菊川における樋門・樋管操作を確実に行うための高度化・効率化の取り組みについて

渡邊　大晴[1]

[1]中部地方整備局 浜松河川国道事務所 河川管理課

（〒430-0811静岡県浜松市中央区名塚町266）

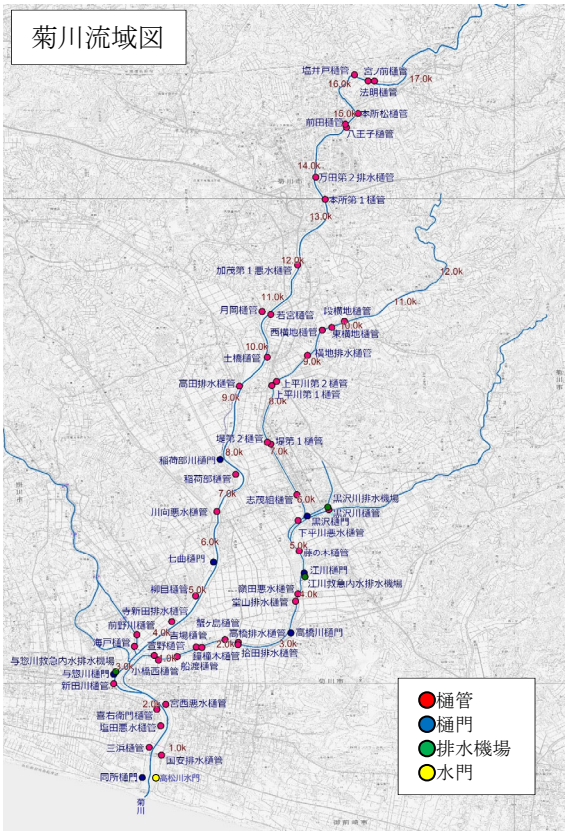
樋門・樋管の操作については，操作員の高齢化等による担い手不足が課題となっており，現在，防止，防災，国土強靭化のための5カ年加速化対策において，老朽化した樋門・樋管の無動力化を進めているところである．本稿では，菊川における樋門・樋管の無動力化の取組状況とゲートの閉塞状況や水位，流況を遠隔で確認するAI機能付き監視カメラの検討状況ついて報告する．

キーワード　樋門・樋管無動力化，AI活用

1.　はじめに

菊川は，静岡県掛川市の栗ヶ岳を源として，牛淵川，下小笠川などの支川を合流し遠州灘に注ぐ流域面積158km²，幹川流路延長28kmの一級河川である．

菊川は直轄一級河川109水系のうち，河川流路延長は全国で一番短く，流域面積も全国で2番目に小さいことから，流域内に雨域が停滞すると急激に水位が上昇する特性がある．また，菊川に流れ込む小規模河川が多く，本川からの逆流を防ぐため，水門1箇所，排水機場3箇所，樋門・樋管59箇所の施設が設置されている．（図－１）



図－１　菊川流域図及び排水施設位置図

2.　菊川における樋門・樋管の現状と課題

樋門・樋管とは，堤内地の雨水や水田の水などが川や水路を流れ，より大きな川に合流する場合，合流する川の水位が洪水などで高くなったときに，その水が堤内地側に逆流しないように設ける施設である．

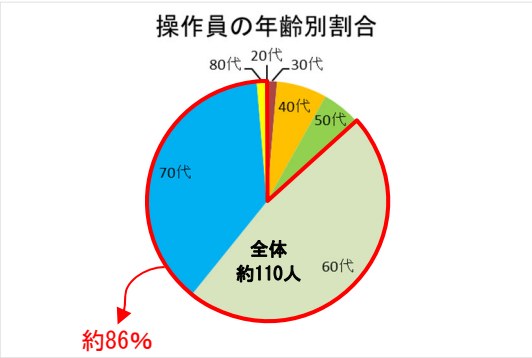
樋門・樋管の操作については，河川法第99条に基づいて各関係市町村に委託しており，各施設毎に2～3人，菊川流域全体で約110人（菊川58人，牛淵川52人，黒沢川2人，下小笠川4人）の操作員が配置されている．

