

第 2 章	水温.....	2-1
2.1	水温平面分布調査.....	2-1
2.1.1	調査概要.....	2-1
(1)	調査背景.....	2-1
(2)	調査方法.....	2-2
(3)	調査期日.....	2-2
(4)	調査地点の概要.....	2-3
2.1.2	調査結果の概要.....	2-5
(1)	調査期間における気象と流況.....	2-5
(2)	水温調査結果.....	2-6
(3)	水温変動特性の整理.....	2-7
(4)	流量変化と水温変化との関係.....	2-13

第2章 水温

2.1 水温平面分布調査

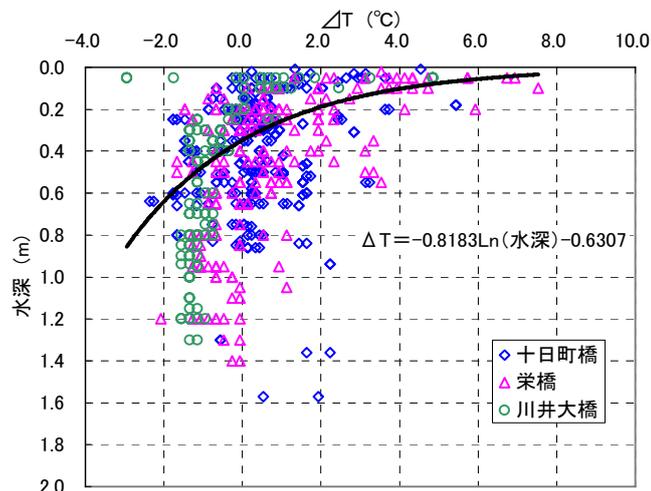
2.1.1 調査概要

(1) 調査背景

第15回協議会における提案事項

■局所水温シミュレーションに用いる水温と水深の関係式について

昨年度調査で得られた水温と水深の関係式は、夏季高温期の小流量時（10m³/s程度）における現地測定結果によるものである。流量増加時における局所水温シミュレーションを、小流量時に得られた関係式を用いて行ったため、流量増加時にもこの関係式が成立するかを検証する。



ΔT：地点水温－調査域で測定された水温の平均
図 水温と水深の関係(3 区間を対象)

提案に対する追加検討の内容

重点対象地区（十日町橋、栄橋、川井大橋）を対象に、瀬淵や昨年度調査より得られた高水温・低水温地点に水温水位ロガーを設置し、流量増加時における水温と水深データを取得した。取得データの解析により、水温水深関係式の検証を行った。

(2) 調査方法

昨年度のように平面水温分布を詳細に測る調査手法は、流量増加時には河道内に立ち入れず実施できないため、長期間データを取得できる水温水位ロガーを河道内に数点設置し、多様な流況での水温平面分布を計測することとした。

対象箇所内（十日町橋、栄橋、川井大橋）において、調査の対象とする場を設定し、水温水位ロガーを設置した。調査の対象とする場としては、早瀬、平瀬、淵、止水域などを想定し、河川形態の異なる調査地点を設定した。

観測区間　：　十日町橋（64.5～65.5kp）
 栄橋　　（56.5～57.5kp）
 川井大橋（45.5～46.5kp）

使用機器　：　Onset 社製　水温ロガー（ストアウェイティドビット）
 Onset 社製　水温水位計（ホボ U20 ウォーターレベルロガー）

観測間隔　：　10分

観測地点数：　区間内に6地点（水温：4地点、水温・水位：2地点）

設置方法　：　水温ロガーを単管パイプおよびコンクリートブロックで保護し、ワイヤーロープで係留した。



図 2.1-1 使用機器（左：水温ロガー、右：水温水位ロガー）

(3) 調査期日

減水による水温変化の影響を最も大きく受ける夏季から、出水により流量増加時の観測が可能となる秋季までを調査対象期間とし、調査期間を以下の通りとする。

調査期間： 7月1日～10月31日（4ヶ月間）

(4) 調査地点の概要

昨年度、平面水温分布調査を実施した十日町橋、栄橋、川井大橋の3区間に水温水位ロガーを6月～10月まで設置し、水温・水深を測定した。

ロガーの配置位置は、以下の点に考慮し決定した。

- ・昨年度調査結果より、高水温域、低水温域となっていた地点に配置し、流量増加が水温に与える影響を確認できる配置とする。
- ・各区間における瀬、淵、ワンドなど、場所ごとの水温を測定できる配置とする。

