

海面熱フラックスが東京湾の表層水温に与える影響に関する感度分析

防衛大学校 学生会員 ○橋本 峻澄

防衛大学校 正会員 八木 宏

千葉工業大学 正会員 小田 僚子

1. 背景と目的

東京湾の水温については長期的な変化の傾向が指摘されている（安藤ら，2000；八木ら，2001）。その原因は，河川流量や水温，外海水進入，海面の加熱冷却，発電所の排熱などの影響が考えられるがその実態は明らかではない。地球温暖化による様々な環境影響が顕在化する中，東京湾の水環境にとって水温上昇の実態解明は重要な課題と考えられる。そこで本研究では，日射や気温などによる海表面の加熱冷却効果（海面熱フラックス）の長期変化が東京湾の表面水温に与える影響を数値モデルに基づく感度解析によって調べた。

2. 日射量と気温の長期変動傾向

初めに，東京湾の海面熱フラックスを支配する日射量と気温の長期変化の傾向を調べた。解析対象としたのは，気象庁観測点「東京」の全天日射量と気温の観測値であり，対象期間は観測場所の移動などの影響が少ない1981年から2014年までの33年間とした。図-1に全天日射量と気温の年平均値の経年変化を示す。いずれも有意な上昇傾向が見られ（有意水準5%），上昇率（回帰係数）は全天日射量は $0.074\text{MJ}/\text{m}^2/\text{年}$ ，気温は $0.039^\circ\text{C}/\text{年}$ であった。このうち，全天日射量については東京都を中心とした周辺地域の大气汚染が改善傾向であることから（環境白書，2016），それによる日射量の増加が主な原因と考えられる。一方，気温については地球温暖化による影響と都市化（ヒートアイランド）の効果が重なったものと推定される。

3. 数値モデルを用いた表層水温の感度解析

(1)数値モデルの概要と検証

海面熱フラックスの影響を把握するための感度解析には，ECOMSEDをベースとした灘岡ら(2015)の東京湾モデルを用いた。このモデルでは，海面熱
キーワード 東京湾，水温，海面熱フラックス，数値モデル
連絡先 〒239-8686 横須賀市走水1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL. 046-841-3810 E-mail: yagih@nda.ac.jp

フラックスに Ahsan & Blumberg(1999)の評価モデルを採用している。初めに，本モデルによる東京湾の表層水温の再現性を確認するために，小田ら¹⁾によって行われた東京湾の現地観測（2006年11月から2007年9月の期間に図-2の観測点で表層水温の連続計測を実施）との比較を行った。図-3上図に湾奥の観測点4における表層水温時系列の比較を，下図に全13観測地点の観測値と計算値の平均二乗誤差を表示している。これを見ると，外海水の変動影響を受ける湾口部（観測点10,11），発電所等からの影響が考えられる観測点5を除き平均二乗誤差 0.6°C 程度で計算結果は観測結果を良好に再現しており，表層水温の検討に本モデルを用いる妥当性が確認された。

(2) 表層水温応答の感度解析

次に，前述の数値モデルを用いて海面熱フラックスが表層水温に与える影響を把握するための感度解析を行った。具体的には，先に検証で示した2006～2007年の再現計算に対して，他の条件は変えずに気温のみ 1°C 低下させた場合（Case1），日射量のみ10%低減させた場合（Case2）の計算を行い，2006～2007年の再現計算結果との差を気温及び日射の変化に対する応答とした。ここで与えた変化量は，2章で示した上昇率を踏まえると，気温については30年程度の変化量（ 1.17°C ）にほぼ相当，日射量は30年間の変化量（ $2.22\text{W}/\text{m}^2$ ：平均日射量の約20%程度）の半分程度に相当する。

図-4に湾奥の観測点1における表層水温差（再現計算と感度解析と差）の時系列を2007年について示す。水温差は48時間の移動平均をかけたものであり，参考のために再現計算結果も併せて表示している。水温差の年間変動は，気温と日射量に差違があるものの年平均値は気温変化に対しては30年間に 0.4°C ，日射量変化に対しては 0.3°C と同程度の値となった。この結果は，①地球温暖化やヒートア

イランドによる気温の長期変化で 0.4°C 程度東京湾表層の水温上昇が生じること, ②大気汚染の改善が主な原因と考えられる日射量の変化によっても気温の変化と同レベルの表層水温上昇が生じる可能性があることを示唆している。

4. 結論

東京湾の表層水温に海面熱フラックスが与える影響を調べるために, 数値流動モデルを用いた感度解析を行った。その結果, 観測されているレベルの気温変化で 30 年間に 0.4°C 程度の表層水温上昇が生じること, 日射量の長期変化によっても気温と同程度の表層水温上昇が生じる可能性を示した。

