

東京都内湾および運河における水温の長期変動傾向の解析

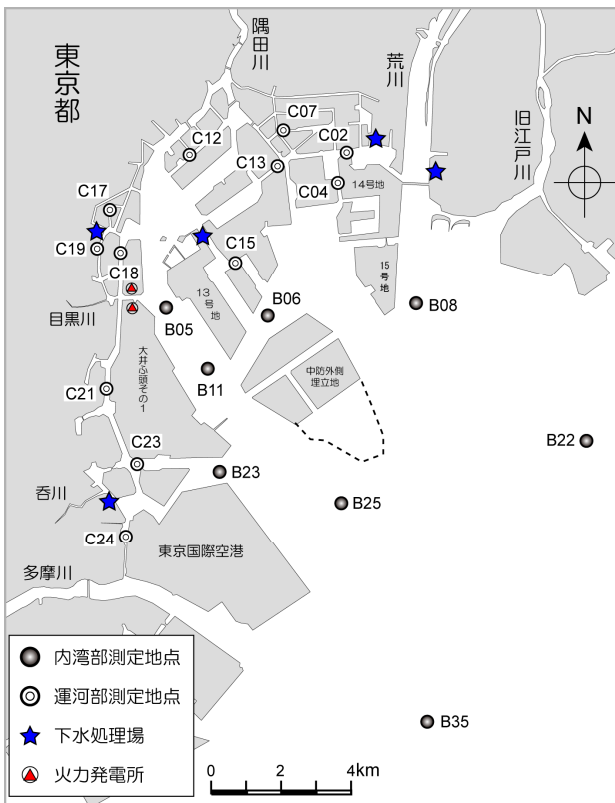
安藤 晴夫 和波 一夫 石井 真理奈* 牧 秀明**

(*現・東京都環境局環境政策部 **国立環境研究所)

1 はじめに

日本近海の表面水温は、一部海域を除いて長期的には上昇傾向を示し、関東沖の海域では100年間に水温が1℃上昇したと報告されている¹⁾。東京湾内の海水温についても、近年、上昇傾向が認められ²⁾、また水温変動に淡水や外洋水の流入量の変化が関係していることが指摘されている³⁾。水温は、赤潮や貧酸素水塊の発生などの水質汚濁現象や水生生物の生息環境に大きな影響を与える要因であることから、全国の地方環境研究所は、国立環境研究所と共同で、公共用水域の水質測定調査で蓄積された水温データを用いて、全国の各沿岸海域における水温の長期変動傾向の実態を調べた。ここでは、その一環で行った東京都の地先海域である東京都内湾部・運河部の水温の解析結果について報告する。

2 方法



(1) 使用データ

解析には、公共用水域水質測定調査結果の水温データを用いた⁴⁾。図1に、解析の対象とした内湾部測定地点（環境基準点8地点）と運河部測定地点（主要12地点）を示す。これらの地点では、毎月1回、上層（水深0m）と下層（海底上1m）の2層で測定が行われている。なお、当該調査における水温の測定方法は、1972～1982年度までは、調査報告書に記載がなく、1983～2002年度は、「電気抵抗温度計による方法」、2003年度以降は、「JIS K0102 7.2に定める方法」と記載されている。電気抵抗温度計については、当初はブリッジ回路式のST計が使用されていたが、途中からSTD計に替わり（年度不明）、その後、今日までSTD計による測定が行われている。

東京湾では、1980年代後半から2000年代前半にかけて水温のトレンドが比較的直線的に推移していることが従来からの研究で知られており、概ねこの期間を対象に全国で解析が進められた。東京都の場合には1985年4月から2005年3月までの20年間を解析対象期間とした。

(2) 解析方法

水温データのトレンド解析には、共通な手法として、ダミー変数を用いた重回帰分析法を用いた⁵⁾。

この方法では、水温実測値を、解析開始の月を1としてそこから経過月数を値とする変数と、観測月を1、それ以外を0とする変数との線形結合でモデル化し、前者の回帰係数から水温のトレンド、後者の回帰係数から季節変動を推定する。なお、季節変動成分は、年間合計値が0となるように定義し、3月については、ダミー変数を設けず、4月～2月の変数の値に-1を与えた。

3 結果

表1に重回帰分析の結果を示す。表1の定数項は重回帰直線の切片の値で、開始時点（1985年4月）の水温のトレンド推定値（概ねその時点における年平均値に等しい）を表す。傾きは、1年当たりの水温上昇量（℃/年）である。