(i) 十日町橋

十日町橋では、昨年度調査で湛水域底層部や、左岸ワンド底層部で低水温となっていることを確認したため、これらを低水温測定地点とした。

また、場所毎の水温差を確認するため、区間内の瀬淵やワンドなどの地点に、それぞれロガーを設置した。

ただし、昨年度は湛水域の水深は最深地点で2m程度あったが、堰堤の損傷等により、今年度は非常に浅く、0.3～1m程度となっていた。

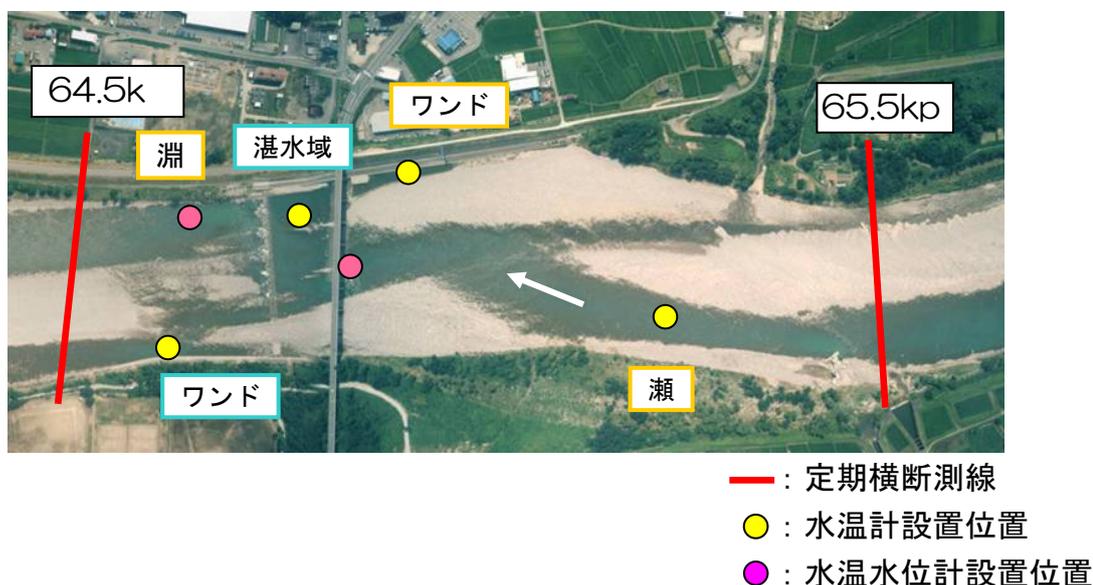


図 2.1-2 十日町橋における機器配置位置

(ii) 栄橋

栄橋では、昨年度調査では左岸ワンド底層において低水温を確認したため、これを低水温測定地点とした。

また、場所ごとの水温差を確認するため、区間内の瀬淵やワンドなどに、それぞれロガーを設置した。



図 2.1-3 栄橋における機器配置位置

(iii) 川井大橋

川井大橋では、昨年度調査で左岸細流の底層で低水温となっていたため、これを低水温測定地点とした。

また、場所ごとの水温差を確認するため、区間内の瀬淵などに、それぞれロガーを設置した。

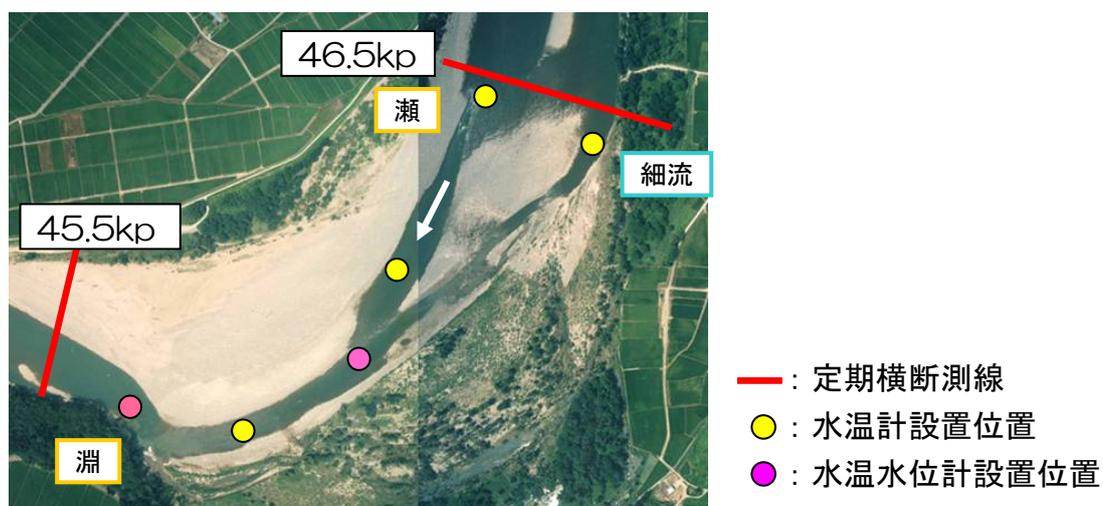


図 2.1-4 川井大橋における機器配置位置

2.1.2 調査結果の概要

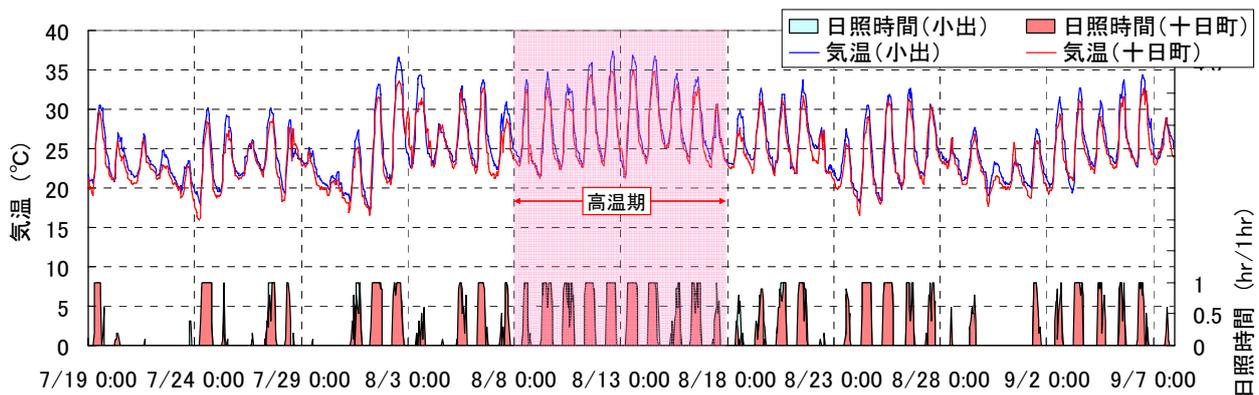
(1) 調査期間における気象と流況

今年度調査における水温測定期間は、7月1日から10月30日までである。このうち、高水温となる7月下旬から9月上旬のデータについて、調査結果を示す。

検討対象とする期間のうち、8月8日～17日にかけて最高気温が連日30℃以上の高温期となった。

調査期間における基底流量は十日町水位観測所で概ね10m³/s程度であり、夏期の試験放流により平日昼間には13m³/s程度、土日昼間には25m³/s程度となっていた。川井大橋区間上流の岩沢水位観測所での基底流量は概ね30m³/s程度であり、平日昼間には32m³/s程度、土日昼間には40m³/s程度となっていた。

また、期間中には、80～280m³/s規模の出水が6回発生した。



※小出は魚野川堀之内付近の観測地点で川井大橋付近

図 2.1-5 調査期間における気温と日照時間

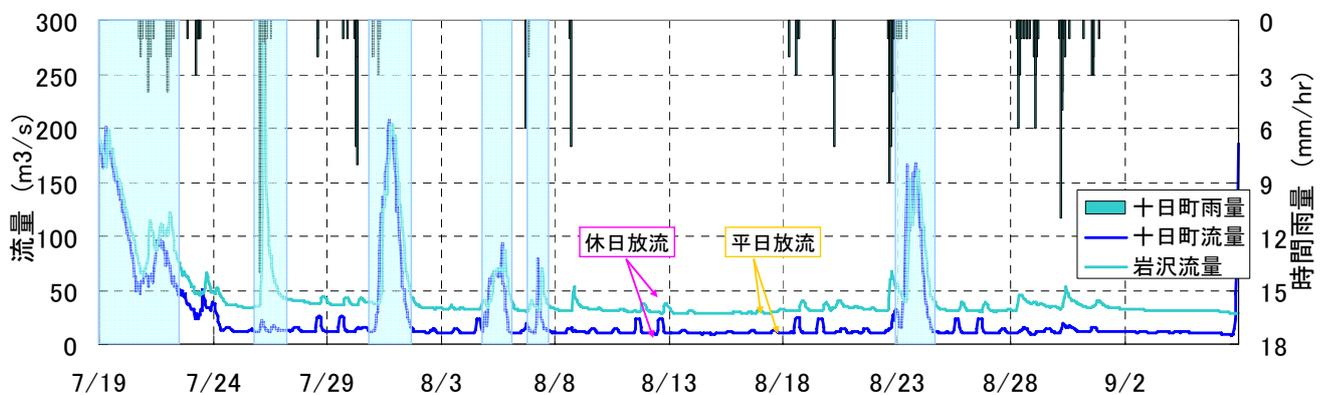


図 2.1-6 調査期間における流量と降水量（流量：十日町、岩沢、降水量：十日町橋）

(2) 水温調査結果

各地点とも、非出水時で気温の高い期間に水温が上昇しており、各地点間での水温差が大きくなる傾向がみられた。特に高水温となっていたのは、水深の浅い湛水部や瀬等であった。逆に水温上昇が小さかったのは、ワンドや淵等であった。

