

霞ヶ浦－北浦－鹿島灘を連携した 利根川下流放水路の検討

佐藤 裕和*・磯部 雅彦**

Conception of New Floodway Connected with Lake Kasumigaura, Lake Kitaura and Kashimanada Coast in Lower Tone River

Hirokazu SATO* and Masahiko ISOBE**

Abstract

The lower Tone River split the Edo River in Sekiyado holds a few major facilities purposed for flood control, but also holds non-levee zone in the downstream. In addition, there are increasing tendencies of flood discharge at current flood times than the designed one. Of course, new effective countermeasures are planned, but some difficulties actually exist for various reasons. So we examined a new floodway conception considered historical situations of the Tone River basin and based on expected economical losses analysis between the lower Tone and the Edo River. The floodway divides into 3 routes via the Lake Kasumigaura and Kitaura, which starts from around Sawara and flows into the Kashimanada Coast. As a result, the peak flood discharge is reduced of the river and both lake regions are safe under the appropriate condition.

キーワード：放水路，期待被害額，利根川下流と江戸川，霞ヶ浦と北浦，鹿島灘

Key words：Floodway, Expected Economical Losses, Lower Tone River and Edo River, Lake Kasumigaura and Kitaura, Kashimanada Coast

* 鳥根大学生物資源科学部
Faculty of Life and Environmental Science, Shimane
University

** 東京大学大学院新領域創成科学研究科
Graduate School of Frontier Sciences, The University of
Tokyo

本論文に対する討論は平成24年2月末日まで受け付ける。

1. はじめに

関宿において江戸川を分派した利根川本川下流(以下、本川下流)の洪水調節に直接関与する主な治水施設は、鬼怒川合流部に設置されている菅生・田中調節池に現在越流堤の建設が進行している稲戸井調節池を加えた調節池群、布川下流を起点に印旛沼を経由し東京湾へ注ぐ放水路があげられる¹⁾(図1)。むろん、鬼怒川のダム群や小貝川の母子島遊水地、あるいは関宿より上流域のダム群や渡良瀬遊水地など、陰陽に本川下流の治水に寄与している治水施設は数多くある。しかしながら、必ずしもこれら全てが所期の効果を発揮できるような整備がなされているとは限らず、経済的・環境的理由などにより計画が実現しづらい場合や、過去にも計画上優れた治水施設が白紙・中止となった事例も多い。本川下流については、利根川放水路や、上記の印旛沼経由の放水路がこの

一例といえる。両放水路とも、ルート上の都市化による用地取得の難化、後者については印旛沼周辺の内水問題や環境的な問題などが主な原因である。また、本川下流では利根川河口堰下流を中心に無堤区間も存置されており、平成14年などには浸水被害が生じている。一方、江戸川は江戸川放水路が大正8年に完成し、堤高はともかく築堤が完了し、現在は本川の栗橋地点の右岸から首都圏側の江戸川右岸堤防が強化される計画が実施されている。なお、スーパー堤防は本川下流、江戸川ともに未完成のままである。

また、現在の計画高水流量の配分は関宿下流で本川下流が6割、江戸川が4割であるのに対し、近年の主な出水時には本川下流が8割程度と計画より多くなっている²⁾。これは利根川東遷事業と、天明3年の浅間山噴火や足尾鉍毒事件の影響が複雑に絡みあった経緯のもとに設置された江戸

