

1 知多半島の水源転換に関する検討

(1) 長良導水の復元（堰上流域の淡水化）の検討（その3）

第1 はじめに

1 検討の必要性と目的

- ・ 長良川河口堰開門調査の実施に伴い、長良導水を代替水源に振り替えた場合、調査終了後（調査終了前でも濁水等により地域から要請があった際には即座に）、長良導水を復元する必要があることから、堰上流域の塩水を排除する方法について検討しておく必要がある。
- ・ しかし、長良川河口堰は堰上流域に塩水を遡上させないように操作されていることから、通常の管理・運用実績からのみでは、堰上流域から塩水を排除することに関するデータや知見は十分に得られない。
- ・ このため、庁内検討チームでは、平成26年度以降、長良川河口堰の管理・運用開始前に行われた実験のデータを始めゲートの開門操作に係る規則や開門操作の回数、長良川の流量などについての資料を収集・確認し、長良導水の復元に係る知見（堰上流域の塩水排除に適した時期や期間の検討）を整理し検討を続けてきた。
- ・ 平成27年度までの検討により、長良導水の復元（堰上流域の塩水排除）に必要となる河川流量などの条件は概ね整理できたが、開門調査の実施に向けては、「塩水排除が可能となる時期」や「必要な期間」等を更に精緻に検討する必要がある。
- ・ 当面は、検討の基準となるべき河川流量とその測定地点などに係る調査・検討を進め、開門調査後の堰上流域の塩水排除がより確実にできるように、これまでの検討・調査で得た知見の精度を高めていくこととする。

2 これまでの検討経過

(1) 平成 26 年度の検討の概要及び考察

- ・ 「1 検討の必要性と目的」で述べたように、長良川河口堰は堰上流域に塩水を遡上させないように操作されており、通常管理・運用実績からは、堰上流域から塩水を排除することに関するデータや知見は得られない。

- ・ このため、庁内検討チームは、先ず「水資源機構が長良川河口堰の管理・運用開始前に行った実験データ」や「管理・運用開始後に堰上流域へ塩水が遡上した事例やその際の塩水排除の方法」などを収集し確認する必要があると考え、愛知県長良川河口堰最適運用検討委員会の意見を聞いた上で、以下の調査・検討を行い、長良導水の復元に係る知見（堰上流域の塩水排除に適した時期や期間の検討）を次ページのとおり整理・考察した。
 - ① 長良川河口堰の管理・運用開始前の塩水排除事例の調査
～ 平成 6 年度の堰上流域塩水排除実験のデータ収集・整理 ～
 - ② 長良川河口堰運用開始後の塩水排除事例の調査
～ 平成 16 年 7 月 18 日洪水時の調査 ～

【平成 26 年度結果】

(1) 大規模な出水を利用した塩水排除について

- ・ 河川流量が約 1,400m³/s 以上の状態であれば、底層部等の塩水は排除できないものの、塩化物イオン濃度は大きく低減できると考えられる。
- ・ 河川流量が約 4,400m³/s 以上の状態であれば堰上流域の概ねの塩水は直ちに排除できると考えられる。
- ・ 4,400m³/s 規模の洪水の発生頻度から考慮すると、大規模出水のみを利用して堰上流域の塩水を排除し長良導水を復元させる計画を策定することは困難と考えられる。

(2) アンダーフローを利用した塩水排除について

- ・ 堰流入量が約 800m³/s 以上という条件下で引き潮を利用し概ねの塩水を排除し、その後、引き潮に合せたアンダーフロー操作を繰り返し、底層部の塩水を排除することにより、堰上流域の塩水を排除した実績を確認した。
- ・ 流量データの収集・解析の結果、「5 月から 7 月」又は「6 月から 8 月」の 3 ヶ月の間には少なくとも 1 日は 800m³/s 以上の出水があることを確認した。
- ・ このことから次のステップで、堰上流域の塩水を排除する計画を策定することは可能と考察される。
 - ① 5 月から 7 月又は 6 月から 8 月の間を塩水排除期間と設定し、降雨を待つ。
 - ② 河川流量が約 800m³/s 以上の状態となった段階で引き潮を利用した塩水排除の操作を開始する。
 - ③ その後、アンダーフローによる塩水の排除を数日間繰り返す。
- ・ ただし、開門調査では、塩水遡上の事例（H16.7.18）の場合よりも多くの塩水が堰上流域に遡上することが想定されることから、より確実な塩水排除計画については更なる検討が必要である。

(2) 平成 27 年度の検討の概要及び考察

- 平成 26 年度の検討結果を、愛知県長良川河口堰最適運用検討委員会利水チームに説明したところ、「洪水発生頻度の検討には日平均流量ではなく瞬時値を採用すべき。」との意見に加え、平成 27 年度の検討内容について、次の助言をいただいた。

- ① 塩水排除の事例として「H6 年の 5 月実験」があるので実験データを入手して整理すべき
- ② 水資源機構がゲートを開門操作した事例（ $800\text{m}^3/\text{s}$ 以上の堰流入量で全開門している。）を確認すべき
- ③ どの地点の流量を用いて検討することが適当かを確認するため、墨俣地点流量と堰地点流量の関係を整理すべき

- 平成 27 年度は、上述の助言を受け、水資源機構に対して次に示す資料の提供を求め、その内容を整理し、「長良川河口堰上流域の塩水排除」の解析手法について、次ページのとおり整理・考察した。

- ① H6. 5 月実験について
 - ・「H6. 5 月実験」の知見の収集
- ② ゲート開門操作の事例の確認
 - ・ゲート操作の基準の確認
 - ・ゲートを全開門した事例の収集
 - ・ゲートを一部開門（アンダーフロー）した事例の収集
- ③ 墨俣地点と堰地点流量の相関の確認
 - ・墨俣地点流量の収集
 - ・堰地点流量の収集

【平成 27 年度結果】

(1) H6.5 月実験について

- ・ 概ねの塩水を排除することなくゲートをそのまま閉塞した場合は、底層の DO が急激に低下するなど環境が悪化する恐れがある。
- ・ 開門調査終了時の塩水排除については、アンダーフローによる塩水排除を行う前に、洪水等を利用して概ねの塩水を排除する必要がある。

(2) ゲート開門操作（全開・一部開門（アンダーフロー））の事例の確認について

- ・ 洪水時にゲート開門する際の基準には墨俣地点の流量を用いていることを確認した。
- ・ アンダーフロー操作は、流入量に影響されることなく実施できるものと考察される。
- ・ アンダーフローの実操作を安全かつ適切に行なうには、十分な経験と施設操作の習熟度が必要になるので、施設管理者である水資源機構の協力は必要不可欠と考えられる。