出水時には、地点に関わらず水温が低下する傾向がみられたが、これは流量増加、気温・日照時間の低下等によるものと考えられる。

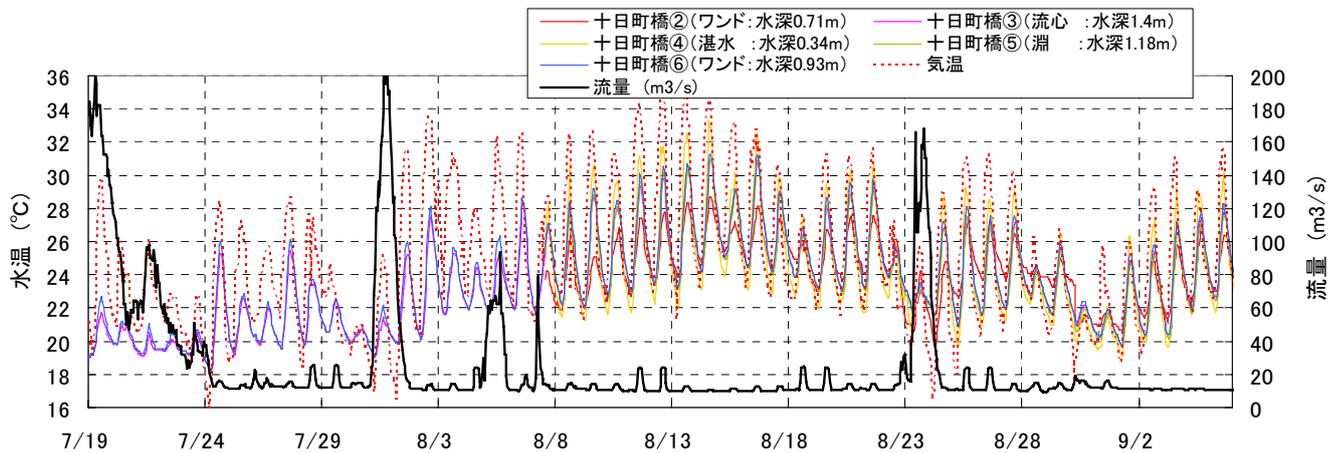


図 2.1-7 水温調査結果（十日町橋）

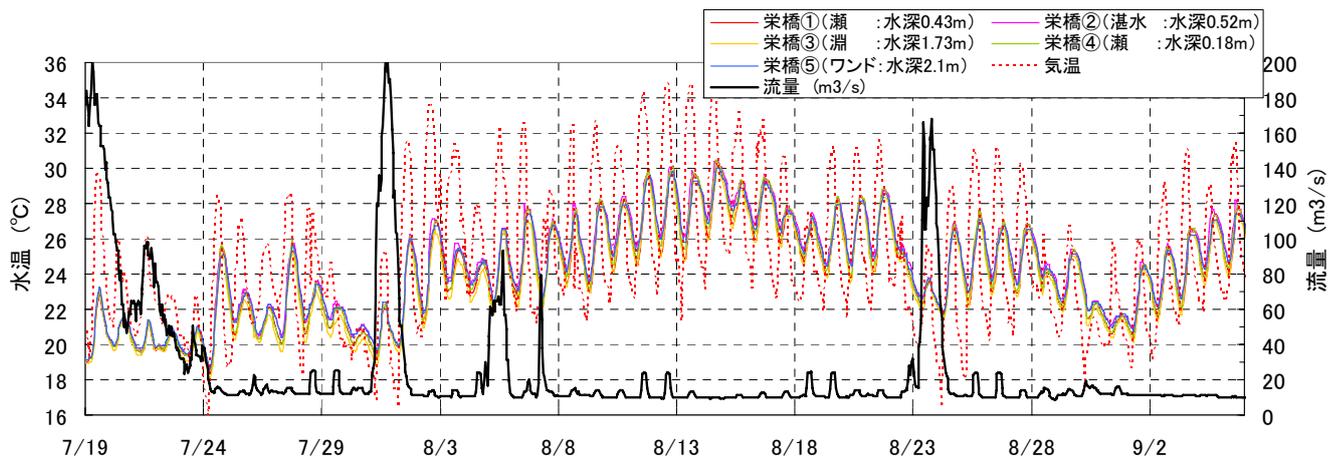


図 2.1-8 水温調査結果（栄橋）

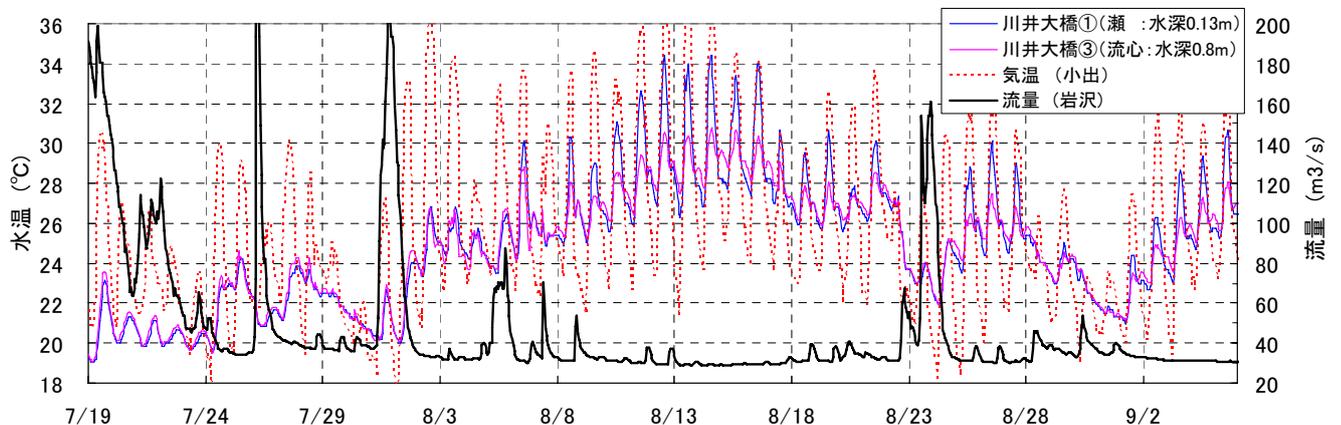


図 2.1-9 水温調査結果（川井大橋）

(3) 水温変動特性の整理

(i) 平日放流実施時における水温変動特性（平常時、十日町 $Q=10\sim13\text{m}^3/\text{s}$ ）
調査期間中最高水温となった8月14日の水温変動特性について整理する。