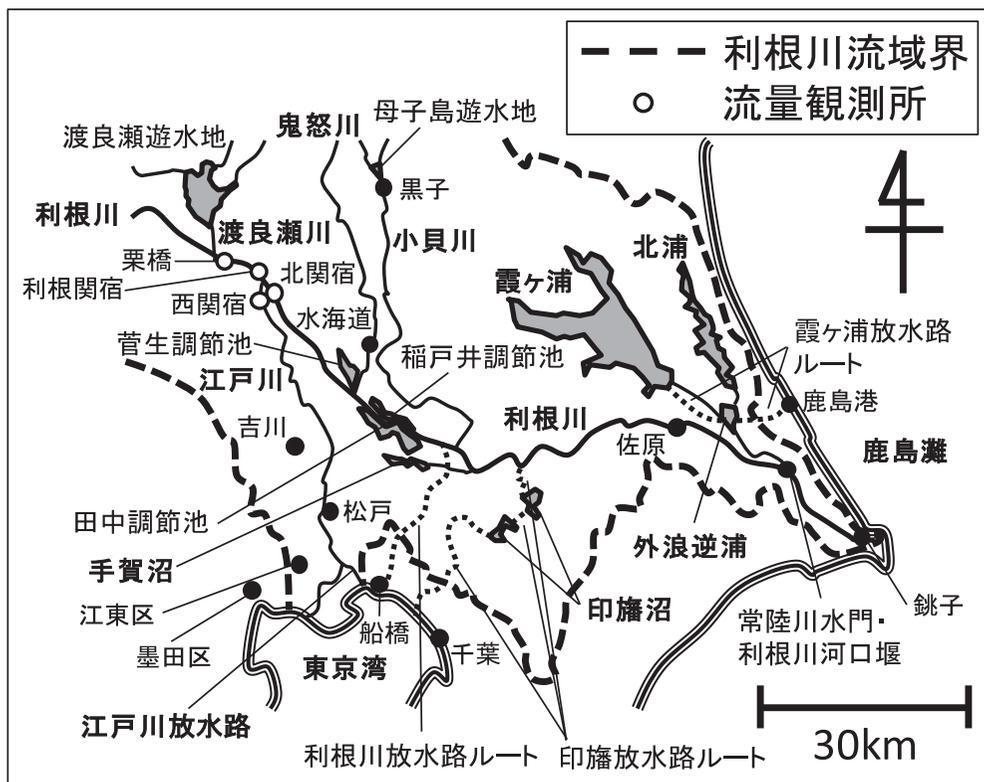


図1 本論文に関連する主要箇所の位置

川流頭部の「棒出し」、またその撤去後、江戸川側にはのみ設置され昭和初頭から現在まで続く低水用の水閘門³⁾などの影響で、江戸川への相対的な流入量が制限されてきたことに加え、本川下流における江戸川に比べて相対的に大きな河床低下にも一因がある。

したがって、本川下流は江戸川側に比べ治水整備の進捗度が遅い上、洪水が流入しやすくなっている状況にあるといえる。しかしながら、江戸川右岸の破堤氾濫は、荒川の氾濫とともに、国家運営に大きな支障をきたすほど首都東京に深刻なダメージを与えかねないもの⁴⁾であり、即座に閑宿地点に洪水分流施設を設置することは社会的要請上、容易ではないものと考えられる。

そこで、本研究ではこのような現状を踏まえ、洪水氾濫の頻度と被害額に関する期待被害額の概念を導入し、本川下流において特段の治水施設の新設が無意味ではないことを示し、江戸川との分派問題、すなわち首都圏側の治水安全度の維持についても配慮しながら、かつての鹿島掘割計画や霞ヶ浦放水水路計画など、歴史的な経過も重視した「利根川-霞ヶ浦-北浦-鹿島灘を連携した新しい放水水路計画」(以下、利根川下流放水水路)を提案し、利根川の流域治水の方向性について検討することを目的とする。

2. 鹿島掘割と霞ヶ浦放水水路計画

本稿で検討する利根川下流放水水路は、かつて計画(ただし、一部は実施された後に廃止)されていた鹿島掘割や霞ヶ浦放水水路計画^{3,5-8)}の内容を参考としている。なお、関連する主要地点などは、適宜図1を参照されたい。

文政年代、利根川は天明3年の浅間山の噴火による河床上昇が著しく、閑宿下流の本川では銚子の河口以外に河川水の吐け口がなく、北浦の洪水が利根川へ吐けづらく、北浦上流沿岸ではしばしば湛水が生じていた。この解消のため、北浦から鹿島灘へ計画された放水路が鹿島掘割である。これは明治5年にほぼ完成したが、河床勾配が緩く、放水路としての能力は小さいものであり^{6,7)}、同年暴風雨により河口閉塞し廢川となるが、明治

43年の洪水時にはこれを通じて北浦の水位を低下させており、一定の効果が認められる。鹿島掘割は堀割川として、現在もその一部が残されている。

昭和14年、利根川改修改定計画のもと、霞ヶ浦から与田浦、市和田浦、外浪逆浦、北浦を通り、堀割川を拡張して霞ヶ浦と北浦の洪水を鹿島灘へ放水する計画が立案される。これが霞ヶ浦放水水路計画である。このとき堀割川から鹿島灘へは $1,500\text{ m}^3/\text{s}$ 放水する計画であったが、戦争下の事情により進展は見なかった。戦後、この計画は河口維持と工事の問題により、北利根川と常陸川を改修し、常陸川へ逆水門(常陸川水門)を設置する計画、すなわち霞ヶ浦放水路改修計画となる。

末松⁹⁾は、霞ヶ浦の高水位低下計画として、北利根川および常陸川の浚渫・拡築を合わせて堀割川を開削する霞ヶ浦新放水路案を検討している。これは北利根川・常陸川をそれぞれ240m、280mの川幅で拡幅し、浚渫を行えば、霞ヶ浦の高水位を上昇させない可能性があるとし、その上に堀割川を開削して、鹿島灘へ通じる放水路について検討を行っており、水位低減効果を示している。

