

高解像度気象シミュレーションを用いた 異臭ガスの移流解析結果について

松田 景吾¹, 杉山 徹²

1. (国研)海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 地球情報基盤センター
2. (国研)海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 情報エンジニアリングプログラム



JAMSTEC ～海洋・地球・生命の統合的理解への挑戦～



- (1) 地球環境変動の統合的理解とその予測
- (2) 地球内部ダイナミクスの統一像の構築と地震・津波の防災研究
- (3) 生命の進化と海洋地球生命史
- (4) 資源研究・海洋地球生命工学の新たな展開



よこすか



かきれい



みらい



かいかいめい



新青丸



白鳳丸



しんかい6500



ちきゅう



うらしま



ハイパードルフィン



かいこう



ディープ・トウ



地球シミュレータ (4代目, 2021年4月に本格稼動)

- CPUノード, Vector Engine搭載ノード, GPU搭載ノードを備えたマルチアーキテクチャ型スーパーコンピュータ

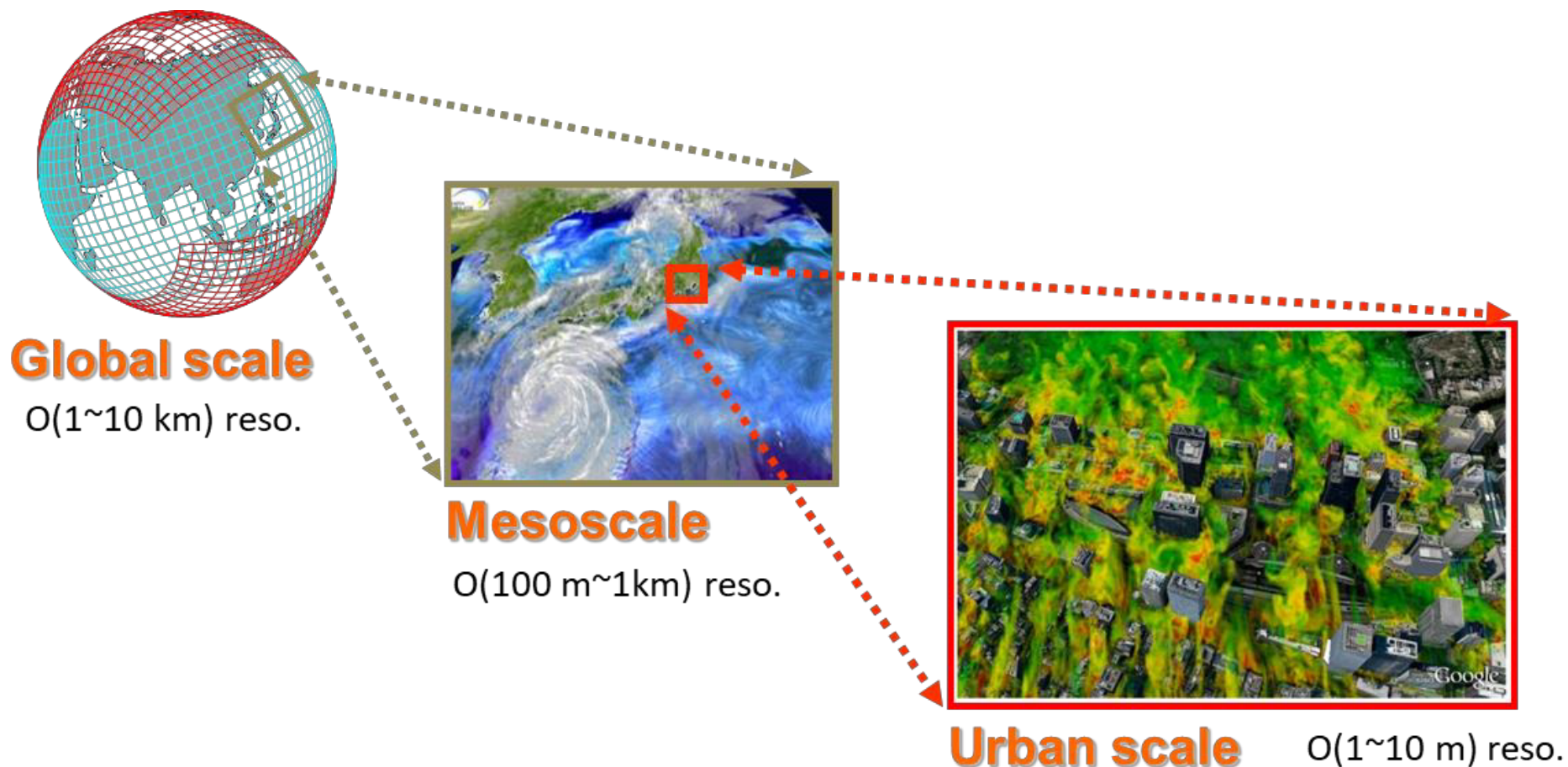
総合演算性能: 19.5 PFLOPS

総メモリ容量: 556.5 TB

マルチスケール大気海洋モデルMSSG

(“メッセージ”, Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment)

- JAMSTEC地球情報基盤センターにて開発を進めてきた非静力学大気海洋結合モデル
- 雲の発達, 台風進路予測, 集中豪雨等のシミュレーションが可能

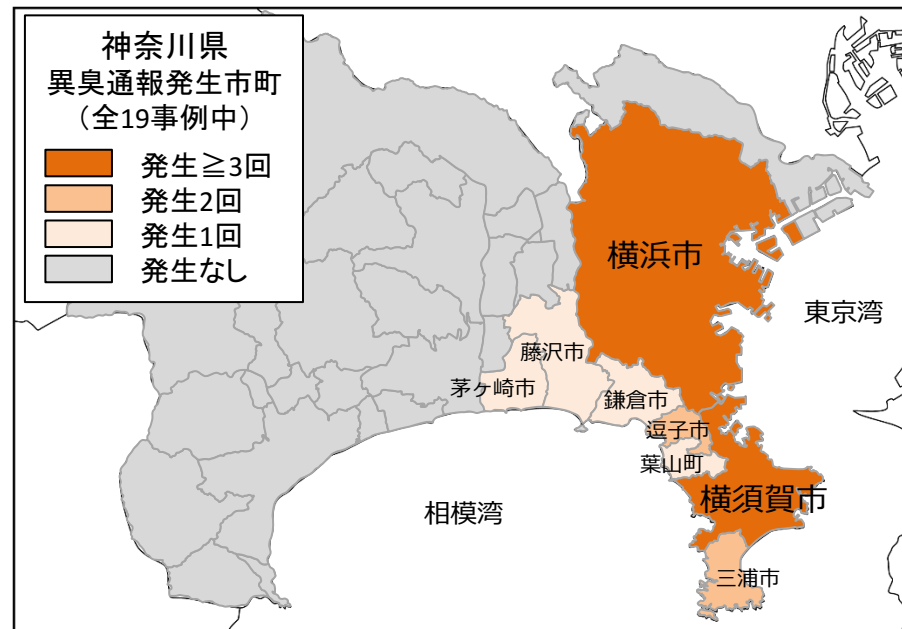


三浦半島での異臭通報事案

※神奈川県HP掲載情報に基づいて作成

三浦半島周辺で多数の異臭通報

- 2020年6月～2021年3月に計19回発生.
- 発端となった2020年6月4日の事例：
 - 20時以降, 消防に多数の異臭通報.
 - 時間とともに通報地域が北上.
 - 多くのメディアで取り上げられた.