毎年，出水期前に市職員と操作員を集めて操作説明会を行っている．（写真－１）

写真－１　操作説明会の状況

一方，近年の樋門・樋管の操作運用において，洪水による水位上昇時の操作員の退避や安全確保が課題となっていることや，高齢化等により操作人員の確保が難しい状況となっている．操作員は施設がある地区から選出されており，操作員のほとんどは，30分以内に施設まで行ける距離に住んでいる．

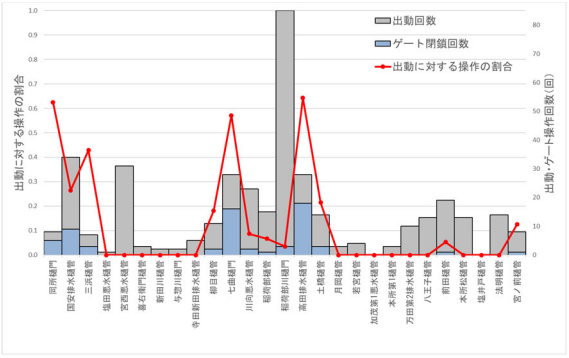
菊川における操作員の年齢構成は，約86％が60代以上となっている．（図－２）



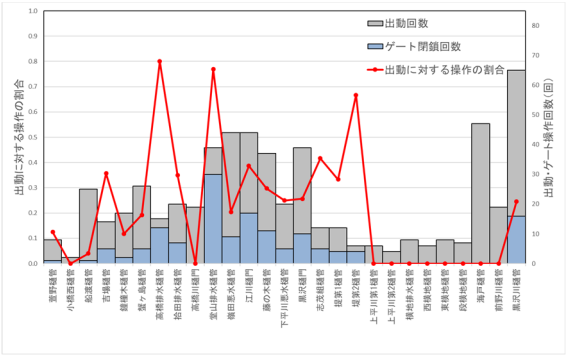
図―２　菊川における操作員の年齢構成

なお，過去15年間のゲート操作頻度は（図－３）のとおりである．黒沢川樋管の出動回数は平均年4回程度であり，操作員の負担も大きい．

【菊川】



【牛淵川，黒沢川，下小笠川，丹野川】



