

六角川の治水と環境機能の向上のための 河道内湛水池群の配置・構造と活用の検討

LAYOUT, STRUCTURE AND UTILIZATION OF FLOODING PONDS FOR FLOOD CONTROL
AND ENVIRONMENTAL FUNCTION IMPROVEMENT OF THE ROKKAKU RIVER

後藤勝洋¹・今村正史²・片渕公淑³・福岡捷二⁴

Katsuhiro GOTOH, Masafumi IMAMURA, Hiroto KATAFUCHI and Shoji FUKUOKA

¹正会員 中央大学研究開発機構 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

²非会員 国土交通省 九州地方整備局 武雄河川事務所 (〒843-0023 佐賀県武雄市武雄町大字昭和745)

³非会員 国土交通省 九州地方整備局 八代河川国道事務所 (〒866-0831 熊本県八代市萩原町1丁目708-2)

⁴フェロー 中央大学研究開発機構 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

六角川中下流部は、低平地河川であり高水敷に繁茂したヨシが洪水流の大きな抵抗となるため、洪水水位が計画高水位を越え易く、排水ポンプの内水排除効果は大きいものの限定的である。このため、高水敷に湛水池群を設置することで、ヨシの繁茂を抑制し洪水水位を下げる対策が実施されている。湛水池群は、高水敷の抵抗を減じ高水敷と低水路の流量配分を変化させることで、河道全体の流下能力の向上に寄与するとともに、新たに創出されたワンド環境が水生生物のハビタットとして機能している。本稿では、既報で示した湛水池群の洪水水位低下効果を活用し、流域としての治水機能を高めるための新たな対策の考え方と、区間毎の湛水池群の特徴を踏まえた効果的な配置・構造について総合的に検討した。これにより、湛水池群の治水・環境機能、それらを高めるための配置・構造が明らかとなってきたことで、六角川河道の治水と環境の調和に向けた環境目標の議論が可能になると考えられる。

Key Words : *flooding ponds, reed field, harmonization with flood control and river environment, river environmental targets*

1. 序論

六角川中下流部は、河床勾配が緩やかであり、河口の有明海の干満差が大きく、感潮区間が非常に長いことから、流域の6割が内水氾濫域に含まれる。このため、豪雨時には排水ポンプによる内水排除が不可欠である。しかし、高水敷にヨシ原が繁茂し、洪水流の大きな抵抗となるため¹⁾、洪水水位が計画高水位を越え易く、排水ポンプの効果は大きいものの限定的である。近年も令和元年8月洪水、令和3年8月洪水により、洪水水位が計画高水位を超え、甚大な内水氾濫被害が生じた。

このため六角川中下流部では、高水敷のヨシ原を掘削し湛水池(図-1)を設置することで、ヨシの繁茂を抑制し洪水水位を下げる対策が実施されている²⁾。湛水池による対策は、平成25年から支川の牛津川で試験的に施工され、ヨシの繁茂抑制効果等が調査された後、令和4年以降、六角川本川での設置が進められてきた。現在、六角川本川で76個、牛津川で94個の湛水池が設置されており、これは六角川のヨシ原の面積の約1割に相当する。ヨシ原は固有の生物の貴重な生息場であり、また、代表的な

景観の構成要素となっていることから、ヨシ原と湛水池の適切な管理が求められている。そのためには、湛水池の持つ治水と環境機能を明らかにし、それらの効果的な配置、定量的な環境目標³⁾を検討する必要がある。

著者ら⁴⁾は、六角川河道の湛水池群の詳細な地形・構造、ヨシの抵抗特性⁵⁾を考慮し、観測水面形時系列データを解とした準三次元洪水流解析法(Q3D-FEBS)⁶⁾を用いて、湛水池群による洪水水位低下効果を評価した。その結果、湛水池群が高水敷の抵抗を下げ、低水路と高水敷の流量配分を変化させることで、洪水流の流下が容易になり洪水水位が低下する機構と、湛水池の設置されていない区間を含む広範囲に及ぶ洪水水位低下効果を明らかにした。また、湛水池整備により新たなワンド環境が創出され、湛水池がヨシ繁茂抑制効果を維持しつつも、水生生物のハビタットとして機能していることを示した。

本研究では、既報³⁾で示した湛水池群の洪水水位低下効果を受け、湛水池群の機能をより効果的に活用する方法を検討する。まず、六角川本川の湛水池群(図-1)を対象に、令和3年8月洪水を外力とし、排水ポンプの運転調整を考慮した洪水流解析を行い、区間毎の湛水池群の機能について考察するとともに、水位低下によって河道内

