

## 田辺湾近隣河川における河床設置型河川水温計測

### Water Temperature Measurements by Small-Sized Thermometers Installed on Riverbed in Neighboring Rivers of Tanabe Bay

久保輝広・水谷英朗・武藤裕則<sup>(1)</sup>

Teruhiro KUBO, Hideaki MIZUTANI and Yasunori MUTO<sup>(1)</sup>

(1) 徳島大学大学院理工学研究部社会基盤デザイン系 教授

(1) Institute of Technology and Science, Tokushima University

#### Synopsis

The purpose of this study is to clarify the influence of entering fresh water from rivers into Tanabe bay area. The water temperature of fresh water is one of an important factor for ocean flow structure and three-dimensional structure of water temperature and salinity in coastal area. Fluctuation of river water temperature is repeated every day and seasonally, and it is influenced by elevation, atmospheric condition, confluence of river branch, groundwater, and water utilization of upstream area. In this study, we have conducted field measurement of river water temperature in neighboring rivers of Tanabe bay and will continue it for the next few years, in order to create estimated equations for river water temperature based on our measurement results. In this paper, we reported measurement method and initial progress of measurement results.

**キーワード:** 現地計測, 河川水温計測, 河床設置型, 洪水流水温

**Keywords:** field measurement, measurement of river water temperature, riverbed setting type, flood water temperature

#### 1. はじめに

沿岸海域の流動構造や水温や塩分濃度変化等の水質変化現象を詳細に把握するためには、外洋側だけでなく河川から注がれる淡水流入の影響も重要な因子であり把握しなければならない。河川の水温は、季節及び日変化し、各地点の標高や天候、支川及び地下水流入や利水環境の影響により、河川毎に水温に差が生じ、当然、流域内の気候変化や土地利用の変化によって個別に河川水温に差が生じている。河川水温に関する研究は、1950年から1970年代に多くの研究がおこなわれ、河川環境や魚類や藻類等の生態系の分野で多数行われてきている。そして近年では、気候変動による気温上昇がもたらす河川水温上

昇が問題視され研究が進められている（例えば、新井，2000）。

本研究の対象サイトとしている和歌山県田辺湾近傍では、水質監視の一環で河川水温の測定はされているものの連続した計測データが乏しく、田辺湾海域において淡水流入の影響について調査する本研究の見地からは十分ではなく、新たに田辺湾近隣の4河川(Fig. 1)について河川水温の計測を実施することとした。本研究では、田辺湾沿岸海域に流入する河川水の水温推定式を作成すること、特に沿岸海域に多くの淡水を供給する洪水時の河川水温を計測し推定することを一つの目的とし、河川下流域に水温計を設置し河川水温の計測を行った。本報告では、その研究初年度の初期経過の報告を行う。



Fig. 1 Location of research site and measurement points.

## 2. 河床設置型の水温計測方法

本研究では、長期間に亘って複数河川の水温を調査することを考えに入れ、できるだけ安価で簡便な水温度計測手法の検討を行い、設置場所に制約がなるべく生じず、容易に水温度計測が実現できる河床設置型水温度計測を実施した。水温度計には、小型完全防水で河川・湖・海などの場所で長期計測が可能な防水温度口ガー TidbiT v2 (Onset 社製) を用いた。水温度計保護と水温度計を河床へ打ち込む杭へ取り付けるために、Fig.2に示す塩化ビニル樹脂のパイプエンドキャップとねじ式掃除口を接着させた小型ケースを作製し河床へ埋め込む杭へと取り付けた。今回はFig.3に示すように、役割の異なる2つの杭とワイヤーを用いて水温度計を河床に設置して計測を行った。らせん杭は人為的に水温度計を損失することを防ぐ目的、長めの打込み丸カンは洪水時等の河床低下によって流出することを防止する目的で河床へ打ち込み、そしてそれらの2つの杭と水温度計をワイヤーで括っている。水温度計設置に杭を用いることによって、設置する場所を自由に設定できることが大きな利点である。既設の河川構造物や河岸のコンクリート護岸等に水温度計固定のために穴を開ける必要もなく、小型で川底にあるため邪魔にならず、水温度計設置の許可が得られやすく、こちらも河床設置型の大きな利点である。ただし、増水等で河床高が大きく変化すると予想されるような箇所には河床設置型の水温度計測は不向きであるため、以下の点について留意して水温度計設置場所を選定している。

