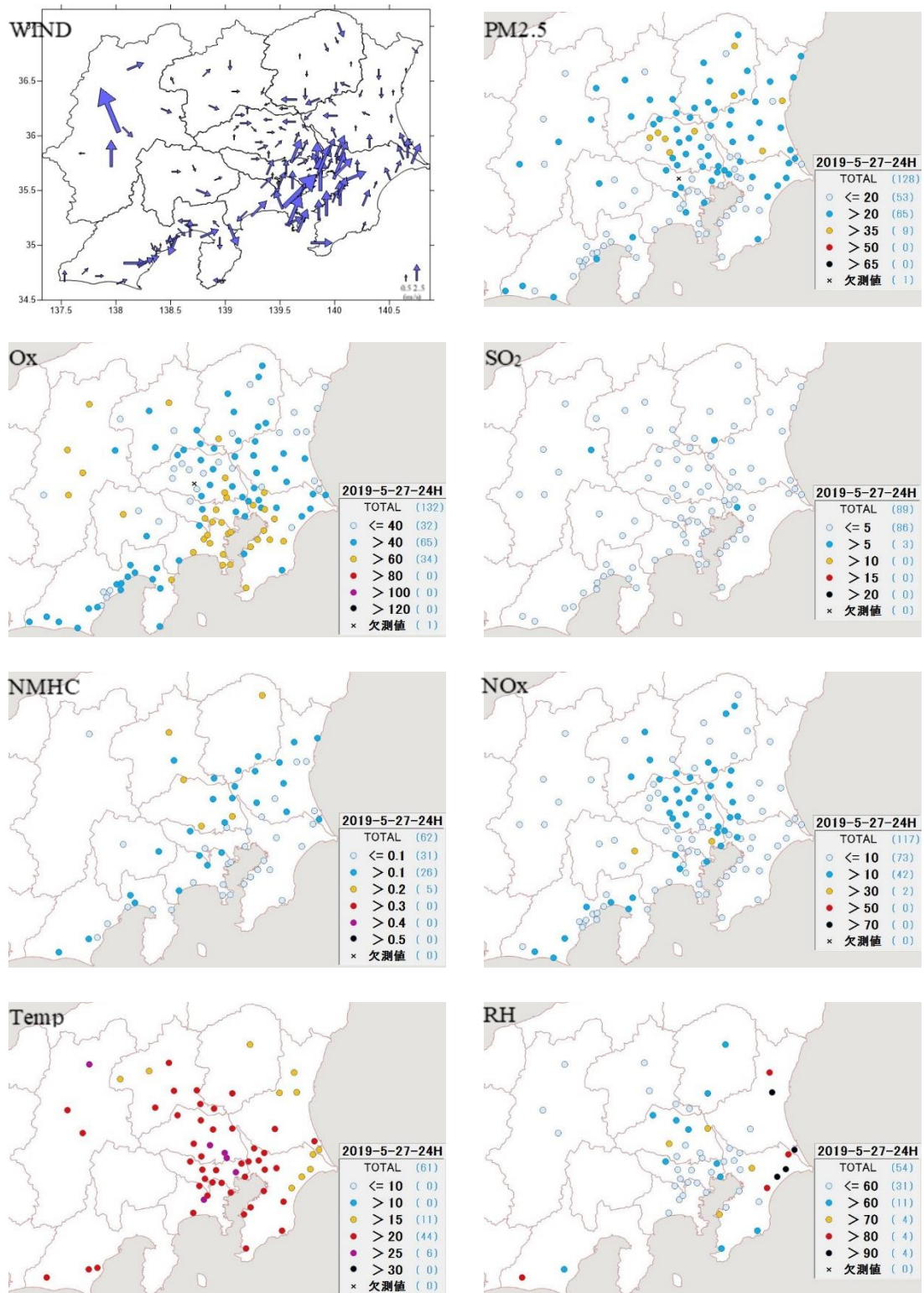


図 4-2-15 PM2.5 質量濃度等の分布状況 11

(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月28日 6:00