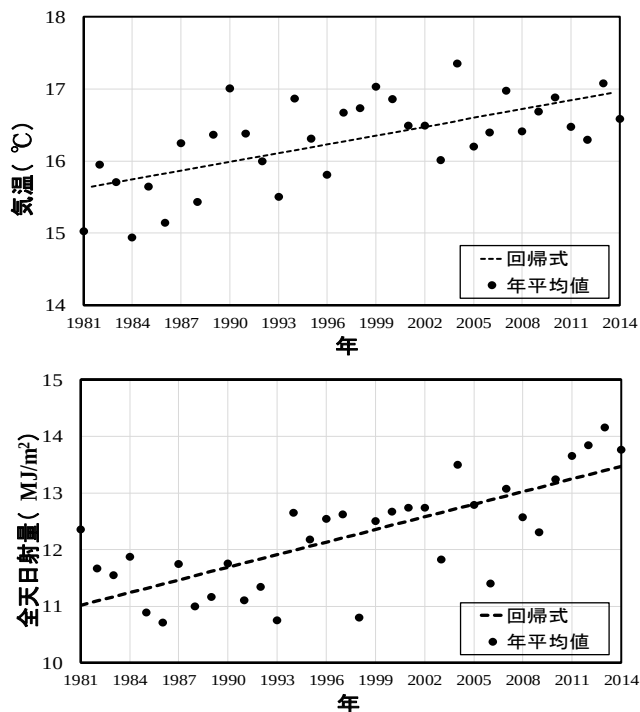


図-1 気温と全天日射量の年平均の経年変化 (上図: 気温, 下図: 全天日射量, 気象庁観測地点「東京」)



図-2 解析対象エリアと小田ら¹⁾の観測地点

参考文献

- 1) 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, 水工学論文集, 第 52 巻, pp.283-288, 2008.

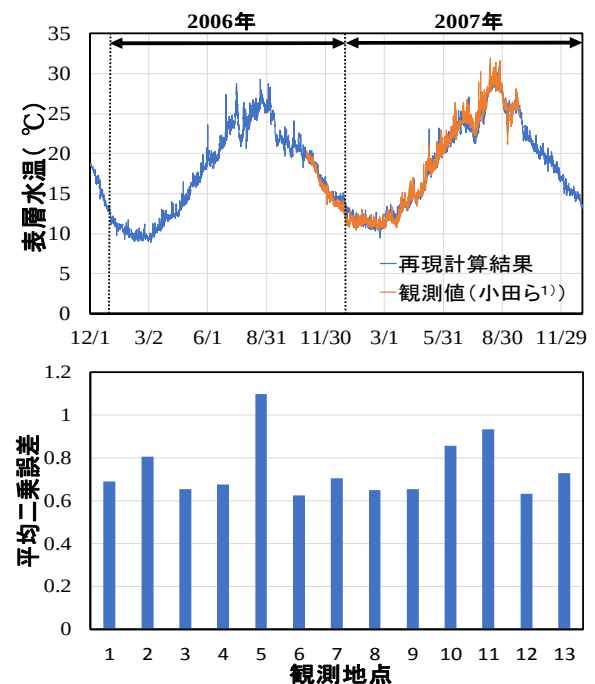


図-3 数値モデルの検証 (上図: 観測点 O4 における表層水温時系列の観測結果との比較, 下図: 全 13 観測地点における計算結果の平均二乗誤差)

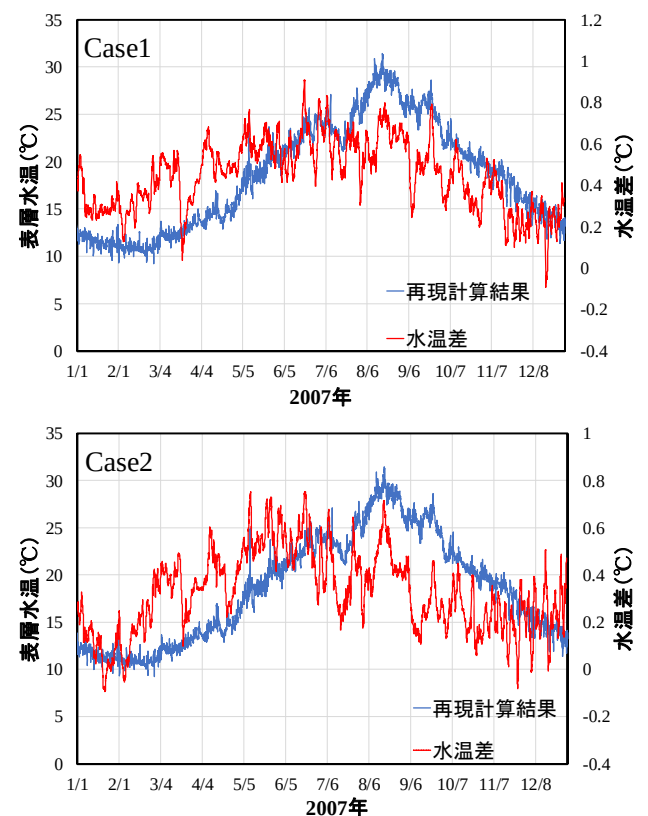


図-4 感度解析結果 (上図: 気温 1°C 変化, 下図: 全天日射量 10% 変化)