

氏名（本籍）	おがわ よしや 小川 芳也（大阪府）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	工博甲第6号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当者
学位授与の年月日	平成26年3月25日
学位論文題目	遊水地・感潮池周辺の流れ解析と氾濫災害の軽減策に 関する研究
論文審査委員	（主査）教授 海老瀬 潜 一 教授 頭 井 洋 教授 川 野 常 夫

## 論文内容の要旨

治水技術の進展に伴って治水安全度が向上したとは言え、水害は依然として無くならず、全国各地で未曾有の豪雨災害や津波被害が頻発している。

洪水災害の軽減策にはハード対策とソフト対策があり、ハード対策としては、古くから河川堤防が築かれ、近年はさらに多くのダムが建設されてきた。もう一つのハード対策として遊水地が有効であることは古くから指摘されているが、土地利用との兼ね合いで広く普及するには至っていない。一方、計画規模を上回るような事象に対しては、ソフト対策としての避難が有効であるが、避難施設の確保とともに、いつ、どこへ逃げればよいかの情報の発信と伝達が不可欠である。

いずれにせよ、洪水被害の軽減を図るには、現象の的確な予測がきわめて重要であり、それには水理学的手法による流れ解析が有力なツールとなる。

洪水流の解析には河道流れに対しては1次元不定流モデル、氾濫流れに対しては2次元浅水流モデルがよく用いられるが、具体的な計算には、Leap-Frog法をベースとした数値解析が用いられることが多い。

本研究は、淀川水系木津川上流部に建設中の上野遊水地、大阪府泉佐野市に建設されたりんくう公園修景池、大阪市毛馬桜ノ宮公園に建設された大阪ふれあいの水辺、黄河河口部における治水安全度の向上をめざした潮汐貯水池構想、および2009年に発生した兵庫県佐用町における洪水避難時の事故再発防止など、差し迫ったいくつかの社会問題の解決に向けて、既存の流れ解析法の適用あるいは新しい解析法を考案した成果をとりまとめたものである。

第2章では、非定常開水路流れの新しい解析法（淀川水系木津川上野遊水地の治水機能）と題して検討した結果を取りまとめている。一般的に用いられる非定常開水路流れの解析では、差分化の過程で近似されたり、差分スキームによっては安定性が損なわれたり、計算容量や計算時間が多くなるなどの難点がある。そこで、それらを解決することを目的として、下記の点について検討している。

「1次元不等流解析法にヒントを得た新しい手法を提案する。」

上野遊水地付近を対象に既存の解析手法の解と比較したところ、概ね一致していることから、この手法の有効性を示している。

第3章では、石積透過堤を有する感潮池の流れ特性（泉佐野市りんくう公園修景池）と題して検討した結果を取りまとめている。感潮池（りんくう公園修景池）における水質浄化のメカニズムを簡単な数理モデルで表現し、望ましい設計条件について考察することを目的としている。検討した点は次の通りである。

①感潮池内の空間分布を考慮した汚濁濃度の時間的・空間的变化を求める。

②透過堤や感潮池の大きさによる浄化効果の差異について検討する。

①について、従前のモデルでは、感潮池内で瞬時に混合が起こるものとして、1周期内における透過堤内の滞留時間の長短による濃度変化を求めていたが、このモデルでは、感潮池内の空間的・時間的濃度分布が説明できることを示している。

②について、透過堤の幅、感潮池の面積、透過堤の空隙率を大きくすればするほど濃度減少率は大きくなるが、ある限度を超えると、その効果は小さくなることを示している。

第4章では、分合流部を有する並列感潮河川の流況改善（大川桜ノ宮貯木場跡大阪ふれあいの水辺）と題して検討した結果を取りまとめている。親水整備により、今後ますます市民、府民等の利用が期待される桜ノ宮貯木場跡地内の水質の維持・回復を行うことを目的としている。検討した点は、次の通りである。