ここで、 ΔT とは、同時刻における各区間内での平均水温からの差を示す。

8月14日のピーク流量は、十日町地点で $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 、岩沢地点で $29.2\text{m}^3/\text{s}$ であった。水温ピークは、十日町橋、栄橋では放流水が到達する14時～15時であった。川井大橋では放流水到達は夜間となったが水温ピークは気温ピークと同じ14時頃であった。

栄橋では今年度調査では明確な水温差は得られなかったが、十日町橋では堰上の浅い湛水部、川井大橋では瀬で昼間の水温が大きく上昇した。逆に、十日町橋では右岸ワンド、川井大橋では流心部で低水温となっており、同区間内での最大水温差は十日町橋で 5°C 程度、川井大橋で 3°C 程度となった。

一日の水温変動幅は $4\sim10^\circ\text{C}$ 程度と大きく、特に昼間高水温となった箇所は夜間の水温が低水温箇所よりも低下しており、変動幅が大きいという現象がみられた。

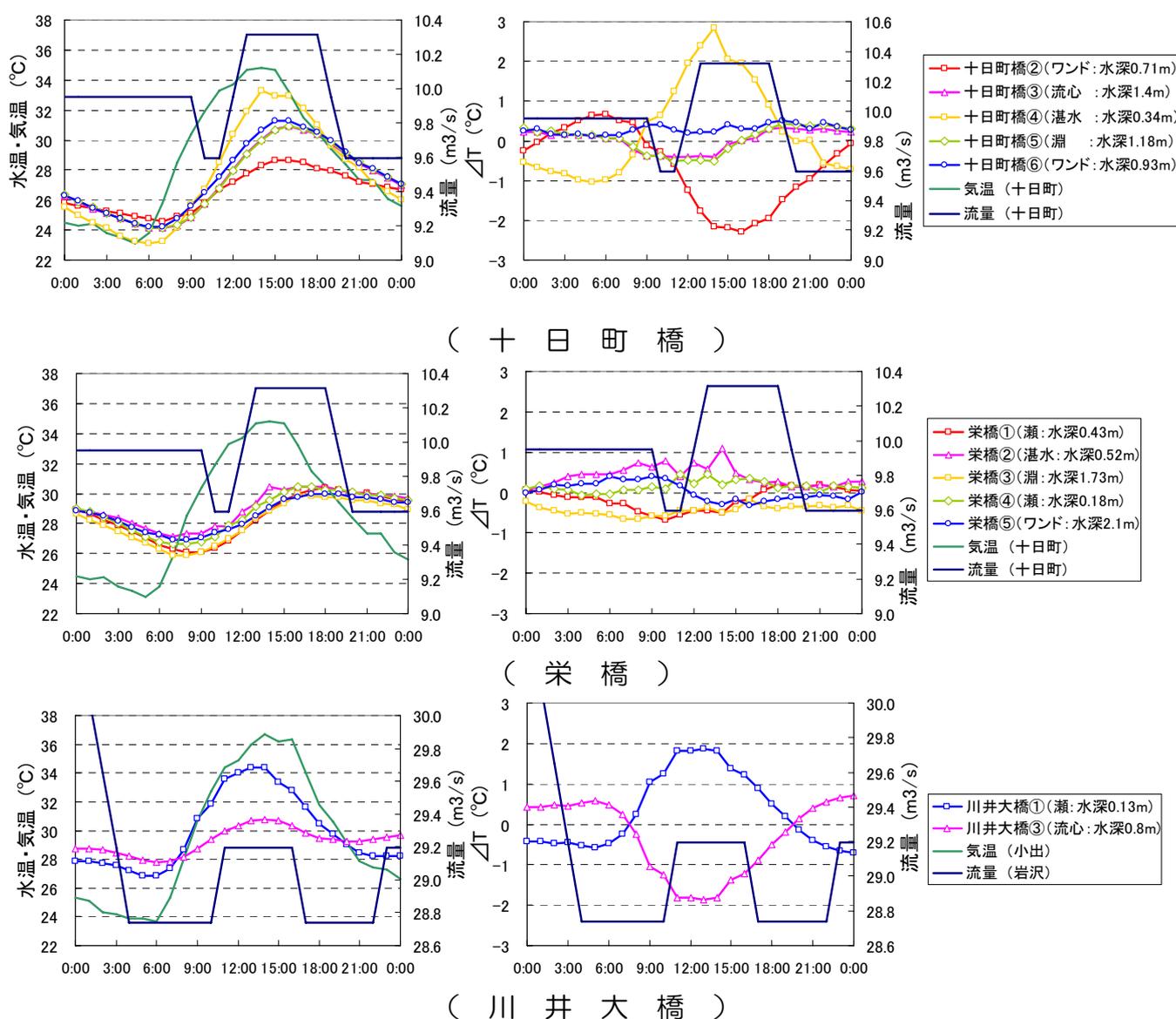


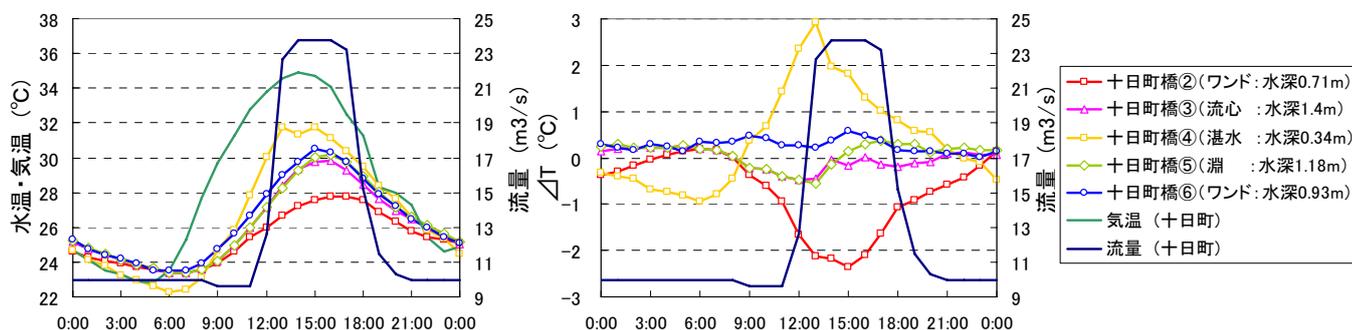
図 2.1-10 平常時 ($Q=10.3\text{m}^3/\text{s}$) における水温の日周期変動

