

川崎港における海水温の連続調査結果

Result on the Survey of the Successive Water Temperature at Port of Kawasaki

永山 恵 Megumi NAGAYAMA 岩渕 美香 Mika IWABUCHI
 二宮 勝幸* Katsuyuki NINOMIYA 安藤 晴夫*2 Haruo ANDO
 牧 秀明*3 Hideaki MAKI

要旨

各地方自治体では公共用水域の水質測定時に必ず水温の記録を残しており、1970年代からデータの蓄積がある。したがって、これらの測定データを統一した手法で解析することで全国規模の水温の変動傾向と環境への影響の評価が可能になると考えられるが、月数回の表層と底層の水温データを用いて海水温の変動傾向を精度よく解析するためには、連続した水温データと比較等の検証が必要である。本調査では、川崎港における海水温の詳細な季節変動を把握することを目的に、水温ロガーを用いて水深別かつ高頻度で水温測定を行った。その結果、季節変化に応じて発生する海水の成層構造の発達やその崩壊の過程とそれらが水質に及ぼす影響を詳細に捉えることができた。また、これまで知見の少なかった夏季の底層における水温変動を明らかにした。これらのことから、海水温の連続測定は、過去の測定結果を用いた長期にわたる温暖化等の水質変動の解析を行う際の重要な基礎資料となるだけでなく、東京湾における赤潮や貧酸素水塊の発生等の諸問題を解決するために活用できる可能性があると考えられた。

キーワード： 川崎港、海水温、連続観測

Key words： Port of Kawasaki, Water temperature, Successive measurement

1 はじめに

地球温暖化による影響やそのリスクに関する研究は、特に気候変動や洪水リスク等の分野で活発に行われているが、日本沿岸の水環境の分野に関してはサンゴ礁への影響等限られた知見にとどまっており、地球温暖化と関連づけられた水質、生態系への影響は把握されていない。そこで、国立環境研究所と全国の地方公共団体では、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して 2008 年度から共同研究を開始した。この共同研究では、各地方自治体で測定している公共用水域の水温データ（以下、「測定計画データ」という。）を統一した手法で解析し、地球温暖化の水質への影響について研究している。本報告は、この共同研究の一環として川崎港に水温ロガーを設置し、海水温の鉛直方向の変動について調査した結果をまとめたものである。

2 調査方法

2.1 海水温測定地点と測定機器

海水温の測定は川崎市の南端、東扇島の波除堤（図 1、図 2）で行った。この地点は平均水深が約 14m で、東京湾口から湾奥への外洋水の進入路の近傍に位置している。海水温の連続測定にはオンセツト社の耐圧防水温度計測データロガー「ティドビット v2」（図 3）を使用した。また、ハイドロラボ多項目水質計を用いて水深ごとの水温、塩分、溶存酸素及び植物プランクトン量の指標であるクロロフィ

ル a の蛍光強度を測定した。

2.2 設置方式と測定条件

海水温測定は表層測定用と各層測定用の隣接した 2 本の系を用いて行い、表層測定用では潮位に連動して移動する浮きの下端に、各層測定用では海底から 1m 間隔にそれぞれ水温ロガーを設置した（図 4）。各ロガーは 10 分毎に 1 回水温データを記録するように設定し、2009 年 2 月から約 10 ヶ月間測定を行った。また、多項目水質計を用いた測定は随時実施した。



図 1 水温測定地点



図 2 東扇島波除堤



図 3 測定機器

*横浜市環境科学研究所 *2財団法人東京都環境整備公社 東京都環境科学研究所

*3独立行政法人 国立環境研究所

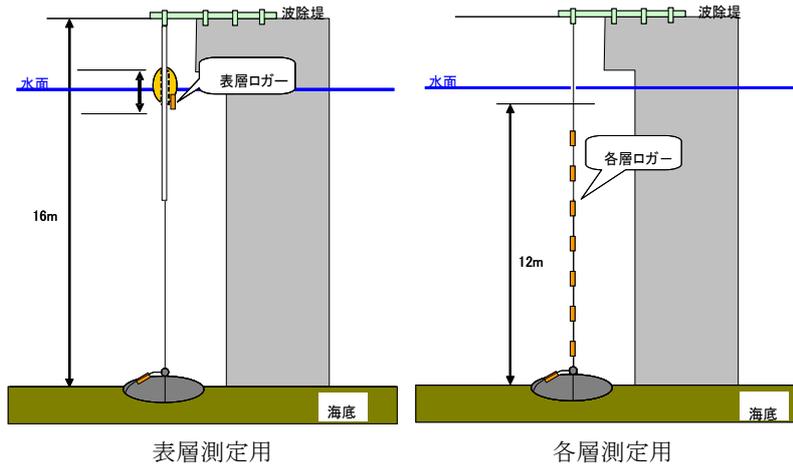


図4 設置方式

3 結果と考察

3.1 各層海水温の季節変動

図5に2009年2月から2009年12月までの毎正時の各層海水温を示した。2月から4月にかけての各層間の水温差は2～3℃程度であったが、4月から10月にかけて各層の水温差が大きくなり8月に最大で10℃の差を生じるなど、成層構造を形成していることが推測された。