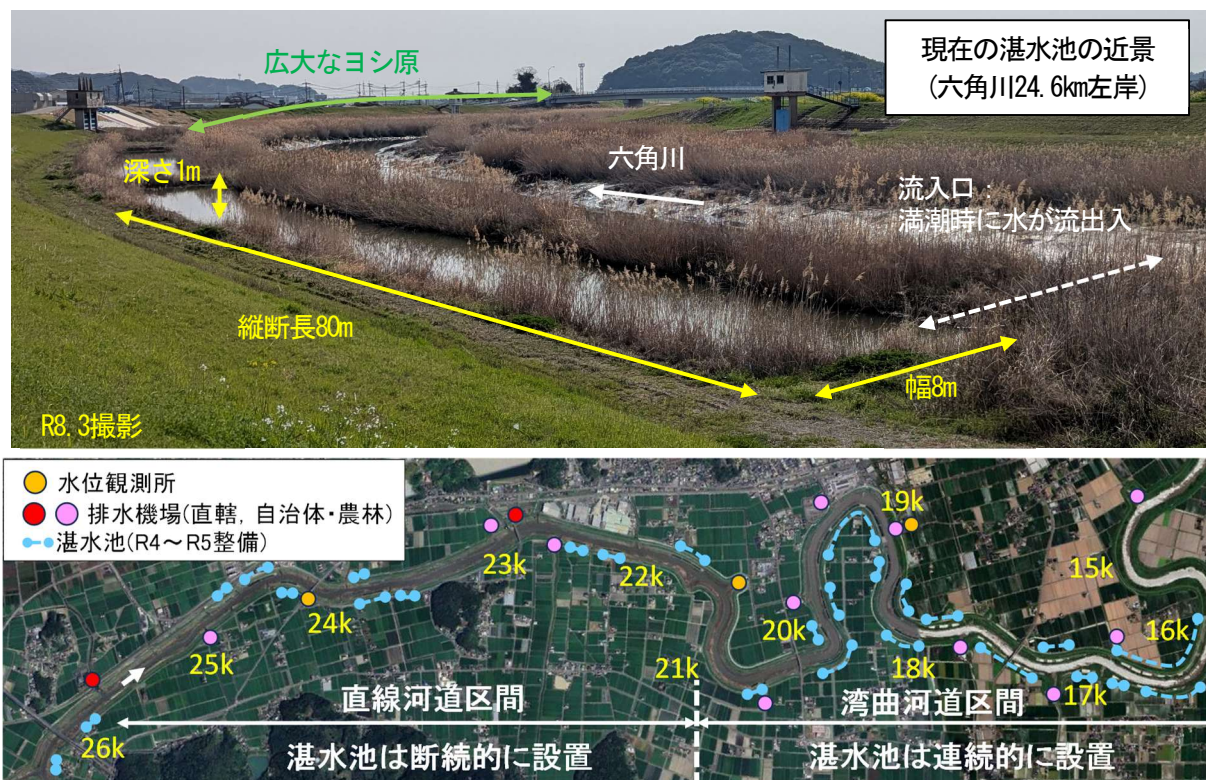


図-1 六角川河道に設置された湛水池の近景，位置図

に生じた空間に着目し，それらの空間を活用した流下能力の向上機能を評価する．次に，現況河道の治水機能をさらに高めるため，区間毎の湛水池群の特徴を踏まえた効果的な配置・構造について，令和3年8月洪水外力及び超過洪水外力に対して検討する．さらに，六角川河道の治水と環境の調和に向けて，湛水池群とヨシ原を指標とした環境目標の考え方について論ずる．

2. 現況の湛水池群の治水機能と効果

図-1は六角川24.6kmに設置された湛水池の近景と湛水池群の位置図を示す．当該区間の特徴として，上流側の直線河道区間(21～26km)は河道幅がほぼ一定で，湛水池は縦断方向に断続的に設置されている．下流側の湾曲河道区間(16～21km)は下流に行くにつれて河道幅が広がっており，湛水池は湾曲部内岸を中心に連続的に設置されている．令和元年8月，令和3年8月の大規模洪水では直線河道区間及びその上流で洪水水位が計画高水位(HWL)を越え，排水ポンプの運転調整が行われたことから，湛水池群には，治水機能として，特にこの区間の洪水水位の低下を図ることが求められる．

まず，直線河道区間，湾曲河道区間毎の湛水池群の洪水水位低下効果を評価し，区間毎の湛水池群の配置による治水機能について考察する．図-2は，湛水池群の設置範囲を変えた河道の洪水水位低下効果の比較を示す．現況河道(湛水池76個)，直線河道区間にだけ湛水池群(18個)を設置した河道，湾曲河道区間にだけ湛水池群(58個)を