- その後, 消防が異臭通報時(2020年10月, 2021年3月)に空気を採取し, 分析.
- 明確な原因の特定にはまだ至っていない.
- 空気採取体制の整っていないなかった初期事例には不明点も多い.

JAMSTECでは, 神奈川県環境科学センターの協力依頼(2020年10月中旬)に基づいて, 高解像度気象シミュレーションを用いることにより, 異臭ガスが風に運ばれるプロセス(移流*プロセス)の解析に取り組んだ.

*移流: 空気や水の流れに乗って気温や化学物質などが運ばれること

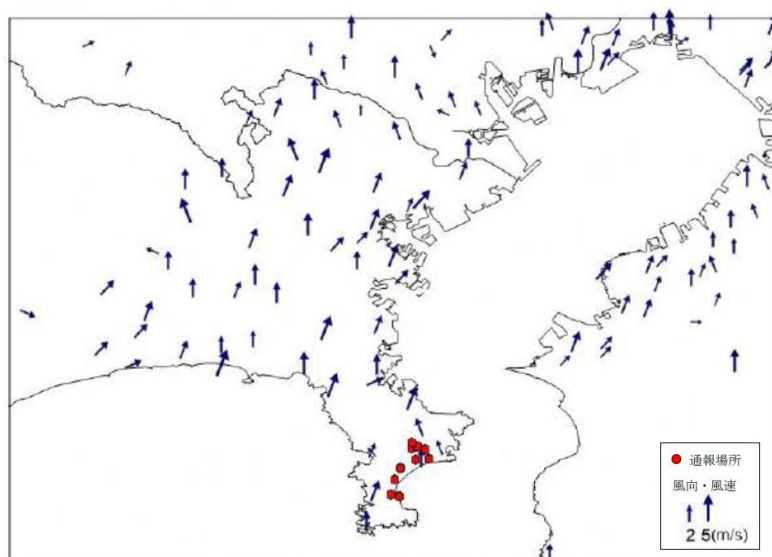
解析対象事例

発端の事例

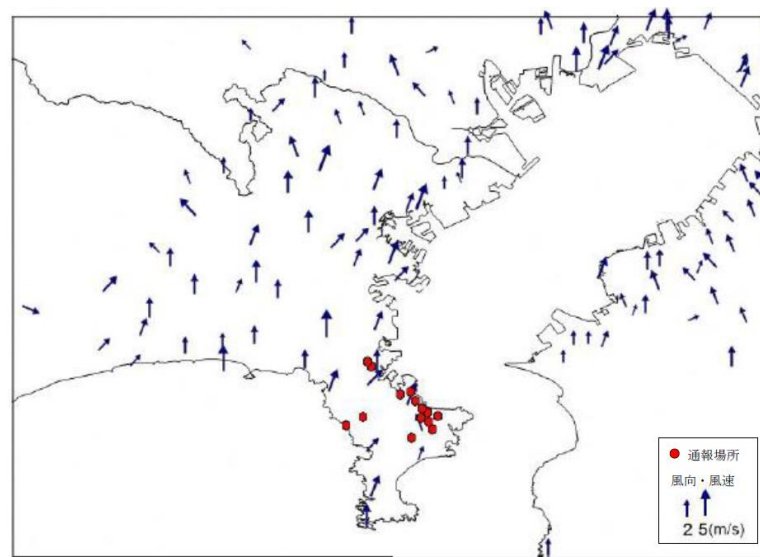
発生日時: 2020年6月4日(木) 20時頃～21時30分頃

通報場所: 横須賀市, 三浦市

通報件数: 200件以上 (全19事例中で最大)



20時台の通報多数代表地点



21時台の通報多数代表地点

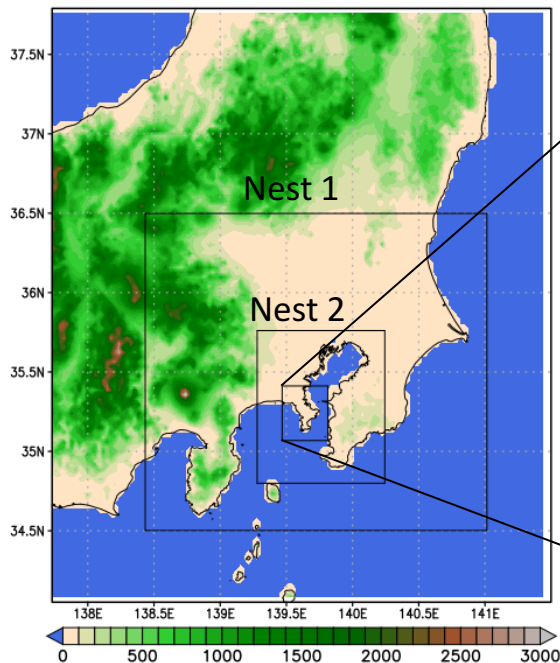
(神奈川県環境農政局環境部大気水質課ホームページより)