(ii) 休日放流実施時における水温変動特性（十日町 $Q=25\text{m}^3/\text{s}$ ）

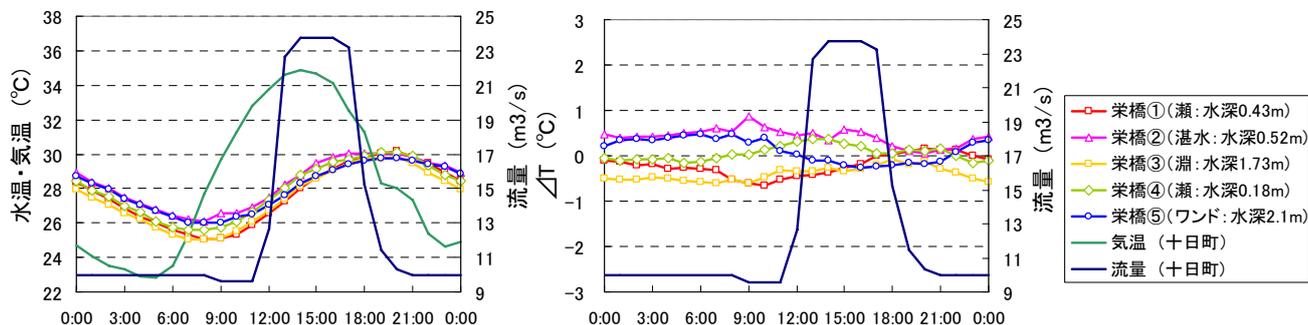
高温期の休日放流実施日のうち、気象が安定していた8月12日の水温変動特性について整理する。

8月12日のピーク流量は、十日町地点で $23.8\text{m}^3/\text{s}$ 、岩沢地点で $37.4\text{m}^3/\text{s}$ であった。水温ピークは、十日町橋、栄橋では放流水が到達する時間帯と重なり、それぞれ14時、18時頃であった。川井大橋では平常時と同様、放流水到達は夜間となったが水温ピークは14時頃であった。

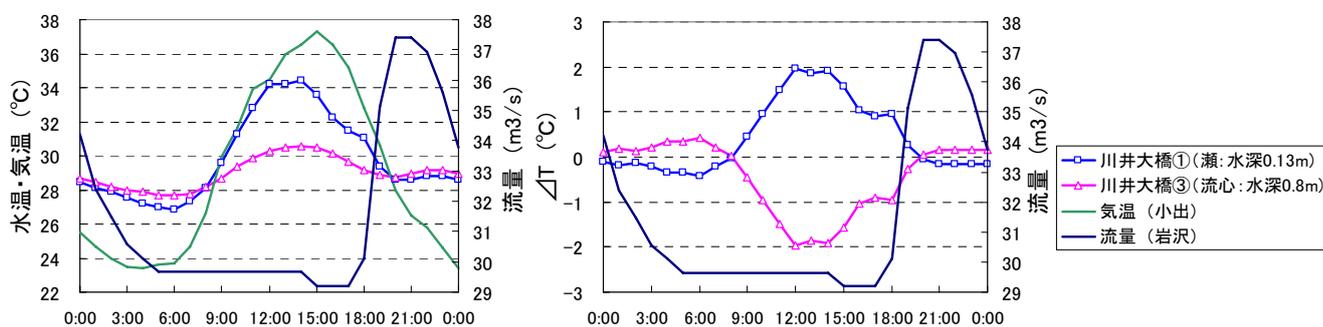
栄橋ではやはり場所ごとの明確な水温差は得られなかった。十日町橋、川井大橋では平常時と同様に、浅い湛水部や瀬などで昼間の水温が大きく上昇し、最大水温差は十日町橋で 5°C 程度、川井大橋で 4°C 程度となり、流量を増加させても平常時とそれほど変化はなく、地点間で水温差が生じていることが確認できた。



（十日町橋）



（栄橋）



（川井大橋）

図 2.1-11 休日放流実施時 ($Q=23.8\text{m}^3/\text{s}$) における水温の日周期変動

(iii) 出水時における水温変動特性

(A) 自然出水時の水温変動特性

調査期間のうち高温期となった8月中に発生した、8月23日出水時の水温変動特性について整理する。

(a) 出水状況の整理

22日14時頃からは中流域において降雨があり、流量が60m³/sまで増加した。その後宮中ダムからの放流量が減少したため流量が低下したが、22日20時頃から上流域での降雨により再度流量が増加し、23日20時頃にピーク流量(Q=167.9m³/s：十日町)に達した。