①貯木場跡地内の現況について、模型実験、数値解析により流況の特徴を明らかにする。

②大川本川との接続部にゲートのようなものを設置し、操作方法を工夫することにより、貯木場跡地内の流況を改善する。

①について、模型実験の結果によると、現況では潮位変化の影響で順流と逆流が交互に発生することから、貯木場跡地内で滞留の発生しているか所が存在することを示している。数値解析は1次元で行っていることから、横断方向については平均値としている。そこで、貯木場跡地内の水が大川本川と入れ替わる時間について検討したところ、ゲート操作を行わない現況は、ゲート操作有りに比べて短くなることを示している。

②について、模型実験の結果では、現況で見られた滞留か所は再現できていない。また、上流側の接続部より流入した水は下流側より本川へ流出する1方向流れであることを示している。

第5章では、感潮池に接続された水路の流れ特性（那珂川と涸沼、黄浦江と淀山湖、黄河河口）と題して検討した結果を取りまとめている。河川河口部の水深が適切に維持されている例について特徴を把握し、そこで得られた結果をもとに河口閉塞等により断流が頻発している黄河河口部へ応用することを目的としている。検討した点は、次の通りである。

①河口部の水深が適切に維持されている事例として、那珂川（茨城県）とそれに並行して流れる久慈川（茨城県）について考察する。

②中国の上海市を流れる長江河口部について考察する。

③河床上昇が著しく河口閉塞や断流が頻発している黄河河口部への応用を試みる。

①について、那珂川河口付近には、感潮域に涸沼という感潮池を有しており、線形応答解析では、共振現象を満足する条件にあり、河床を洗掘させる流速は、潮位変動に伴い発生することが説明できることを示している。一方、久慈川は感潮池を有していないため、河口閉塞等の問題が生じている可能性があることを示唆している。

②について、長江河口付近には、黄浦江が接続し、その上流には淀山湖が接続して潮位変化の影響を受ける感潮域を形成している。黄浦江－淀山湖の関係について線形応答解析

より、共振現象を満足する条件内にあることを示している。

③について、感潮池の接続位置を河口に近い場合として想定したところ、感潮池が外海に近く、その面積も小さい場合は、池の水位変化は外海のそれとほぼ等しく、池への流入量は池の面積に比例する。感潮池が外海から離れている場合について、接続水路内における流れの波動性に着目したところ、未整備の故道を利用して感潮池を設置すると共振条件を満足することが説明できることを示している。また、感潮水路内の最大流速およびその発生点の位置は、主として水路長と池の面積で定まり、その形にはさほど影響されないことも示している。以上のことより、黄河河口部に大規模な感潮池を設けることは、河口堆積を制御できる可能性を示唆している。

第6章では、感潮池を利用した河口堆積制御の提案（黄河河口）と題して検討した結果を取りまとめている。世界的に土砂量の多い河川として有名な黄河の河口部で問題となっている河床上昇に伴う洪水時の治水安全度低下を改善することを目的としている。そこで、感潮池と潮汐を利用して黄河下流部の流速を増大させることにより、河床堆積を抑制・低下する方法について数値解析で検討している。検討した点は、次の通りである。

- ①感潮池がない現状の河道を想定し、設定した流量等の条件による河床変動を明らかにする。
- ②感潮池の接続位置を下流側から、干潮位付近、平均潮位付近、平均潮位と満潮位の中央付近の3か所に設定し、感潮池より下流側、上流側の河床変動を明らかにする。
- ③感潮池の規模を下げ潮最盛時における接続部付近の本川流量が $2,000\text{m}^3/\text{s} \sim 15,000\text{m}^3/\text{s}$ となるように定めて河床変動を検討する。

①について、感潮池を有しない場合、解析区間の河床は上昇を続け、洪水時に堤防高を越えることが示されている。これは、将来的に治水安全度低下が進行することを示唆している。

②について、感潮池を接続した場合、接続位置より下流側の河床は低下する。また、接続位置より上流側は、感潮池の接続位置を上流側にすると、河床堆積の抑制・低下は、上流側にも及ぶ。しかし、接続部より下流側では、接続位置を下流側とした場合と比べて、河床低下に与える影響は小さくなることを説明できることを示している。

③について、感潮池の規模を大きくすると、接続位置を下流側とした場合では、接続部で堰上げが生じるため、上流側では河床上昇する可能性があることを示している。

第7章では、氾濫解析とリンクした避難判断支援情報の提供（兵庫県佐用町）と題して検討した結果を取りまとめている。洪水災害時に住民がより適切な避難判断を行い行動することを支援することを目的としている。検討した点は、次の通りである。