- 通報地域が時間とともに北上していた。
- 異臭ガスは風に乗って運ばれたのか？その場合、どこから来たのか？

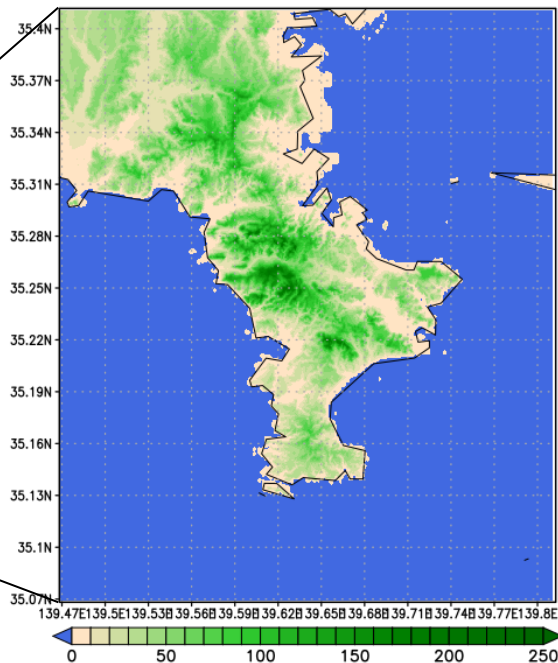
高解像度気象シミュレーションの計算領域

標高データ

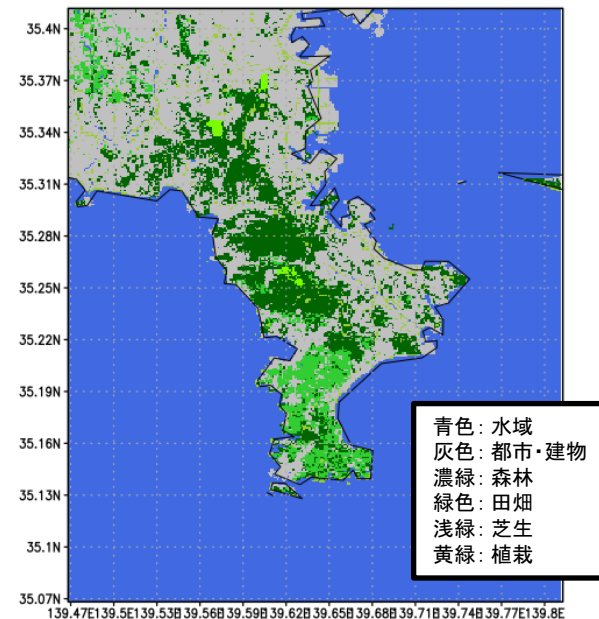
Nest 0 (3.3 km)



Nest 3 (100 m)



土地利用データ



解像度(メッシュサイズ): 3.3 km → 1.0 km → 320 m → 100 m

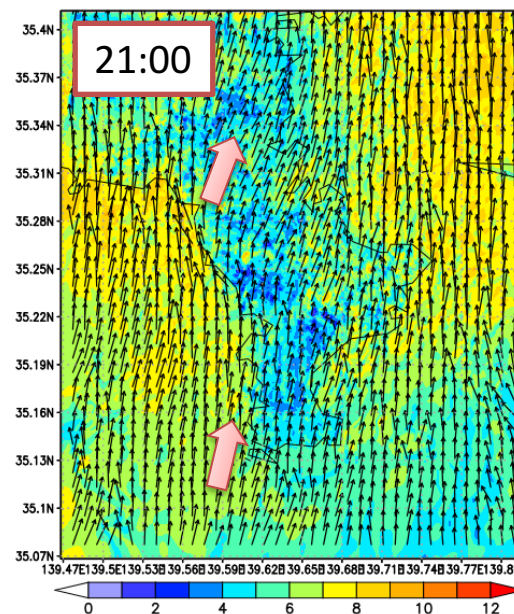
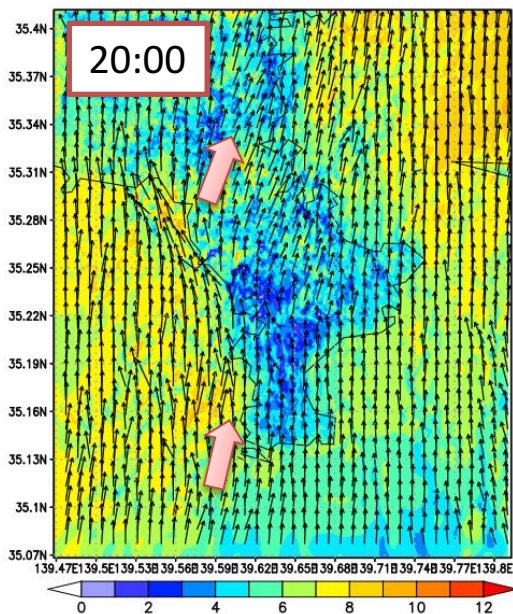
- 内側ほど解像度が細くなるように計算領域を設定.
- 三浦半島周辺には100mメッシュで気象状態を計算.

シミュレーションの対象日時: 2020年6月1日 9:00 ~ 2020年6月4日 24:00

計算領域外側の気象データ: 気象庁メソ数値予報モデルデータ

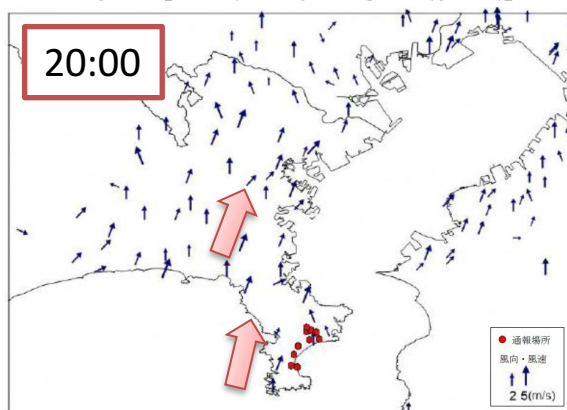
シミュレーション結果の風速

気象シミュレーション結果
地上10mの風速
(m/s)

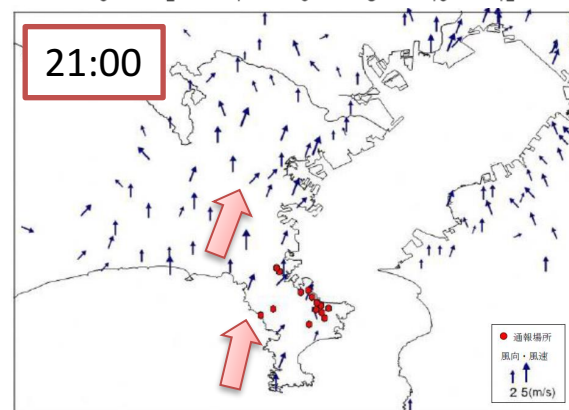


風速の観測データ
(m/s)

(大気汚染常時監視測定データ,
気象庁観測データ)