図―３　過去15年間の出動回数と操作回数の結果

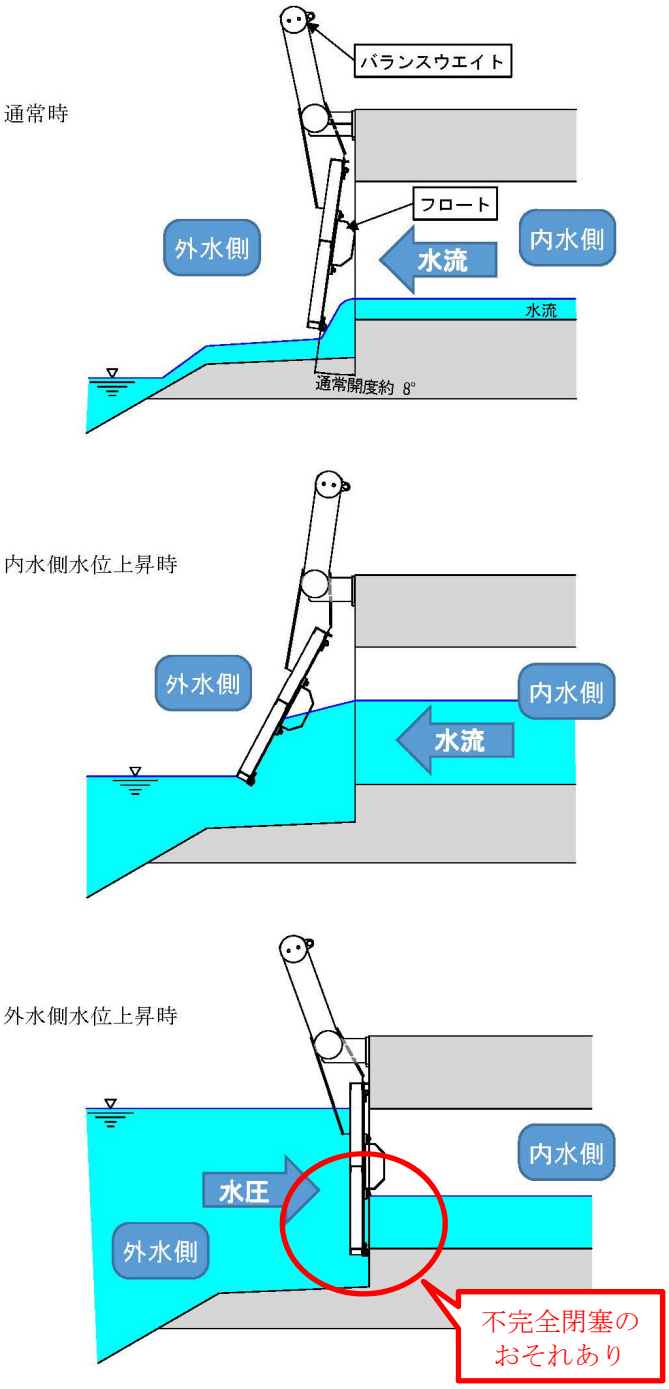
また，令和元年台風第19号時には，菊川支川牛淵川において内水被害が発生した．（写真－２）

その際には，その責任の重さや安全確保の観点から，操作員を辞めたい等の意見が多数寄せられた．

写真―２
令和元年台風19号による内水被害の状況

これらのことから，浜松河川国道管内では，比較的小規模な樋門・樋管において，人為的な操作を伴わず内外水位差によって無動力で開閉する無動力式ゲート（図－４）の検討や整備を令和2年から進めている．

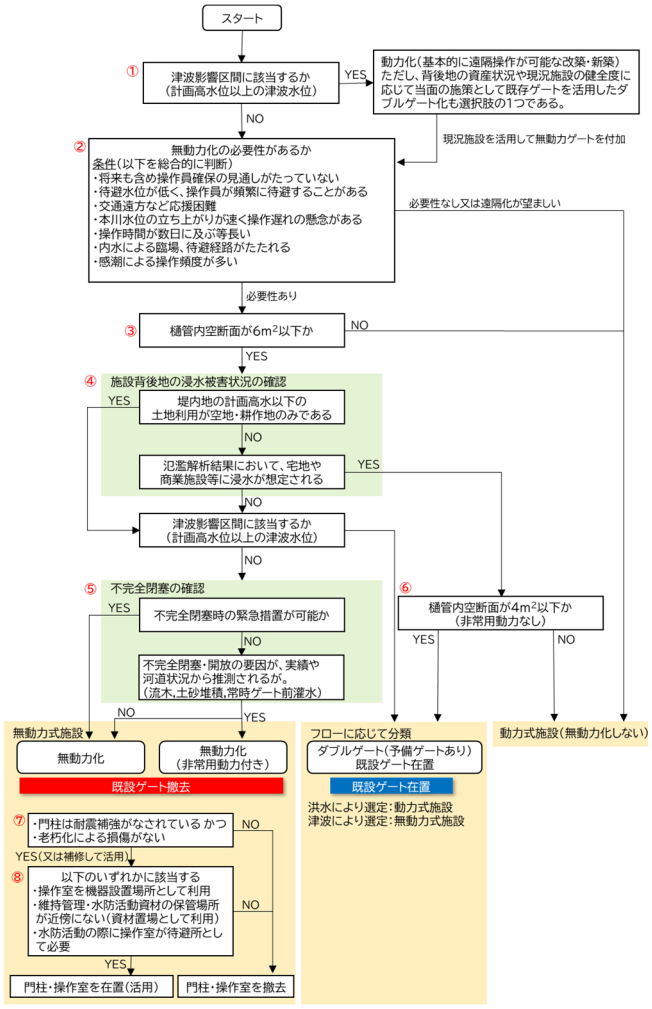
しかし，無動力式ゲートはゴミや流木などの浮遊物により不完全閉塞を起こしやすい構造であり，堤内地側の浸水被害が懸念される．そのため，操作員や河川管理者がいち早く洪水時に逆流が生じていないか検知して，逆流時は土嚢や，予備ゲート等により対策を講ずる必要がある．