このように、霞ヶ浦・北浦の高水問題に対しては、維持・管理や社会情勢の問題があったものの、これらの放水路計画によって一定の効果が見込まれていたものと考えられる。詳しくは後述するが、本研究で検討する新放水路は、放水路によるこのような霞ヶ浦・北浦の水位低下分の容量を調節池のように活用し、本川下流の洪水を流入させ、佐原以下の治水安全度を高めようとするものである。これは利根川放水路や印旛沼経由の放水路といった東京湾側への放水路ルートに比べて、都市部が少なく、放水路の純延長が短いという特徴を有しているものである(図5、表1参照)。

3. 洪水氾濫による期待被害額の概算

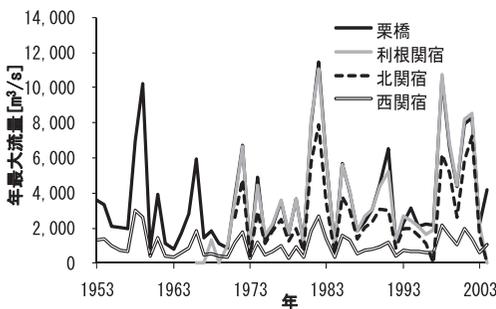
江戸川、特に右岸東京側での破堤氾濫の被害は、本川下流での被害をはるかにしのぐものである一方で、本川下流は江戸川よりも洪水が流入しやすくなっており、氾濫を起こしやすい可能性がある。ここでは、氾濫頻度と被害額を乗じた期待

被害額を概算し、本川下流と江戸川と比較し、本川下流へ治水整備を行う客観的意義を示す。

3.1 洪水流入確率の算定

ここでは、関宿直下流において、本川下流と江戸川の年最大流量から計画規模の洪水流量がどの程度の超過確率で流入するかを求める。年最大流量は流量年表から求め、対象観測所は本川下流が北関宿、江戸川が西関宿である。ただし、観測期間の違いや欠測値の補間するため、分派点直上流の利根関宿とその上流の栗橋の観測値も必要に応じて参考とする。図1と図2にそれぞれの観測所位置と年最大流量を示す。

流量年表は現在入手できる平成16年までのものを用いる。年最大流量の観測期間は、北関宿では昭和46年から、西関宿では昭和28年から行われており、北関宿では平成9年と平成16年に欠測がある。以下では、この観測期間の長短に応じた解析を試みる。以下、プロットングポジションはカナン公式を用い、確率分布関数は複数の式に当てはめた結果、全体的に適合度がよく、各分布の折衷的な分布を示した一般化極値分布（以下、GEV）を用いて検討を行う。プロットングポジションと確率分布関数の適合度評価は、宝・高樟のSLSC基準¹⁰⁾を基本的に用いているが、葛葉¹¹⁾が示す観測期間に応じたSLSCの評価基準（以下、新SLSC基準）を適用した。



- ※1 .欠測値や不明な流量は0として表示
- ※2 .1958年の西関宿流量は野田流量を表示
- ※3 .1964年の栗橋流量は川俣の記載流量を表示

図2 年最大流量

(1) 観測期間の短い北関宿に合わせた解析

北関宿では平成16年に欠測があるため、ここでは昭和46年から平成15年までの33年の解析期間とする。平成9年の欠測値は、利根関宿流量から西関宿流量を差し引いた流量と北関宿の相関関係から線形補間した。

SLSCは、本川下流で0.035、江戸川で0.022であり、葛葉¹¹⁾が推奨するSLSCの分位値は15%か20%であり、このときサンプル数33、正規分布、カナン公式を仮定した場合の新SLSC基準は0.04程度であり、両者ともこれを満たしており、GEVの使用は問題ないと思われる。

その結果、本川下流、江戸川に分派直後の計画高水流量10,500m³/s、7,000m³/sはそれぞれ97年確率、16,887年確率で流入することとなり、本川下流の計画規模洪水流入頻度は、江戸川の170倍程度となった。なお、これらの流量は基本高水流量に相当しているものでないことに留意された。図3(a)に流量の確率分布の様子を示す。