赤点は20時台の通報多数代表地点



赤点は21時台の通報多数代表地点

- 風速2~5m/sの風が主として南南西方向から吹いている状況を再現
上空の風速は10m/s以上であったので、地表面付近の風による移流を解析

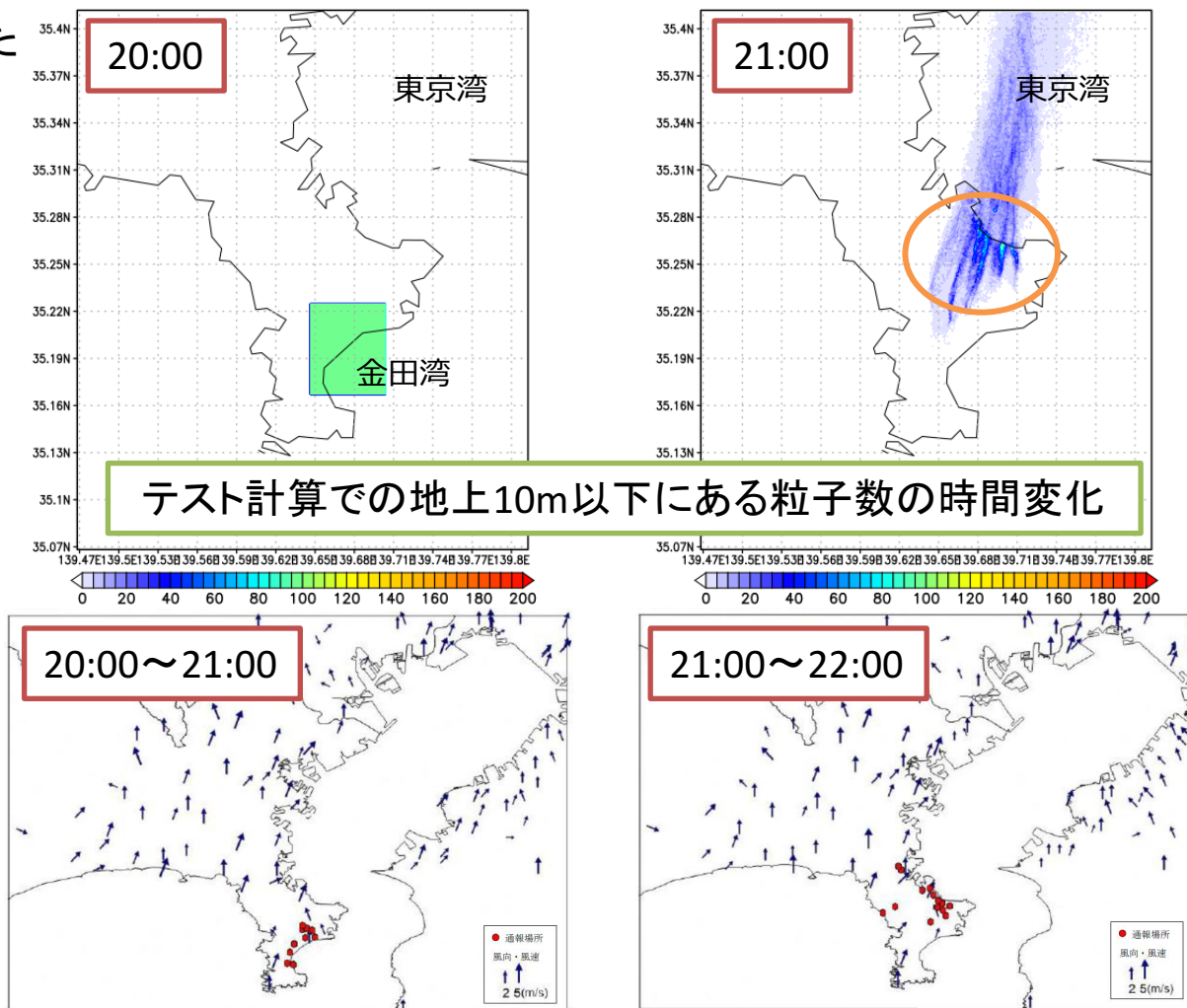
ガスの移流を追跡する

ガスの追跡方法

- ガスを含む空気塊に見立てた**粒子**の移動を追跡する

テスト計算を実施

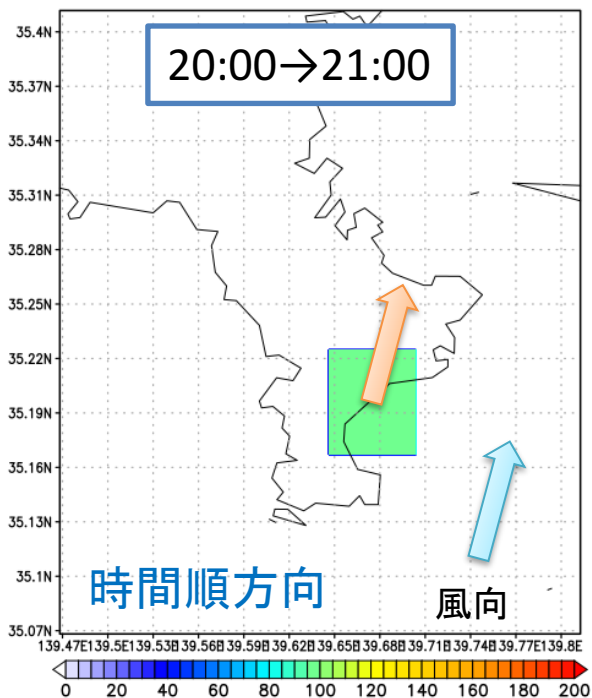
- 金田湾周辺の地表面付近（高さ10m以下）に粒子を初期配置
- 20時から移動を追跡