(3) 墨俣地点と堰地点流量の相関の確認

- ・ 今後、「塩水排除の検討」を行うに当たっては、次の理由から墨俣流量を使用することが適当と考えられる。
 - ① 墨俣流量と堰流入量のピーク流量にほとんど差はないこと。
 - ② 800m³/s を上回る出水の発生回数が同じであること。
 - ③ 現行の洪水時におけるゲート操作（全開）の基準となる流量が、操作細則に墨俣地点と定められていること。
 - ④ 塩水排除の計画を策定するに当たっては、流量の小さいものを使用した方が確実性（信頼性）が上がること。
 - ⑤ 長良導水の取水地点（堰上流約 7km）より上流地点の流量を使用した方がより確実に導水の復元に資すると思われること。

(3) 平成 28 年度の検討事項

- 平成 28 年度の検討として、塩水排除が可能となる時期等の検討方法について、愛知県長良川河口堰最適運用検討委員会利水チームに相談したところ、以下の意見をいただいた。

① まずは、中部地方整備局、水資源機構に墨俣流量と堰流量の測定方法等について確認をする必要がある。

② 加えて、水資源機構が墨俣地点の速報値を把握しているにも拘わらず、国土交通省の公表データでは欠測となる理由についても確認をする必要がある。

また、国土交通省に同省が公表している流量データに欠測が多い理由を問合せたい。

③ 公表されている忠節流量（長良川河口堰の影響受けない）から平成 27 年度の検討で使用した水資源機構から提供を受けた墨俣、堰地点の流量データを検証する必要がある。

- この意見を踏まえ、本年度は、中部地方整備局、水資源機構に対し以下に示す資料の提供を求め、その内容を整理し、「長良川河口堰上流域の塩水排除の解析手法の検討に使用する河川流量データ及びその測定地点」についての検討をすることとした。

① 中部地方整備局の行う流量測定（把握）の方法

② 墨俣地点も含め、国土交通省が公表している流量データが欠測となる理由。

③ 水資源機構の行う堰地点流量の測定（把握）の方法

第2 中部地方整備局の行う流量測定の方法の確認及び検討

1 検討の目標

- ・ 長良川の管理者である中部地方整備局の流量測定（把握）の方法などについて確認し、長良導水の復元（堰上流域の塩水排除に適した時期や期間）に係る検討に使用する流量データの選定の参考とする。

2 調査・検討方法

- ・ 中部地方整備局に、「同局の行う流量測定（把握）の方法」についてヒアリングを行う。
- ・ また、国土交通省が公表している流量データにおいて、近年は欠測が多い理由についてもヒアリングを行う。
- ・ ヒアリングの結果を基に考察を行うとともに、平成27年度調査のために水資源機構から提供を受けた墨俣地点流量（速報値）と国土交通省が公表している同地点の流量（確定値）のグラフを作成し比較検討する。

3 調査結果

(1) 流量測定（把握）の方法について

ア 流量の算定（把握）式について

- ・ 水位のみを変数とした「水位（H）－流量（Q）の曲線式（以下「曲線式」という。）」が作成されており、その数式に観測した水位を代入することにより流量が算定（把握）されている。

- 曲線式は、各観測所における水位や流速等の観測データと河川の横断測量の結果を基に、水位と流量の相関関係を数式化したもので、縦軸を水位、横軸を流量とする座標上に、水位－流量の値をプロットし、最小二乗法等により求められている。
- また、曲線式は、必要に応じて通常時の流量（低水流量や平水流量）や洪水時の流量（高水流量）等に区分して作成されている。
 その他、出水等により河川断面が大きく変化する場合にも、必要に応じて区分して作成される。
- 曲線式を作成するため、観測データから流量を算定する数式は、

$$Q \text{ (流量 m}^3\text{/s)} = A \text{ (流積 m}^2 \text{ (水が流れている断面積))} \times V \text{ (流速 m/s)}$$
 となっている。
- 流積：A (m²) の算定方法や水位：H (m)、流速：V (m/s) の観測については、以降にまとめる。

イ 流積：A (m²) の算定方法について

- 河川横断測量の結果から、観測所における断面図が作成される。
- その断面図を基に水位毎の流積が算定される。
- 横断測量は、毎年出水期前に実施されるが、洪水等によって河床が変化したと認められる場合には、その都度速やかに行われている。

ウ 水位：H (m) の観測方法について

- 各観測所の水位はリアルタイムで観測されており、墨俣地点では水晶式水位計により観測されている。

水位計には、水晶式水位計以外に、フロート式水位計、デジタル式水位計（リードスイッチ式）などがある。

- 墨俣観測所の水位計（中部地方整備局提供）



エ 流速：V (m/s) の観測方法について

- 流速の測定方法は、洪水時の観測に用いられる浮子観測と低水時等の観測に用いられる流速計による観測などがある。

流速計にはプロペラ流速計、電磁流速計などがある。

① 浮子による観測状況（中部地方整備局提供）



② 流速計による観測状況（中部地方整備局提供）



(2) 河川管理者が発表する流量データについて

ア 確定値と速報値

- ・ 河川管理者が使用している河川流量には確定値と速報値がある。
- ・ 種々の観測結果に基づき精緻に整理されているのが確定値であり、その値が確定されるのは観測結果などの整理に時間が必要になることから、翌年度以降となる。
- ・ 一方、河川の流量は日々の河川管理に必要となることから、いわゆる概算値的な位置づけとなる速報値が算定されている。
- ・ 確定値と速報値に係るヒアリング内容は以降に記す。

イ 確定値（水文水質データベースでの公表値等）について

- ・ 国土交通省が同省のホームページ「水文水質データベース」や流量年報等で公表している流量は確定値である。
- ・ この確定値は、水位が測定された年度と同年度に行われた測量結果による河川横断図や流量の測定データから作成された曲線式に毎正時等の水位データを代入し算定された値である。
- ・ 確定値の算定は、河川横断測量データの整理、河川横断図の作成を了し、更に曲線式が作成された後でなければ行えないため、その公表は、翌年度、若しくは翌々年度となる。

ウ 速報値（リアルタイムデータ）について

- ・ 良好な河川環境の維持、適正な河川水の利用、危機管理対応などの河川管理のために暫定的に算出している流量が速報値である。
- ・ この速報値は、水位を測定した瞬時に算出する必要があることから、過年度に作成された曲線式（最新でも1年前のものとなる）を河川管理のために使用する曲線式とし、それに現時点の水位を代入して算出している。
つまり、速報値は、水位を計測した年度と曲線式の基となっている測量などの年度が異なっている。