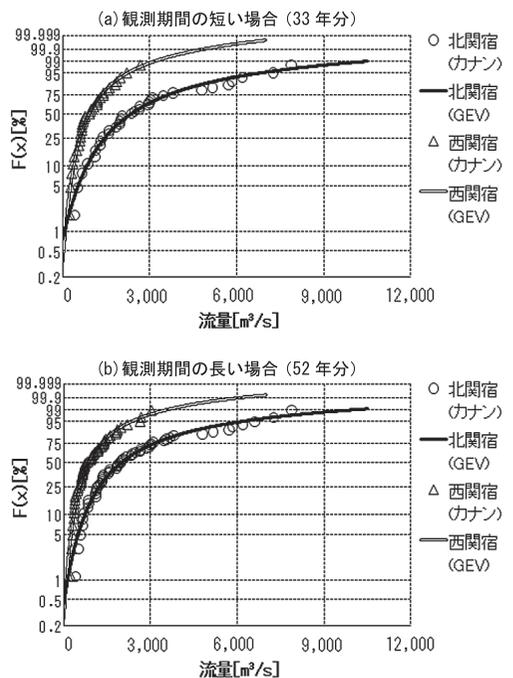


図3 年最大流量の確率分布

(2) 観測期間の長い西関宿に合わせた解析

ここでは、西関宿で52年分の観測期間があることに着目し、北関宿で足りない19年間分を補外し、解析を行うことを試みる。利根関宿では観測期間が52年分に満たないため、栗橋流量から西関宿流量を差し引いた流量と北関宿で観測が行われている期間の流量の相関関係を確認し、線形近似により内外挿し、北関宿流量を推定した。

サンプル数52における新SLSC基準は、(1)と同様の仮定を置いた場合には0.033程度¹¹⁾であり、SLSCは本川下流で0.038、江戸川で0.028となった。ここで、本川下流で新SLSC基準を満たしておらず、これは解析期間の多くが推定値であることにも起因していると考えられるが、他の分布式でも適合度が悪いいため、ここではGEVを適用し、検討を行うこととする。

この結果、本川下流では $10,500\text{m}^3/\text{s}$ ：112年確率、江戸川では $7,000\text{m}^3/\text{s}$ ：2,273年確率であり、本川下流の計画規模洪水流入頻度は、江戸川の20倍程度となった。図3(b)に流量の確率分布の様子を示す。

3.2 氾濫被害額の算定

ここでは、計画規模の洪水氾濫による被害が、本川下流（千葉県側）と江戸川右岸（埼玉県・東京都側）でどの程度になるかを算出する。このとき、中央防災会議¹⁾がカスリン台風（昭和22年）再来時を想定した栗橋付近での洪水氾濫条件（ピーク氾濫流量 $8,700\text{m}^3/\text{s}$ 、総氾濫ボリューム $5.2\text{億}\text{m}^3$ ）を参考にし、本川下流と江戸川でそれぞれ計画洪水分派率によってこの氾濫規模を按分して与えた。すなわち、ピーク氾濫流量は本川下流で $5,220\text{m}^3/\text{s}$ 、江戸川で $3,480\text{m}^3/\text{s}$ 、総氾濫ボリュームはそれぞれ $3.12\text{億}\text{m}^3$ 、 $2.08\text{億}\text{m}^3$ である。実際には堤防強度などに差異があるため、これらを勘案した上で森・高木¹²⁾のように破堤確率を考慮する必要があるが、堤体に関する情報が不足しており、ここでは概算であるためこのように処理した。氾濫流量ハイドログラフは、越流と同時に瞬間的に破堤した状況を想定し、実際は内外水位に応じた波形を取るべきであるが、ここでは単峰

三角形波形に近似した。このとき氾濫継続時間は、約33時間となる。ただし、数値計算上急激な流入を緩和するため、ピーク氾濫流量は、氾濫開始から約3.3時間（氾濫継続時間の1/10時間）経過した後に発生させた。

破堤地点は、本川下流では手賀川合流部の直下流から利根川河口堰までの50km、江戸川は関宿から江戸川放水路起点までの50kmのそれぞれの有堤区間（スーパー堤防既設箇所は除く）で、約10kmピッチで6点ずつ設けた。なお、本川下流の印旛沼経由の放水路による洪水減少分は見込まないものとした。氾濫解析は2次元不定流モデルを用い、平成18年度の国土数値情報の土地利用を参考に粗度係数を定め、500mメッシュで計算を行った。

氾濫被害額の算定は、問題点もいくつか指摘されている¹¹⁻¹⁴⁾が、ここでは概算のため治水経済調査マニュアル(案)¹⁵⁾によるものとした。本マニュアルの大略によれば、浸水の程度に応じた家屋や公共土木施設、農作物被害など土地利用形態別の各種資産の直接・間接の被害率に、資産評価単価と、適宜湛水面積や人口などを乗じることで、洪水氾濫被害額が算出される。現在国土数値情報より入手できる土地利用データは、平成18年のものが最新版であるため、被害額算定に関する諸元は、基本的には発刊年に差のない本マニュアルの記載に従うものとした。図4に各破堤地点からの

