

気候変動に伴う東京湾流域圏の水温変化の実態把握と 水質・水塊構造に及ぼす影響解析

石井裕一・安藤晴夫

【要約】東京湾の水温変化の長期トレンドは、湾全域で上昇傾向であり、特に湾北東部と富津岬周辺でその傾向が顕著であった。この水温上昇により表層水の密度は減少しており、底層水との密度差が拡大していた。さらに表層では塩分が減少していたが、外洋水侵入等の影響で底層では逆に増加しており、密度成層がより強化していた。

【キーワード】東京湾、水温、塩分、成層強度

【背景と目的】

国内の多くの内湾や沿岸域の水温は、長期的な上昇傾向が確認されており^{1,2)}、気温上昇に伴い表層水温が上昇しているものと考えられる。東京湾においては特に秋季から冬季の水温上昇が顕著で³⁾、ヒートアイランドの影響が指摘されている⁴⁾。また長期的な水温上昇については、外洋水の侵入の影響が要因の1つとして挙げられている⁵⁾。さらに、市街地の再開発に伴う集水域内人口の増加や、東日本大震災以降の火力発電所の稼働の増加など、近年の社会情勢の変化なども水温上昇に影響を及ぼしている可能性がある。本研究では、①東京湾流域圏における水温上昇の実態把握、②水温上昇が水質や水塊構造に与える影響の解明を目的とし、既存のデータを用いた解析を行った。ここでは、水温等の変化が水塊構造に及ぼす影響を中心に報告する。

【方法】

解析に供したデータは、東京都、神奈川県、千葉県により測定されている公共用水域水質測定結果で、湾内の42地点の環境基準点および補助点の水質データの内、1978年から2021年までの期間を対象とした。地点の詳細については、Ando *et. al.* (2021)⁶⁾を参照されたい。表層および底層（底泥上1m）における水温および塩分の水質データに季節調整法⁷⁾を適用し、水質変化の長期トレンドを検討した。さらに、水温および塩分のトレンド成分から海水の密度⁸⁾を算出し、表層および底層の密度差を成層強度と定義し、東京湾の水塊構造の変化を検討した。

【結果の概要】

東京湾における表層および底層の水温の変化を図1に示す。水温の長期トレンドの解析の結果、東京湾の水温は1978年から1985年までは低下傾向、1985年以降に上昇傾向であることが確認された。そのため水温変化については、1985年と2021年のトレンド成分の差分を図示している。表層においては、湾内全域で水温が上昇しているが、特に湾の北東部と富津岬周辺でその傾向が顕著であった。底層の水温については、湾内で

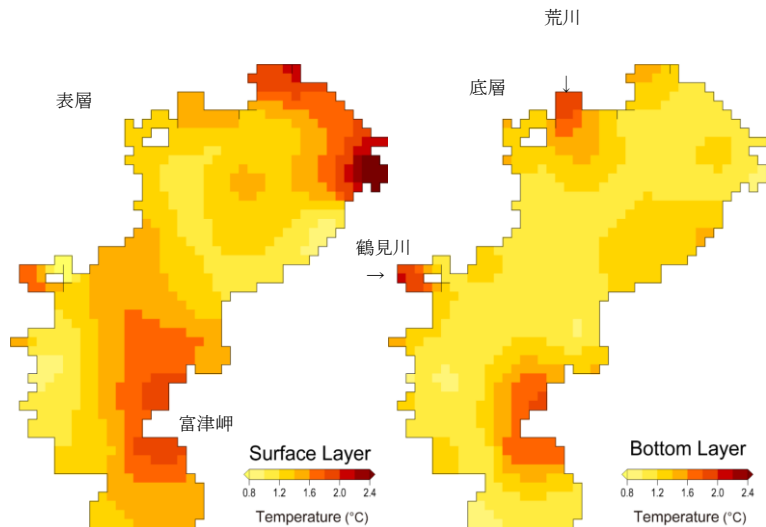


図1 東京湾の表層および底層における水温の変化
(1985年と2021年の差分)

概ね一様に上昇していたが、表層と同様に富津岬周辺では比較的大きな水温上昇が認められた。また、荒川や鶴見川といった河川の河口域でも水温は上昇していた。

図2に東京湾の表層および底層水中の塩分の変化を示す。水温の解析期間と揃え、1985年と2021年のトレンド成分の差分を図示している。表層の塩分は、全体として低下していることが確認された。気象庁の統計データによると、1985年の東京地方の年間降水量は1516.5mmであるのに対し、2021年は2052.5mmであった。この間の年間降水量に明瞭な増加傾

