

東京湾の海表面温度分布の実態と 海風による陸域気温の冷却効果の考察

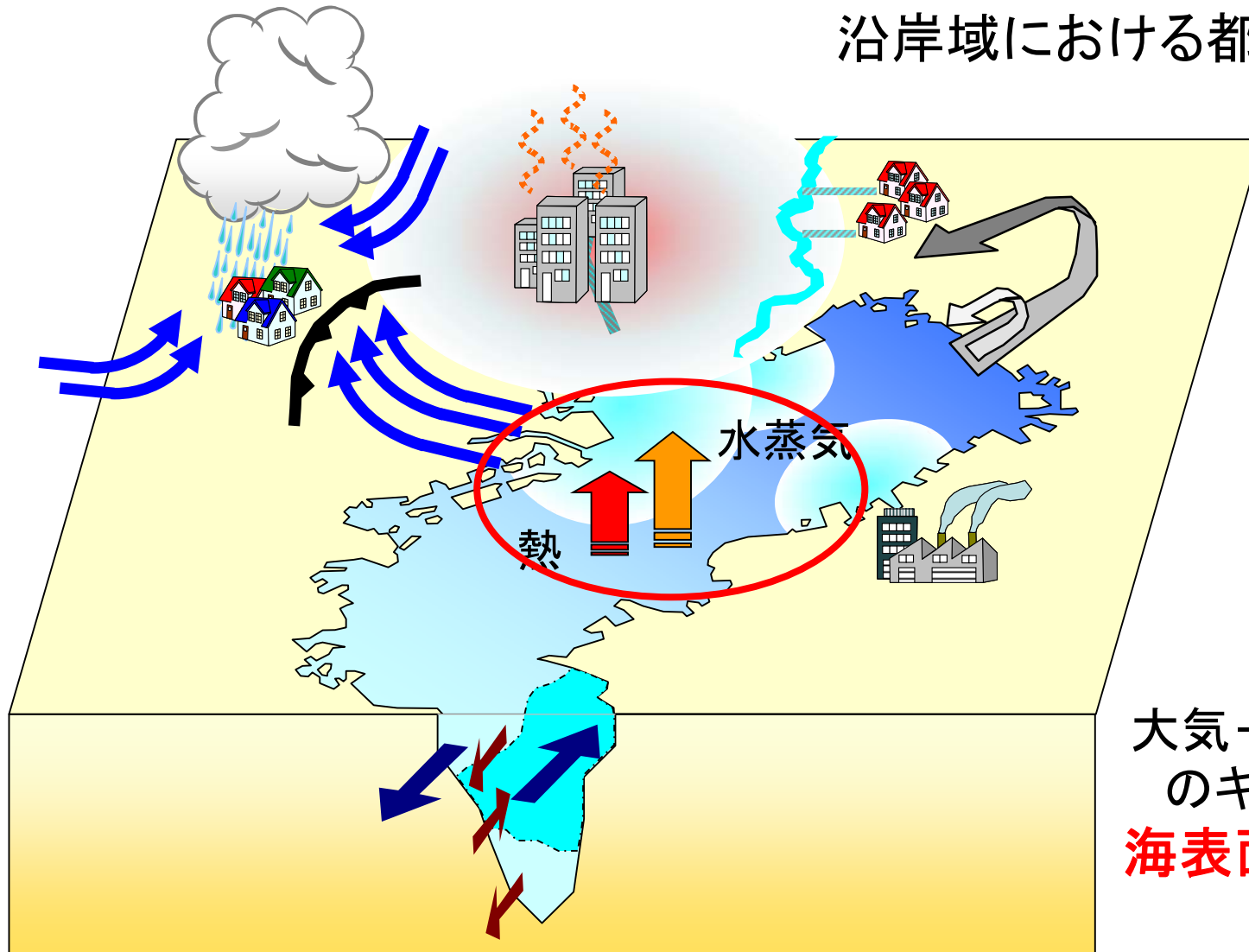
小田 僚子

千葉工業大学 創造工学部 都市環境工学科 准教授



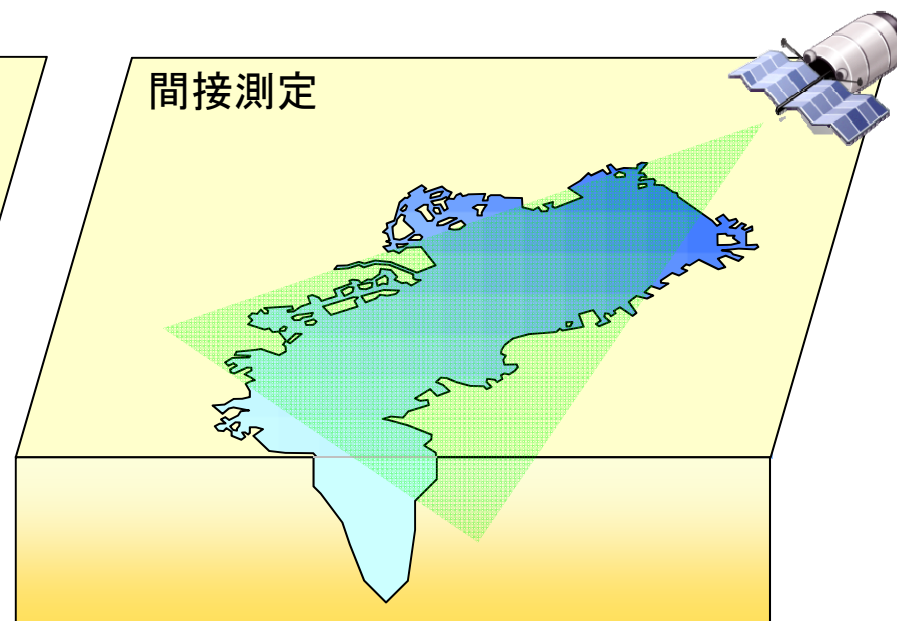
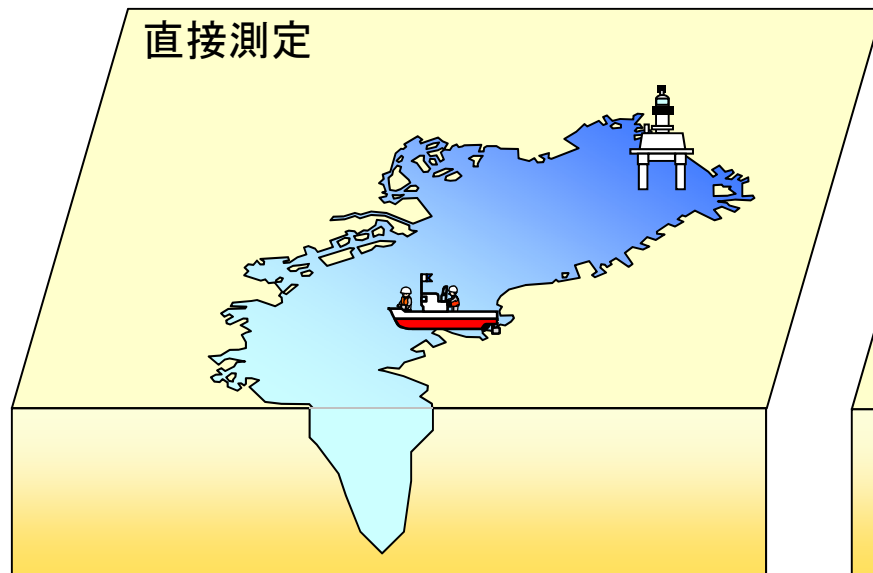
東京湾を取り巻く環境

沿岸域における都市大気環境



大気－海面相互作用
のキーパラメータ：
海表面温度 (SST)