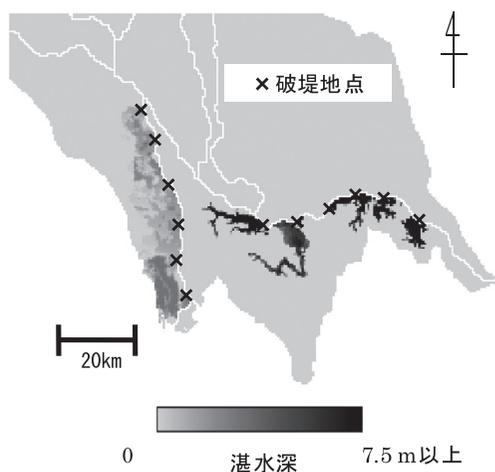


図4 最大湛水深の包絡図

計算された最大湛水深の包絡図を示す。

この結果、本川下流側の被害額は最大約1.5兆円、最小約0.6兆円、平均0.9兆円、江戸川側では最大約16.4兆円、最小約14.2兆円、平均約15.0兆円で、最大被害額で11倍程度、最小で24倍程度、平均で16倍程度江戸川側の方が被害の大きいことが示された。ただし、当該マニュアルに従う限り、たとえば家屋被害などにおいては、浸水深が3 m以上では被害率が一定となるため、図4の本川下流側に見られるように3 mを大きく上回る家屋浸水が現実には生じた場合、被害額以上に被害が激甚化する可能性も示唆される。

3.3 期待被害額の算定

以上より、計画規模洪水は、数10倍～200倍程度の確率で本川下流の方が江戸川よりも流入しやすく、計画規模洪水に起因する破堤氾濫被害額は、本川下流側で江戸川側の15分の1程度となっている。したがって、本川下流側の洪水氾濫期待被害額は首都圏側と同程度以上となり、本川下流側に特段の治水策を講ずることは無意味でないものと考えられる。しかし先述したように、現状の江戸川分派比率では、首都圏側の相対的な安全度が高められている上、破堤氾濫が生じる頻度は少ないものの、一回の氾濫被害額の大きさを鑑みると、関宿地点において本川下流への洪水流入量を抑制し、江戸川への流入量を増大させる方法は今のところ現実的ではないと思われるため、この分派構造を保持した形で本川下流の治水対策を検討しておくことに一定の意義はあるものと考ええる。

4. 新放水路の検討

ここでは、鹿島掘割や霞ヶ浦放水路計画を参考に、本川下流の佐原地先を起点とする霞ヶ浦-北浦-鹿島灘を連携した新放水路について検討を行う。堀割川は鹿島港において放水されていたが、現在の鹿島港は重要な港湾として運用がなされているため、本検討ではその北部に放水することとする。放水路ルートは距離、土地利用などを勘案して、図5のように定めた。また、表1に放水路諸元を示す。

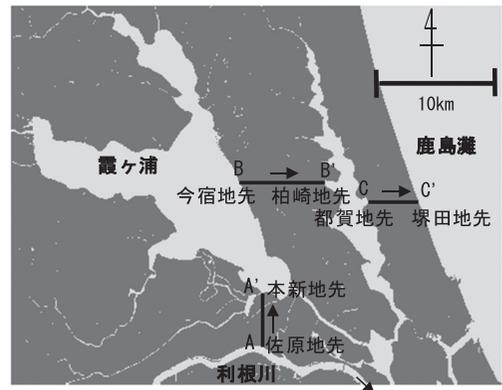


図5 放水路位置図

表1 放水路諸元

| ルート | A-A' | B-B' | C-C' |
|----------------------------|----------|---------|----------|
| 延長 [km] | 4.7 | 7.5 | 4.4 |
| 水路勾配 | 約1/1,897 | 0 | 約1/5,176 |
| 始点地盤高 [Y.P. m] | -0.1334 | -0.1598 | -0.1501 |
| 終点地盤高 [Y.P. m] | -2.6114 | -0.1598 | -1.0001 |
| 水路幅 [m] | 300 | 300 | 300 |
| 粗度係数 [s/m ^{1/3}] | 0.025 | 0.025 | 0.025 |

水路勾配は放水路起点の計画高水位 Y.P. +5.328m や霞ヶ浦・北浦の計画高水位 Y.P. +2.85m、また放水先の潮位を Y.P. +2.0m としたときの水面勾配に平行になるように定めた。この潮位は茨城県側の利根川計画高潮位 Y.P. +2.14m に近いものであり、放水計算の下流端水位として一定値を与えており、放水条件を厳しく規定したものである。各ルートの始点標高は、地盤標高から2 m下げた値を用いている。水路幅は、末松⁹⁾の検討結果を参考に矩形で300mとし、粗度は開削水路相当とした。図6に放水路の縦断図を、図7に切土量および矩形断面に平均化したときの単位幅築堤量を示す。これより、当該放水路では、堤防断面の平均幅10mの場合でも、築堤量より切土量が1オーダー程度大きいことがわかる。築堤にはこの切土を用いればよく、残土は本川最下流部の無堤部の築堤などに転用できよう。