図－４　無動力式ゲート構造図

3. 樋門・樋管の無動力化について

樋門・樋管の無動力化の検討フローについては「樋門・樋管のゲート形式検討の手引き（案）R4.3事務連絡」に示されているが，定量的な記載がないため，以下を考慮して菊川における検討フローを整理し，令和7年度までに15箇所の無動力化を完了させる予定である．（図－５）なお，残りの箇所については，今後，遠隔化等の検討をする必要がある．



図－５　無動力化検討フロー

① 津波影響区間は別途検討

洪水対応を主な目的とし，津波対策は別途対応策を検討することとした．

② 無動力化の必要性（運用面を考慮）

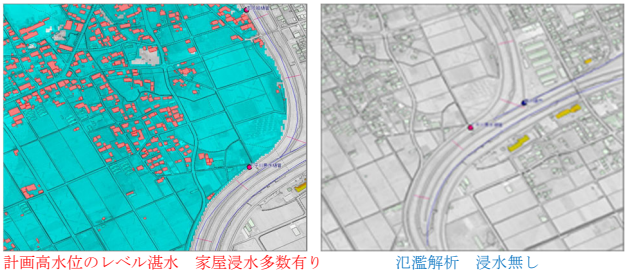
近年の異常気象，操作員の高齢化や安全性を考慮すると，必然的に無動力化や遠隔化は検討する必要はあるため，条件を総合的に判断する．

③ 樋管内空断面が6㎡以下

無動力化が可能な樋管断面寸法としては，2～10㎡程度までと，様々な基準がある中で，メーカーヒアリングを行い，施工実績が多い６㎡以下と設定した．

④ 施設背後地の浸水被害状況

背後地の資産状況，宅地や災害時要配慮者利用施設等が浸水しないかを検討することとした．また，重要なライフラインがあれば，可能な限り考慮することとし，計画高水位のレベル湛水とした場合，拡散型の氾濫となるような平野では過大な評価となるため，必要に応じて氾濫解析を実施して評価することとした．（図－６）



図－６　施設背後地浸水状況（下平川悪水樋管）

⑤ 不完全閉塞時の緊急措置

現地確認により，不完全閉塞時の緊急措置が可能かを確認することとした．

⑥ 樋管内空断面が4㎡以下

宅地浸水が発生する可能性がある場合は，非常用動力を設けることとして4㎡を目安とした．

⑦ 門柱・操作台の安全性

必要に応じて耐震補強済で，老朽化等による支障がない場合は，門柱の活用を検討する．

⑧ 門柱・操作台の活用

油圧ユニット設置や，資材・備蓄品等の置き場として利用が必要な場合に活用する．また，上屋は待避所として活用することを基本とする．

写真－３　下平川悪水樋管

（写真上：無動力化前，写真下：無動力化後）

4. 操作要領の改定について

樋門・樋管の無動力化整備による出水時等における監視,操作の方法の変更に伴い,「無動力ゲートの管理・操作要領（案）R4.3事務連絡」に基づき操作要領から管理要領への改定を行った.警戒体制水位や退避水位を見直し,操作員の安全確保を図った.下平川悪水樋管の事例を紹介する.