現在のSST/海上気温モニタリングシステム



SST

✕ 空間解像度 低
✕ 時間解像度 低

○ 空間解像度 高
△ 時間解像度 低 } 雲なしが条件

海上気温

✕ 空間解像度 低

✕ 情報なし

東京湾におけるSSTと海上気温の詳細な時空間分布情報の欠如

東京湾の海表面温度変化が 都市気象に及ぼす影響は？

1. 東京湾SSTと海上気温の詳細な時空間分布を直接測定により明らかにする
2. 東京湾SSTの実測値を数値シミュレーションに導入し, SST変化が都市気象に与える影響を検討する

海面熱収支

$$\text{海面熱収支式: } Rn = H + lE + G$$

正味放射量 Rn

顕熱 H

潜熱 lE

海中貯熱量 G

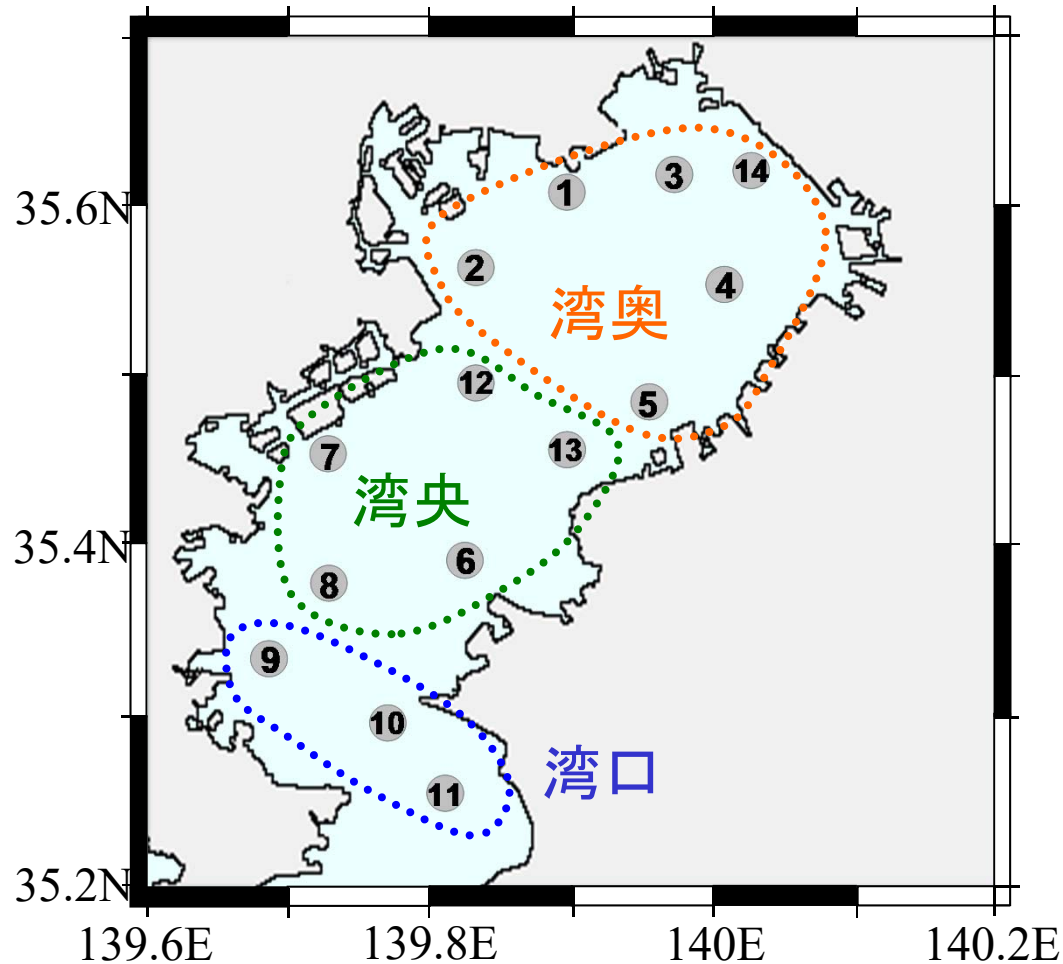
$$\begin{aligned} \text{正味放射} &= S^\downarrow - S^\uparrow + L^\downarrow - L^\uparrow \\ &= (1 - \text{ref})S^\downarrow + \varepsilon(L^\downarrow - \text{SST}^4) \\ \text{顕熱} &= c_p \rho C_H U (\text{SST} - T_a) \\ \text{潜熱} &= \rho C_E U (q_{\text{SST}} - q_a) \end{aligned}$$