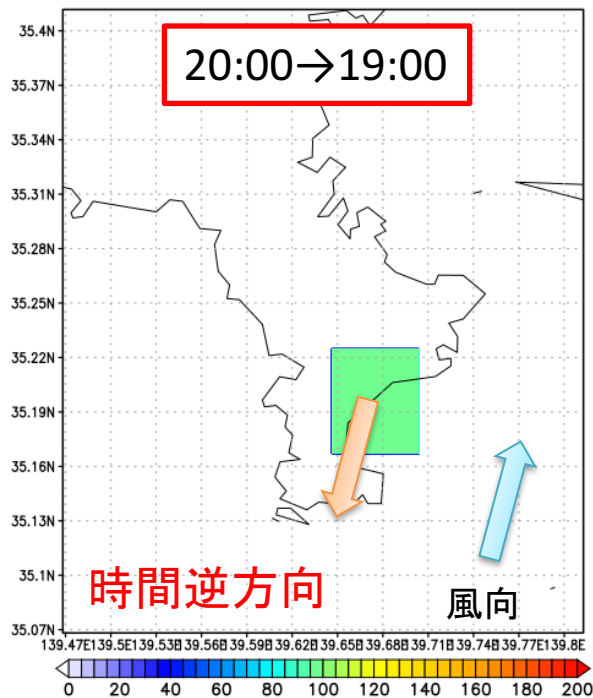
- 粒子の移動の様子が通報地点の移動と概ね一致。→地表面付近の風による移流

異臭ガスはどこから来たのか

通常の粒子追跡



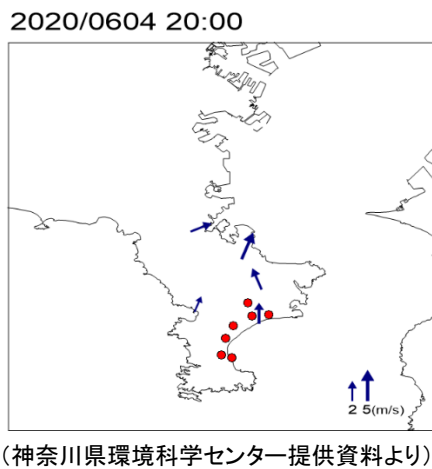
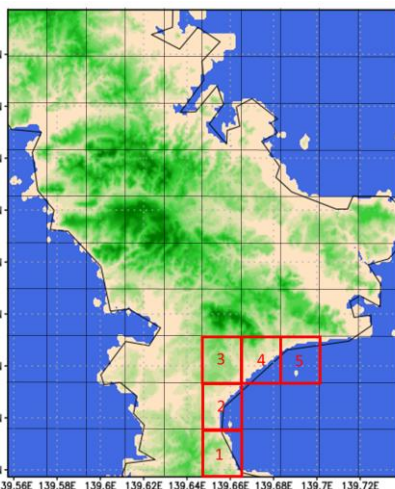
時間逆方向の粒子追跡



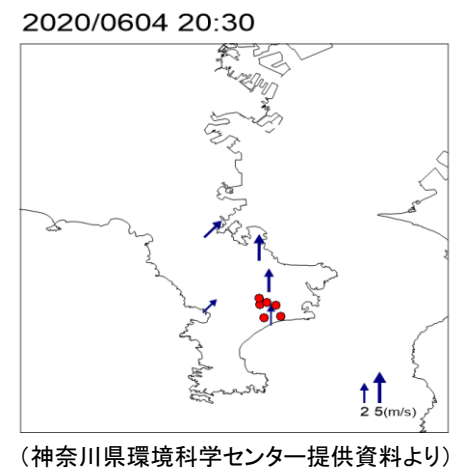
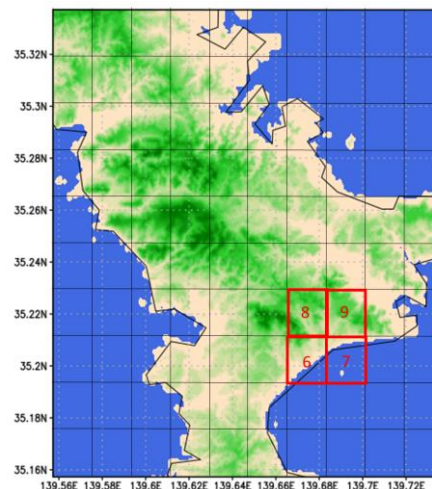
- 時間を遡って、異臭ガスがどこから来たのかを知りたい。
- 時間を遡りながら、粒子が風向きと逆方向の経路をたどるように計算
→ 時間逆方向の粒子追跡計算

時間逆方向の解析での粒子の初期配置

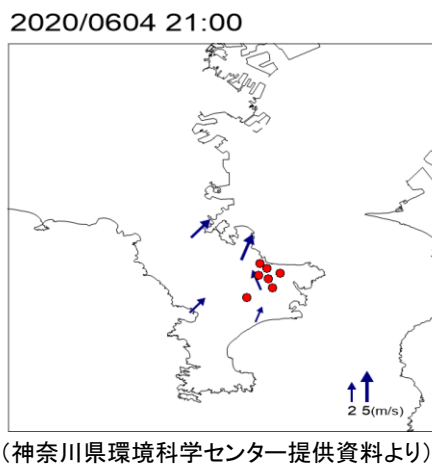
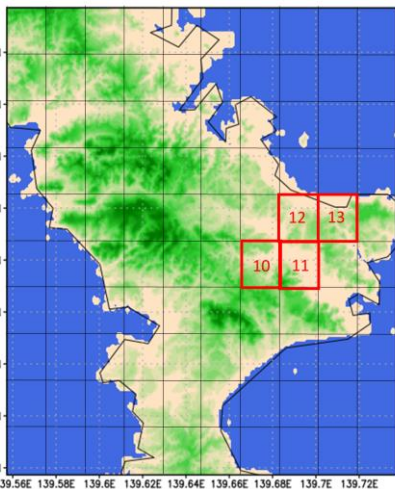
20:00～20:30の通報多数代表地点



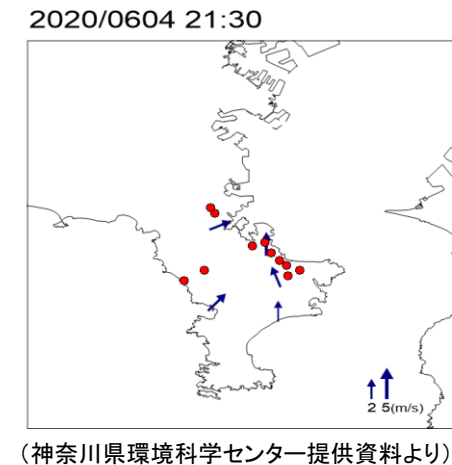
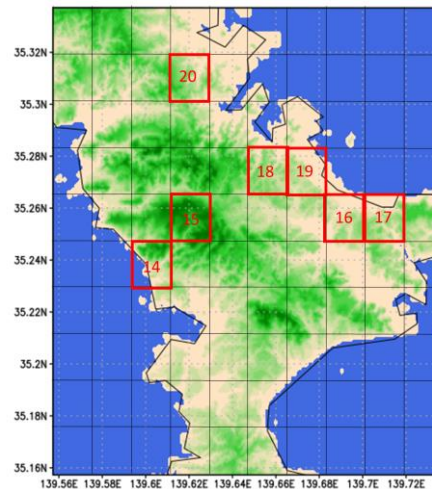
20:30～21:00の通報多数代表地点