（１）警戒体制水位の設定

現行の下平川悪水樋管操作要領（H27.7）では,以下に定めるところにより,樋管中心（樋管水位0.5m）を管理開始水位として巡視等により状態監視を行うこととしている.

- 牛淵川から支川への逆流が始まったときは,樋管ゲートが閉鎖していること.
- 樋管の上流側の水位が樋管の下流側の水位より高くなったときは,樋管のゲートから内水が自然排除されていること.

新たに警戒体制水位を定めるにあたり,これまでの管理開始水位との関係から,「警戒体制水位＝管理開始水位（樋管敷高）」とした.

また,これらの水位により,警戒体制への移行,操作員による状態監視を開始する.操作員による状態監視の際,現地における量水標の確認が難しい場合があるため,堂山水位観測所における水位に換算し,「川の防災情報」等により遠隔で水位を確認できるよう改善した.

① 諸条件の整理

下平川悪水樋管の量水標のゼロ点高は,樋管敷高と同じとし,堂山水位観測所での高さに変換した.

② 警戒体制水位の換算

前述した下平川悪水樋管の警戒体制水位（ゼロ点高）を堂山水位観測所の高さへ変換を行った.

（２）避難退避水位の検討

無動力化に伴う操作要領の改定に併せて,「樋門等の操作規則・操作要領作成における操作員退避検討に当たってのガイドライン（R1.6事務連絡）に基づき,退避水位の検討を行った.

R1.6事務連絡において,樋門操作員の退避の目安とする水位は,①施設に接する一連堤防の安全性,②退避経路の確保の2点を勘案して検討することとなっている.

① 施設に接する一連堤防区間の設定

一連堤防区間の設定にあたり,水位観測所の受け持ち区間と氾濫ブロック,浸水範囲や氾濫形態に影響を及ぼす盛土等構造の有無を整理し,堂山観測所の受け持ち区間である牛淵川0.0～5.6ｋとした.

② 堂山水位観測所における水位上昇量の検討

堂山水位観測所の過去10年間に氾濫危険水位を超過する洪水を整理した.過去10年間の対象洪水のうち,水位上昇速度が最も速いH26.10.6に比べ,計画規模洪水の水位上昇速度のほうが早いため,計画規模洪水の水位上昇速度を採用した.（表－１）

表―１　水位上昇速度の検討

項目	水位上昇速度（m/h）			
	菊川	牛淵川		下小笠川
	加茂観測所	堂山観測所	横地観測所	川久保観測所
①　過去10年の氾濫危険水位を超過した洪水	0.62 （参考1.47）	0.57	0.48	－
②、③　計画規模の洪水	－	0.75	0.64	0.56
採用した水位上昇速度	0.62	0.75	0.64	0.56

③ 退避に要する時間の設定

操作員の退避場所は,菊川市ハザードマップから最も近い避難場所である小笠北小学校までの1,060mから設定し,退避に要す時間を設定した.

1,060m÷80m/分＝ 13.25 ≒ 約14分（徒歩）

④ 堤防の安全性が損なわれる状態となる水位の設定

堤防の安全性が損なわれる状態となる水位は,「堤防高－退避する時間内に上昇が見込まれる水位差」から算出した.

⑤ 退避を検討する水位の設定

退避を検討する水位は,堤防及び退避経路の安全性が損なわれる状態となる水位を水位観測所に換算した水位のうち,最も低い水位として算出した結果,堂山水位観測所の氾濫危険水位を上回り,また,計画高水位以上となった.

R1.6事務連絡において「当該施設が所定の目的を達成できるよう,住民の避難判断の目安なる氾濫危険水位を下回らないように,計画高水位以上で設定することを基本とする.」とされていることから,退避を検討する水位は,計画高水位のT.P.＋6.468mとした.