キーパラメータ: 海表面温度 SST

大気側・海洋側ともに、海表面(境界)部分を横切る熱の交換が重要な要素となる。

観測概要

観測期間: 2006/11/01 – 2007/09/24

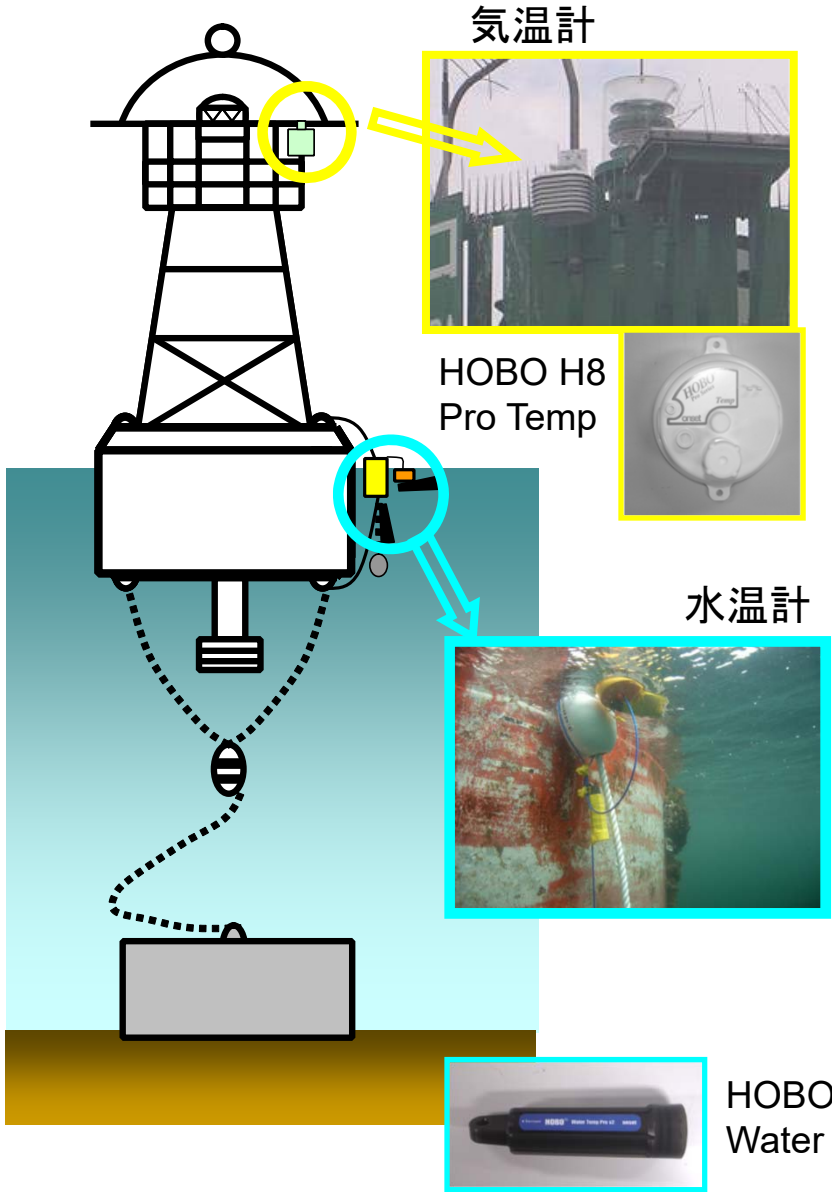


■ 航路ブイや海上構造物を利用し, 計14地点において SSTと海上気温の直接測定を実施した

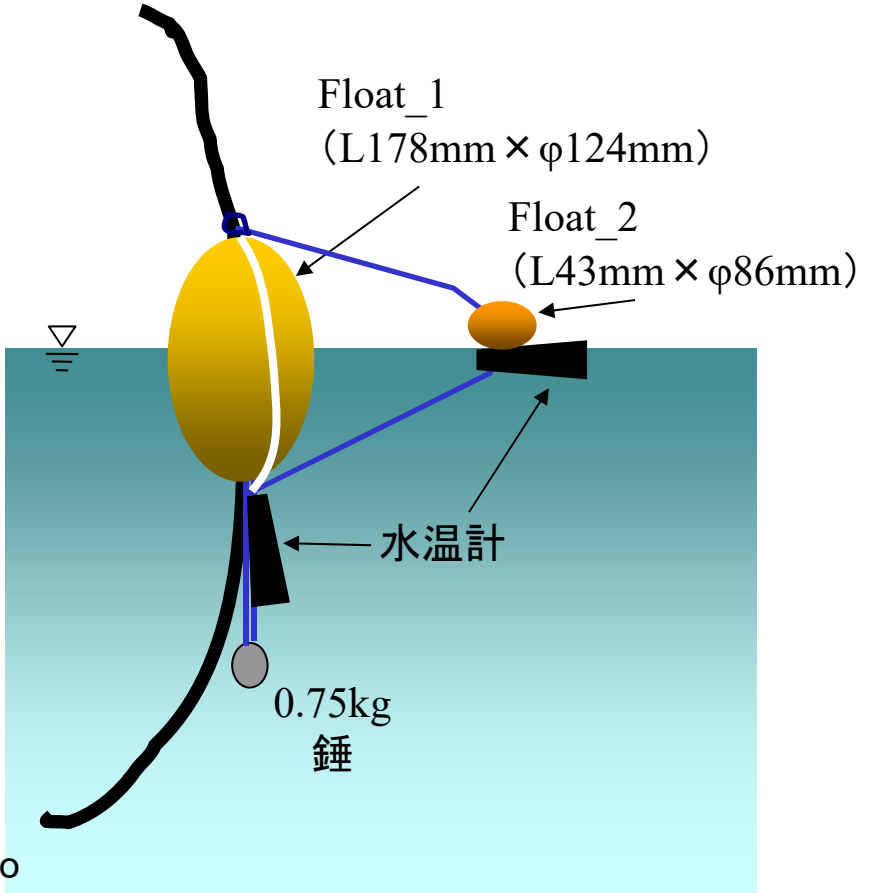
■ 内湾を以下の3領域に分けて議論する:

- 湾奥 (Site 1-5, 14)
- 湾央 (Site 6-8, 12, 13)
- 湾口 (Site 9-11)