(3) 確定値が欠測となる理由について

- ・ 確定値は、「(2) 河川管理者が発表する流量データについて」の「イ 確定値（水文水質データベースでの公表値等）について」で述べたとおり、水位が測定された同年度の水位流量曲線から算定された値であるが、公表に当たっては、国土交通省により以下の照査が行われている。
 - ① 測定された水位が支川合流の影響や河川改修工事による背水の影響等を受けていないか。
 - ② 水位測定時と測量時の河川断面に大きな変化（河川改修や工事など）はないか など。
- ・ 照査の結果、水位が欠測とされた場合や水位から流量を算出することが不適切と考えられる場合、流量は欠測とされる。

(4) 墨俣地点における速報値と確定値の比較について

ア 墨俣地点流量の速報値と確定値のグラフ

① グラフは次頁以降のとおり

② データの出典

・速報値：水資源機構

(平成 27 年度の庁内検討チームの課題検討のために提供を受けたデータ)

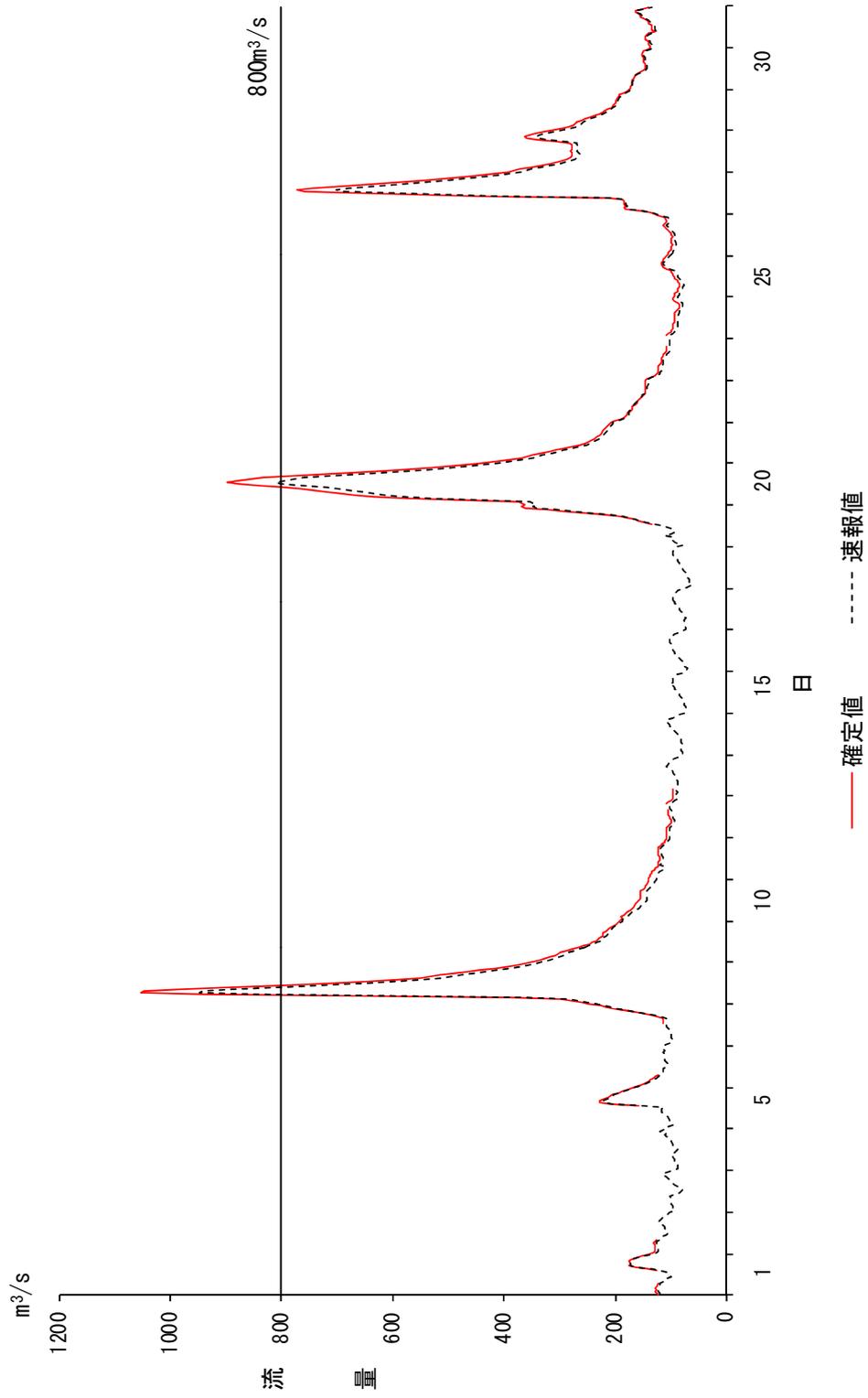
・確定値：国土交通省水文水質データベース

イ 墨俣地点流量の速報値と確定値とを比較したグラフからの考察

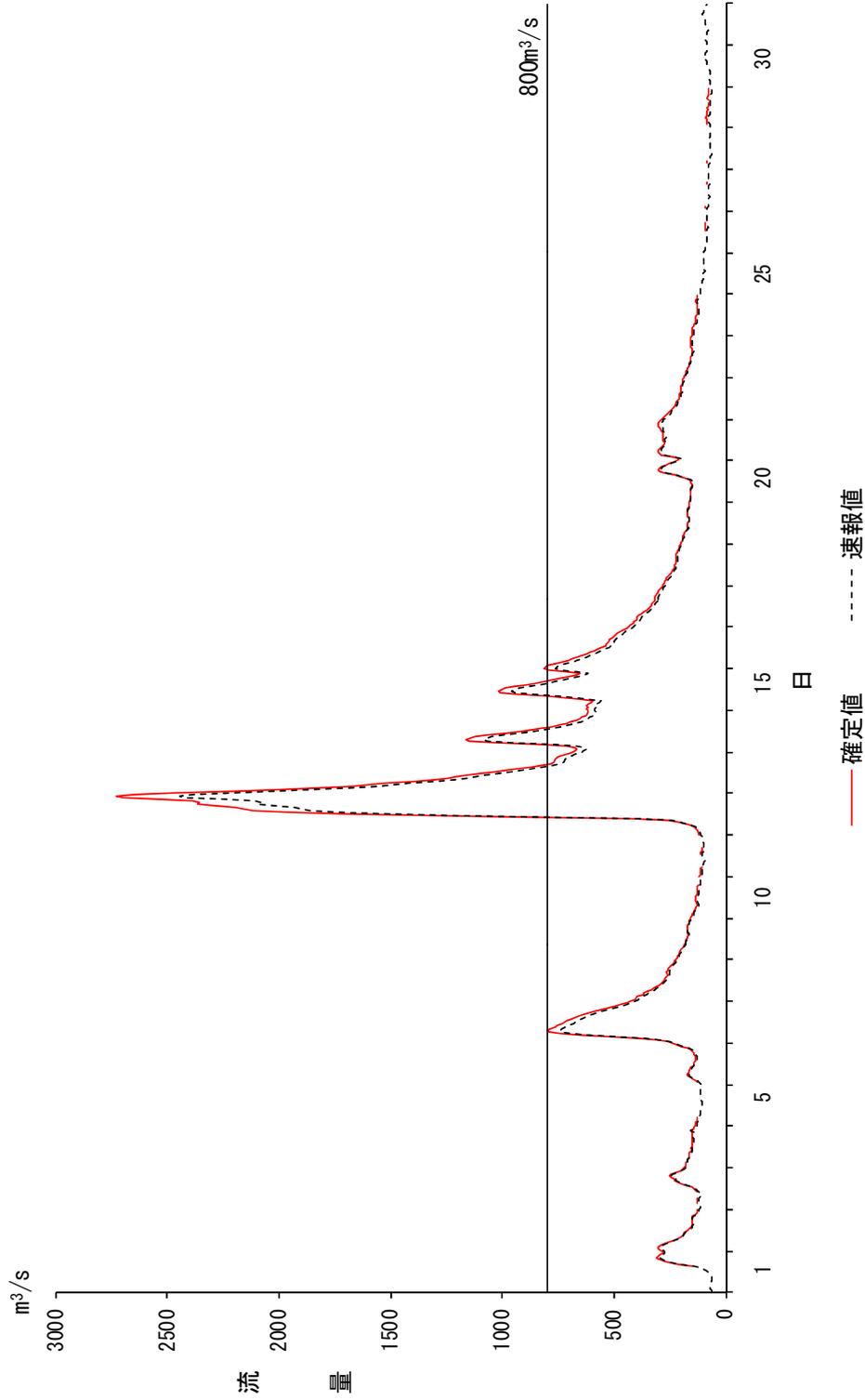
・ 平成 23 年から平成 26 年までの 7 月の墨俣地点の低流量時における速報値の流量は、概ね 1 日を周期とした波形となっており、これは潮位に合わせ変動する長良川河口堰の堰上げの影響と思われる。