21:00～21:30の通報多数代表地点

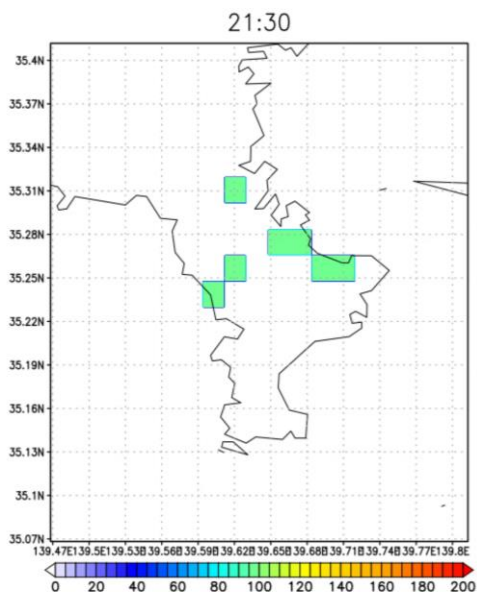


21:30～22:00の通報多数代表地点

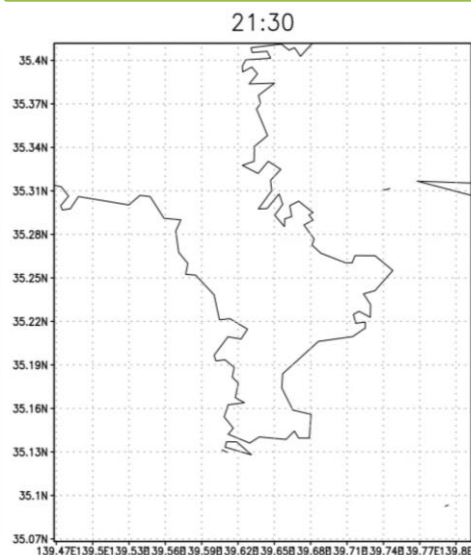


時間逆方向の粒子追跡計算の結果

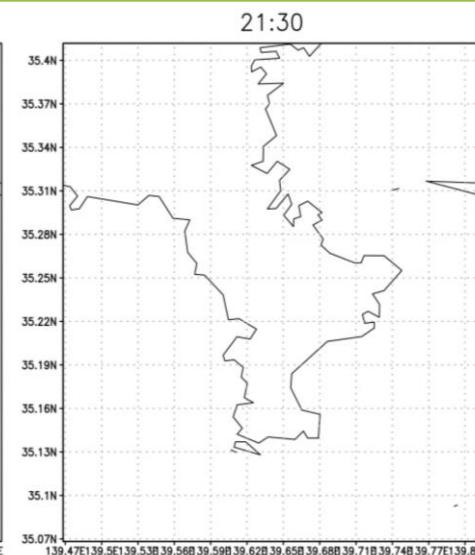
地上10m以下にある粒子数(初期粒子数を100として表示)