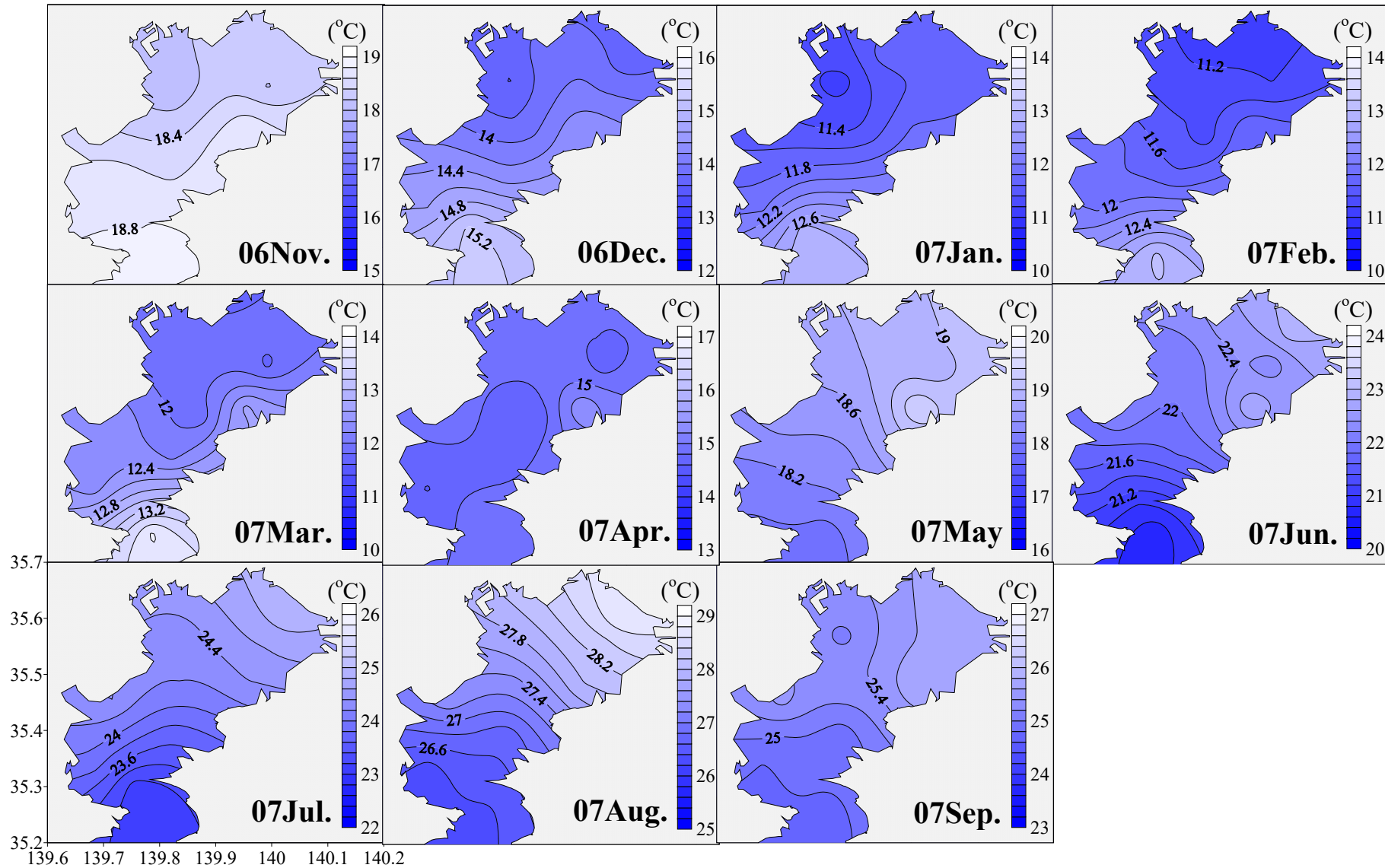
観測概要



10分間隔で測定した瞬間値を
1時間平均値として算出

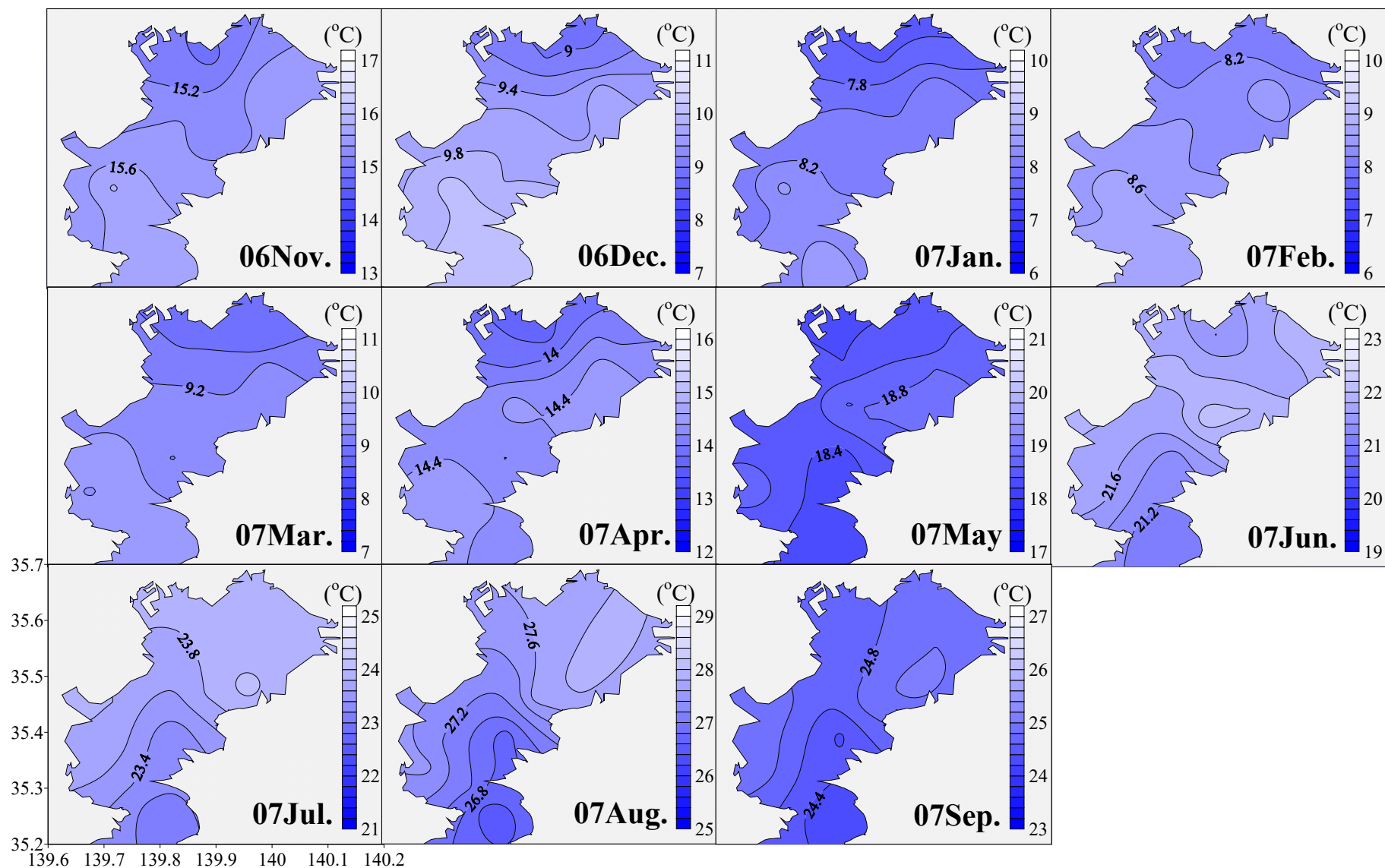


SST月平均値の季節変化



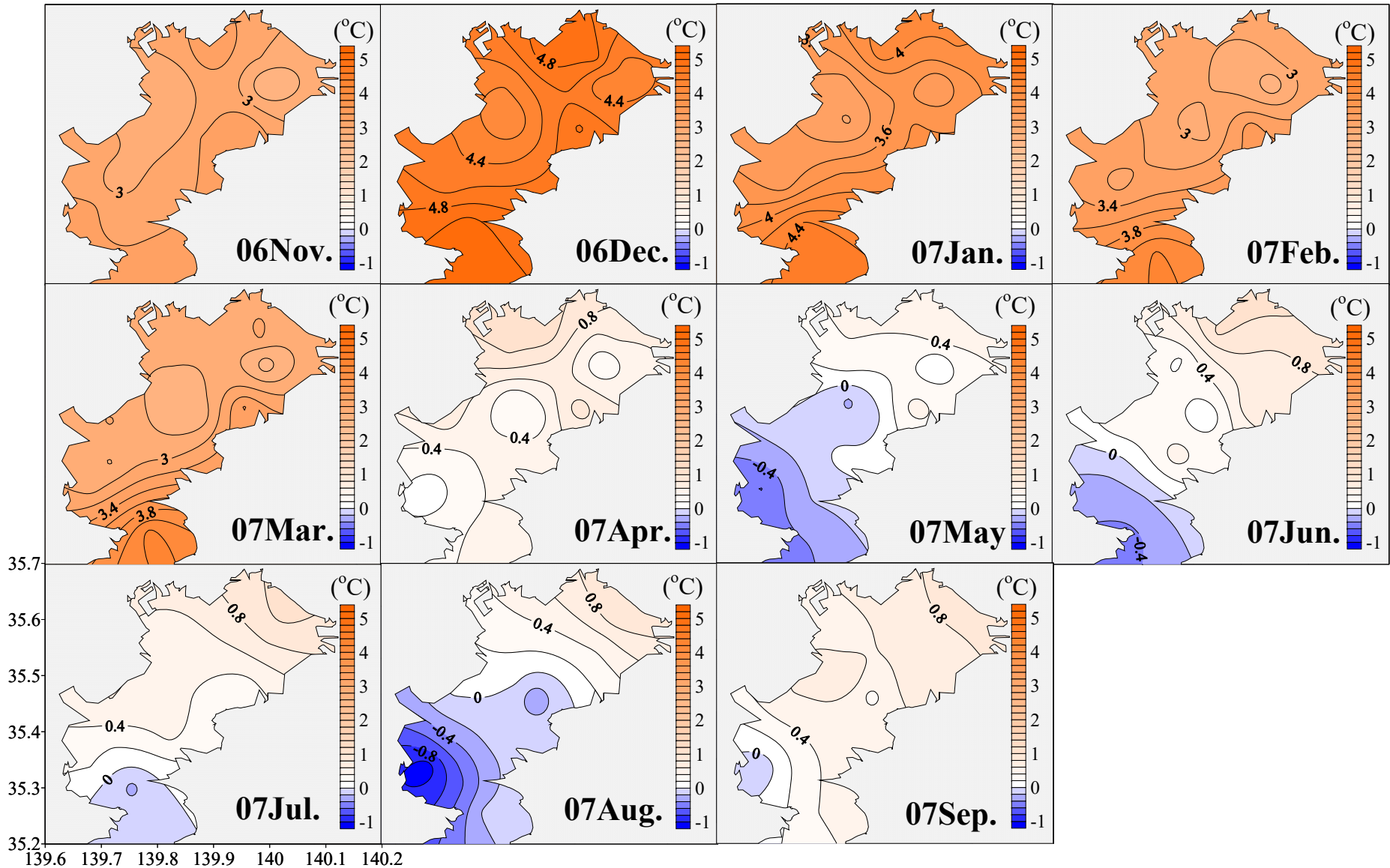
抽出条件; 降雨なし (0 mm/day)

海上気温月平均値の季節変化



抽出条件; 降雨なし (0 mm/day)