宮中ダムから10km下流の十日町でのハイドロは、宮中ダム放流ハイドロとほぼ同様の形状を示した。

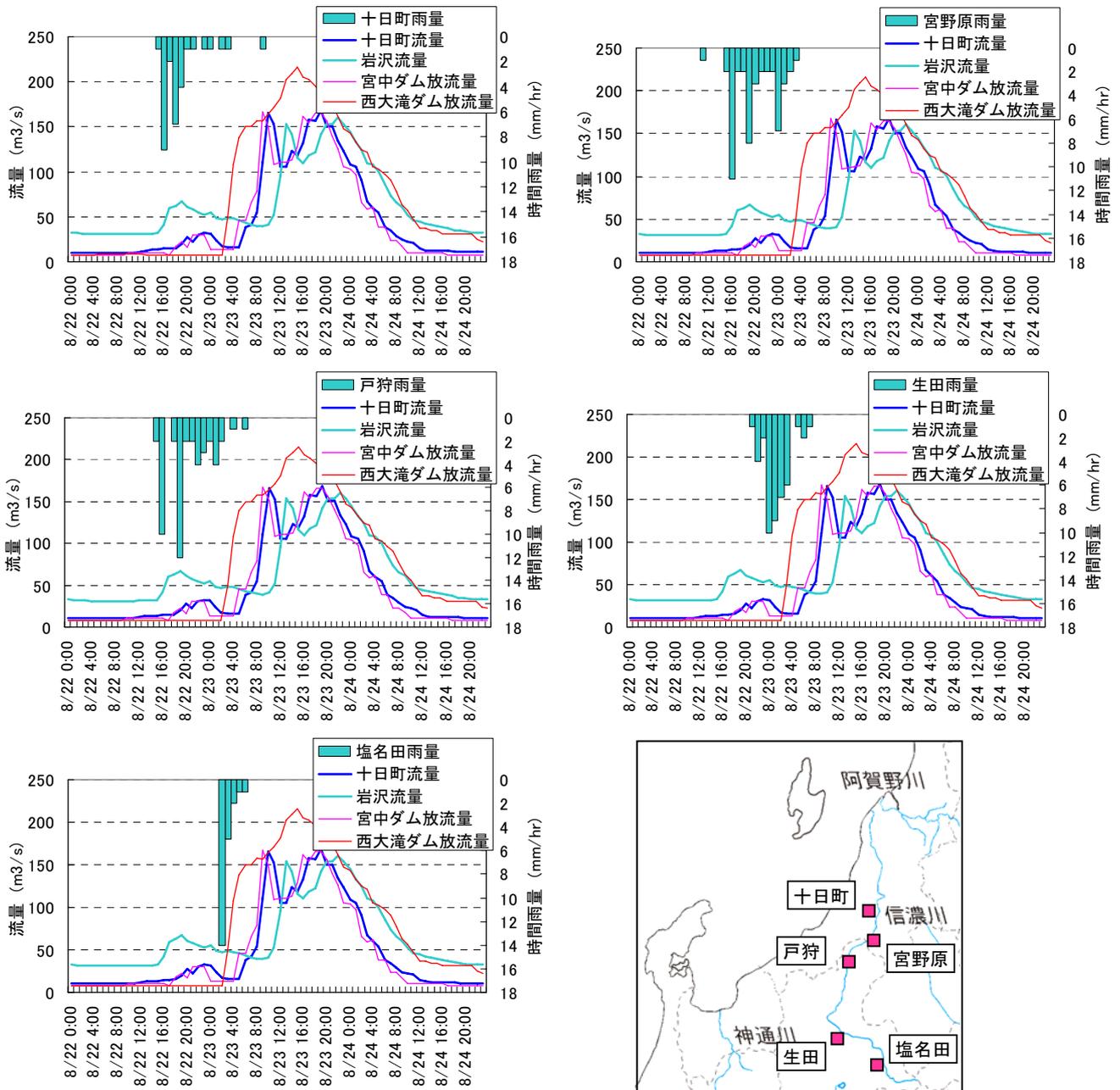


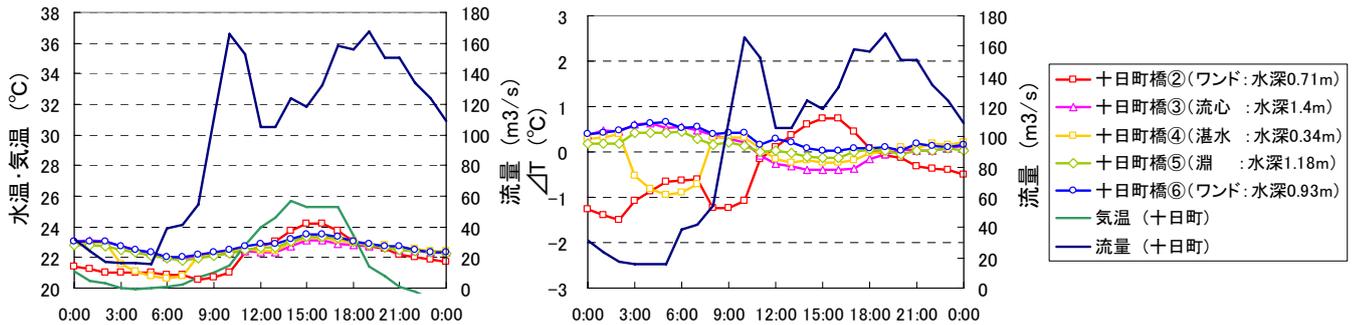
図 2.1-12 中流域流量と流域雨量 (8月23日)

(b) 水温変動の整理

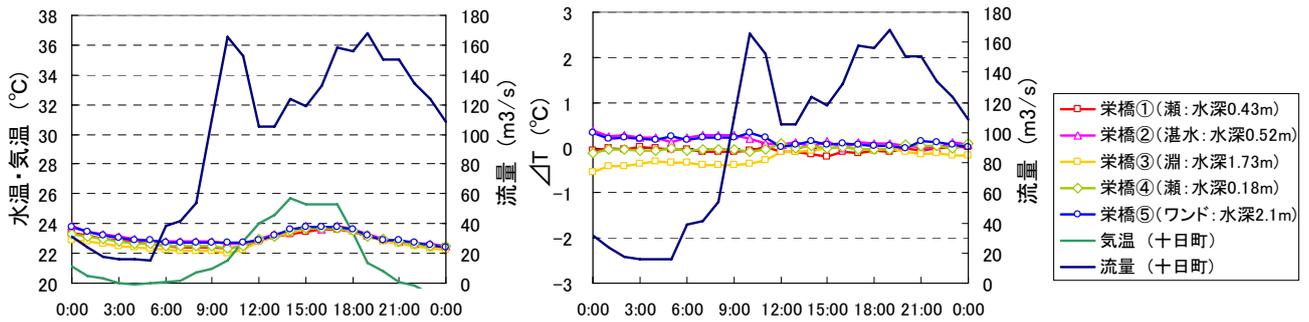
出水のピーク流量は、十日町地点で $167.9\text{m}^3/\text{s}$ 、岩沢地点で $160.7\text{m}^3/\text{s}$ であった。水温ピークは、各地点とも 16 時から 17 時であった。

各区間とも最高水温は 24°C 程度と低く、一日の水温差も 2°C 程度であった。地点間の水温差も十日町橋のワンドと湛水部を除くとほぼ 1°C 以内となっており、一日を通じて水温が一様に低下していた。

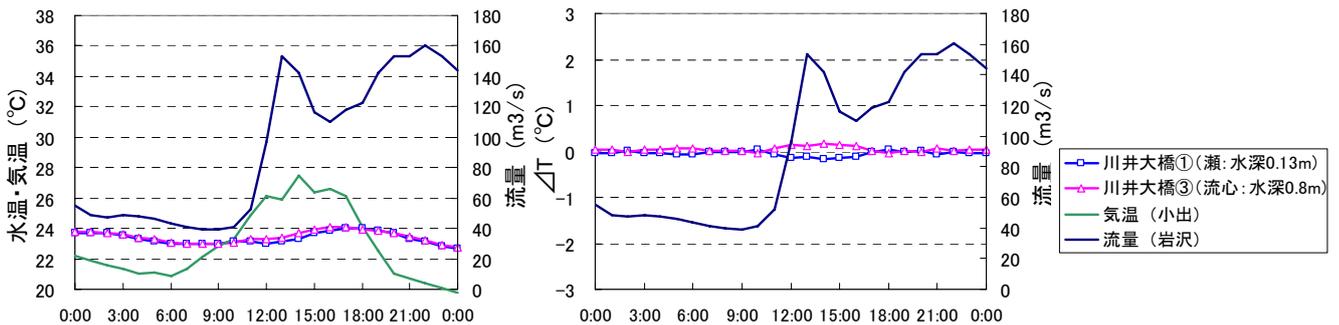
以上の通り、出水時には全体的に水温が低下し、地点間の水温差も小さくなった。



(十 日 町 橋)



(栄 橋)



(川 井 大 橋)