・ こうしたことから、墨俣地点流量の確定値のうち欠測となっているものの多くは、同地点の水位が長良川河口堰の堰上げの影響を受けている場合と考えられる。

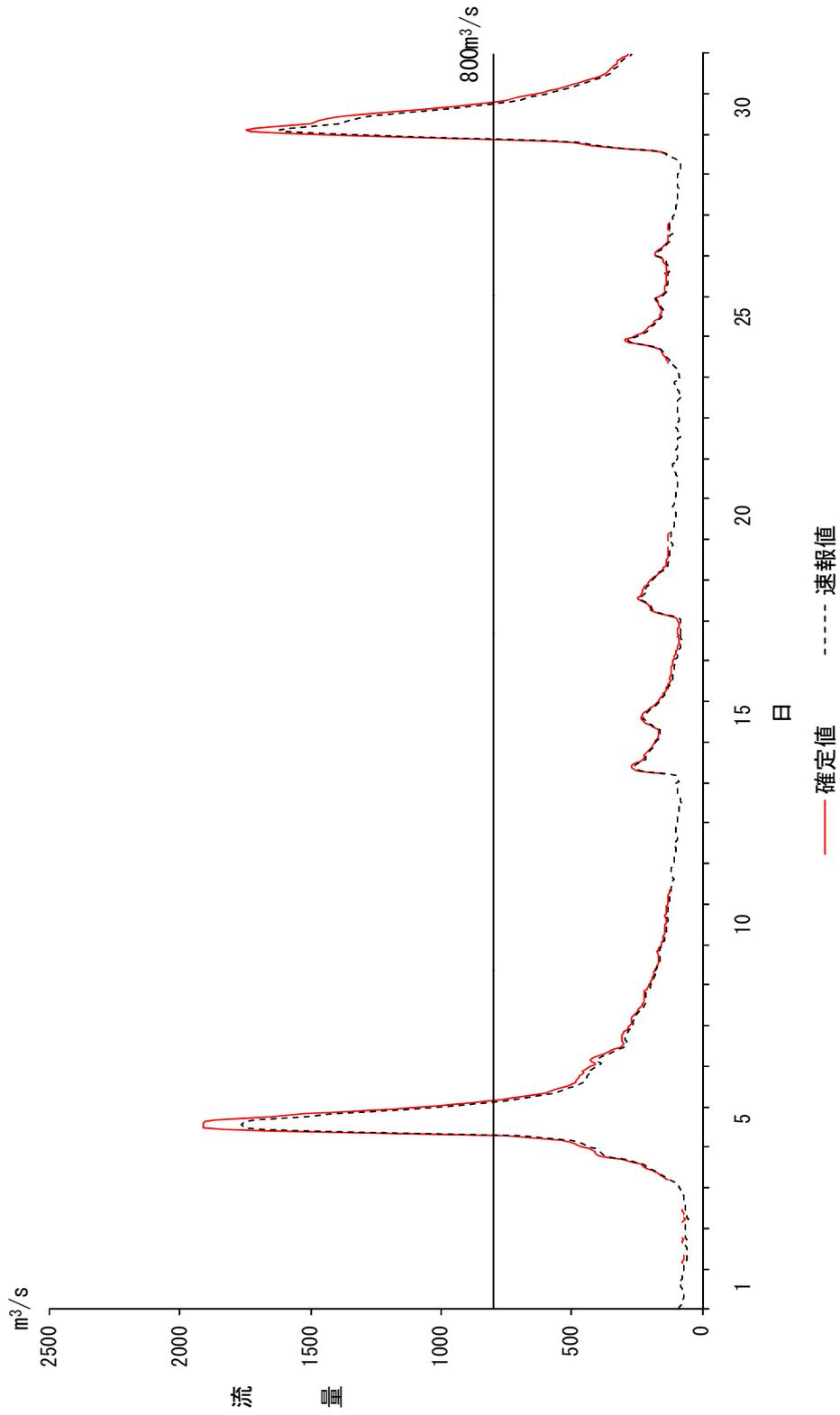
平成23年7月 流量グラフ



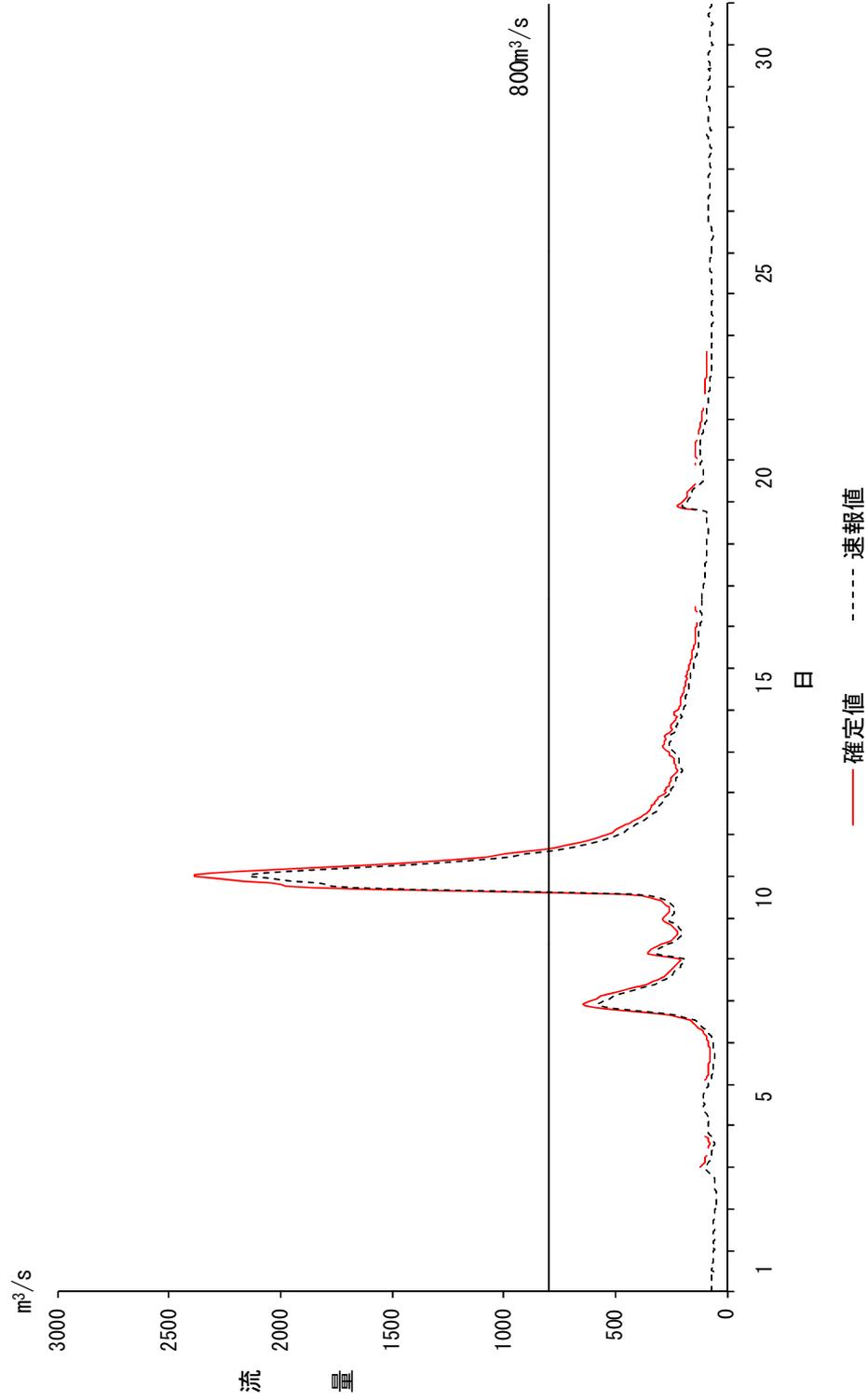
平成24年7月 流量グラフ



平成25年7月 流量グラフ



平成26年7月 流量グラフ



4 まとめ

- 流量は各観測所における水位と河川断面、流速を基に作成される曲線式から算定されている。
- 曲線式は、流量の大小や河川断面の大きな変化毎に作成されている。
- 確定値は、水位を測定した年度と同年度の河川断面を基に算定された曲線式から算定される値であり、かつ、水位の適正さなどについて河川管理者に照査され公表されたものである。
- 速報値は、測定された水位の年度とは異なる年度の河川断面を基にした水位流量曲線式（過年度の最新の式等）から算定されたもので、良好な河川環境の維持、適正な河川水の利用、危機管理対応などの河川管理に使用されている。
- 墨俣地点流量の確定値は、主に長良川河口堰の堰上げの影響を大きく受ける低流量時に欠測となっていると考えられる。
- 長良導水の復元に関する検討に必要な大規模な出水（ $800\text{m}^3/\text{s}$ 以上）であれば、速報値と確定値に大差がなく、また欠測もないことから、どちらの値を使用しても良いと考えられる。

第3 忠節・墨俣・長良川河口堰の各地点におけるデータの取扱 についての検討

1 検討の目標

- ・ 忠節・墨俣・長良川河口堰の各地点における流量、流入量の測定方法などについて確認・整理し、長良導水の復元（堰上流域の塩水排除に適した時期や期間）に係る検討に使用する流量データの検討の参考とする。

2 調査・検討方法

- ・ 水資源機構に、長良川河口堰地点の流量の算定（把握）の方法についてヒアリングを行う。