算出した水位と氾濫危険水位,計画高水位の関係を表－２に示す.

表－２　退避水位と氾濫危険水位等の関係

	算出した退避水位		現行氾濫危険水位		計画高水位	
	m	T.P.m	m	T.P.m	m	T.P.m
堂山観測所	6.303	6.911	5.30	5.90	5.860	6.468

5. 河川カメラの設置検討,AIによる水位・流量検知の検討

今後,無動力化ゲートの導入に伴い懸念されるのが不完全閉塞による浸水被害であり,確実にゲートが閉鎖されているかの確認が重要となる.

このような状況を踏まえ,AI機能付き監視カメラを設置し,ゲートの閉塞状況や水位,流況を確認する検討を行った.

（１）カメラを設置する樋門

カメラを設置する樋門は，ゲートの無動力化が予定されている樋門を対象とし，以下の事項に留意して行った．

①　川表側

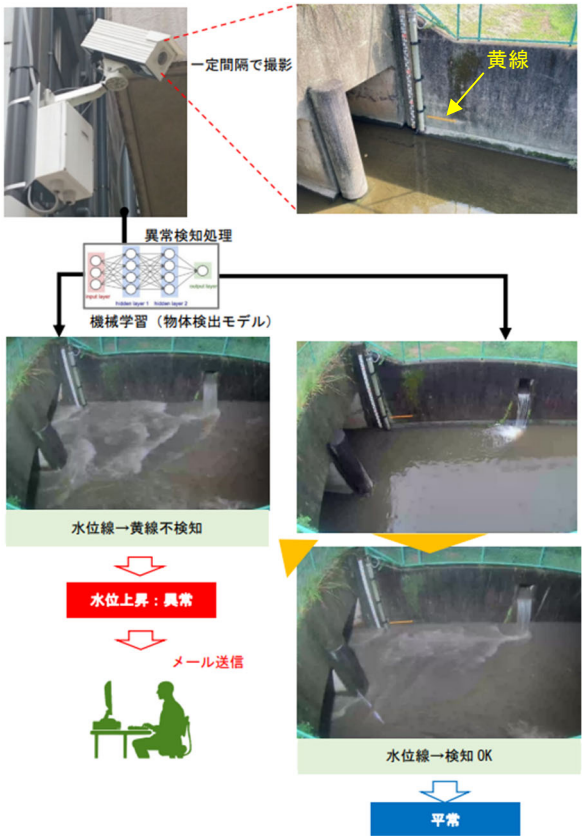
・視認性の確認
・カメラ張り出しが1m以内で収まるか
（1m以上になると強風によるカメラの揺れが大きくなりやすく，検知に影響を及ぼす）
・盗難・悪戯等，セキュリティ上の問題
・設置箇所が河積内となっていないか（出水時に破損する恐れ）

②　川裏側

・視認性の確認
・カメラを設置できる国土交通省が管理する支柱や施設の有無
・国土交通省が管理する支柱が無い場合，河川区域内のカメラ設置用支柱を設けるスペースがあるか
・受電方法の確認（近接する電柱，若しくは上屋の分電盤）

（２）水位検知

水位検知システム（図－７）は機械学習モデル（物体検出モデル）を用い，撮影した画像をインプットとして，河川水位が上昇し，黄線が検知できない場合は異常（設定した水位を超えた）と判断して，メールで通知するものである．



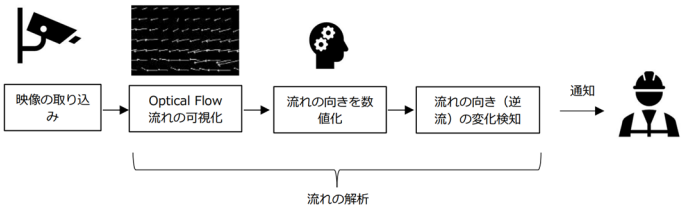
図－７　水位検知の流れ

（３）流況検知

流況検知システムは撮影した映像をインプットとして，Optical　Flow(Lucas-kanade法)を用いて流れをベクトル解析し，逆流方向の流れが発生した場合は異常と判断して，メールで通知するものである．