図 2.1-13 出水時 ($Q=167.9\text{m}^3/\text{s}$) における水温の日周期変動

(B) 人工出水時（宮中ダム放流）の水温変動特性

(a) 出水状況の整理

調査期間中の出水のうち、8月5日は周辺地域での降雨等はなかったが、宮中取水ダムからの放流により中流域での流量が増加した。

自然出水時と同様に、十日町で観測されたハイドロは、宮中ダム放流ハイドロとほぼ同じ形状を示し、岩沢地点ではややならされたハイドロとなっていた。

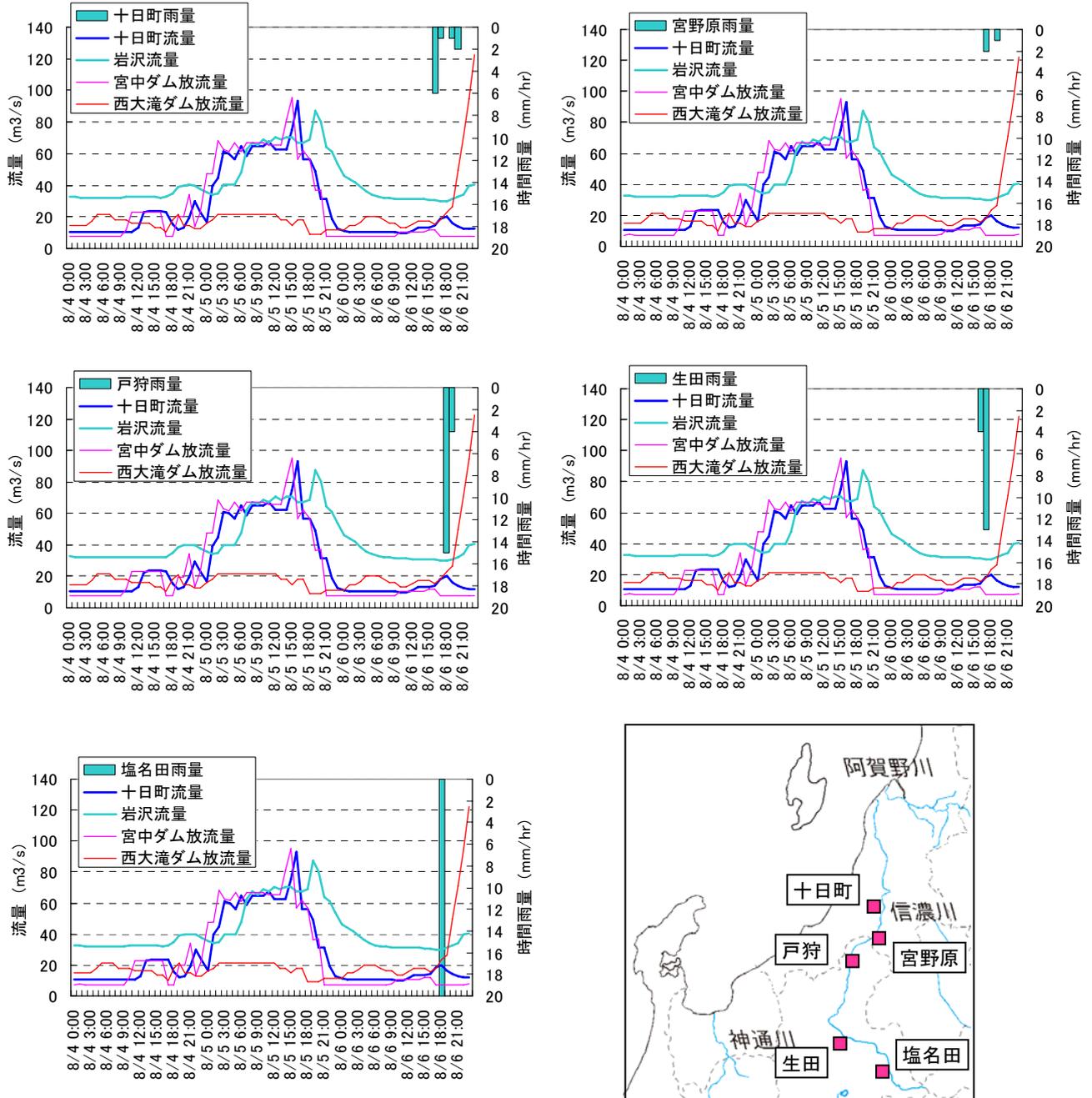


図 2.1-14 中流域流量と流域雨量（8月5日）

(b) 水温変動の整理

出水のピーク流量は、十日町地点で $93.3\text{m}^3/\text{s}$ 、岩沢地点で $87.3\text{m}^3/\text{s}$ であった。この日の最高気温は十日町で 32°C 程度であり、気温が高い状態において流量増加が水温に与える影響を確認することが可能である。水温ピークは、十日町橋で 15 時、栄橋で 17 時、川井大橋で 20 時であり、十日町橋、栄橋では平常時と同じピーク挙動を示した。川井大橋では平常時は移流よりも日射や気温により水温が上昇していたが、このときは昼間の水温上昇がそれほど顕著ではなかった。

各区間とも最高水温は 28°C 程度と全体的にやや低く、地点間の水温差も $1\sim 2^\circ\text{C}$ 以内となっており、一日を通じて水温が一様に低下していた。