- ・ ヒアリングの結果を基に考察を行うとともに、平成27年度調査のために水資源機構から提供を受けた墨俣地点と長良川河口堰地点の流量（速報値）と国土交通省が公表している忠節地点の流量（確定値）のグラフを作成し比較検討する。

3 調査結果

(1) 水資源機構における長良川河口堰地点の流入量の算定方法について

- ・ 長良川河口堰は、河川水を堰止めることなく常に流下させていることから、堰地点にも流量（流速）が発生しているため、越流水深の測定やアンダーフロー時の流速測定など種々の観測を組み合わせれば、堰地点の流量を観測することは可能であると考えられる。
- ・ しかし、堰地点の流量については、通常時は潮位に応じ河口堰の堰上げ高を調整するゲート操作をしていることから、堰上流水位が堰流出量の変

動を受けること、また、ゲート全開時には、堰地点の潮汐による移動と分離して算定することができないことなどの実態がある。

- このため堰地点流入量は、簡易な曲線式等を作成し瞬時に算出することが適当ではなく、上流地点の河川流量から堰地点流入量を算出する手法を採用している。
- ちなみに、長良川河口堰では、仔鮎の降下やD0の改善など環境を考慮した放流のためのゲート操作を行っていることから、流速については、速い場所と遅い場所が発生するなどの実態にあり、水位だけではなく、流速についても堰地点の正確な値を把握することは困難と思われる。
- 上記のことから、長良川河口堰地点の流入量（速報値）は、中部地方整備局から提供を受けている墨俣地点の流量（速報値）に、墨俣地点からの河口堰地点までの到達時間や残流域からの流入量などを考慮した算定式により求められている。
- 流量観測の詳細は、「第2 中部地方整備局の行う流量測定の方法の確認及び検討」の「3 調査結果 (1) 流量測定（把握）の方法について」で記述してあるので参照されたい。
- 算定式により考慮されている事象の詳細は次のとおり。
 - ① 墨俣地点の水が長良川河口堰に到達するのに必要な時間は、概ね2時間半程度と見込んでいる。
 - ② 平水時、低水時においては、支川（残流域）からの流量を考慮して割り増す。

