

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23310128

研究課題名(和文)地盤工学的・水工学的アプローチによる流域治水に関するフィールド研究

研究課題名(英文)A field study on whole watershed management for flooding and inundation by geotechnical and hydraulic approaches

研究代表者

大串 浩一郎(Ohgushi, Koichiro)

佐賀大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00185232

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,800,000円、(間接経費) 4,440,000円

研究成果の概要(和文)：佐賀平野における流域対応の伝統的治水について、地盤工学的・水工学的アプローチにより定量的に評価し、今後の流域対応による治水の具体的方策として提案することを目的として研究を進めた。佐賀平野東部の城原川には野越や霞堤が現存するが、地盤採取によりそれらの受堤が存在していたと考えられる地点近傍ほど砂質土が多く堆積していることが分かった。また氾濫流と土砂輸送の数値解析により、受堤付近では洗掘傾向、それ以外の地点では堆積傾向が見られ、洗掘傾向を示した地点でレンズ状の極細粒砂パッチが見られた。さらに佐賀平野の大河川の瀬替えは、流水客土や舟運などへの活用のために行われていたことも明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：A traditional flood control technology in Saga Plain considering whole watershed countermeasures against floods has been evaluated quantitatively using geotechnical and hydraulic approaches to contribute to a future flood control management. In eastern Saga Plain, there is Jobaru River that includes discontinuous levees like Nokoshi and open levees. By geotechnical sampling of the soil, it has been found that sandy soils accumulate more at the location of auxiliary levee in the residential area near the discontinuous levee. By numerical simulations for inundation flows and sediment transports, there is a tendency of erosion near the auxiliary levee, while there is a tendency of accumulation in other areas. A soil sample of the location for the erosion area includes lens-like fine sand layer. Moreover, it has been found that large rivers' reroutings in Saga Plain are implemented to utilize it for warp soil dressing by water flow, water transportation, etc.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：流域治水 野越 霞堤 氾濫 堆積 定方位板状地層採取 数値シミュレーション 城原川

1. 研究開始当初の背景

我が国の多くの河川流域では、明治維新以降、多くの手が加えられて流域開発が進められてきた。その結果、江戸時代初期に各地で行われた流域治水（例えば、関東郡代の伊奈家による利根川流域の治水（関東流）など）のかなりの部分が消失してしまっている。しかも、江戸時代中期以降は、井澤弥惣兵衛らによる紀州流（連続堤による治水）が幕府の治水工法として採り入れられたため、それ以降の文献では必ずしも江戸時代初期の治水の考え方を正しく伝えていない。

一方、肥後藩の加藤清正による菊池川、白川、緑川、球磨川などの治水、肥前藩の成富兵庫による筑後川、嘉瀬川などの治水は、幕府中央の意向が届きにくく、また藩独自の工夫を凝らした治水がなされ、その幾つかは現存し機能しているものもある。しかし、加藤清正の治水や成富兵庫の治水については、これまで断片的な調査研究しかなされておらず、治水遺構は部分的には現存するけれども、その機能や背景まで含めた総合的な調査とはなっていない。つまり、従来の我が国の河川研究でまとめられてきた文献中の対応する具体的な治水遺構が現存する河川流域が消失してきたことに加え、具体的に治水遺構が現存する河川流域でも総合的な調査が不足しているという状況が現在の状況である。

ところで、平成 12 年 12 月の河川審議会計画部会中間答申では、「流域での対応を含む効果的な治水の在り方」が国土交通大臣に提出された。しかしながら、明治時代から進められてきた、いわゆる連続堤防による治水方式は、計画洪水に対するある程度の治水効果はあるものの、超過洪水には対応しておらず、都市部を中心として依然として甚大な水害が起きる可能性が残っている。また、土地利用まで含めた対策を行うためには、河川管理者のみならず、国や地方自治体、地域住民を巻き込んでの徹底的な議論と可能な限りの総合的な対策を実施していく必要があるが、未だそのような積極的な対策を実施している所は皆無である。上述の河川審議会答申は、これまでの治水に対する考え方を根本から変えるものであったが、このままでは具体的実現が非常に困難である可能性が高い。できるだけ速やかに、その具体的な対策を検討していく必要がある。

2. 研究の目的

佐賀平野では、約 400 年前の古くから上記に対応する「流域治水」が行われてきたことが分かっている。この「流域治水」は、できるだけ水をゆっくり流し、流域全体に分散することで洪水による水害を全体として抑制するものである。また、単にハード的な対策だけでなく、地租による土地利用の制御や、巧みな利水システムとの連携など、非常に優れた方策をとってきたことも明らかになってきた。