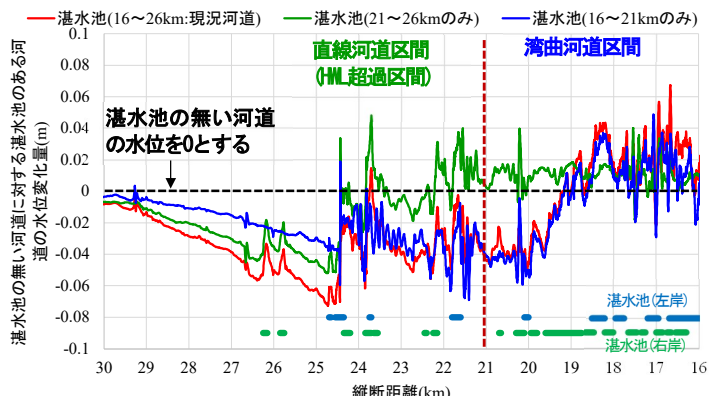


図-2 湛水池の設置範囲を変えた河道の洪水水位変化量の比較(令和3年8月洪水ピーク流量時)

設置した河道に対する洪水解析結果より，湛水池群による令和3年8月洪水ピーク流量時(8/14 7:00)の洪水水位変化量を比較検証している．図-2より，直線河道区間に設置された湛水池群の洪水水位低下効果(緑線)は24kmより上流に顕われ，湾曲河道区間に設置された湛水池群の効果(青線)は特に19～24km区間に顕われている．湛水池の下流では，湛水池が無いことで抵抗が上昇するため，洪水水位が上昇している．しかし，より下流側の湛水池群の洪水水位低下効果によって水位上昇は緩和される．現況河道(赤線)では，上流側の直線河道区間で湛水池群を比較的長い縦断間隔で設置することでHWL超過区間における集中的な水位の上昇が抑えられていることに加え，流下能力のある下流側の湾曲河道区間で湛水池群を連続的に設置することで，一連の湛水池群がHWL超過区間の洪水水位低下に適切に機能している．

次に、湛水池群による洪水水位低下効果を活用した流下能力の向上機能について考察する。湛水池群の治水機能³⁾は、抵抗の大きいヨシ原を湛水池に変えることで、高水敷上を流れる流量を増加させ、低水路と高水敷の流量配分を変化させる。これにより、洪水流の流下が容易になり洪水水位が低下する。湛水池群の有無で比較した洪水水位低下効果(図-2赤線)は、令和3年8月洪水外力に対して数cm程度と大きくないものの、その影響効果は湛水池の設置されていない上流区間にまで及び、この水位低下分の縦横断的な流れの積分量は、河道内にさらなる流下能力の向上をもたらす空間を生み出している。

この湛水池群による流下能力の向上機能について、湛水池の有無による洪水流解析結果から評価した結果を図-3に示す。図-3の緑線は、HWL超過区間に設置された排水ポンプ(10基)の総排水量の時系列を、湛水池の有無による変化量で示している。ポンプ排水量の増加は、湛水池設置後の河道の各排水ポンプ地点の水位が、湛水池の無い河道の水位に比べてHWLを越える時間が短くなったことで断続的に顕われている。このポンプ排水増加量を洪水期間で積分した量(図-3赤線と黄線の間)は概ね14万 m^3 に達し、これは現況の排水ポンプ能力及び運転ルール内で発揮される効果である。さらに湛水池設置後の河道では、上記のポンプ排水量の増加分を河道に流下させてもなお、湛水池の無い河道に比べて洪水水位が低下し、それが流下能力の余力量となる。その効果を見るため、図-3の青線は、排水ポンプの運転調整の判定基準点である新橋水位観測所(24.1km)地点の水位低下量(面積)に流速を乗じて求めた流量の時系列を示す。この流量は平均的に2 m^3/s 程度であるものの、継続して発揮されることで、積分量(図-3黄線)は概ね19万 m^3 に達する。この時、排水ポンプはHWL超過時を除いてフル稼働しているため、この流下能力の余力量を活用するには、例えば排水ポンプ車の配置やポンプ能力の増強が考えられる。このように、湛水池群による流下能力の向上機能をポンプ排水量の増加量に換算すると、概ね33万 m^3 程度(図-3赤線)となり、大きな治水効果(内水氾濫量の減少)が期待できる。なお、これらの効果は、令和3年8月洪水外力時及び現況の排水ポンプの運用に基づき概算したものであり、ポンプ排水量やそれに伴う流況の変化により効果は変化する。このため、六角川の流域治水を効果的に行っていくためには、河道沿いの排水ポンプの運用の仕方が今後重要になると思われる。湛水池群の配置による洪水水位の低下、洪水水面形の時空間変化を踏まえ、河道内の流下能力の向上機能を活かした排水ポンプの効率的な活用を検討することが考えられる。