③ 洪水時には、支川（残流域）の流量が本川の流量と比べて非常に小さいことから、長良川河口堰地点流量に残流域からの流入量は見込まず、墨俣地点流量と同値（流下時間は考慮）とする。

- ・ 支川（残流域）からの流入に係る補正については、長良川本川の流量が小さい時には、支川（残流域）からの流入量の占める割合が大きくなることから行う必要が生じるが、本川の流量が大きくなるに従い、本川流量に対する支川（残流域）からの流入量の占める割合が小さくなることから、洪水時などでは同値（流下時間は考慮）として処理しているものと考えられる。
- ・ 中部地方整備局による墨俣地点の流量（速報値）の測定方法は、「第2 中部地方整備局の行う流量測定の方法」の「3 調査結果（1）流量測定（把握）の方法について」のとおり。

(2) 墨俣地点と長良川河口堰地点における流量（速報値）と忠節地点の流量（確定値）の比較について

ア 墨俣地点と長良川河口堰地点の流量の速報値と忠節地点流量の確定値のグラフ

① グラフは3-1-1-23 頁以降のとおり

② データの出典

・ 速報値（墨俣地点、長良川河口堰地点）：水資源機構

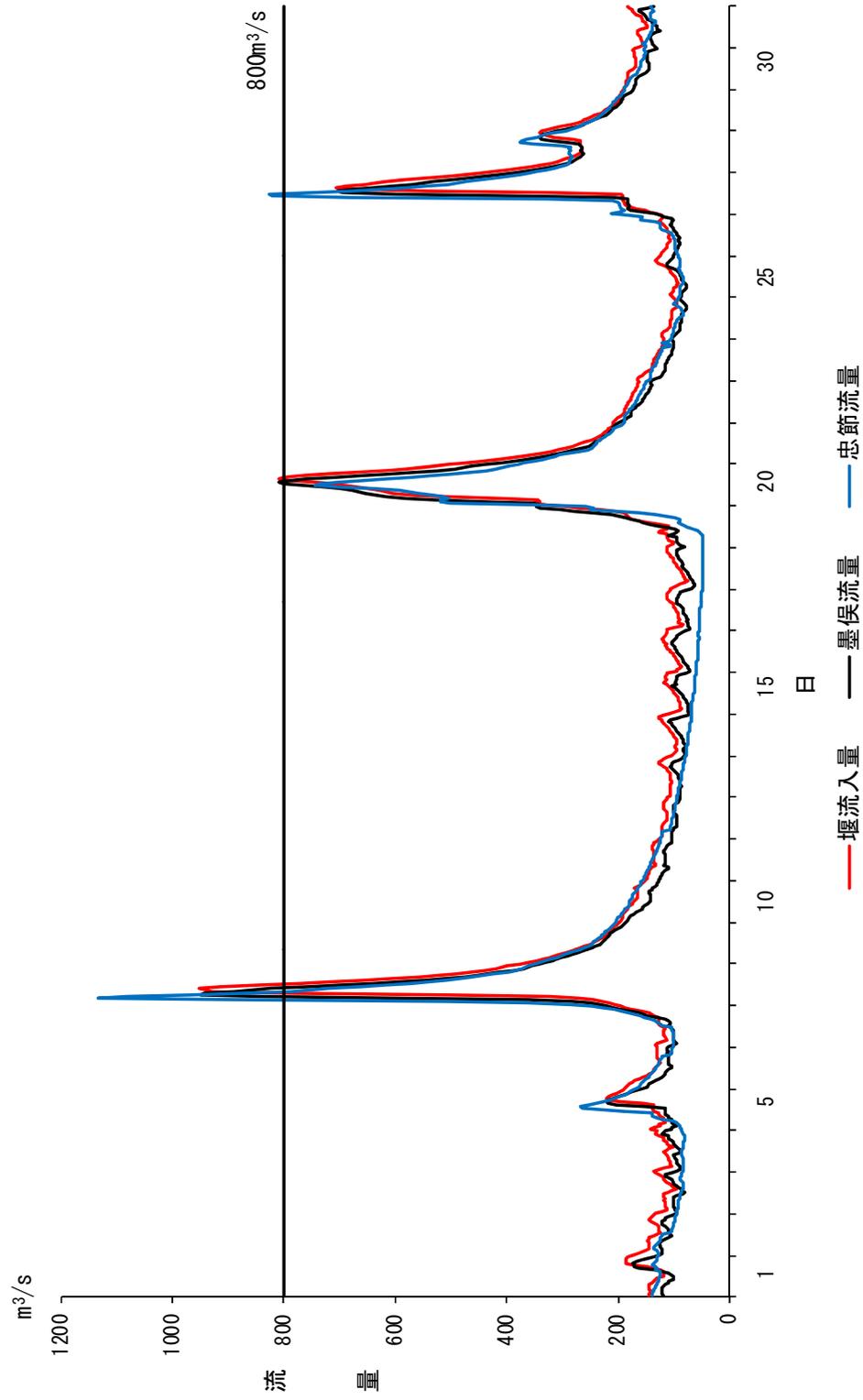
（平成 27 年度の庁内検討チームの課題検討のために提供を受けたデータ）

・ 確定値（忠節地点）：国土交通省水文水質データベース

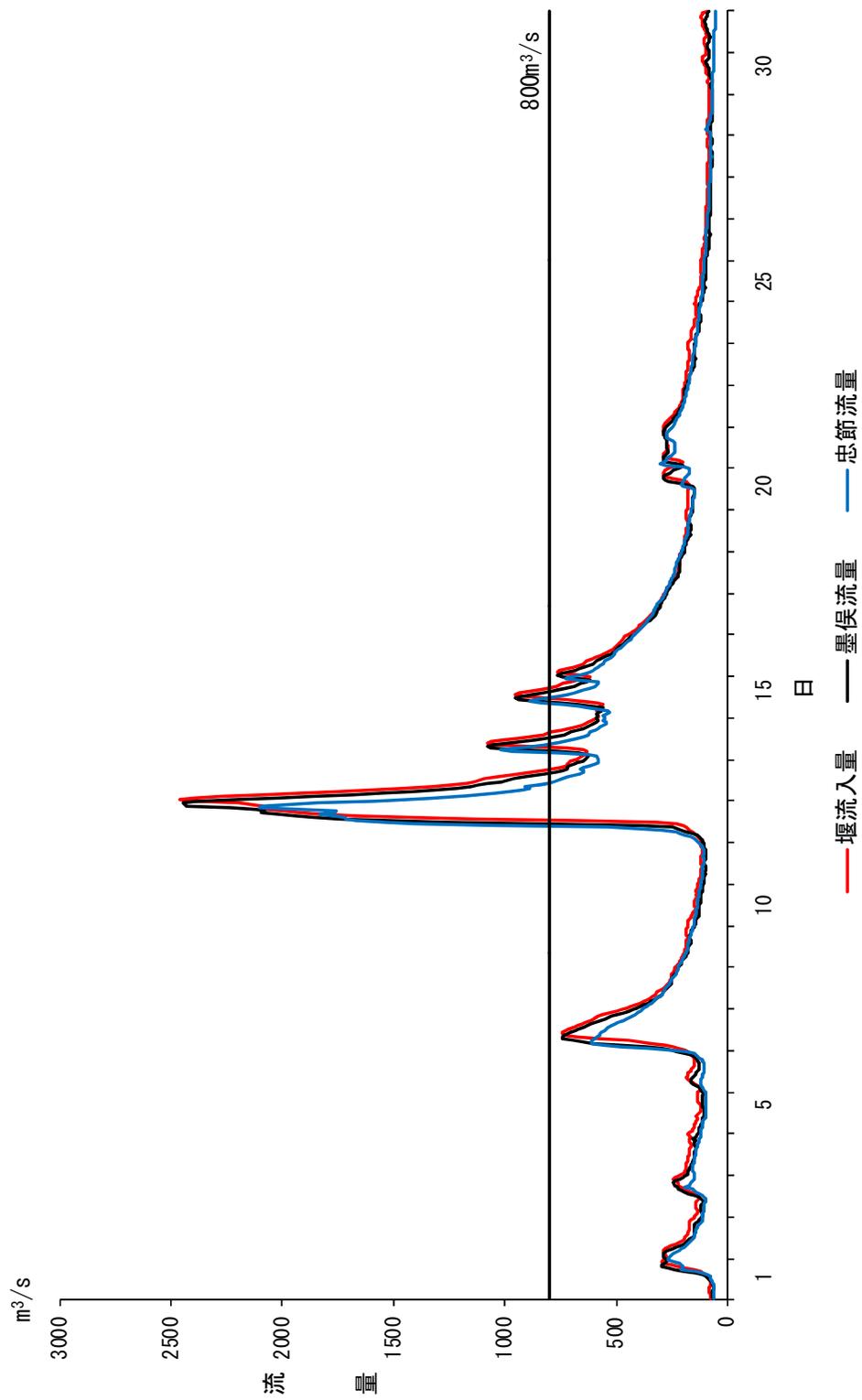
イ 墨俣地点と長良川河口堰地点における流量・流入量（速報値）と忠節地点の流量（確定値）とを比較したグラフからの考察

- ・ 墨俣地点と長良川河口堰地点の流量・流入量の速報値のグラフと忠節地点の流量の確定値のグラフは概ね同じ形となる。
- ・ 長良川河口堰のゲートの全開操作の基準となる流量（ $800\text{m}^3/\text{s}$ ）の発生回数に大差は生じない。