①　流況検知の流れ

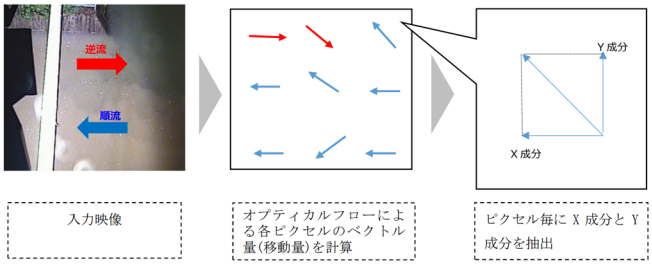
流況検知システム（図－８）はCCTVから映像を取り込み，流れの解析で流れの可視化，順流方向，逆流方向を数値化し，その時間変化から流れの向きが変化したタイミングを検知する．



図－８　流況検知の流れ

②　解析方法

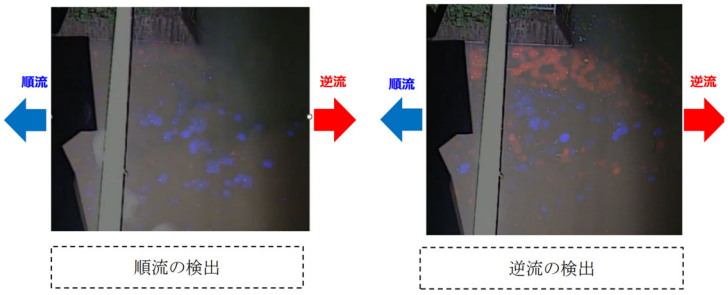
Optical　Flow(Lucas-kanade法)　（図－９）は，ある点に対して，その点と周囲8点の3×3の領域に含まれる9要素が同じ動きをしていると仮定し，各ピクセルにベクトル量（移動量）算定する．算定後に流れ（順流・逆流）に関係のあるX部分を抽出し，向きと流れの強さを判定する．