[水温度計設置地点の選定と注意点]

- [1] 洗掘・堆積の河床変化が活発でない比較的安定した場所を選ぶ
- [2] 低流量時でも水温度計が水面下に沈む場所
- [3] 水温度計交換時のアクセスと労力を考慮し、河岸近傍に設置する
- [4] 人が容易に水温度計に接触できず目立たない箇所(釣り人等の邪魔にならない箇所)
- [5] 工場等の排水の影響を受けない場所
- [6] 工事予定区域外(河川占用許可申請時に確認する)
- [7] 水温度計が河床変化によって埋没した時のことを考え、周辺の目印となるものメモしておく

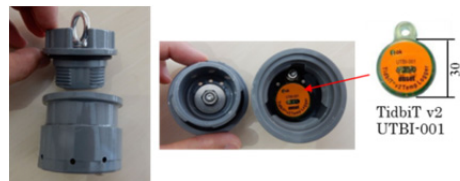


Fig. 2 Water temperature data logger and its small housing.

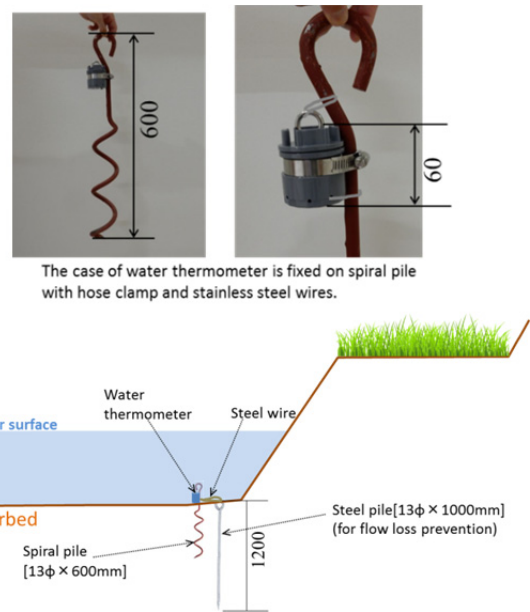


Fig. 3 Methodology of water temperature measurement by small-sized thermometers installed on riverbed.

本研究では、沿岸海域に流入する河川水の水温度計測が主目的であるため、なるべく田辺湾流入地点に近い下流域に水温度計を設置している。そして、潮位変動等の海域の影響を受けないよう、感潮域を避け非感潮域の下流端を狙った位置としている。Fig. 2とFig. 4に芳養川、左会津川、富田川、日置川に設置した水温度計の場所を示す。左会津川については、河川合流部は河床高が大きく変化する可能性があるため避けられたが、護岸工事が予定されていたため、工事区間の上流側へシフトし河川合流部に設置して

いる。水温データは10分間隔で記録し、約3か月を目安にデータ回収および水温計の交換を行っている。

芳養川地点；水観測所近傍地点（はやざと大橋上流）



(a) Haya River

左会津川地点；右会津川合流地点近傍



(b) Hidari-Aizu River

富田川地点；大井堰上流及び下流



(c) Tonda River

日置川地点；田野井橋下流



(d) Hiki River

Fig. 4 Installation location of water temperature data logger in each river.

### 3. 田辺湾に注ぐ河川の水温

#### 3.1 河川水温の計測結果

Fig. 5には上述した4河川について、2016年7月中旬から同年10月下旬までの間で計測された河川水温およびアメダス近隣地点4箇所（川辺、南紀白浜空

港、栗栖川）気温と田辺中島高潮観測塔で計測された気温を示す。また、Fig. 6には各河川の1時間間隔の水温計測結果とアメダス南紀白浜空港地点気温の相関図と単回帰式を示す。