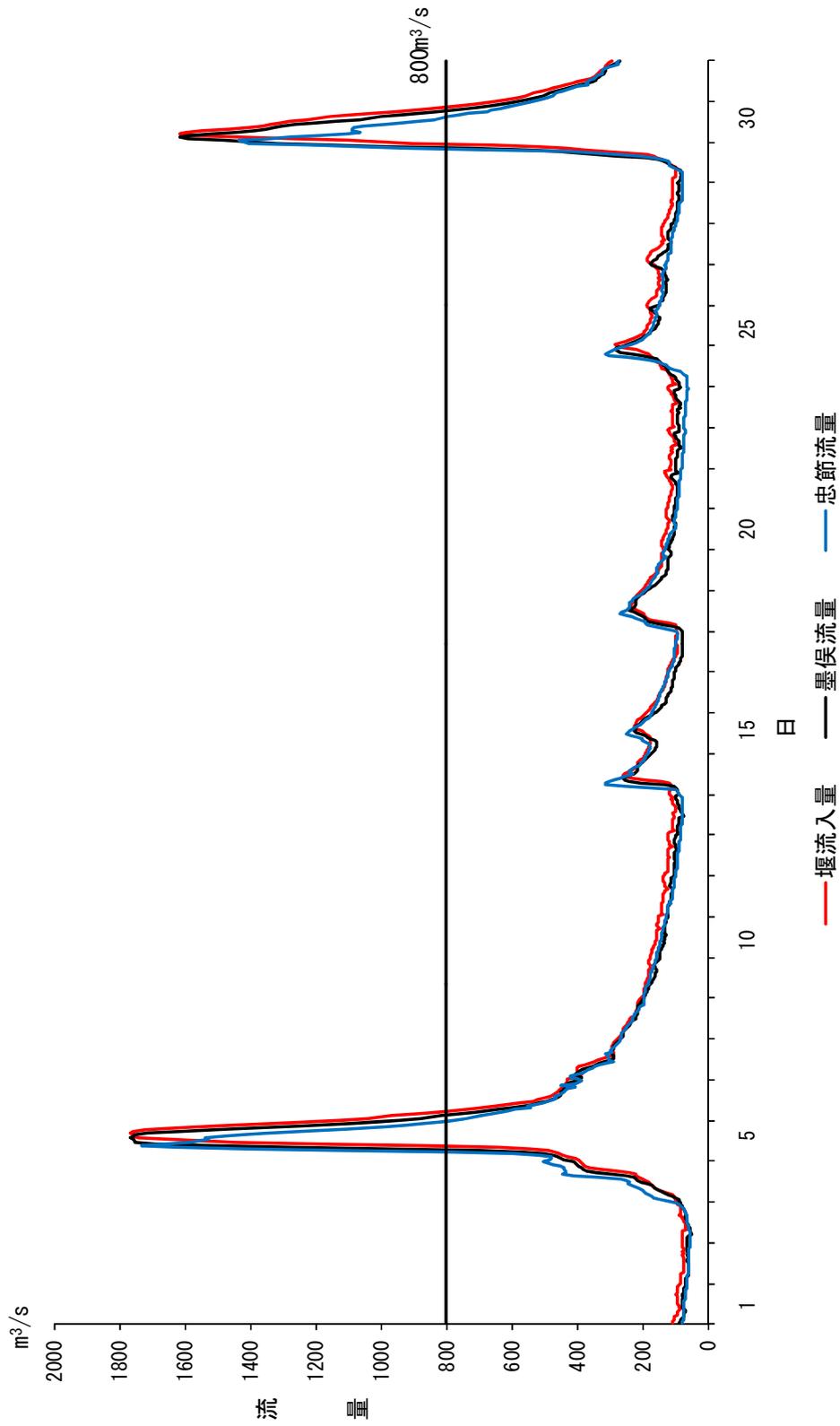
平成23年7月 流量グラフ



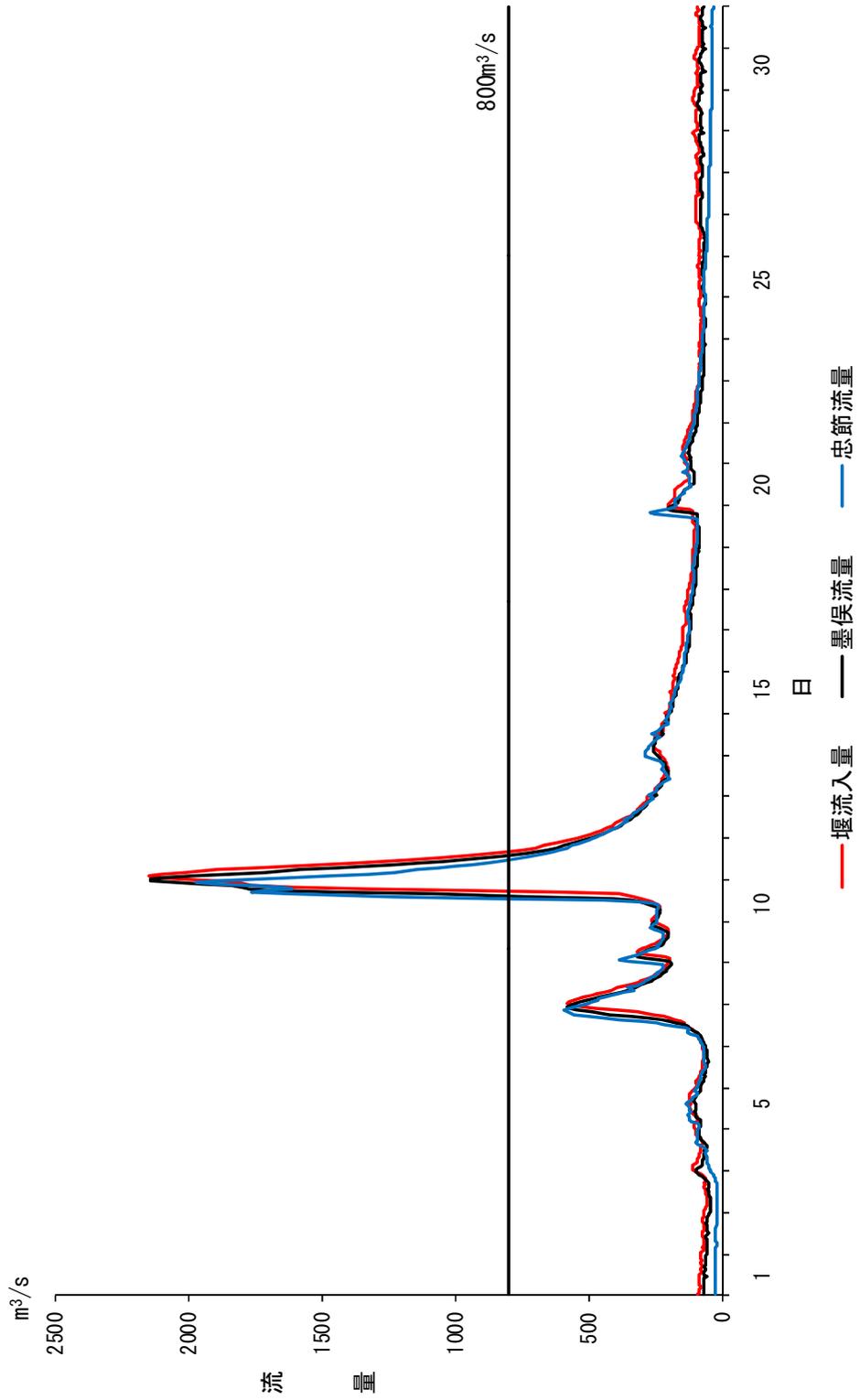
平成24年7月 流量グラフ



平成25年7月 流量グラフ



平成26年7月 流量グラフ



4 まとめ

- 堰地点では、塩水を遡上させないための潮位に応じ堰上流水位を変化させるゲート操作や、仔鮎の降下や DO の改善など環境を考慮したゲート操作により、水位及び流速は流入量との相関をもたないものと考えられる。
- したがって、長良川河口堰は常に水を流下させているものの、簡易な曲線式を用いた流量の把握は困難となっている。
- 上記のことから、堰地点の流入量は、上流地点の河川流量から算出する方法が用いられている。
- 長良川河口堰地点の流入量の速報値は、中部地方整備局が測定している墨俣地点の流量の速報値に、堰までの到達時間や残流域からの流入を考慮した算定式から求められている。
また、出水時においては、墨俣地点の速報値と長良川河口堰地点の速報値は同値（流下時間は考慮）とされる。