3. 湛水池群の治水機能を高めるための配置・構造

本章では、現況の六角川河道の治水機能をさらに高め

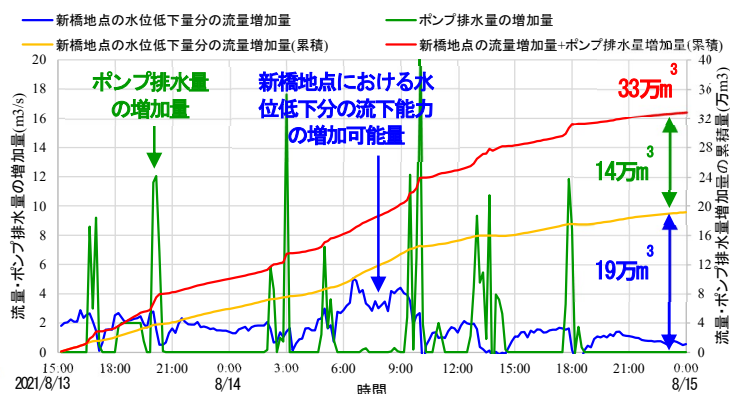


図-3 湛水池の有無によるポンプの排水増加量と新橋地点の水位低下分の流量増加量の時間変化(令和3年8月洪水)

るため、湛水池群の配置・構造を変えて洪水流解析を行い、効果的な配置・構造について検討する。洪水外力は既報³⁾で再現性が確認できた令和3年8月洪水の解析結果の流量を与え、洪水流によるヨシの倒伏に伴う抵抗(粗度係数)の変化¹⁾、排水ポンプの運転調整を考慮した。

(1) 湛水池群の治水機能を高めるための配置・構造

湛水池群の治水目的であるHWL超過区間の洪水水位を効果的に下げるには、限られた個数の湛水池群でそれらの効果を最大限に発揮できる配置・構造を検討することが重要となる。ここでは、湛水池の配置・構造の違いによる洪水水位低下効果の変化を適切に捉えるため、直線河道区間の23km周辺に4個の湛水池を設置した場合の比較評価を行う。当該箇所は、左右岸ともに20m程度の高水敷幅を持った区間が縦断的に続いており、現況で湛水池は設置されていないものの、排水ポンプの運転調整の判定基準点である新橋水位観測所(24.1km)の下流に位置するため、洪水水位の低下を図る重要度は高い。

図-4、図-5は、湛水池(4個)の配置を変えた河道の湛水池の無い河道に対する洪水水位変化量の縦断分布、流速分布の比較(令和3年8月洪水ピーク流量時)を示す。湛水池の構造諸元は、周辺の湛水池(図-1)と同等の縦断長80m、幅8m、深さ1m程度とした。図-4より、湛水池を4個連続して設置した河道(赤線)の洪水水位低下量が、左右岸に2個ずつ連続して設置した河道(緑線)、不連続に設置した河道(青線)に比べて大きい。流速分布(図-5)を見ると、湛水池を4個連続して設置した河道の湛水池内の流速が他のケースに比べて縦断的に速くなっている。このことから、洪水水位低下効果が発揮されるには、高水敷上の流量が増加し易くなるように湛水池を縦断的に連続して設置することがポイントとなる。

次に、23km右岸高水敷上に、前述の湛水池の構造諸元を基本として、縦断長、幅、深さをそれぞれ2倍にした湛水池(4個)を設置した場合の洪水流解析結果の比較評価を行う。図-6、図-7は、湛水池(4個)の構造を変えた河道の湛水池の無い河道に対する洪水水位変化量の縦断分布、流速分布の比較(令和3年8月洪水ピーク流量時)を示す。

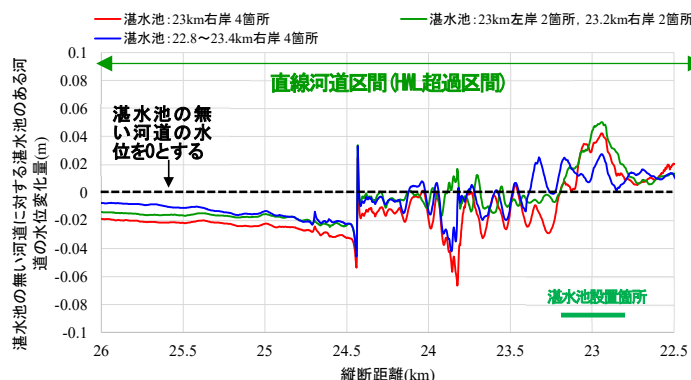


図-4 湛水池(4箇所)の配置を変えた河道の洪水水位変化量の比較(令和3年8月洪水ピーク流量時)