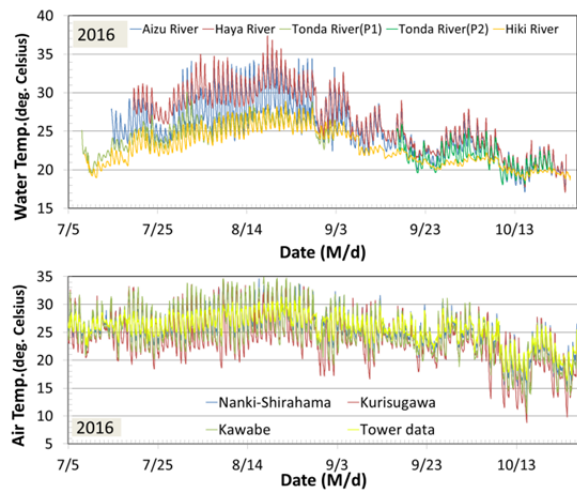
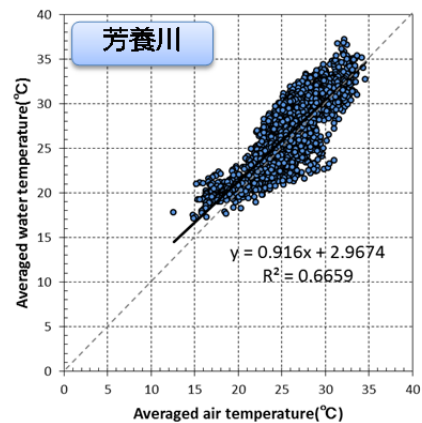
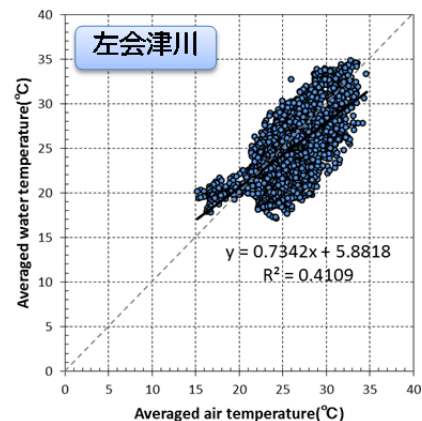


Fig. 5 Measurement results of river water temperature at each downstream of rivers (10min. interval data).

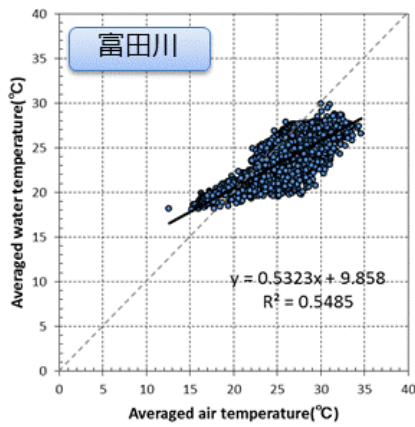


(a) Haya River

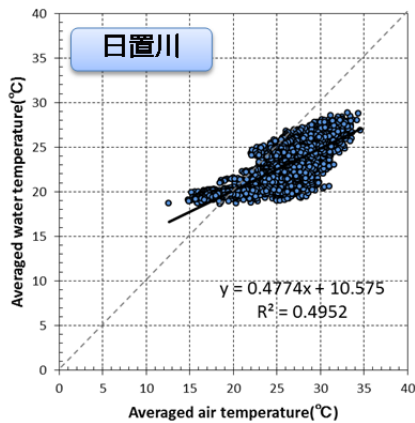


(b) Hidari-Aizu River

Fig. 6 Scatter plot between water temperature and air temperature using 1hour averaged data ((a); Haya river, (b); Hidari-Aizu river, (c); Tonda river, (d) Hiki river).



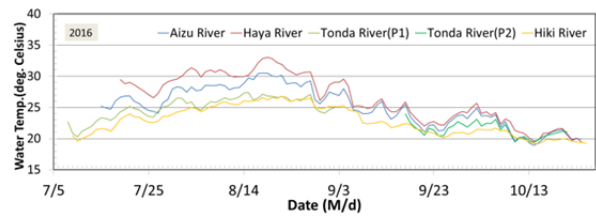
(c) Tonda River



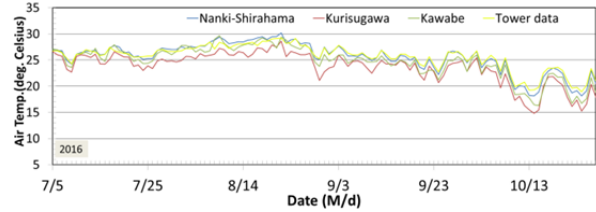
(d) Hiki River

Fig. 6(continued) Scatter plot between water temperature and air temperature using 1hour averaged data ((a); Haya river, (b); Hidari-Aizu river, (c); Tonda river, (d) Hiki river).