放水路および湖内流動の計算は、2次元不定流

モデルを用いた。河道の計算には後述する規模の洪水流量ハイドログラフを与え、放水路起点の水位-流量曲線(平成13年河川局作成)に当てはめ、放水前後の流況変化を見積もる。洪水流量は、放水条件を厳しくするため、5日間の洪水継続時間をもつ単峰二等辺三角形波形とした。基底流量は

当該地点の平均的な年平均流量として $250\text{ m}^3/\text{s}$ を与えた。両者の接続は横越流公式¹⁶⁾を用いた。霞ヶ浦・北浦の粗度は $0.035\text{ s}/\text{m}^{1/3}$ とし、湖底標高は1/25,000地形図の等高深線より100mメッシュに補間して作成した。

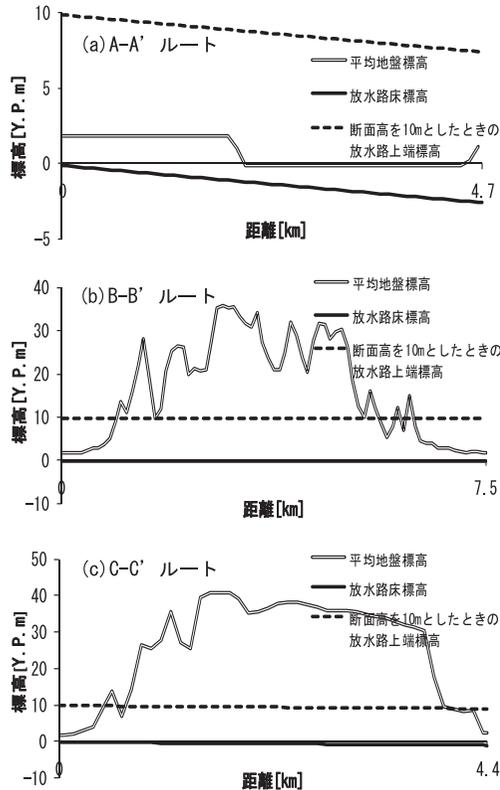


図6 放水路縦断面図

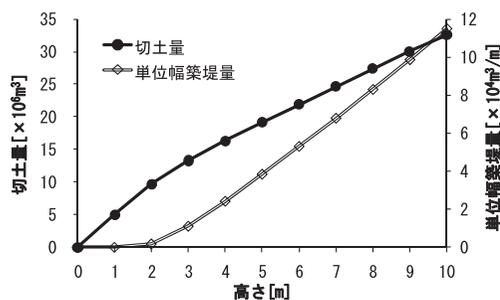


図7 切土量および単位幅築堤量 (矩形断面に平均化)

4.1 湖水位の事前低下

霞ヶ浦・北浦の水位が高い場合には、本川下流洪水を両湖に放水することは難しく、これによって計画高水位 Y.P. + 2.85m を超えることは特に許されない。そこで、両湖の計画高水位状態を想定して、B-B' および C-C' ルートから事前に鹿島灘へ放水し、事前に湖水位を低下させておくことを考える。ここでは、本川下流洪水が5日前に予測可能であることを前提とする。Y.P. + 2.85m 時の両湖の総湛水量は約 11.3 億 m^3 (霞ヶ浦: 約 9.4 億 m^3 , 北浦: 約 1.9 億 m^3) で、図8に示すごとく、放水により5日間で約 1.5 億 m^3 の空き容量を得ており、これが利根川下流放水路の調節容量となる。したがって、この間の平均放水流量は約 $350\text{ m}^3/\text{s}$ であり、鹿島灘への排水路となる C-C' ルートの最大放水流量は約 $950\text{ m}^3/\text{s}$ であった。この流量は、C-C'ルートの放水能の目安となろう。図8を見ると、鹿島灘へ直接排水できる北浦が最初急激に減水しているが、北浦の水位低下とともに霞ヶ浦からの流入が多くなり、減水の程度が小さくなっている。これに対し、霞ヶ浦は時間にほぼ比例して、一定の割合で排水していることが特徴である。