* : p < 0.05 / ** : p < 0.01 / *** : p < 0.001

記号	水域	地点	採水深 (m)	上層		下層	
				定数項	傾き	定数項	傾き
B05	内湾	St.5	11	17.16 ***	0.060 ***	15.86 ***	0.066 ***
B06	内湾	St.6	11	17.12 ***	0.065 ***	15.87 ***	0.064 ***
B08	内湾	St.8	6	17.17 ***	0.074 ***	16.38 ***	0.082 ***
B11	内湾	St.11	15	17.14 ***	0.065 ***	15.74 ***	0.047 ***
B22	内湾	St.22	13	17.25 ***	0.056 ***	15.65 ***	0.069 ***
B23	内湾	St.23	6	17.29 ***	0.075 ***	16.36 ***	0.079 ***
B25	内湾	St.25	15	17.07 ***	0.050 ***	15.73 ***	0.057 ***
B35	内湾	St.35	25	17.17 ***	0.049 ***	15.48 ***	0.045 **
C02	砂町運河	夢の島大橋	6	18.15 ***	0.060 ***	16.75 ***	0.047 ***
C04	曙運河	曙水門	4	17.53 ***	0.040 *	16.85 ***	0.059 ***
C07	汐見運河	汐枝橋	3	17.28 ***	0.055 ***	17.30 ***	0.047 **
C12	朝潮運河	黎明橋	4	17.20 ***	0.032 *	16.67 ***	0.070 ***
C13	東雲運河	東雲橋	4	17.69 ***	0.042 **	16.73 ***	0.058 ***
C15	有明南運河	有明ふ頭橋	3	17.23 ***	0.049 ***	16.83 ***	0.054 ***
C17	新芝南運河	八千代橋	3	18.38 ***	0.076 ***	17.18 ***	0.098 ***
C18	京浜運河	港南大橋	4	18.95 ***	0.065 ***	17.43 ***	0.119 ***
C19	高浜運河	御桶橋	3	19.67 ***	0.086 ***	18.93 ***	0.071 ***
C21	京浜運河	勝島橋	5	19.01 ***	0.058 ***	18.39 ***	0.074 ***
C23	京浜運河	京浜大橋	5	18.24 ***	0.096 ***	16.87 ***	0.103 ***
C24	海老取運河	海老取川北口	3	18.14 ***	0.066 ***	17.83 ***	0.052 ***

注) 定数項は1985年4月の水温トレンド推定値(°C)、傾きは水温上昇量(°C/年)を示す

表1によれば、傾きを示す係数は、すべてケースで正值であり、内湾部、運河部の全地点で解析対象期間の水温が上昇傾向であったことを示している。また、この係数のp値は、大部分が0.001の水準で統計的に有意であったことを示している。

水温上昇量は、内湾部では上層が0.049~0.075 °C/年、下層が0.045~0.082 °C/年、運河部では、上層が0.032~0.096 °C/年、下層が0.047~0.119°C/年と推定された。

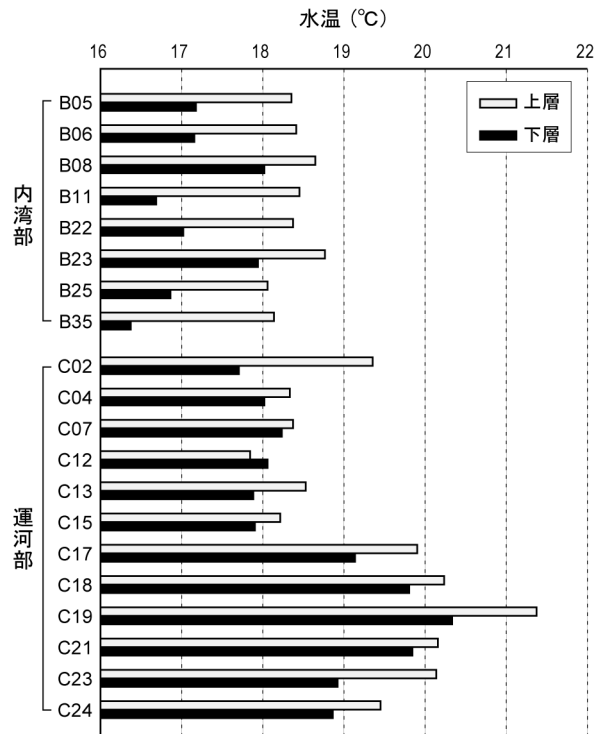
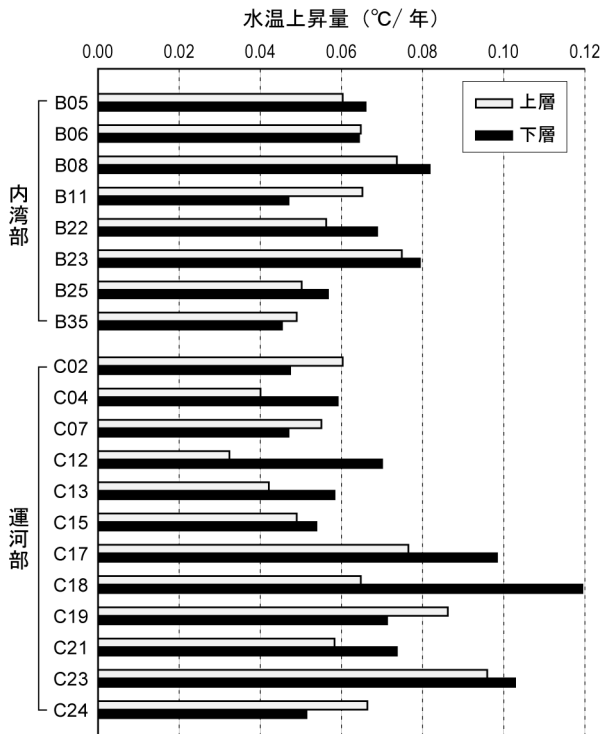
図2は、各地点の水温上昇量を図示したもので、白棒が上層、黒棒が下層を表している。