以上の通り、気温が高く日照があっても、流量増加時には全体的に水温が低下し、地点間の水温差も小さくなった。

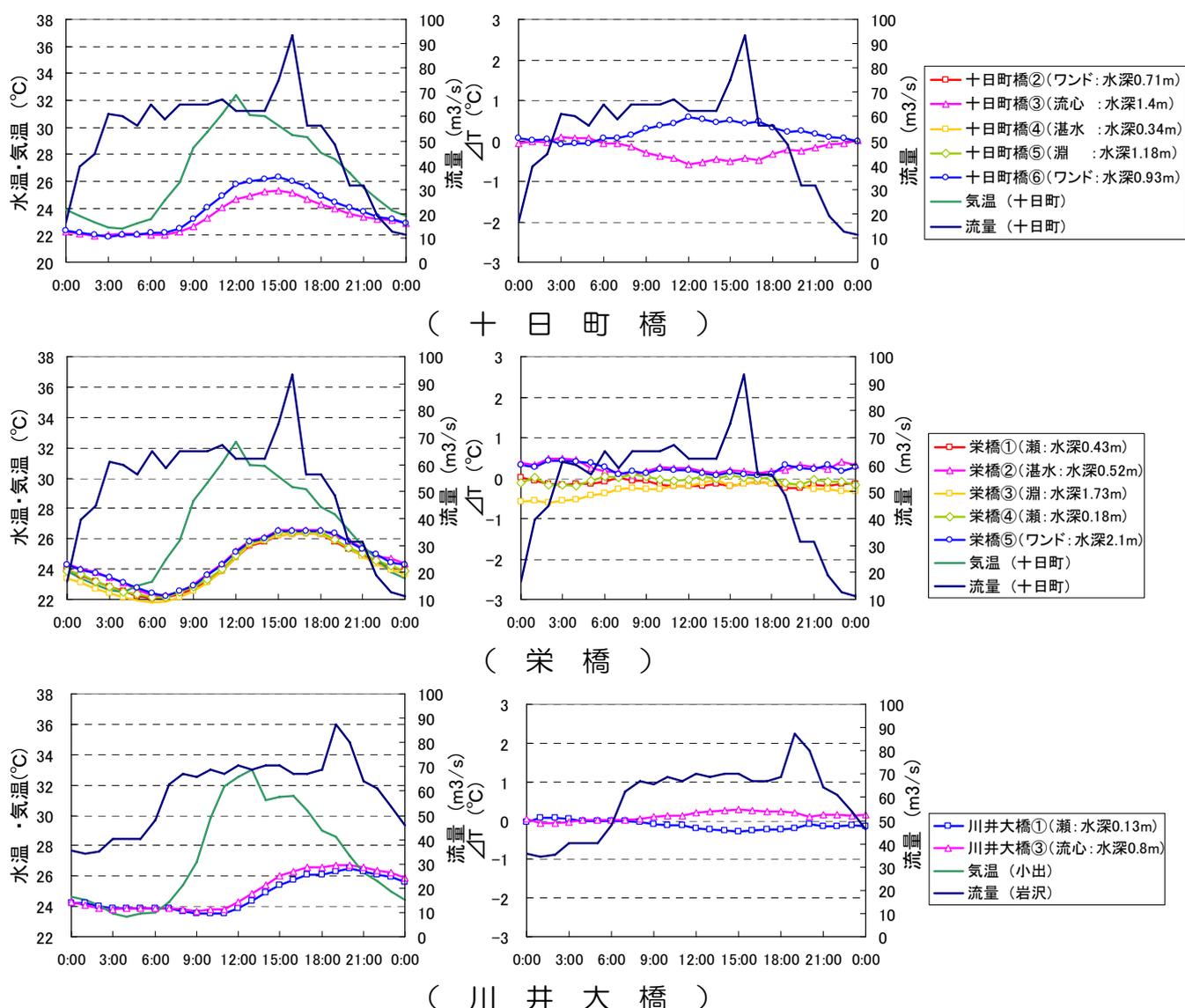


図 2.1-15 出水時 ($Q=93.3\text{m}^3/\text{s}$) における水温の日周期変動

(4) 流量変化と水温変化との関係

以上の調査結果より、 $25\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流量では平常時と同様、地点間での水温差が確認できたが、 90 、 $160\text{m}^3/\text{s}$ の流量では地点間の水温差は小さくなることが明らかとなった。

地点間の水温差の偏差と流量との関係からも、小流量時には地点間の水温差が大きい偏差が大きな値となっているが、 $30\text{m}^3/\text{s}$ 程度以上になると偏差が小さくなる。

したがって、平成18年度に作成した ΔT （地点間の水温差）－水深関係式は、 $30\text{m}^3/\text{s}$ 程度までは適用可能と判断できるが、 $30\text{m}^3/\text{s}$ 程度以上では偏差の低減に伴い、関係式の補正等が必要であると考えられる。

補正方法は現在検討中であるが、今後上記のような補正を行った上で、河川内の水温分布のシミュレーションを実施し、魚類の生息場評価を行う予定である。

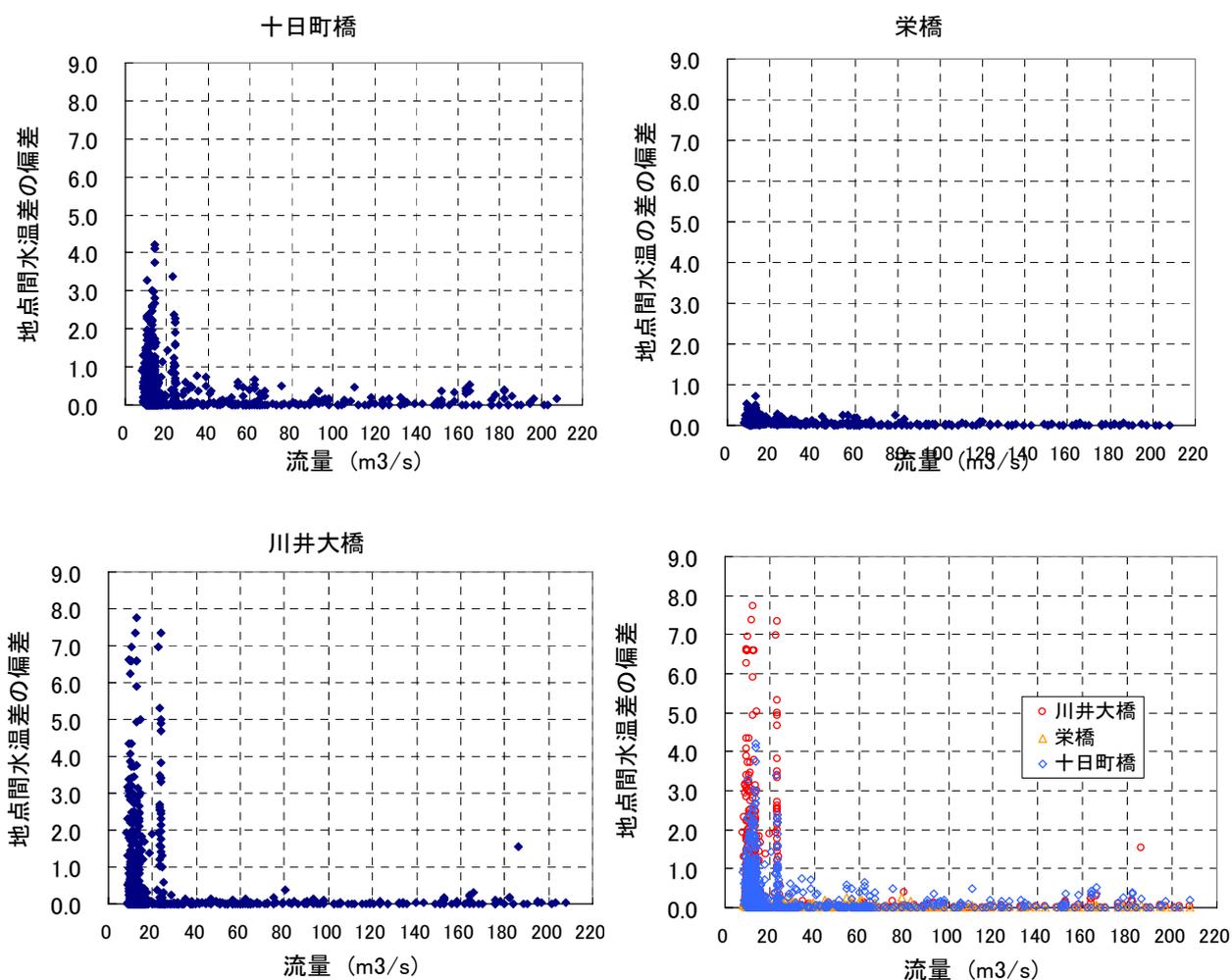


図 2.1-16 地点間水温差の偏差と流量との関係