図－９　解析手法

③　評価方法

順流は青，逆流は赤で表示し，明るさ（明暗）で流れの強さを示す．　（図－１０）



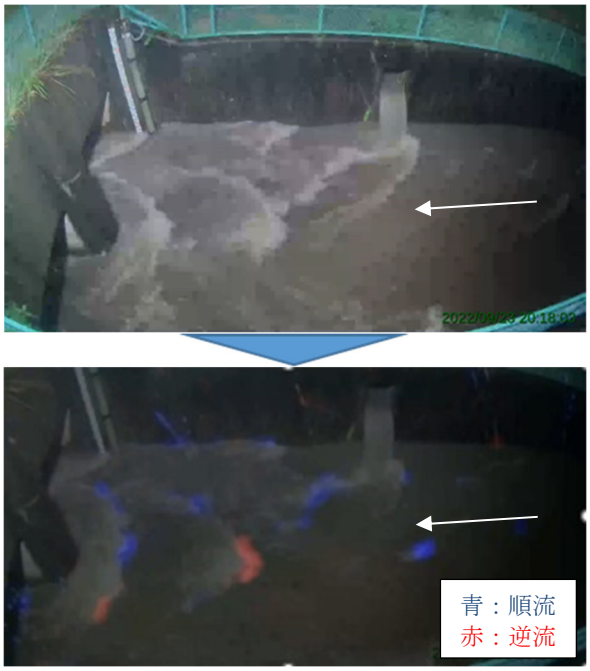
図－１０　定性評価

④　解析結果

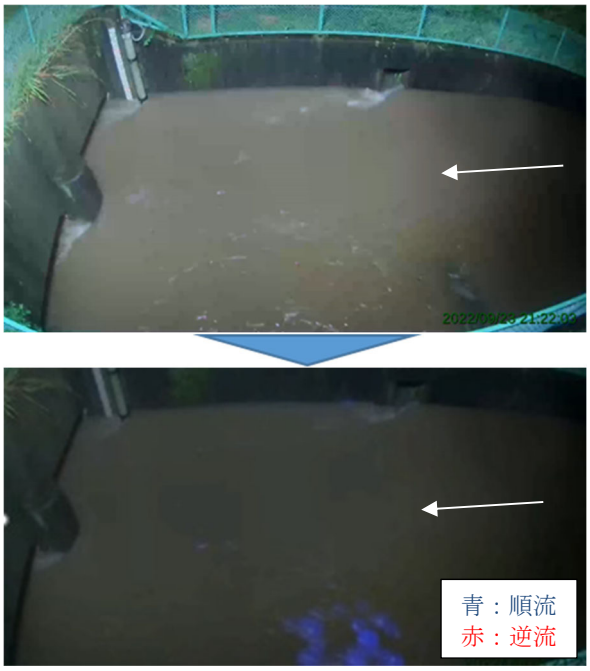
令和4年台風第15号洪水時の画像データをもとに，AIによる映像解析を行い，流況（順流・逆流）

の判断がどの程度確実にできるか検証を行った.
　解析に用いた動画データは,流れの速度が速い,遅い,中間の3パターンで検証を行った.　(図－１１）目視と同様に,白波や漂流物が検知できる場合は流れが検知できているが,流れが遅い場合や漂流物がない場合は,流れの検知が難しい状況であった.

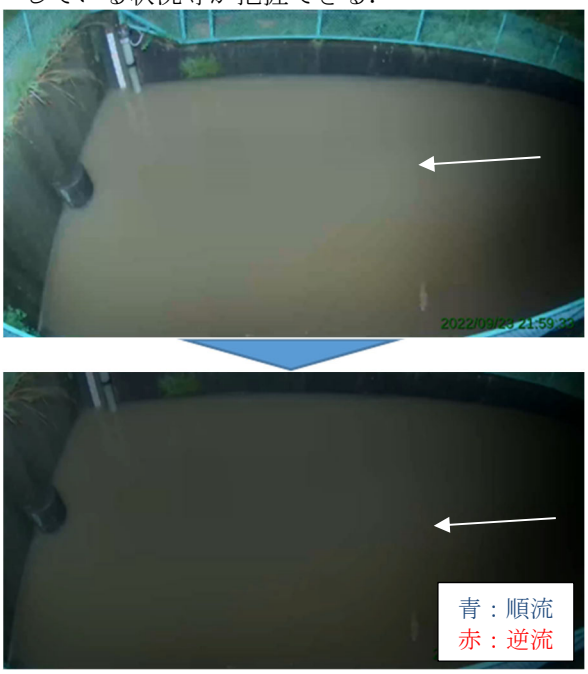
a）流れの速度が速い
　全体的に順流方向の流れの向き（青）の検出が多い.



b）流れの速度が中間程度
　全体的に順流方向の流れの向き（青）の検出がある.



c）流れの速度が遅い
　漂流物が無い部分の流れは検知できない.（止まる）
→ゲート操作のタイミング,無動力ゲートが閉鎖している状況等が把握できる.



図－１１　解析結果比較

6.　今後について

　樋門・樋管の操作運用における課題に対する対応として,AI機能付きカメラの活用による水位・流況の検知システムの検討を行い,一定の成果は得たが,実用化に向けて,学習データを取得する必要がある.今後は,これまでに取得した技術に加え,既往システムであるCCTVカメラ,水位計等を活用するなど,できるだけシンプルで管理が容易な遠隔監視システムを構築していきたいと考えている.