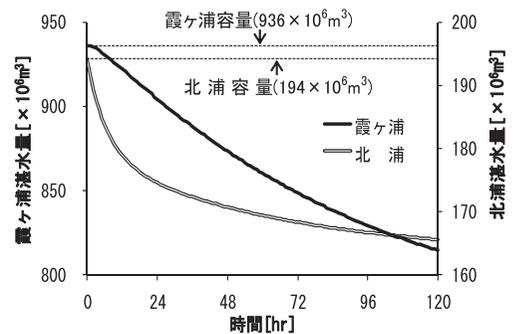


図8 放水路 (B-B' と C-C') による湖湛水量の低下

4.2 本川下流洪水流量の低減効果

(1) 計画高水流量 (9,500 m³/s) に対して

湖水の事前放水により創出された空き容量を用い、本川下流佐原地点の計画高水流量9,500 m³/s に対するピークカット効果を検討する。ただし、これに対応するピーク水位は当該地点の計画高水位ではなく、平成13年時点の河道整備状況にもとづく水位 Y.P. +6.444m である。

放水路起点 A 地点における放水路敷高は本川下流からの放水によって、両湖の水位が局所的にでも Y.P. +2.85m を超えない高さまで、Y.P. +2.85m から10cm ピッチで増加させて決定した。この結果、放水路敷高は Y.P. +3.75m が上記条件を満たした。図9にこのときの湖の湛水量の変化を示す。今後河道整備が進み、洪水流下時の河道水位が下がれば、湖への流入量は抑制できることとなる。この放水路により、河道のピーク流量を約2,055 m³/s、ピーク水位を約1.059m それぞれ低減させることが可能となった。ただし、本ケースの検討条件下では、北浦におけるピーク湛水時でも、満水まで2,000万 m³程度の余裕が認められる(図9)。また、ここでのC-C'ルートの最大放水流量は約487 m³/sで、当該ルートの放水能の目安である約950 m³/sの半分程度であり、当該ルートの放水能にも余裕がある。したがって、B-B'ルートを一急勾配にしたり拡幅するなどして、霞ヶ浦から北浦への流水の疎通を向上させ、北浦の容量とC-C'ルートの放水能をさらに活用できれば、洪水ピーク流量・水位をより低減できる可能性がある。

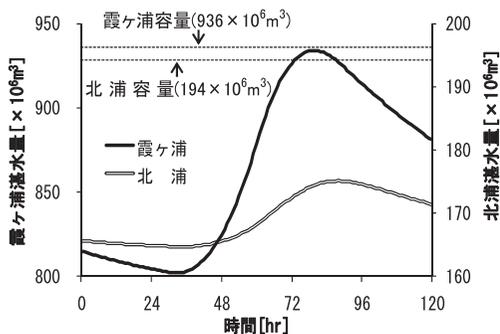


図9 本川下流からの放水による湖湛水量の変化

(2) 計画高水流量の超過洪水 (10,500 m³/s) に対して

ここでは、印旛沼経由の放水路による洪水調節量1,000 m³/sを見込めない場合、この超過分に対して新放水路が有効であるかどうかについて検討する。すなわちピーク流量は10,500 m³/s (水位は Y.P. +6.917m) となり、これに対しては、霞ヶ浦で全体的に30cm程度計画高水位を上回る時間が出現したが、このとき河道のピーク流量を2,620 m³/s程度、ピーク水位を1.297m程度低減させており、C-C'ルートからの最大放水流量は約637 m³/sであった。両湖の水位が Y.P. +2.85m を上回ったとき、本川下流からの放水を止められるものとするれば、全くピークカットができない結果となり、C-C'ルートからの最大放水流量は約437 m³/sであった。

超過洪水まで念頭におく場合、河道整備によって水位を下げることを基本に、放水路起点において人為的なゲート操作が要求される可能性がある。ただし、越流堤天端上への可動堰設置などにより、比較的容易に調節池の治水容量の高度利用がはかれる可能性^{17,18)}もある。また、ここで検討したいずれのC-C'ルートの最大放水流量にも、当該ルートの放水能の目安である950 m³/sに対して余裕があるため、霞ヶ浦からC-C'ルートへ直接ポンプ排水することで、超過洪水にも対応できる可能性があると考えられる。

4.3 考察

以上より、新放水路は、佐原下流の治水に対しては一定の効果を与えることが認められたが、江戸川分派点から佐原地点までの約80kmの区間については、放水路による下流水位低下に伴う当該区間の水位低下を見込めるものの、直接的な寄与をしてはいない。しかし新放水路を前提にすれば、首都圏側の治水安全度がある程度現状のまま据えおくことができるため、上流域の治水整備の推進と併せ、この区間の治水対策を優先させることで、流域治水上のバランスも保てるものと考えられる。

5. おわりに

本稿では、江戸川と比べ相対的に治水整備の遅れる利根本川下流に、特段の治水対策を講ずる意義を客観的根拠にもとづいて示し、歴史的経緯を参考とした本川下流の新放水路を提案し、治水上の有効性を示した。以下に得られた知見を示す。