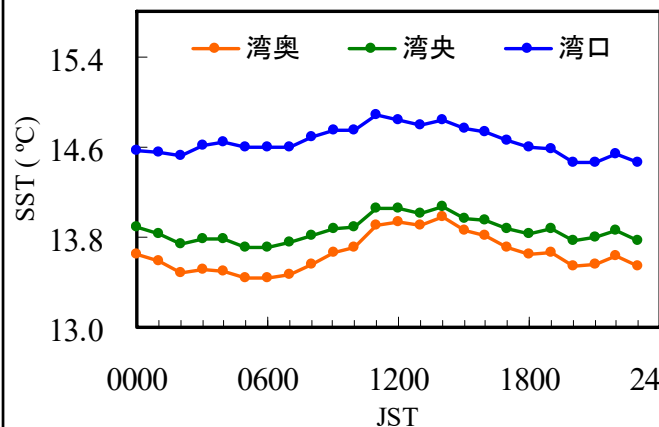
[SST – 海上気温] の季節変化



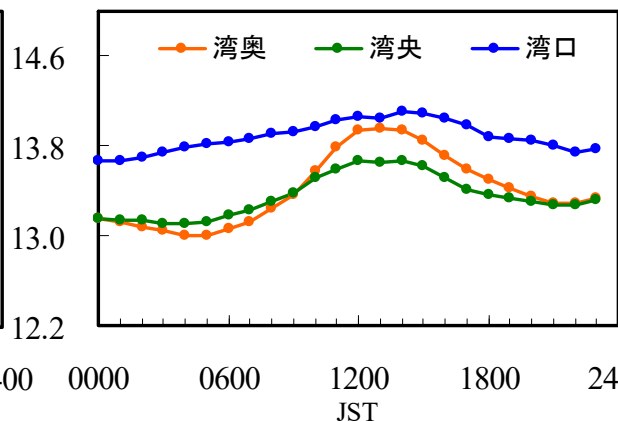
抽出条件; 降雨なし (0 mm/day)

SSTの日変化

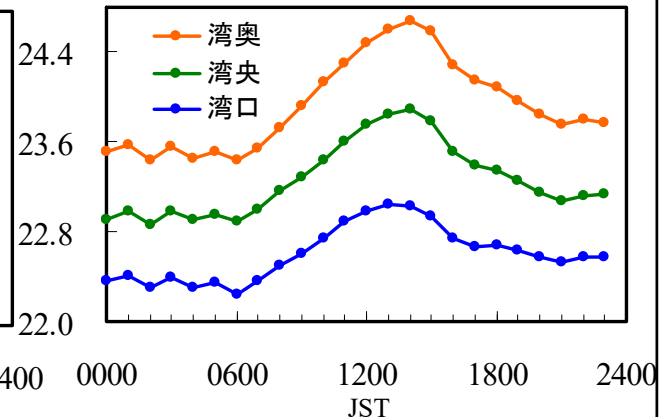
冬季
(11~2月)



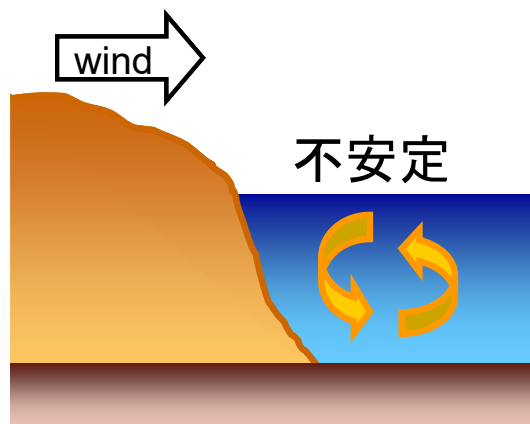
遷移期
(3~4月)



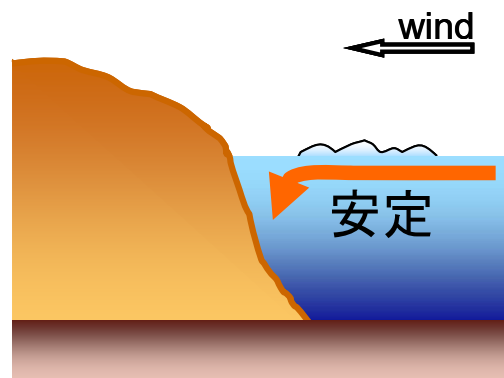
夏季
(5~9月)



冬季

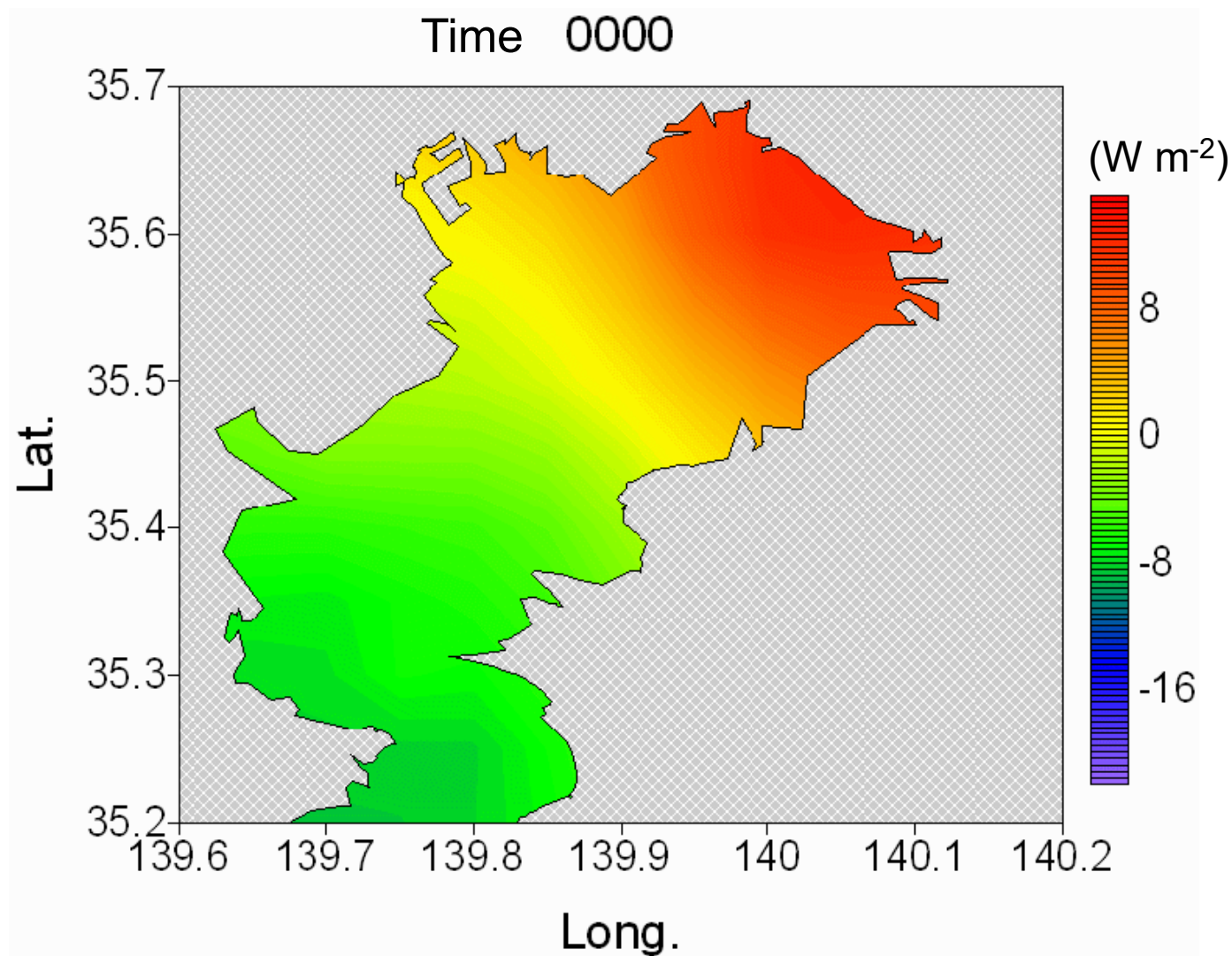


夏季



抽出条件;
降雨なし (0 mm/day)