Fig.6の1時間間隔の水温と気温の相関図を見ると、ある程度ばらつきがあり、測定時の気温のみで河川水温をそのまま推定するのは難しいことが確認できる。参考までに日平均化した河川水温と気温の関係をFig.7とFig.8に示す。日平均値であれば、気温と良好な相関関係が存在し、そこまでの精度を求めなければ流域面積が4河川の中では小さな芳養川と左会津川については日平均気温から河川水温の日平均値が推定できそうである。ただし、本研究の先で着目しているのは、沿岸域への多くの淡水流入が見込まれる出水時の河川水温であるため、粗い検討ではあるが、より短い時間スケールの水温推定式の作成を次節で試みる。

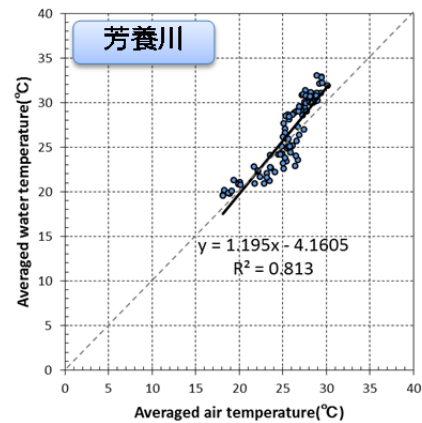


(a) Water temperature

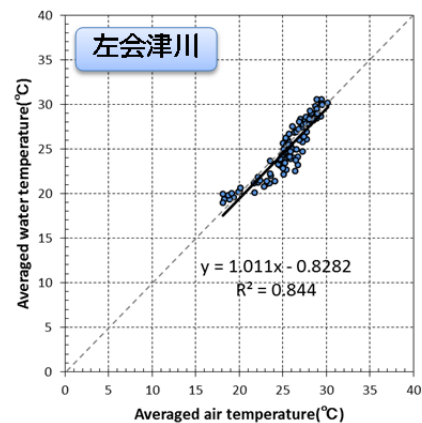


(b) Air temperature

Fig. 7 Daily mean of river water temperature at each downstream of rivers.

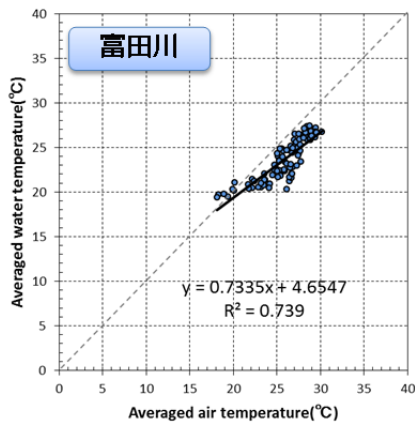


(a) Haya River

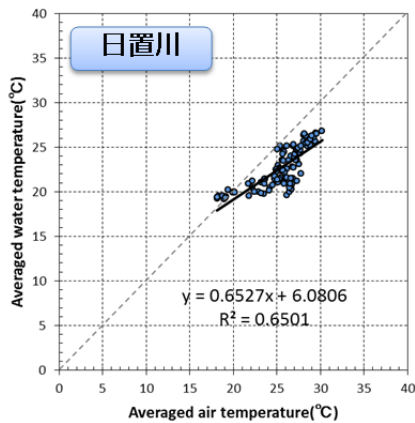


(b) Hidari-Aizu River

Fig. 8 Scatter plot between water temperature and air temperature using daily mean data ((a); Haya river, (b); Hidari-Aizu river, (c); Tonda river, (d) Hiki river).



(c) Tonda River



(d) Hiki River

Fig. 8(continued) Scatter plot between water temperature and air temperature using daily mean data ((a); Haya river, (b); Hidari-Aizu river, (c); Tonda river, (d) Hiki river).