- ・水文統計解析により、本川下流および江戸川分派後の計画規模洪水流入頻度を明らかにした。本川下流と江戸川の洪水分派問題は、利根川治水計画上の要点のひとつであり、本川下流では、江戸川よりも数10倍～200倍程度の確率で洪水流入しやすくなっていることを示唆した。
- ・洪水氾濫解析により、計画規模洪水に起因する洪水氾濫被害額を推算し、上記の洪水流入頻度とこれに乗じた洪水氾濫期待被害額を算出した。その結果、本川下流側と首都圏側で期待被害額に遜色のないことを示唆し、相対的に治水整備の遅れていた本川下流側に特段の治水策を講じる意義を客観的に示した。すなわち、利根川治水計画上従来考慮されてこなかった点について、ここではじめて指摘をしたものである。
- ・本川下流側の治水対策として、佐原地先を起点とし、本川－霞ヶ浦－北浦－鹿島灘を連携した新放水路を検討した。その結果、放水に厳しい条件下においても、佐原地点における計画規模の洪水に対してピーク流量を $2,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上、ピーク水位を1 m以上カットし、また、ある程度の超過洪水にも有効となる可能性を示唆した。

ただし、本稿では新放水路の平面計画を考察したに過ぎず、今後は新沢・岡本¹⁹⁾が鬼怒川からの新規水利開発案に関連して検討したように、放水に伴う霞ヶ浦や北浦の水質変化予測、漁業などへの影響、維持・管理やコスト、合意形成、既存インフラへの影響、場合によっては下流水利権への影響などについて検討を加えていく予定である。

謝辞

本研究の推進には、データ整備の段階で吉田翔氏（元東京大学大学院修士課程）より協力をいただいた。また、国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦

河川事務所より、霞ヶ浦・北浦の問い合わせに対して懇切丁寧な回答をいただいた。さらに、3名の査読者と編集担当委員より、意義深い意見をいただいた。ここに記して関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：河川整備基本方針，2006。
- 2) 国土交通省関東地方整備局：利根川・江戸川の現状と課題（案），第2回利根川・江戸川有識者会議資料-3，2007。
- 3) 大熊 孝：利根川治水の変遷と水害，東京大学出版会，1981。
- 4) 内閣府中央防災会議：首都水没～被害軽減のために取るべき対策とは～，大規模水害対策に関する専門調査会報告，2010。
- 5) 建設省関東地方建設局：利根川百年史，1987。
- 6) 松浦茂樹：明治初頭の居切堀割工事，にほんのかわ 第64号，日本河川開発調査会，pp. 4-25，1994。
- 7) 松浦茂樹：明治初期の河川事業，水利科学 第43巻 第2号，水利科学研究所，pp. 85-109，1999。
- 8) 岩屋隆夫：日本の放水路，東京大学出版会，2004。
- 9) 末松 栄：利根川の解析 上巻，建設省関東地方建設局，1956。
- 10) 宝 馨，高棹琢馬：水文頻度解析における確率分布モデルの評価基準，土木学会論文集，No. 393/II-9，pp. 151-160，1998。
- 11) 葛葉泰久：治水計画策定における統計的手法的手法-SLSC及び費用便益分析に関する考察-，土木学会論文集B Vol. 66 No. 1，pp. 66-75，2010。
- 12) 森 寛典，高木朗義：堤防の破堤確率を考慮した洪水被害額の算定方法に関する基礎的考察，河川技術論文集 第13巻，pp. 297-302，2007。
- 13) 劉 瑀：治水経済調査の便益計算に関わる問題点，OGI Technical Reports, Vol. 14, 応用技術，pp. 7-9，2003。
- 14) 湧川勝己：治水経済調査における新たな洪水リスクの評価と費用便益分析，JICE REPORT 第2号，pp. 13-19，2002。
- 15) 国土交通省河川局：治水経済調査マニュアル（案），2005。
- 16) 土木学会編：水理公式集，丸善，1999。
- 17) 佐藤裕和，磯部雅彦：利根川中流調節池群におけ

る越流堤への可動堰設置による治水機能の評価,
水工学論文集 第53巻, pp. 595-600, 2009.

- 18) 佐藤裕和, 磯部雅彦: 越流堤天端への可動堰設置による氾濫抑制効果の検討-菅生・稲戸井・田中調節池を対象として-, 河川技術論文集 第15巻, pp. 411-416, 2009.
- 19) 新沢嘉芽統, 岡本雅美: 利根川の水利, 岩波書店, 1985.

(投稿受理: 平成22年11月29日)

訂正稿受理: 平成23年2月16日)