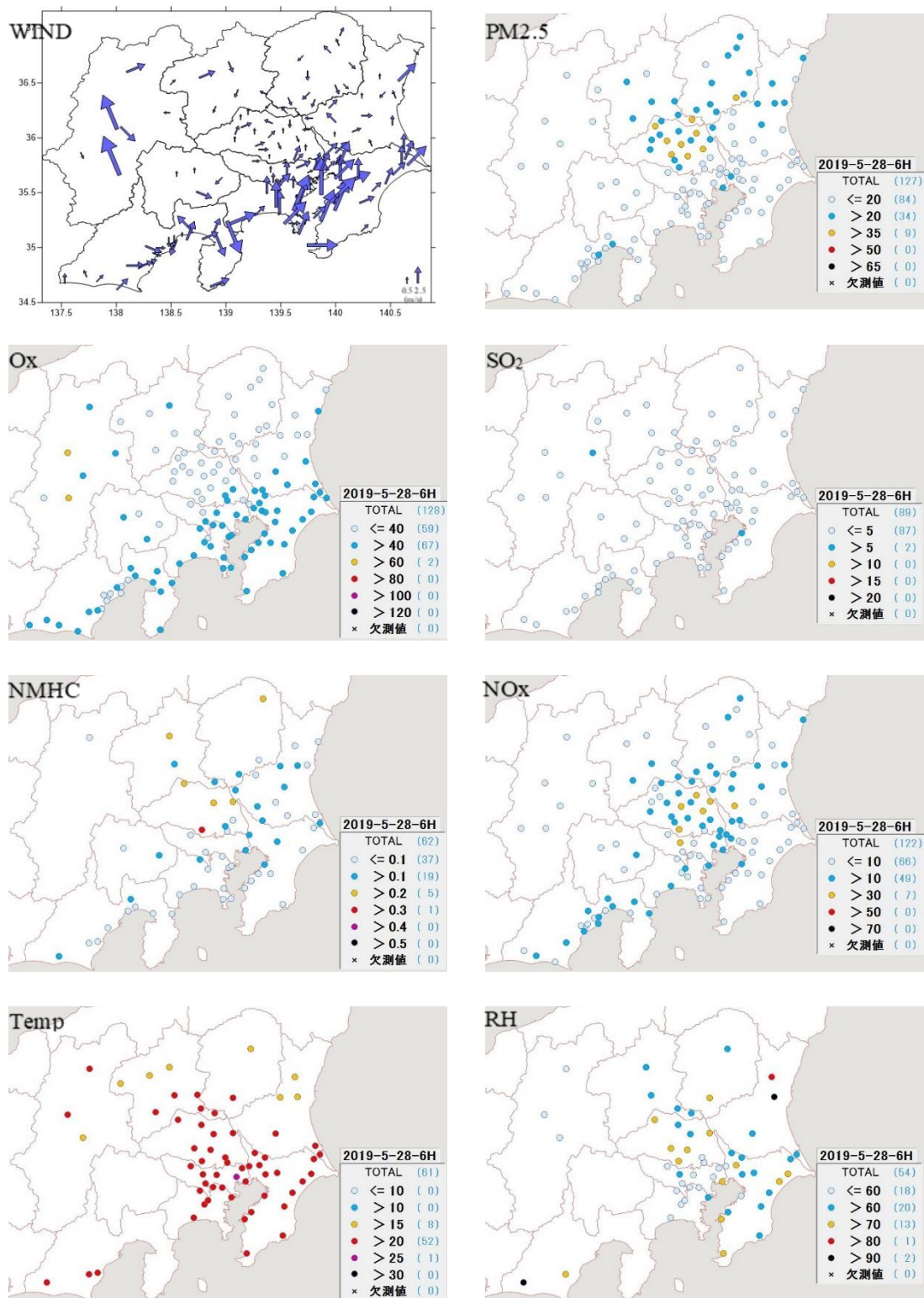


図 4-2-16 PM2.5 質量濃度等の分布状況 12

(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)