次に、毎正時の表層海水温と気象庁横浜気象台で観測している毎正時の気温を同一期間において比較し図6に示したところ、両者は8月下旬に最高値(約28～29℃)を示すなど気温と表層水温は連動した推移を示したが、2月から4月下旬及び10月下旬から12月にかけては海水温が気温を上回る傾向がみられ、また両者の値に最大で約8℃の差を生じた。なお、毎正時の表層海水温と気温の関係を図7に示したが、両者は調査期間をとおして相関が高かった。

東京湾の水質は内陸からの河川水と東京湾外からの海水の影響を受けて変動している。また、図8²⁾に示すように、一般に気温の高い夏季には成層構造を形成し、気温の低い冬季は表層と底層の海水が循環し海水密度は均一化されるといわれているが、本調査から得られた各層の海水温連続測定結果は、これらの傾向をよく表していた。

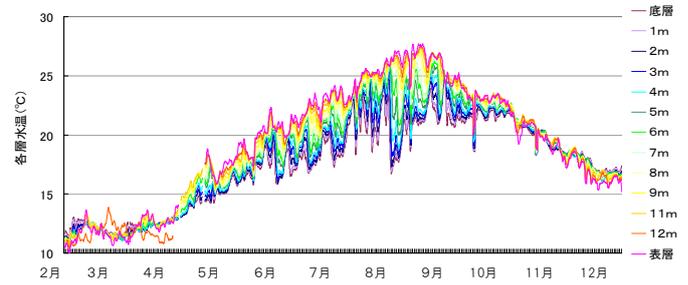


図5 各層水温の季節変動

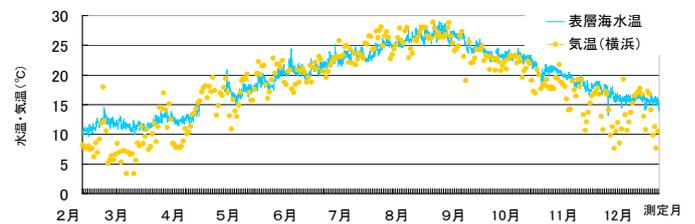


図6 表層海水温と気温の季節変動

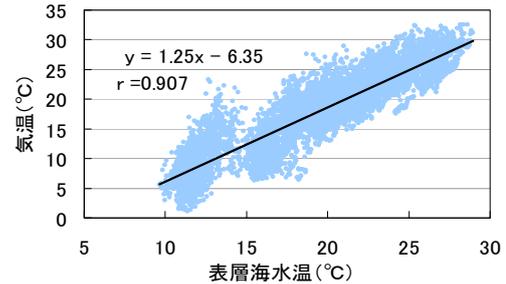


図7 表層海水温と気温の関係

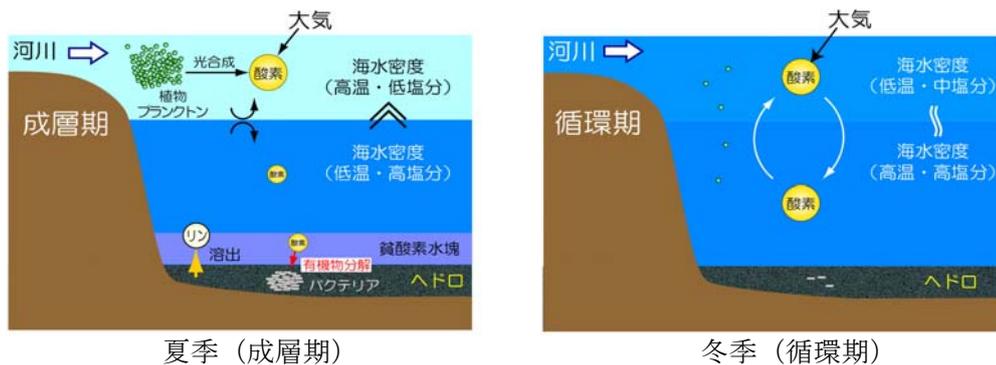


図8 東京湾の水質変動

3.2 冬季または夏季における水質の鉛直分布

図9に多項目水質計を用いた夏季（7月）と冬季（2月）の水深毎の水質測定結果を示した。縦軸には水深0mの表層から水深12m付近の底層までを示し、横軸には各水質項目の値を示した。