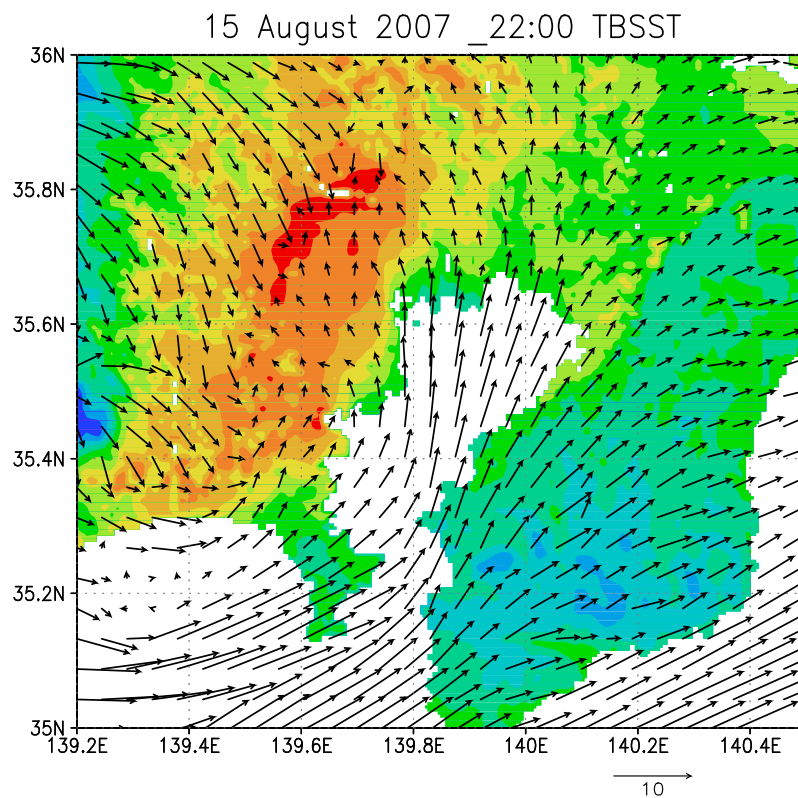
顕熱の日変化 — 夏季



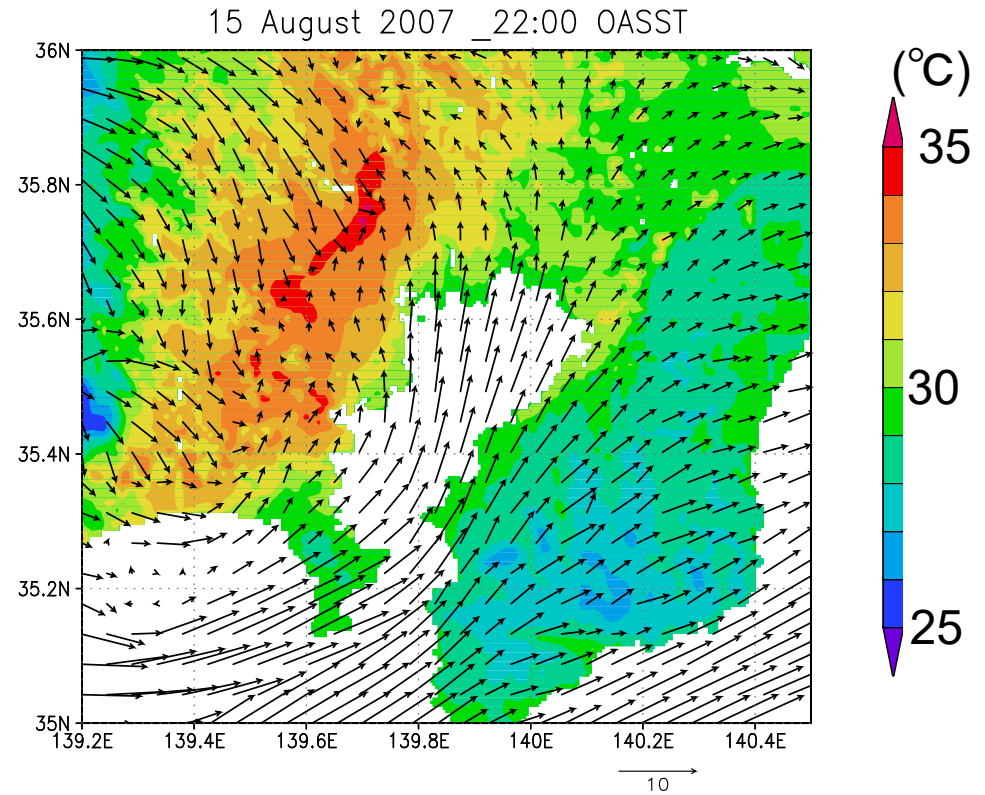
実際の東京湾SSTを導入した場合

陸上気温と風ベクトル

SSTの違いによる陸上気温と風系場のシミュレーション結果



実際の東京湾SSTを導入した場合

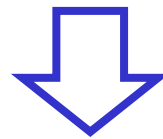


客観解析SSTを導入した場合

東京湾の海表面温度分布の実態

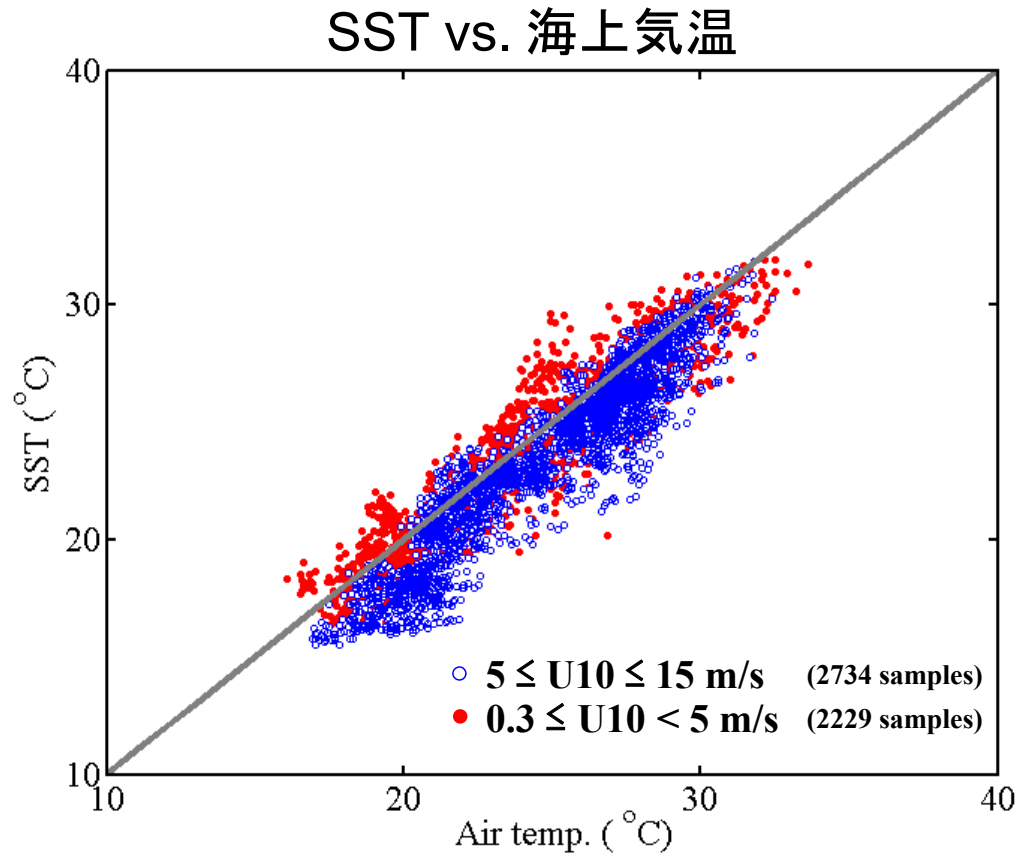
東京湾SST 明らかな時空間変動を持つ
都市の気温を変動させる

東京湾SSTはどのようなメカニズムで都市気温
に影響を及ぼしているのか？



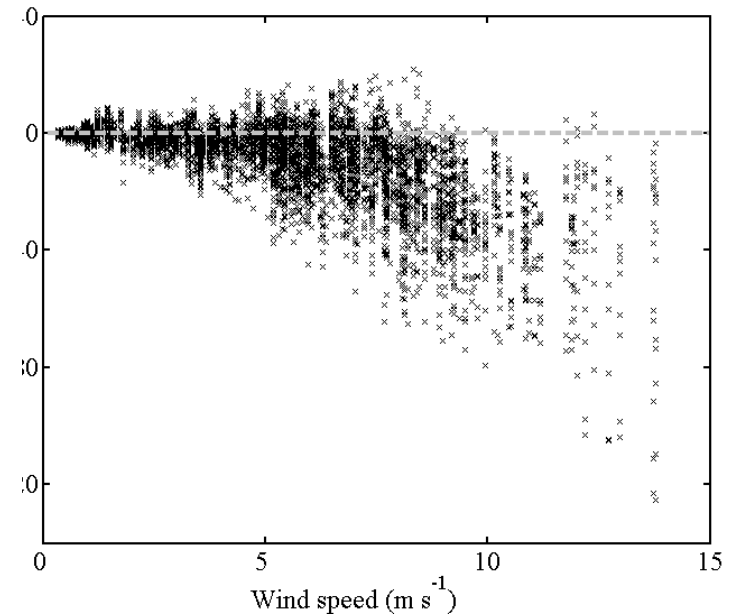