- 長良導水の復元に関する検討で使用する流量データについては、長良川河口堰地点流量の速報値が墨俣地点の速報値を基に算定されていることや、墨俣地点の速報値と忠節地点の確定値において、大規模出水の発生回数に大差がないことから、墨俣地点の速報値を使用しても差し支えないと考えられる。

第4 総括

- ・ 以上のように、本年度の検討では、「河川流量の算定（把握）の具体的な方法」、「確定値、速報値のもつそれぞれの意義と違い」、「確定値に欠測が生じる必然性」を確認した。
- ・ 更に、水資源機構が「長良川河口堰地点の流量を直接観測しない理由」、「長良川河口堰地点の流量の算定（把握）方法」についても確認することができた。
- ・ こうした河川流況把握の実態をしっかりと参考にし、来年度以降の長良導水の復元に係る検討に生かしていくこととしたい。
- ・ 本年度の検討を踏まえ、来年度以降に行なう「塩水排除の検討」において使用する流量データは、次の理由から墨俣流量の速報値を使用することとする。
 - ① 墨俣地点の流量の速報値と確定値において、ゲートの全開操作を行う流量である $800\text{m}^3/\text{s}$ を上回る出水の発生回数に大差はないこと。
 - ② 水資源機構による長良川河口堰のゲート操作は、墨俣地点流量の速報値により行われていること。