### 3.2 河川水温の重回帰分析

本研究では、粗い評価方法ではあるが、近傍地点の気温データを用いた河川水温の推定式を重回帰分析より作成を試みた。本来なら、河川水温に影響を与える可能性がある降雨量、流域面積、人口、樹林面積、河川水位等を説明変数として加えるべきではあるが、ここでは本研究の初期報告であることと簡単のため、気温に関する2つの変数より、どの程度の精度の河川水温推定式が求められるか確認するのを目的とし分析を進めた。目的変数(Y)の河川水温( )に対して、ここでは説明変数としてX1;測定時気温( ),X2;前6日間平均気温( )としTable 1の結果を得た。ここで前6日間平均気温を導入しているのは、推定したい時刻以前の熱エネルギーの蓄積が大きく河川水温へ反映されるという考えからではあるが、前6日間というのは今回の4つの河川で試行錯誤的に良好な値が得られたためで、平均する期間については今後さらなる検討が必要と考えている。

Table 1に示されている通り、芳養川と左会津川については重決定係数が0.83、富田川と日置川については重決定係数が約0.7と悪くない結果が得られている。Fig.9に実測値と求められた回帰式で得られる水温、Fig.10には河川毎に実測水温と回帰式水温の相関図を示しているが、数日スケールの変化は捉えられているが、日変化は十分に再現できているとは言い難く、Table 1の各式の標準誤差で示されている通り、3度程度の誤差が生じている箇所も多く見受けられる。

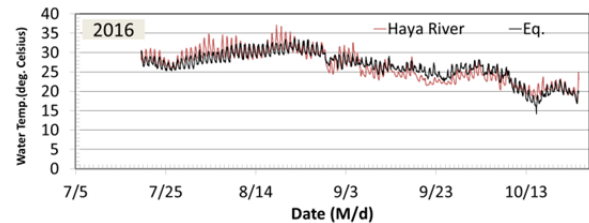
Table 1 Results of multiple regression analysis.

| River       | Multiple regression equation  | R2 * | SE** | N    |
|-------------|-------------------------------|------|------|------|
| Haya        | $Y=(0.464)X1+(0.930)X2-9.485$ | 0.83 | 1.67 | 2332 |
| Hidari-Aizu | $Y=(0.587)X1+(0.586)X2-5.121$ | 0.83 | 1.46 | 2446 |
| Tonda       | $Y=(0.257)X1+(0.581)X2+1.894$ | 0.72 | 1.31 | 2203 |
| Hiki        | $Y=(0.150)X1+(0.681)X2+1.358$ | 0.70 | 1.25 | 2613 |