- ①国土交通省のガイドライン等で用いられている避難路での被災危険度は経験則によるところが大きいことから、水理的に導くことを試みる。
- ②洪水ハザードマップでは、いつ避難すればよいかの判断が難しく、避難の必要があるの

に避難しなかったり、危険な避難行動をとって避難途上で被災する事例も発生している。そこで、氾濫シミュレーションソフトによって予測して知らせることの可能性について検討する。

①について、徒歩による避難を想定した場合、水深と流速の組み合わせによって歩行が困難となる限界状態を水理学的に説明できることを示している。また、その水深に応じた流体力と歩行が困難となる限界の状態における流体力との比によって歩行危険度を定量的に表すことを提案している。

②について、氾濫解析ソフト DioVISTA を用いて、降雨データと地形データから洪水時の氾濫状況の時間変化を精度よく解析し、浸水深ならびに歩行危険度の時間空間分布をビジュアルに表示できることを示している。その解析結果から、どのような時にどのようなルートで避難するのが適切か判断できることを示唆している。

## 論文審査結果の要旨

近年、治水技術の進展に伴い、治水安全度は向上しているものの、水害は依然として毎年見られ、減少する傾向さえも見られない。したがって、今後は、理論に裏付けられたハードやソフトの技術を組み合わせた治水対策がますます重要になってくる。

このような現況下で、洪水を制御するには、洪水流の解析や、遊水地・感潮池の機能利用と強化、氾濫解析を用いた避難判断支援情報の利用も有効な手法となる。遊水地や感潮池も、平常時には水環境として、有機汚濁や富栄養化しないで、周辺の水質浄化に役立つことが望ましい。本研究は、このような多様な要求に配慮しつつ、種々の手法を組み合わせ、総合的な治水対策の1つの手法として提案した研究である。

学位申請者の研究内容は、大きく4つに分けられる。1つは、河川等開水路の洪水流などの解析手法として、非定常の1次元不定流の解析手法を新しく提案している。その手法では、既存の解析手法と比較して、計算時間の短さや安定性で有効な解析手法であることが示されている。

2つ目は、外海と繋がり潮汐作用のある環境下で、石積透過堤を有する感潮池の流れについて、簡潔な水理モデルを用いて解析を行い、透過堤や感潮池の形状と流れの解析から、水質浄化効果の程度を示している。これらの解析結果をもとに、感潮河川と並列する分合流のある遊水地の流況改善が、両者間の流入出制御によって可能であることを示唆している。

さらに3つ目として、これら解析手法の応用例として、感潮池に接続された河川・水路に注目して、茨城県の涸沼と涸沼川や中国の黄浦江と淀山湖について、両者の流れと共振現象の解析を行っている。具体的には、水位や流速変化を計算し、河道の水深維持機構を明らかにしている。これらの河道の流れと感潮池の水位変化による共振現象が、流砂の適度な排出を促し、河口閉塞などをもたらさないように作用し、河道水深維持に有効に働いている状況を示している。

この感潮池と河川の流れの共振作用の有効性に注目して、上記の解析手法を用い、河道水深維持と洪水の早期排出を目的にして、感潮池の黄河の河口域での新設を提案している。具体的には、河口域での浚渫を実施しない場合に、河床への流砂の堆積制御を生じさせ、洪水時の氾濫・破堤の危険性を低下させて、感潮池が河床低下に有効な手法であることを示唆している。

4つ目として、2009年8月9～10日に兵庫県中西部の佐用町で起きた千種川水系の佐用川流域での洪水氾濫を例にして、1次元不定流をはじめとする氾濫解析とリンクさせた避難判断支援情報を提案している。氾濫解析のシミュレーション結果を適用し、ハザードマップのガイドライン等で用いられている歩行危険度を水理的解析から定量的に表示できる

ことを示している。

これら一連の研究は、遊水地・感潮池の流れ解析は治水のハードな技術対策として役立ち、氾濫解析の避難判断支援情報はソフトな洪水被害軽減策として有効であり、広く新たな知見をもたらすものである。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として十分に価値あるものと認められる。