向は認められないものの、1985年の降水量を上回る年が多く、特に2000年以降では21年間の内15回が1985年の年間降水量を上回っていた。このことから降水量の増加に起因して河川水流量が増大し、東京湾表層の塩分が低下している可能性が示唆された。また河川の河口域では塩分の上昇傾向が認められた。一方底層では、全体として変化は少ないものの、湾口部や湾奥部で上昇傾向を示していた。塩分の上昇は海水の影響によるものと考えられることから、八木ら(2004)⁵⁾が指摘した外洋水侵入の影響が示唆された。

水温および塩分から算出した成層強度を図3に示す。前述の水温・塩分の変化と同様に1985年と2021年の差分として図示している。図に示すとおり、湾内全域で成層強度が増大していることが明らかとなった。これにより、東京湾では成層が強固化し、上下層の混合が弱まっていることが示唆された。荒川や多摩川などの河川河口では、湾内とは対照的に成層強度が減少していた。この原因については更なる検討が必要であるが、

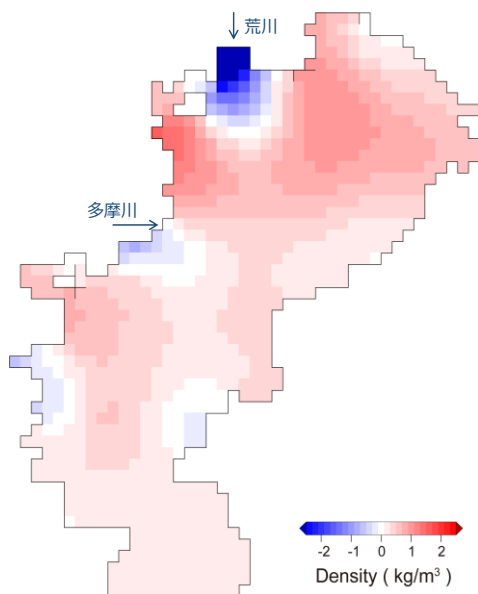


図3 東京湾における成層強度の変化 (1985年と2021年の差分)

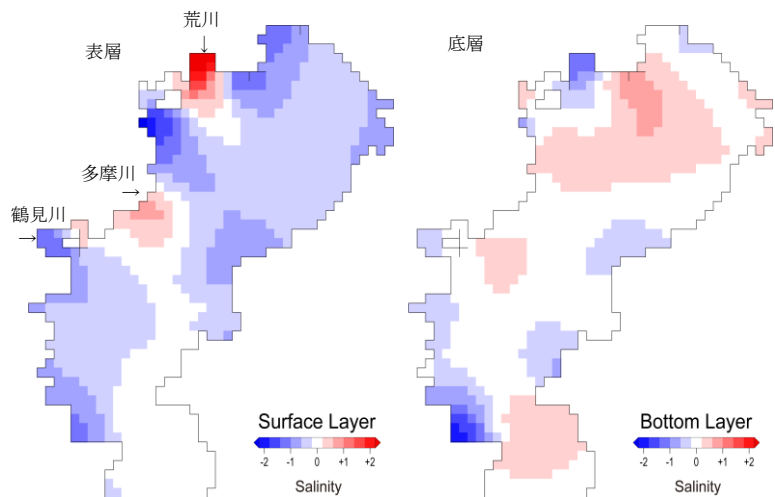


図2 東京湾の表層および底層における塩分の変化 (1985年と2021年の差分)

図2に示すように、河口域では塩分が表層では上昇し、底層で低下していたことから、河川流量の増大や土砂の堆積による水深低下などによって攪乱頻度あるいは攪乱強度が増大し、結果として成層強度が減少した可能性が考えられた。成層強度増大の要因を推定するため、海水の密度変化に及ぼす水温および塩分についてそれぞれの寄与を検討した。図4に海水の密度変化に及ぼす水温および塩分の影響を示す。図では、マイナスの数値は1985年より2021年の方が密度が小さく、プラスの数値は2021年の密度が大きくなることを示している。表層では全体としてマイナスの値であり、海水の密度が減少していた。このうち、水温の影響をみると、全地点でマイナスの値となっており、水温上昇による海水の密度の増大が確認された。塩分については、大半の地点でマイナスの値となっていたが、