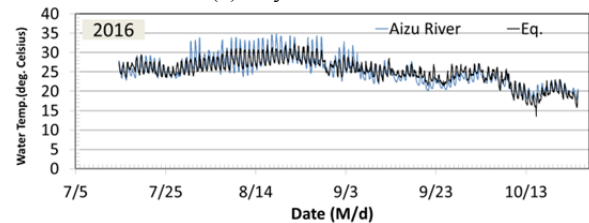
\* R2; Coefficient of determination

\*\* SE; Standard error

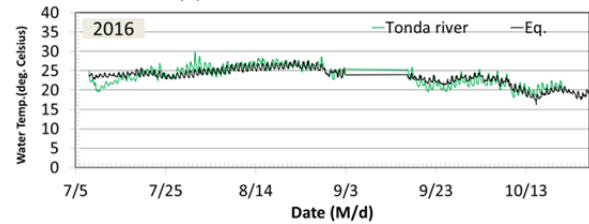
\*\*\* N; Number of data



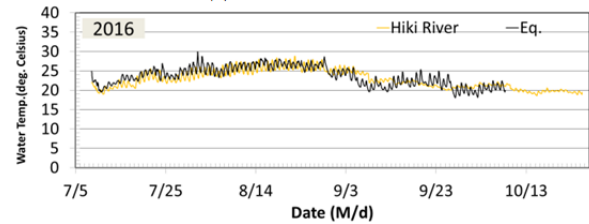
(a) Haya River



(b) Hidari-Aizu River

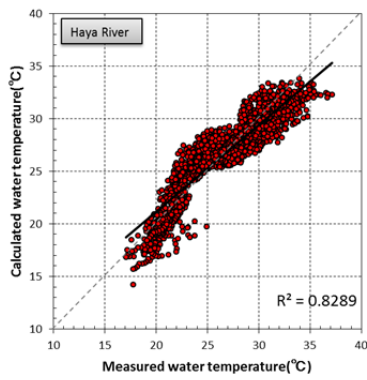


(c) Tonda River

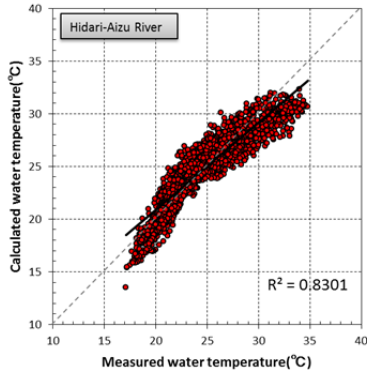


(d) Hiki River

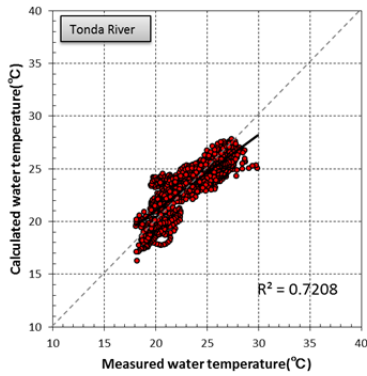
Fig. 9 Comparison of estimated value with measurement results.



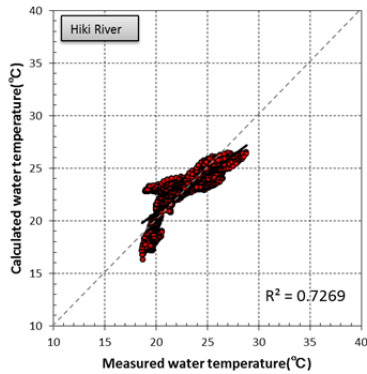
(a) Haya River



(b) Hidari-Aizu River



(c) Tonda River



(d) Hiki River

Fig. 10 Scatter plot between water temperature of estimated value and measurement results ((a); Haya river, (b); Hidari-Aizu river, (c); Tonda river, (d) Hiki river).

### 3.3 河川増水時の水温

本研究の計測期間において、複数回の河川増水時の河川水温を計測することができた。Fig. 11に対象4河川の水位時系列図を示し、7月、9月の河川増水時の計測結果をFig. 12およびFig. 13に示す。7月の増水時には、7月9日の9時頃から午後にかけて気温上昇しているが河川水温が段階的に低下している様子が確認できる。9月の増水時についても、9/6午前の左会津川および芳養川の増水時の水温低下、また9/8日置川増水時では3時間で約3度の水温低下が計測された。いずれの増水時も気温と逆相関となり、当然ではあるが気温のみによる増水時の河川水温評価は問題があることが示された。

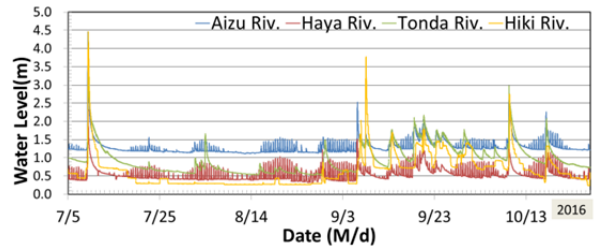


Fig. 11 Measurement results of water level at gauging station of each river.