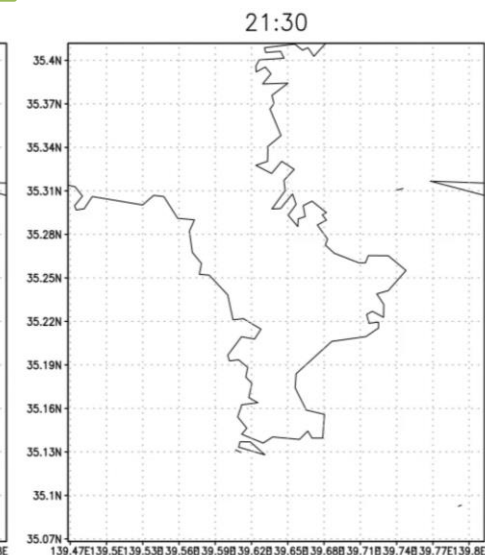
21:30から
時間逆方向追跡



21:00から
時間逆方向追跡



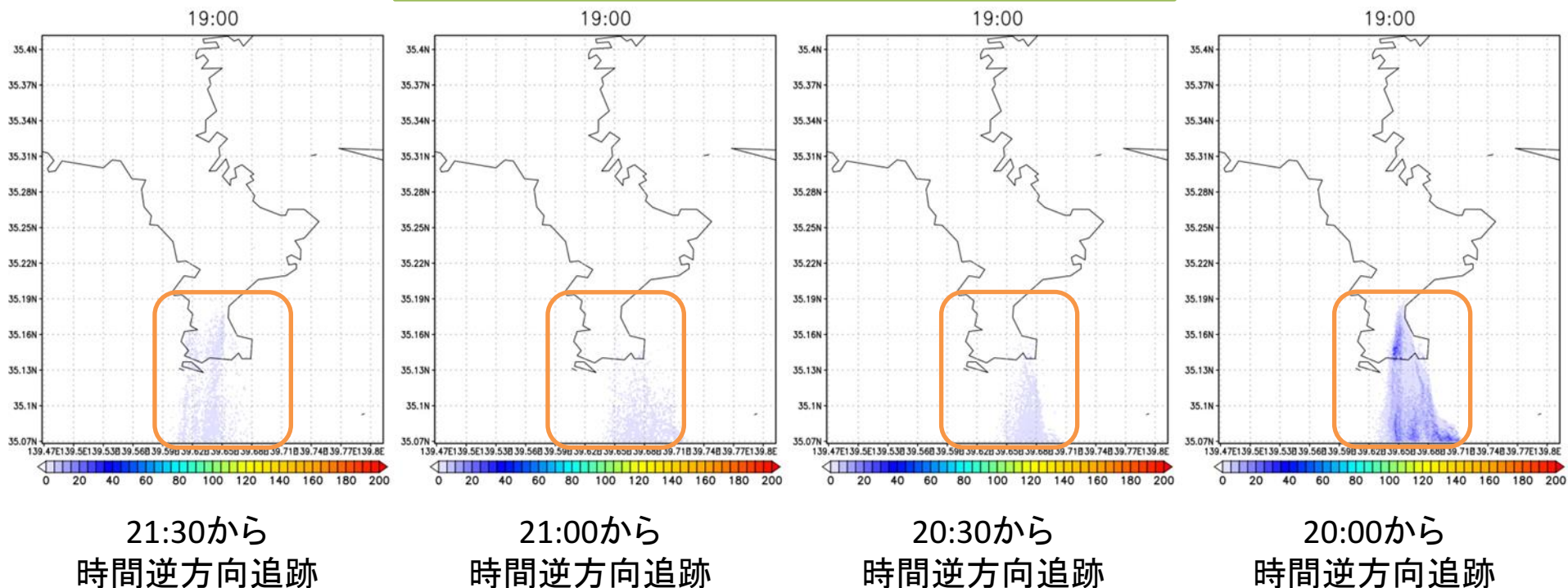
20:30から
時間逆方向追跡



20:00から
時間逆方向追跡

時間逆方向の粒子追跡計算の結果

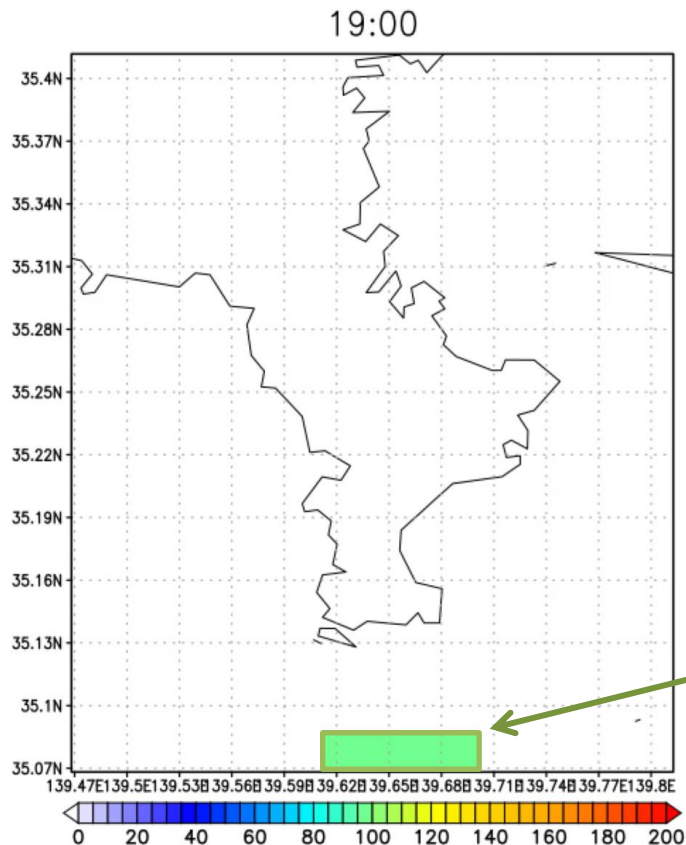
地上10m以下にある粒子数(初期粒子数を100として表示)



- 通報多数代表地点周辺から時間を遡ると、19:00～19:30ごろの粒子の分布は、三浦半島の先端部とその南の海上に集中している。
- 19:00～19:30ごろに三浦半島の先端部一帯、またはその南の海上にあったガスが移流してきたことが示唆される。

時間順方向の粒子追跡計算による再現実験

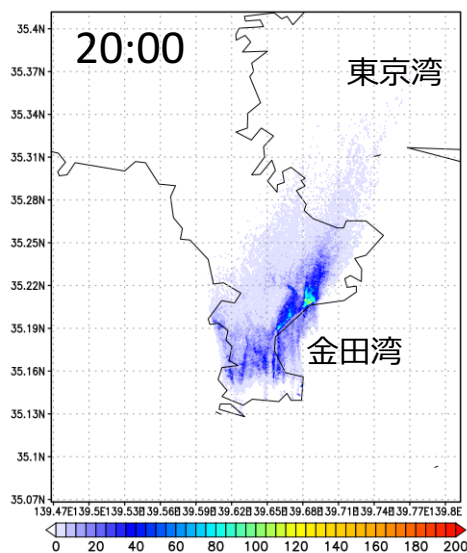
- 三浦半島の先端部一帯, またはその南の海上にあったガスが風で運ばれると, 実際の通報事例のような状況が生じるのか?
- 時間順方向の粒子追跡による再現実験で確認



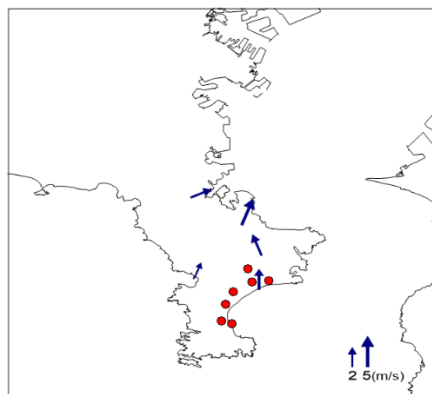
- 三浦半島の南海上からガスが流れてきた状況を想定
- 初期時刻: 19:00
- 南北 2 km, 東西 8.2 km の海表面付近 (高さ 10m 以下) に粒子を初期配置

地上10m以下にある粒子数(初期粒子数を100として表示)

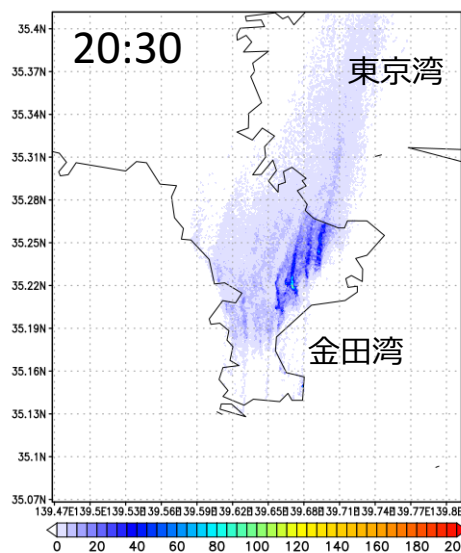
時間順方向粒子追跡による再現実験結果



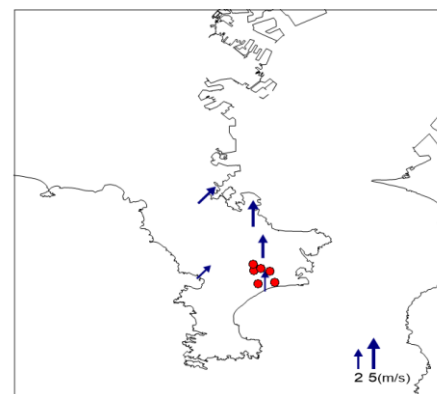
20:00～20:30の通報多数代表地点



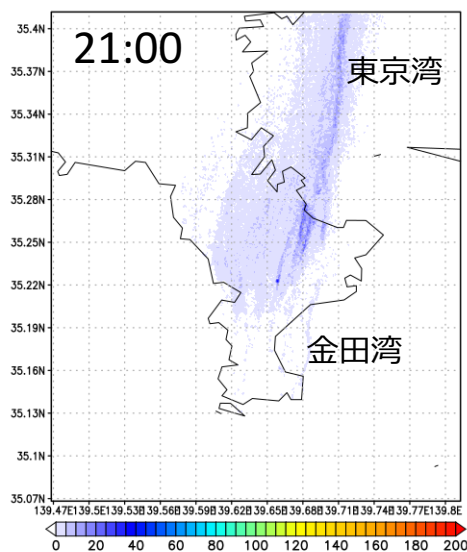
(神奈川県環境科学センター提供資料より)