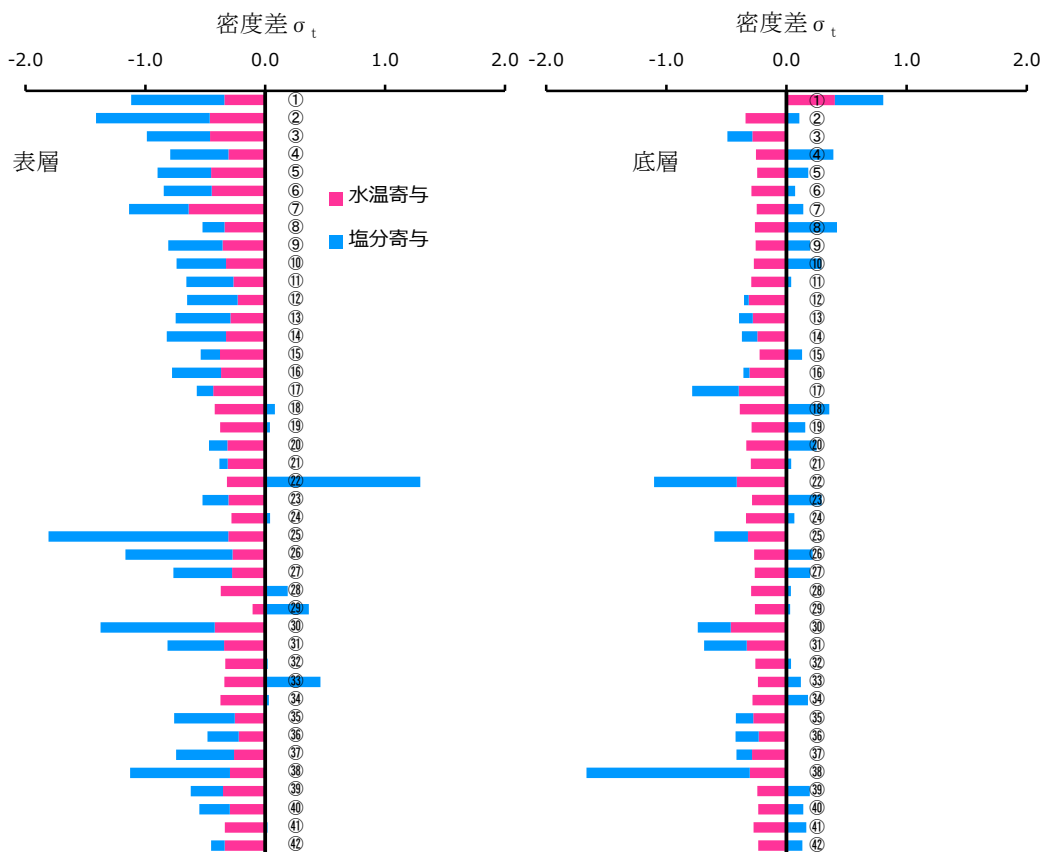


図 4 海水の密度変化に及ぼす水温および塩分の影響

荒川や多摩川、鶴見川などの河川河口付近（②②、②⑨、③③）ではプラスの値であり、塩分上昇に伴って海水の密度は増大していた。水温寄与と塩分寄与を比較すると、水温上昇よりも塩分低下に伴う密度減少の方が相対的に大きい地点が多く、河川流量の増大に起因すると思われる淡水流入の影響を強く受けていることが示唆された。一方、底層では、塩分の上昇により、密度が増大する地点が多くみられ、前述のとおり外洋水の侵入の影響によるものと推察された。底層の密度変化に及ぼす水温の寄与は全体としてマイナスの値であるものの、表層に比べその値が小さい地点が多くなっていた。このことは、水温上昇の影響のみでも上下層の密度差が増大していることを示しており、水塊構造に及ぼす気温上昇の影響を検知できたものと考えられた。

参考文献

- 1) 山本 (2003) 瀬戸内海中央部の備讃瀬戸における水温と塩分の長期変動、水産海洋研究、67、163-167.
- 2) 近藤ら (2005) 福岡湾における水温長期変動とその要因、海の研究、14、399-409.
- 3) 石井ら (2008) 千葉県データセットから見た東京湾における水質の長期変動、水産海洋研究、72、189-199.
- 4) 安藤ら (2003) 東京湾における水温の長期変動傾向について、海の研究、12、407-413.
- 5) 八木ら (2004) 東京湾及び周辺水域の長期水温変動特性、海岸工学論文集、51、1236-1240.
- 6) Ando *et. al.* (2021) Long-term Change in the Status of Water Pollution in Tokyo Bay: recent trend of increasing bottom-water dissolved oxygen concentrations, Journal of Oceanography, 77, 843-858.
- 7) 二宮ら (1996) 東京湾における水温と塩分の空間濃度分布の季節別特徴、水環境学会誌、19、480-490.
- 8) UNESCO (1981) Background Papers and Supporting Data on the International Equation of State of Seawater 1980.