現地観測結果に基づき、夏季を対象とした海風
による都市気温の冷却効果を検討

夏季におけるSST/海上気温の関係



顕熱

$$H = c_p \rho C_H U_{10} (SST - T_a)$$

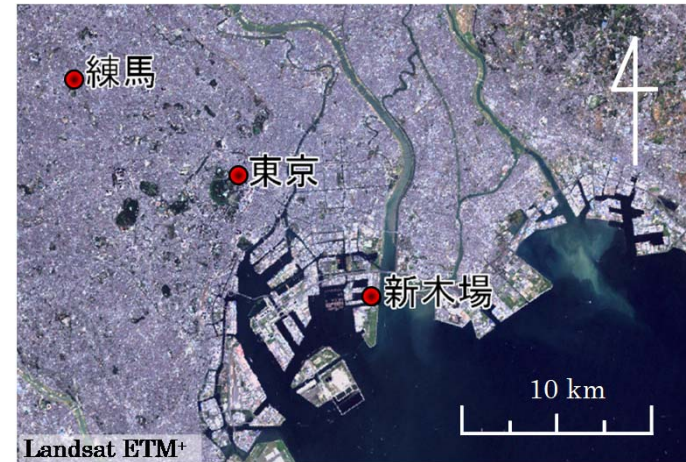
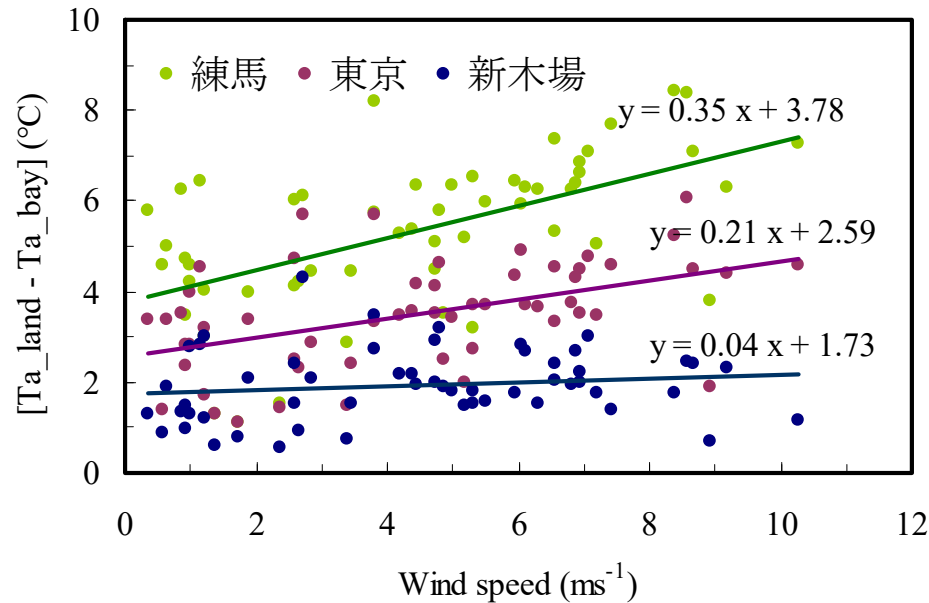


南西風が強いほど、東京湾は熱のシンクとなる

抽出条件;

日中 (11-15 JST), 降雨なし (0 mm/hour), 南-南西風 (157.5-247.5°)

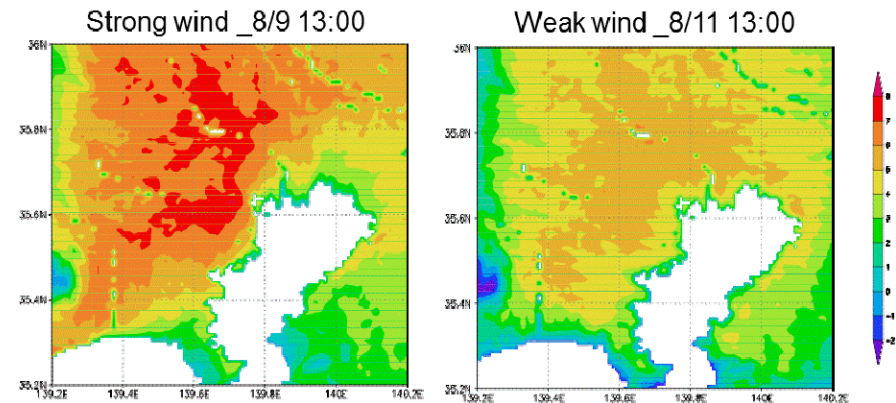
陸上気温と海上気温の差; $[T_{a_{land}} - T_{a_{bay}}]$



抽出条件;