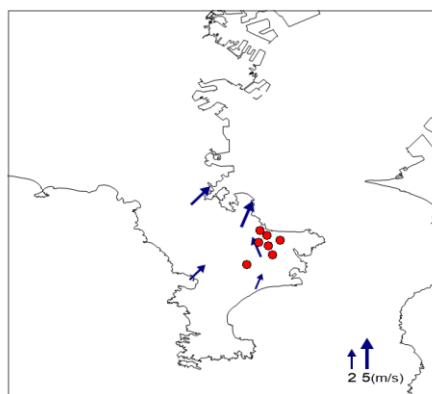
20:30～21:00の通報多数代表地点



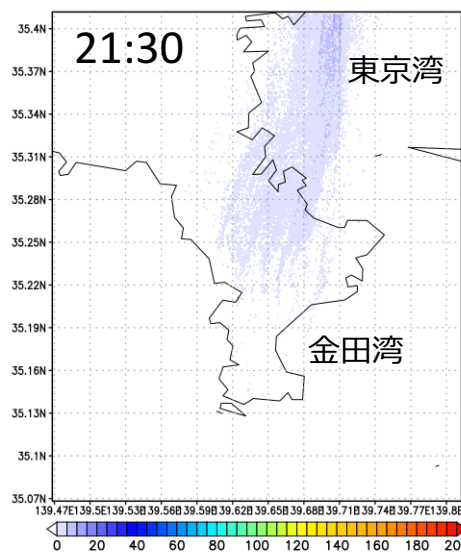
(神奈川県環境科学センター提供資料より)



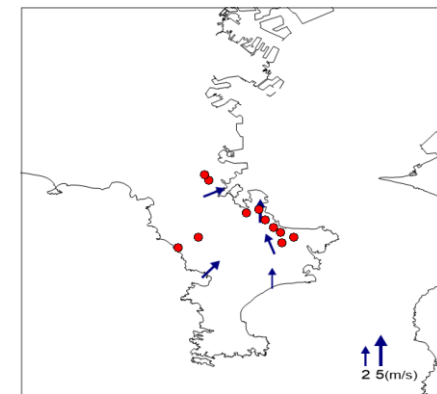
21:00～21:30の通報多数代表地点



(神奈川県環境科学センター提供資料より)



21:30～22:00の通報多数代表地点

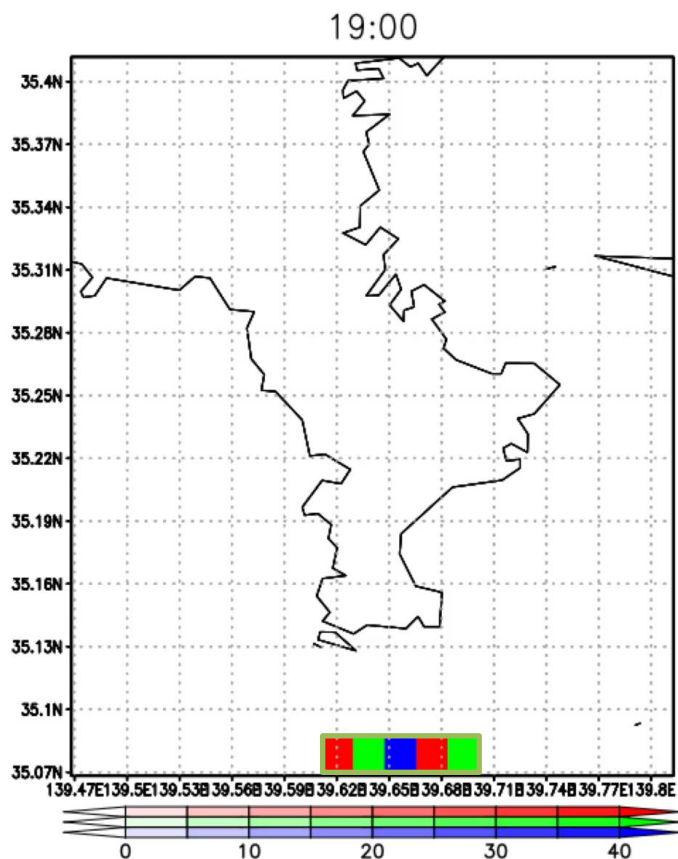


(神奈川県環境科学センター提供資料より)

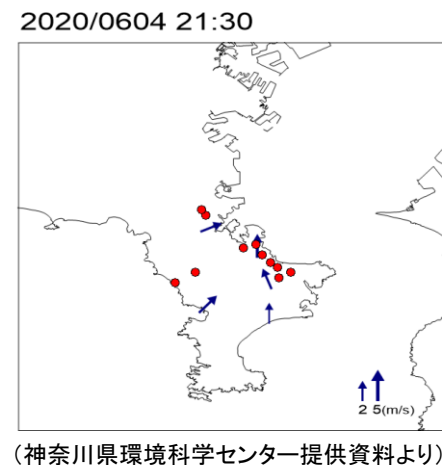
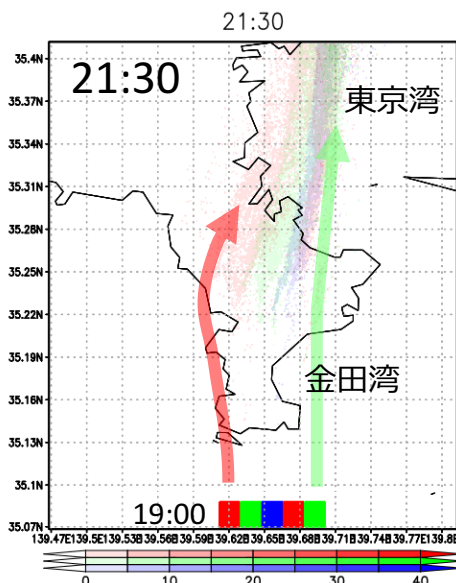
- 通報時刻前後に通報地点にガスが分布する状況を**定性的に再現**できている。

最初からガスは東西に広がっていたのか？

- 東西に8.2kmの範囲は広すぎないのか？
- 時間順方向の粒子追跡による再現実験結果を色分けして表示



地上10m以下にある粒子数
(初期粒子数を100として表示)



(神奈川県環境科学センター提供資料より)

- 横須賀市北部に到達したガスは、三浦半島の西側を周って来ていた。
- 横須賀市東部に到達したガスは東京湾へ抜けて、横須賀市北部へは移動しない。
- 三浦半島に到達した時点で、ガスが東西に広がっていた可能性が考えられる。

まとめ

三浦半島周辺において2020年6月4日に発生した大規模な異臭通報事例を対象に、高解像度気象シミュレーションを用いた異臭ガスの移流解析を実施した。

1. 地域ごとの通報時刻の差は、異臭ガスが地表面付近の風によってゆっくり運ばれたことによって説明できる。
2. 異臭ガスは三浦半島の先端部一帯、またはその南の海上から風に運ばれてきた可能性が示唆された。
3. ガスが南の海上から流れてきたと仮定した場合、三浦半島に到達した時点でガスが東西に広がっていた可能性が考えられる。

今回のシミュレーションの課題と展望

- 通報情報とガスの濃度の関係、通報のない地点でも異臭があったかどうか、などの情報が不足。粒子数とガス濃度の定量的な関連付けには至っていない。
- 定量的な情報を増やすことができれば、異臭ガスの起源地点を推定できるかもしれない。