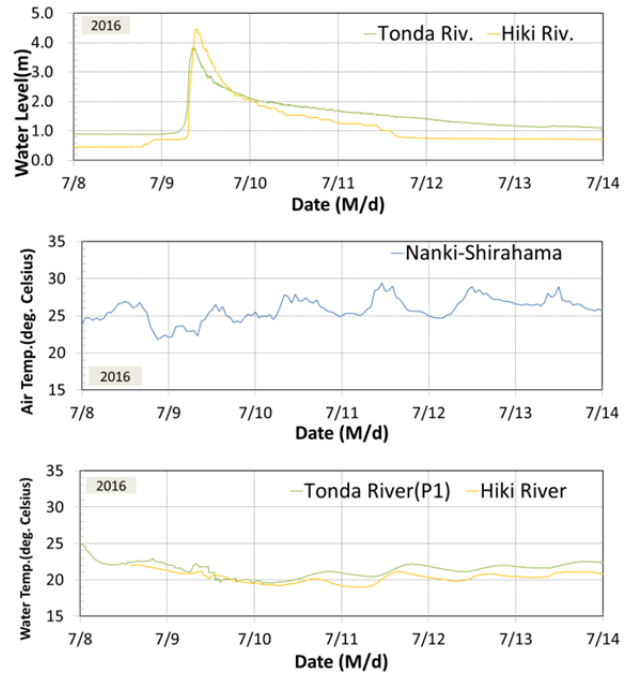


Fig. 12 Measurement results of water level, air-temperature and water temperature during river water rising in July, 2016.

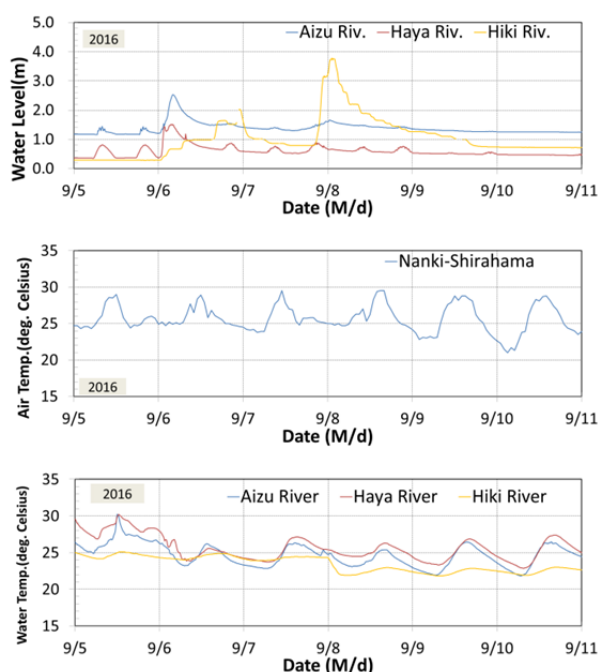


Fig. 13 Measurement results of water level, air-temperature and water temperature during river water rising in September, 2016.

#### 4. まとめ

本報告では、沿岸海域に流入する河川水の影響を検討する事前調査として、田辺湾近隣河川の下流域に水温計を設置し、田辺湾に注ぐ河川水の水温計測を2016年から実施し、その初期経過の報告を行った。本研究で得られた成果をまとめると以下の通りである。

- 田辺湾近隣の4つの河川で測定した河川水温に対して、予備検討として河川水温と相関の高い気温を用いて重回帰分析を行った。
- 今回は、目的変数の河川水温に対し、近隣地点の実測気温の前6日平均値及び測定時気温の2つを説明変数として採用し、各河川から田辺

湾や近隣海域に流入する河川水温の重回帰式を求めた。

- 作成した重回帰式で得られる水温は、当該地点の季節変動は再現できているものの、本研究の先で水温の日変化や田辺湾に多くの淡水を供給する増水時の流入水温等の短期スケールの現象に着目している観点からは再現性が不十分と言わざるを得ない。
- 今後、河川水温を推定する際、どのような因子を考慮することで実測値に近づくか継続して検討する必要がある。

今回の報告では、水温のデータ収集期間が不十分で概略的な検討しかできなかったが、河川水温収集方法として安価で簡便な手法で有用なデータを収集することができた。田辺湾に注ぐ河川水の影響を調査するために、今後も水温データの収集を継続し検討を進める。

#### 謝辞

本研究は、文部科学省 科学研究費助成事業 基盤研究(C) (課題番号26420498, 代表: 武藤裕則), ならびに若手研究(B) (課題番号26820202, 代表: 水谷英朗) の助成を受けたものである。また、本研究で使用している和歌山県河川の貴重な水位・流量データは、和歌山県 県土整備部 河川・下水道局 河川課よりご提供頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

新井 正 (2000) : 地球温暖化と陸水水温, 陸水学雑誌, No.61(1), pp. 25-34.

(論文受理日: 2017年6月13日)