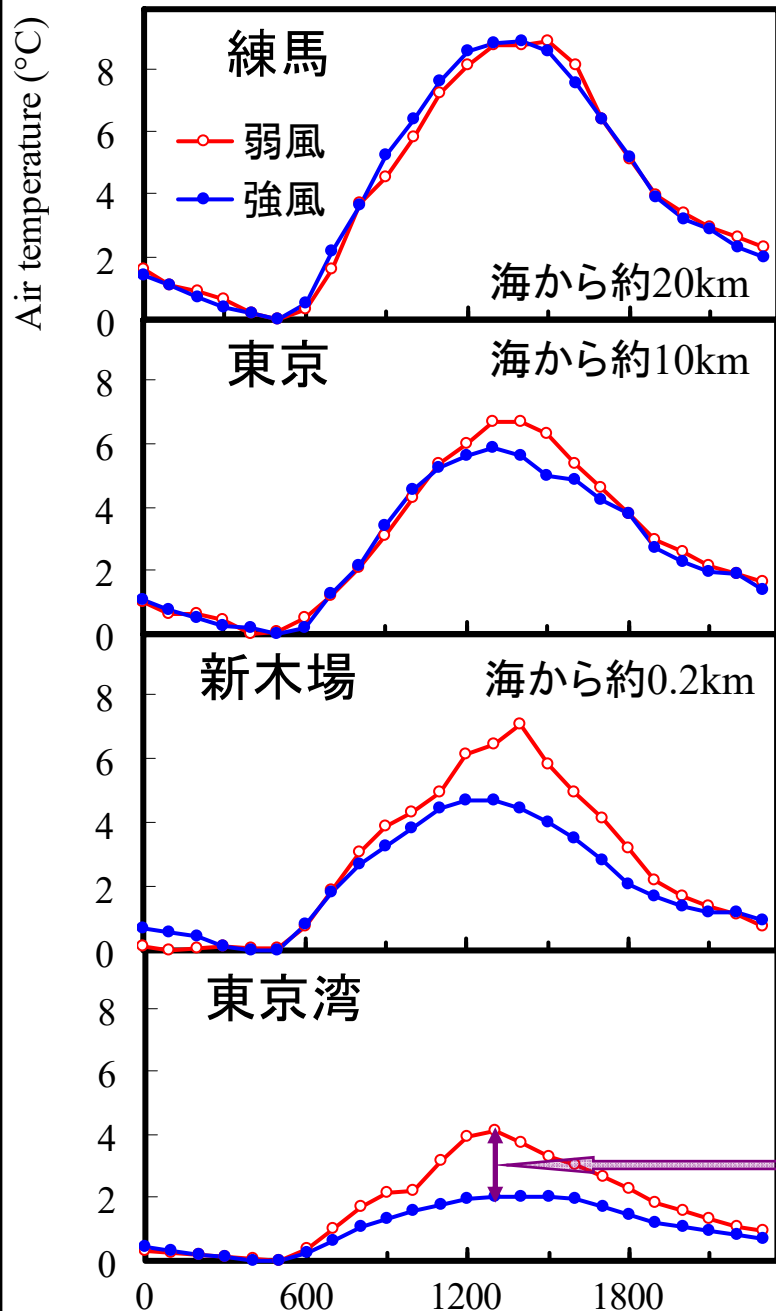
日中 (11-15 JST), 降雨なし (0 mm/hour),
 海上風向; 南-南西 (157.5-247.5°),
 陸上風向; 南東-南 (135.0-180.0°)

新木場(沿岸部)から練馬(内陸部)
 にかけての気温差 $[T_{a_{land}} - T_{a_{bay}}]$
 の水平勾配は, 風速が強まるほど
 大きくなる.



$[T_{a_{land}} - T_{a_{bay}}]$ の空間分布

弱風・強風日における陸上気温の日較差



弱風日と強風日の日較差の差

練馬	0.0 °C
東京	0.9 °C
新木場	2.3 °C
東京湾上	2.1 °C

日較差の差 ⇒ 東京湾上 ≒ 新木場

強風するとき、東京湾上の気温低減率と同程度、新木場の気温も低下する。

日較差の差 ⇒ 新木場 > 東京 > 練馬

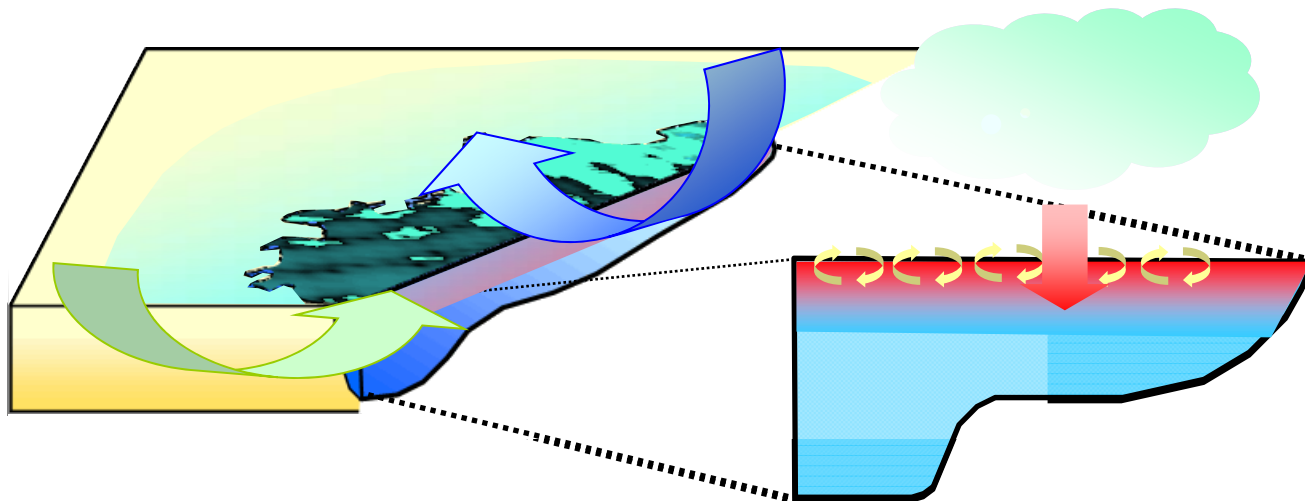
海風による気温の冷却効果は、沿岸部から徐々に減少し、20km内陸の練馬では、その効果は見られない。

2.1 °C

抽出条件; 降雨なし (0 mm/daily), 日照率60%以上, 海上風向; 南-南西風 (157.5-247.5°)

東京湾の海風冷却効果のメカニズム

- i. 夏季に南よりの風が強まるほど、湾口からの低温水の吹き寄せや海中の成層化が弱まり、東京湾SSTが低下する。
- ii. 東京湾上での顕熱が負になることで海上気温の上昇が抑制される。
- iii. 陸上と比較して冷涼な海風により、沿岸域の気温上昇が、海上気温の気温低減率と同程度に抑制される。
- iv. 内陸へ侵入するにつれ、陸面加熱の影響により徐々に海風冷却効果が減少し、その効果は沿岸から約20km内陸の練馬までは及んでいない。
- v. 結果として、風速が強まるにつれて沿岸からの水平気温勾配が強まる。



本発表のまとめ

東京湾の海表面温度分布の実態と 海風による陸域気温の冷却効果の考察

現場観測より

- 東京湾SSTは、時空間的に、明らかな季節・日変化を持つ。

数値シミュレーションより

- 東京湾SSTの変化は、陸上の気温分布や風系場に影響を及ぼす。

東京都内を対象とした統計解析的検討より

- 東京湾SST変化が夏季日中の都市気温を低減させるうえで重要な要素であり、東京湾は沿岸部から約20km内陸の範囲において都市の気温上昇を抑制する効果を持つ。

東京湾SSTがより低下することで、
夏季における都市の暑熱環境の緩和が期待できる

ご清聴ありがとうございました

本研究は、新日本環境調査(株)、第三管区海上保安部、東京湾アクアライン管理事務所、千葉港湾事務所にご協力頂き、また、独立行政法人科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業(代表:神田学)及び特別研究員奨励費(小田僚子)による助成を受けたことを付記し、ここに感謝の意を表します。

本発表の成果をまとめた一般向け書籍

- ✓ 小田僚子, 分担執筆: 第4章「東京湾と空の研究」, 天気と海の関係についてわかっていることのないこと, 筆保弘徳・和田章義 編, ベレ出版, pp.147-178.

引用文献 (本発表に関連する業績)

- ✓ Oda, R. and M. Kanda: Observed Sea Surface Temperature of Tokyo Bay and Its Impact on Urban Air Temperature, *J. Appl. Meteorol. Climatol.*, Vol.48, pp.2054-2068, 2009.
- ✓ 小田僚子: Impact of Sea Surface Temperature of Tokyo Bay on Urban Atmosphere, 東京工業大学 2008年度学位論文, pp.116.
- ✓ 小田僚子・神田学: 夏季の東京湾海表面温度と都市気温の関係 —東京湾は都市の気温上昇を抑制するか?—, 土木学会水工学論文集, 第53巻, pp.319-324, 2009.
- ✓ 小田僚子・神田学・森脇亮: 直接測定に基づく東京湾海表面温度が都市の気温へ及ぼす影響, 土木学会水工学論文集, 第52巻, pp.283-288, 2008.