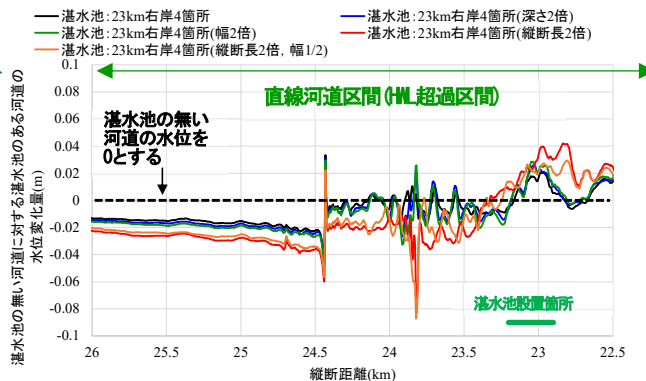


図-6 湛水池(4箇所)の構造を変えた河道の洪水水位変化量の比較(令和3年8月洪水ピーク流量時)

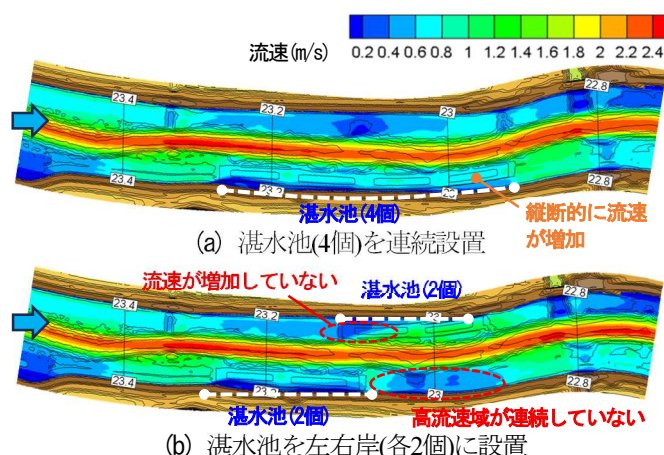


図-5 湛水池(4箇所)の配置を変えた河道の流速分布の比較(令和3年8月洪水ピーク流量時)

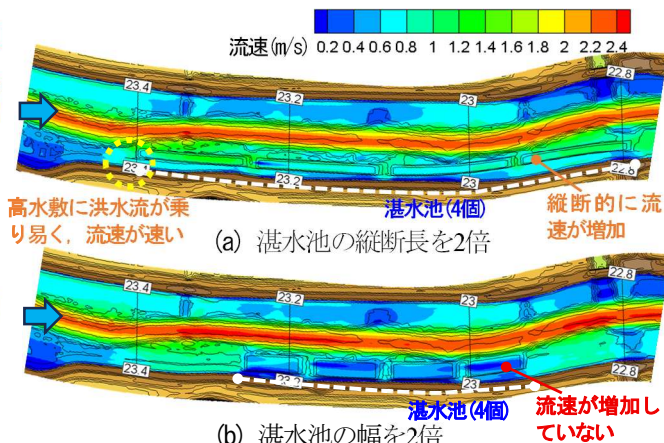


図-7 湛水池(4箇所)の構造を変えた河道の流速分布の比較(令和3年8月洪水ピーク流量時)

図-6、図-7より、湛水池の縦断長を2倍にした河道の池内の流速の増加が大きく、洪水水位低下量が最も大きい。一方、湛水池の幅や深さを大きくしても湛水池内の流速は上がりず治水効果の増加は小さいことから、現況河道の湛水池は、令和3年8月洪水時の高水敷上を流れる流量に対して十分な流下断面面積を有していると考えられる。湛水池の縦断長を2倍程度に延長し、幅を1/2程度に小さくした河道(図-6オレンジ線)でも治水効果の増加が見られることから、洪水流が高水敷に乗り上げ易く、高水敷上で速い流速が発生している場所(図-7(a))を起点に湛水池を連続的に設置することが効果的な配置と言える。

検討結果を踏まえ、現況河道の23km右岸付近に4箇所の連続した湛水池群を増設した場合の治水機能の向上効果の評価した。図-8より、令和3年8月洪水外力に対して、現況の湛水池設置後の河道の治水効果(図-3)に比べてポンプ排水量を概ね5万 m^3 増加できることに加え、水位低下量に流速を乗じて算出した流下能力の余力量を活用することで、新橋地点の通過流量を概ね19万 m^3 増加できるなど、治水機能のさらなる向上が期待できる。