(1) 水温

夏季には、水深3m付近と水深6m付近で水温が急激に低下するなど、水温の異なるいくつかの層に分かれていたが、海水の混合がよく行われている冬季は、表層から底層にかけて温度差はほとんどみられなかった。

(2) 塩分

夏季及び冬季の調査地点付近の塩分は約28psuから32psuの間であったが、これは東京湾奥部の塩分（完全混合時で約33psu）⁴⁾と比較して低いことから付近の多摩川等から流れ込む淡水の影響を湾奥部よりも強く受けていると思われた。また、夏季の塩分は表層付近では比較的低塩分状態で、水深6mを境に急激に上昇していたが、冬季の塩分は水深にとともに緩やかに濃度が上昇していた。この夏季の表層海水の低塩分状態は、成層の形成に影響を与えていると考えられた。

(3) 溶存酸素

海水中の溶存酸素濃度（DO）も夏季は冬季に比べて表層と底層の差が大きい。夏季のDOは水深3mから6mにかけて、また水深9mから12mにかけて徐々に低下しており、特に底層付近は一般に魚介類が生存するために必要な最低限の濃度³⁾である3mg/L程度であったが、冬季のDOはどの水深でも10mg/L程度と飽和状態に近い数値を維持していた。

(4) クロロフィル a（蛍光強度）

夏季のクロロフィル a (Chla) の観測結果は、前述の水温及び塩分の鉛直分布と同様の変化を示した。すなわち、海面から水深6m付近までは濃度が高く、境界付近で急激に濃度が低下し、それ以深は濃度がほぼ一定で推移した。一方、冬季は水深にとともに不規則な変化を示したが、平均的には海面から海底付近まで差は認められなかった。

3.3 海水温の連続測定結果と測定計画データ

(1) 測定計画データの検証

図10に測定計画データと同一測定日時にロガーで測定した、表層及び底層の海水温の関係を示した。対象地点は図1に示す川崎港付近の調査地点（東扇島防波堤西）で、本調査地点と水深が同程度の地点を選択した。なお、測定計画データの底層は、海底から1mの地点で測定したものである。両者を比較した結果、同一測定日時における両者の海水温はいずれも非常に相関が高かった。

次に、測定頻度による水温測定結果の違いを調べるため、表層と底層の海水温について、ロガーによ

る毎正時の連続測定データと同一期間に収集した月1回の測定計画データを比較し図11に示した。表層海水温は両者とも測定期間を通してほぼ一致したが、底層海水温は冬季には概ね類似した値を示したものの