5月28日 12:00

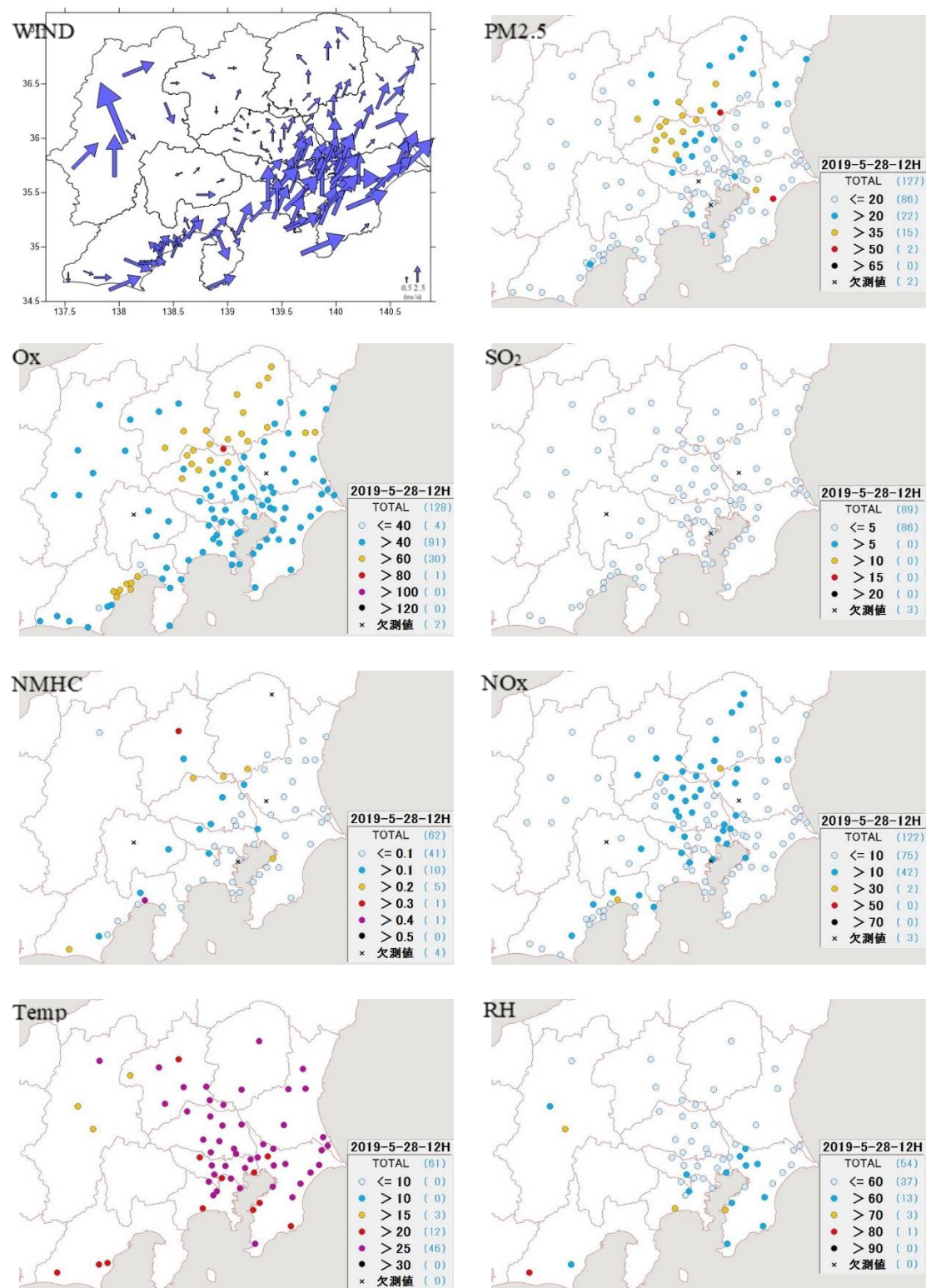


図 4-2-17 PM2.5 質量濃度等の分布状況 13
(PM2.5 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NMHC : ppmC、RH : %、その他 : ppb)