(2) 湾曲河道区間の湛水池群の治水機能の向上

HWL超過区間の洪水水位を更に低下させるためには、その下流の湾曲河道区間(16~21km)に設置されている湛

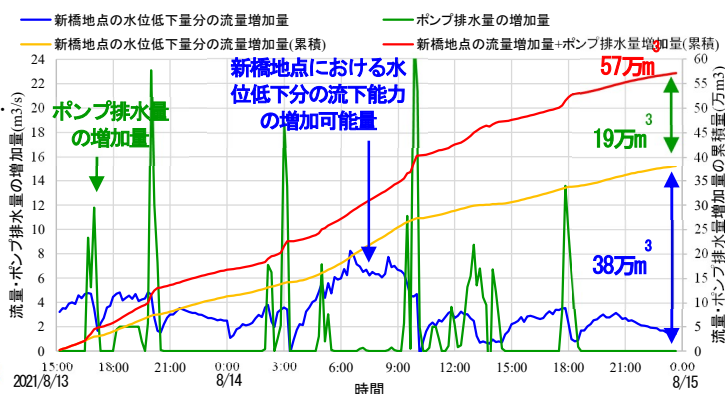


図-8 湛水池の無い河道と比べた23km右岸に湛水池を増設した河道のポンプの排水増加量と新橋地点の水位低下分の流量増加量の時間変化(令和3年8月洪水)

水池群の治水機能を十分発揮させることが重要である。前項の検討結果を踏まえると、湛水池の治水機能を発揮するには、①洪水流が高水敷及び湛水池へ流入し易くすること、②湛水池内の流速を発達し易くすることがポイントとなる。①については、湛水池の上流側岸部に設けられている流入口(図-1)に着目し、それを拡幅することで洪水流を流入し易くする対策(案1)が考えられる。なお、流入口の高さを切り下げることも考えられるが、この敷高は平水時の湛水池への土砂堆積を抑制できる高さで設定されているため²⁾、この高さは変えないものとした。

②については、湛水池の深さを浅くする対策(案2)、流れの抵抗となる縦断的に連続して設置された湛水池群の間の仕切り(縦断長4～6m程度)をなくし一連にすることで湛水池内の流速を上がり易くする対策(案3)が考えられる

図-9、図-10に、現況河道に対する各対策案の洪水水位変化量縦断分布の時間変化(400m³/s、500m³/s時(令和3年8月洪水ピーク流量時))、流速分布(令和3年8月洪水ピーク流量時)の比較を示す。新橋地点(24.1km)の水位がHWLに達する洪水流量が440m³/s程度であることから、洪水流量が400m³/s程度を越えた際の湛水池群の洪水水位低下効果に着目した。図-9より、湛水池の流入口を2倍に拡幅した案1(水色・青線)、湛水池の深さを0.5m浅くした案2(黄緑・緑線)では、流量400m³/sを越えると現況河道に比べて洪水水位低下効果がやや増加している。湛水池の深さについては、経年的な土砂堆積により浅くなることから、ある程度の土砂堆積を許容しても湛水池の治水機能は維持されることを示している。湛水池群を一連にした案3(図-9ピンク・赤線)では、他の対策案に比べて流量の増加に伴う洪水水位低下量及びその効果が及ぶ範囲が大きい。洪水ピーク流量時の流速分布(図-10)を見ると、18kmより上流区間の湛水池群の流速は増加している。一方、18kmより下流区間では高水敷上の流速はほとんど増加しておらず、湛水池の構造を改良しても治水機能を十分発揮させることは難しい。

(3) 超過洪水流量を外力とした湛水池群の治水機能

六角川では令和元年8月洪水、令和3年8月洪水と立て続けに大規模な洪水が発生したように、計画高水流量(六角橋地点(11.3km)700m³/s)を超過する洪水の頻発化が懸念される。ここでは、令和3年8月洪水外力で十分機能しなかった16～18km区間の湛水池群に着目し、令和3年8月洪水外力を上回る超過洪水外力に対してそれらの湛水池群が機能し得るかを検証する。

図-11は、現況河道及び16～18km区間にのみ湛水池を設置した河道に対して超過洪水外力(700～1,000m³/s)を与えた場合の湛水池群による洪水水位変化量の縦断分布を示す。図-11より、計画高水流量相当の700m³/s程度を越えると、16～18km区間の湛水池群による洪水水位低下効果(青線)が発揮され始める。これにより、現況河道(赤線)では、洪水流量の増加とともに下流側の湛水池群の効果が付加されることで、超過洪水外力に対して湛水池群が有効に機能し得ることが分かる。

4. 六角川河道の治水と環境の調和に向けた環境

目標の考え方

六角川中下流部では、大きな干満差によって運ばれるガタ土(細粒粘土)が堆積する河道にヨシ原が繁茂する高

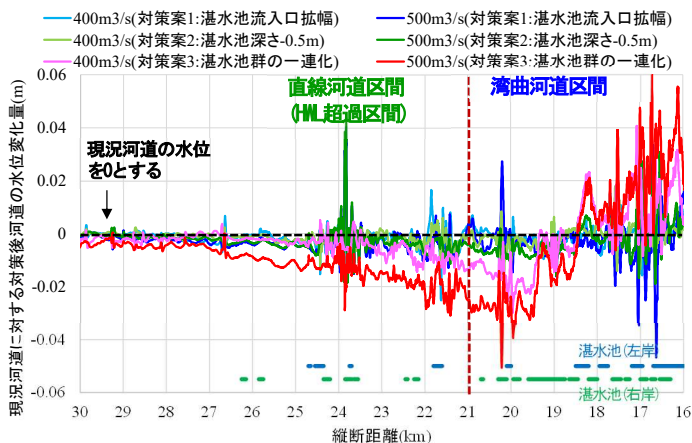


図-9 湾曲河道区間の湛水池群を改良した河道の洪水水位変化量の比較(洪水流量400～500m³/s)