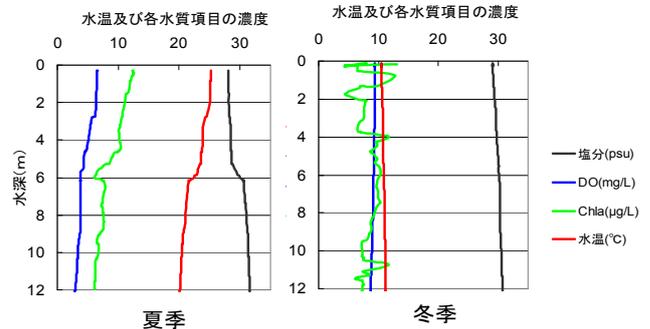


図9 夏季及び冬季の水質変動

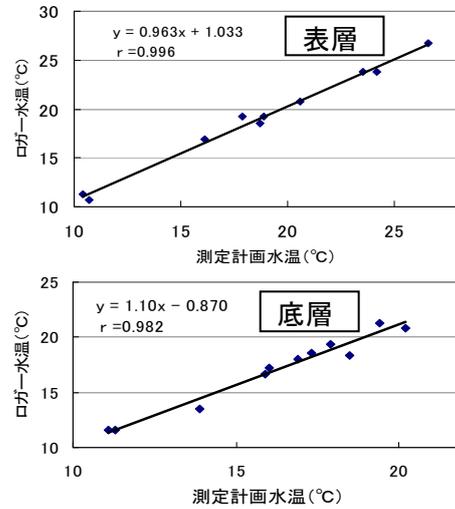


図10 測定計画データとロガーデータの関係

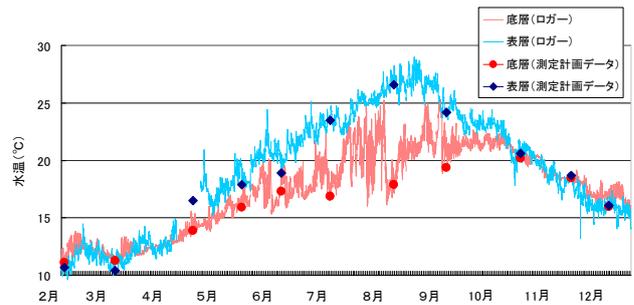


図11 測定計画データとロガーデータの比較

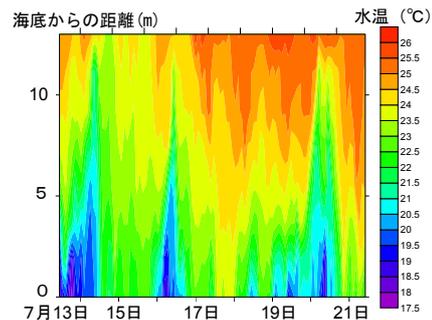


図12 夏季の水温変動

の、夏季の測定計画データはロガーによる連続測定データの平均値よりも低い値を示した。

ロガーによる連続測定データが示すように、夏季には短時間で底層海水温が変動していることから、その変動をさらに詳細に調べるため、図 12 に夏季のうち降雨が 3 mm 以下かつ風速 8 m/s 以下であった 7 月 13 日から 7 月 21 日の 8 日間における水温コンター図を示した。この結果、7 月 13 日、16 日、19 日及び 20 日に底層水温は 20℃以下を示し、その翌日には表層付近まで全体的に水温が下がり成層構造が一時的に崩壊した後、さらに翌日には成層構造を再形成する様子が見られた。この冷たい海水は、東京湾西岸に流入する湾外からの外洋水⁴⁾であると考えられる。

4 まとめ

これまで深度別の海水温の連続データは測定された例はほとんどなかったが、本調査によりいくつかの知見が得られた。

4.1 川崎港の深度別水質変動と成層の形成

川崎港では夏季に表層と底層の水温差が大きくなる、いわゆる成層構造を形成し、冬季に海水の混合が起こり表層と底層の海水温がほぼ均一になることを確認した。また、海水温の変動や成層構造の形成に最も影響を与えている要素として気温があげられるが、気温の上昇する夏季には表層ほど温められやすいので成層構造はより強く形成されていた。さらに、成層構造の発達する夏季には、水温だけでなく塩分や DO、Chla 等も水深とともに大きく変動していた。

4.2 表層及び底層水温の変動とその特徴

表層の海水温は気温と非常に似た挙動を示したが、表層海水が底層海水と混合する冬季には、海水温は気温よりも高くなる傾向にあった。また、夏季の底層海水温は、まとまった降雨や強風のない時期でも大きく変動し、一時的であるが成層構造が崩壊することもあった。この原因は東京湾外の冷たい外洋水が底層側から流入しているためと推測された。

4.3 深度別の海水温の連続データの活用の可能性

測定計画データを使って海水温の変動傾向を解析する際、測定が表層と底層のみであることや測定頻度の低さが問題となっていたが、連続測定データと測定計画データを比較したところ、表層海水温の測定計画データは夏季、冬季ともに川崎港における連続的な水温測定データと一致していた。このことから、地球温暖化の海水温への影響を解析するために、各地方自治体が数十年にわたって蓄積してきた表層海水温の測定計画データを用いることが可能であると考えられた。一方、底層海水温は夏季に大きく変動するため、月 1 回の水温測定では詳細な水温変動

を捉えることができないことがわかった。海水での成層構造の形成は東京湾での貧酸素水塊や赤潮・青潮の発生等の水質汚濁の要因と深く関わっていることから、海水温を深度別かつ高い頻度で測定した水温データはこれらの出現状況などを連続的に把握することにも活用できると考えられた。

文献

- 1) 気象庁:
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 2) 東京都環境科学研究所:東京湾の水環境問題について、平成 21 年度公開研究発表会資料、26～27 (2009)
- 3) 横浜市環境科学研究所:温暖化と東京湾の水環境－水温と水質との関係－
- 4) 国土交通省関東地方整備局 京浜河川事務所:水質用語集、3
- 5) 横浜市環境科学研究所:東京湾の富栄養化に関する調査報告書、環境研資料 No. 117、47～52(1995)