内湾部では、沖合のB25、B35の上昇量が、上下層とも他の地点に比べて小さいのに対し、下水処理水の影響を強く受けるB23と荒川河口のB08の水温上昇量は、他の地点に比べて大きく、上層では0.07 °C/年、下層では0.08 °C/年を超える値を示している。B23とB08は、水深が浅い地点でもある。隅田川河口のB05とB06の水温上昇量は、上下層とも0.06 °C/年を超えているが、水深が深いB11の場合には、上層は、B05、B06と同様なレベルであるのに対して、下層は、0.05 °C/年以下で、最も沖合のB35下層の上昇量に近い。なお、沖合千葉寄りのB22は、B05、B36

より上昇量が大きく、特に下層についてその傾向が顕著である。

運河部の上層については、C23の0.096 °C/年、次いでC19の0.086 °C/年が水温上昇量が大きい地点で、どちらも下水処理水の影響を受けやすい地点である。下層は火力発電所に近いC18の0.119 °C/年が最大で、次いでC23、C17がそれぞれ0.103 °C/年、0.098 °C/年が大きい。なお、C18は、下層の水温上昇量が上層に比べて2倍近くも大きいという特徴があり、同様な傾向は、C12でも認められた。一般に上下層の混合が進むと、下層の水温上昇傾向は促進されると考えられるが、その原因については、現在検討中である。

図3は、解析期間の最終時点である2005年3月の各地点の水温(トレンド推定値)を示したものである。内湾部上層の水温は、各地点とも概ね18.5 °C前後で、B25とB35がそれよりやや低い。下層については、上層より地点間のバラツキが大きく、比較的水深が浅いB08やB23では水温が高く約18 °Cであるのに対して、水深が深いB11、B25、B35では、それより1 °C以上低い値を示している。



運河部では、北部に位置するC02～C15では、上下層とも約18℃（C02の上層を除く）であるのに対して西部のC17～C24の水温は、上下層ともそれより高く、最も高いC19の上層水温度は21℃以上になっている。また、下水処理水の影響を受けやすいC02、C19、C23では、上下層の水温度差が1℃前後で、他の地点よりも大きい。

4 まとめ

- ① 解析対象とした20年間（1985～2004年度）については、全ての水質測定地点で水温の上昇傾向が認められた。
- ② 上層より下層の水温度上昇量が大きい地点が多かった。
- ③ 2005年3月時点で比較すると、都内湾の西岸部に位置する運河部の地点（C17～C24）の水温度は、その他の地点に比べて高い値を示した。
- ④ 運河部には下水処理場や火力発電所が存在することから、放流水の影響の有無により地点間の水温度のバラツキが大きくなっていると考えられる。

東京都沿岸海域の水温度上昇の原因については、都市活動の影響が大きいと考えられるが、地球温暖化の影響も含めて、今後更に検討する必要がある。

本研究は、地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との共同研究（C型）「地球温暖化がもたらす日本沿岸域の水質変化とその適応策に関する研究」において実施したものである。

参考文献

- 1) 気象庁地球環境・海洋部：海面水温度の長期変化傾向（日本近海），http://www.data.kishou.go.jp/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html
- 2) 安藤晴夫ら：季節調整法による東京湾水温度の長期変動傾向の解析，日本海洋学会2006年春季大会予稿集
- 3) 安藤晴夫ら：東京湾における水温度の長期変動傾向について，海の研究，12(4)，pp. 407-413(2003).
- 4) 東京都環境保全局：昭和60-平成6年度版、公共用水域の水質測定結果(資料編) (1985-2004).
- 5) 二宮勝幸ら：東京湾西部海域における表層水温度のトレンドーダミー変数を用いた重回帰分析による推定ー、横浜市環境科学研究所所報第34号、pp.46-60 (2010).
- 6) 永山恵ら：川崎港における海水温度の連続調査結果、川崎市公害研究所年報 第37号(2010).