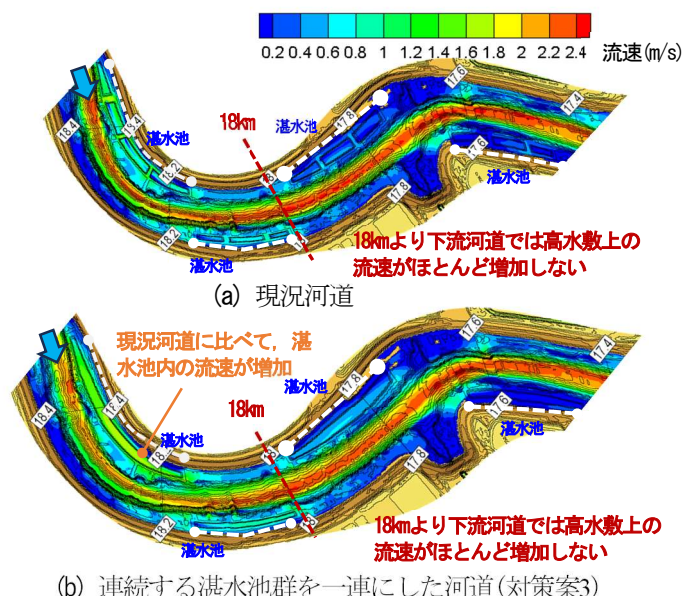


図-10 湾曲河道区間の湛水池群を改良した河道の流速分布の比較(令和3年8月洪水ピーク流量時)

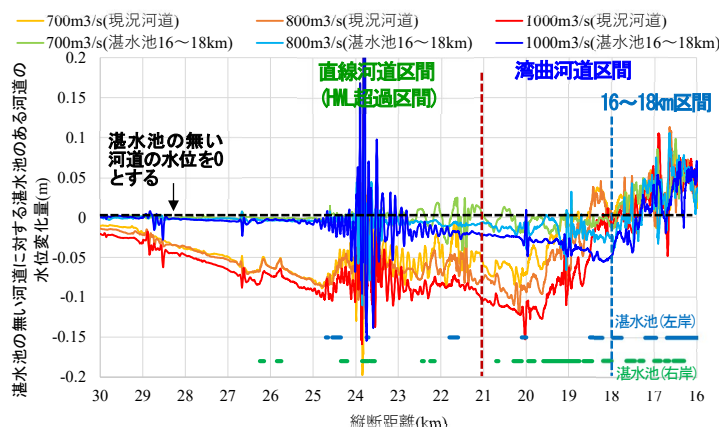


図-11 超過洪水流量(700～1,000m³/s)に対する湛水池設置河道の洪水水位変化量の比較

水敷が縦断的に続いていた。そこに湛水池群が整備されたことで、これまでになかったワンド環境が新たに創出され、現在では、湛水池と周辺のヨシ原が自然になじんだ変化に富んだ水際景観を形成している(図-1)。5箇所の湛水池で実施されている調査結果(令和5～7年)による

と、湛水池の土砂堆積高はヨシ繁茂抑制のための目安値⁹⁾となる堆積高0.5m以下を維持しており、水生生物の種数(図-12)も経年的に増加している。限られた調査データではあるものの、直線河道区間に位置する水の流入・流出が良好な場所に設置された治水機能の高い湛水池ほど、生物の種数が相対的に多く、生物のハビタットや満潮時・洪水時の避難場所としての機能も高いことを示唆している。一方、いくつかの湛水池では、河川水の滞留が原因と考えられる水質悪化などの問題も生じている。このため、湛水池群の環境機能については、今後もモニタリングを継続し、湛水池内の水・土砂環境の変化と生物のハビタットとの関係を見ながら評価していく必要がある。湛水池群は六角川の治水施設として重要であり、さらに環境と調和した河川構造物として機能させるため、持続可能な施設(河川管理施設)として位置づけ、適切に維持管理していくことが求められる。

また、六角川河道では、ヨシ原と湛水池の適切な管理が必要であり、そのためには、それらの定量的な環境目標⁹⁾を検討する必要がある。本研究では、湛水池群の治水・環境機能が明らかとなってきたことで、治水と環境の両面から環境目標の議論が可能になると考えられる。今後の六角川河道の治水と環境の調和に向けた環境目標の考え方を以下に例示する。

六角川河道の環境目標の基本的な考え方として、①現状の治水・環境機能を保持するための保全目標を、現状の湛水池とヨシ原それぞれの総面積程度とする。②水や土砂の流入・流出に課題のある治水・環境機能の低い湛水池や土砂堆積量が多く維持管理の困難な湛水池については、自然に土砂を堆積させてヨシ原へ戻していくものとし、その面積分に対して治水・環境機能の向上が期待できる場所に新たに湛水池を設置する。③湛水池整備や排水ポンプの効率的な活用により期待するポンプ排水量の増加量(内水氾濫の減少量)等を設定する。これは、洪水水面形の観測や洪水流解析に基づき、湛水池群の配置による洪水水位低下、洪水水面形の時空間変化を踏まえ、河道内のどの場所で流下能力の向上機能が高いかを評価し、その機能を活かした排水ポンプの効率的な活用を検討し設定する。③の検討と合わせて、④長期的・段階的に治水面の目標を達成していくための湛水池群の配置等を総合的に検討する。六角川本川では、直線河道区間を基本に現状で湛水池の設置密度が低く、河道線形上、高水敷上の流速が増加し易い治水効果が期待できる場所(例えば、3.(1)で検討した23km右岸高水敷など)を候補地として、平水時・洪水時の水・土砂の流入・流出に留意して湛水池群の配置・構造を検討する。これにより、ヨシ原と湛水池の環境目標のバランスを図りながら、順応的に治水・環境機能の向上を図ることが出来る。

5. 結論

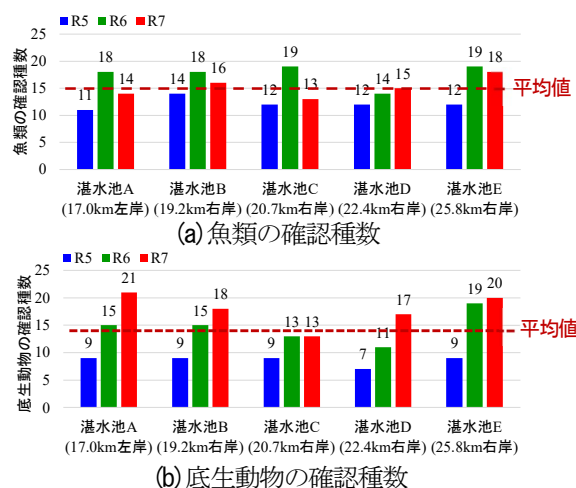


図-12 六角川湛水池の魚類・底生動物の確認種数(R5～7)

本研究では、六角川河道に設置された湛水池群の洪水水位低下効果を活用し、流域としての治水機能を高めるための新たな対策の考え方と、区間毎の湛水池群の特徴を踏まえた効果的な配置・構造について総合的に検討した。湛水池群の持つ重要な治水機能は、洪水水位の低下によって河道内に生じた空間を活用した流下能力の向上機能であり、その機能をポンプ排水量の増加に活用することで、流域治水としての効果(内水氾濫の減少量)を高められることが明らかとなった。湛水池群の治水・環境機能、それらを高めるための配置・構造が明らかとなってきたことで、六角川河道の治水と環境の調和に向けた環境目標の議論が可能になると考えられる。

謝辞：本研究は、2025年度の国土交通省河川砂防技術研究開発制度河川技術・流域管理分野の助成を受けた。記して謝意を表します。

参考文献

- 福岡捷二，島谷幸宏，田村浩敏，泊耕一，中山雅文，高瀬智，井内拓馬：水流による高水敷上のヨシ原の倒伏変形と粗度係数に関する現地実験，河川技術論文集，第9巻，pp.49-54，2003。
- 野口武志，今村正史，川原輝久，峰松知裕：牛津川におけるヨシの繁茂抑制対策について，九州技報，第72号，2023。
- 後藤勝洋，今村正史，片渕公淑，福岡捷二：六角川高水敷に設置された湛水池群による洪水水位低減効果の評価，河川技術論文集，第31巻，pp.277-282，2025。
- 生物の生息・生育・繁殖の場としてもふさわしい河川整備及び流域全体としての生態系ネットワークのあり方検討会：提言「生物の生息・生育・繁殖の場としてもふさわしい河川整備及び流域全体としての生態系ネットワークのあり方」，2024。
- 竹村吉晴，福岡捷二：波状跳水・完全跳水及びその減勢区間における境界面(水面・底面)上の流れの方程式を用いた非静水圧準三次元解析(Q3D-FEBS)，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.75，No.1，pp.61-80，2019。

(2026.4.2受付)