本研究では、嘉瀬川や城原川のような佐賀平野を流れる河川に特有の「流域での対応」を念頭においた治水の思想について定量的な評価を行う。放水路や乗越堤からどのような流出形態で氾濫水や土砂が流出していったのかについて、現存する現地の地層を読み解き、流域全体での役割について深く検討することにより、今後の我が国の流域での対応による治水の具体的方策として提案することを目的として研究を進める。

3. 研究の方法

本研究の遂行にあたっては、平成 16～18 年度ならびに平成 19～21 年度の「流域管理と地域計画の連携方策」による共同研究のメンバーの中から、特に地元佐賀で綿密に調査を継続できる研究者を選んだ。本研究の研究代表者である大串は、これまで嘉瀬川や城原川、緑川などで調査研究を実施し成果を上げてきた。特に水理学的な調査と航空写真などの地図情報を組み合わせた調査研究では、それぞれの河川流域で定量的な解釈を行ってきた実績がある。また、大串は現在、城原川未来づくり懇談会座長を任され、地域住民とともに城原川を地元神埼市のまちづくりの核として位置づけた取り組みを行っている。本研究では、工学的なアプローチから嘉瀬川流域や城原川流域における氾濫水と土砂流出の挙動のシミュレーションを担当した。

また、共同研究者の岸原は、これまで佐賀平野の治水史、特に近世の成富兵庫らによる治水の歴史に関する調査研究で成果を上げてきた。岸原は、佐賀平野では筑後川以西には千栗堤以外には成富兵庫の治水遺構は何もないというこれまでの定説に異論を唱え、実際に佐賀平野では壮大なスケールでの河川や水路工事が施され、嘉瀬川を中心とした流域の治水ならびに利水が合理的に行われていたことを示した。本研究では、岸原は佐賀平野の河川群の瀬替えや個々の治水遺構の調査ならびにそれらの連携による流域対応による治水方策の解明を行った。

さらに、最新の地盤工学的調査法に精通している日野を本研究の研究分担者に加えた。日野は、嘉瀬川や城原川におけるポイントとなる地点の定方位板状地層採取（ジオスライサーによる面状の地盤採取）ならびにそのポイントにおける物理的地層区分、年代区分、層序として確立する作業を担当した。この調査は、かつての流域対応による治水が果たしてきた役割を定量的に評価する際のキーポイントとなった。

本研究の対象フィールドは、佐賀平野の河川群とその流域である。特に平野の中央部を貫流する嘉瀬川ならびに東部を流れる城原川とそれらの流域で、本研究のポイントとなる幾つかの地点が存在する。すなわち、乗越堤、水受堤、放水路、野越などである。現状ではそれらの機能は従来のものと異なっているが、かつて本来の機能を発揮していたと

思われる履歴が地面の下には残っている可能性が高い。その情報を最新の地盤工学的な調査方法を用いて時系列的に分析し、合わせて水工学的な手法により、洪水の氾濫水と土砂の挙動をシミュレーションすることにより、上記のポイントとなる箇所が流域全体でどのような役割を担っていたかを検討した。

最終的に、かつての流域対応による治水手法の定量的な評価を実施し、現代における適用方法や応用について検討し、近い将来の超過洪水対策の主対策として提案した。

4. 研究成果

本研究では、かつて計画的な治水・利水が行われたと考えられる佐賀平野を研究対象フィールドとし、どのような流域対応の効果的治水施策が行われたのかを地盤工学的・水工学的アプローチによって定量的に評価し、今後の我が国の流域での対応による治水の具体的方策として提案することを目的として研究を進めた。

平成 23 年度は、佐賀平野東部を流れる城原川における 5 つの野越の内の 1 つである八子野越の着目し、かつて洪水時に本川から越流し河川水とともに運搬・堆積されていた土砂の堆積状況を定方位板状地層採取により堤内地における堆積状況（層序、年代区分、物理的区分等）を調査した。試料の堆積学の視点による観察の結果、深さ 0.4m 前後に城原川野越からの越流により形成された可能性を伴う地層の存在が示唆された。粒度試験の結果から、注目層の中砂は上下の地層に比べ 10%以上多かった等、本研究の視点を裏付けるいくつかの重要な知見を得た。

さらに、城原川に存在する 4 つの霞堤、5 つの野越ならびに 2 つの無堤地帯を考慮した流域治水システムを理解するために、1 次元非常開水路ネットワークによる水理解析を行った。さらに、八子野越（5号野越）から越流・氾濫する河川水の 2 次元氾濫数値シミュレーションを実施し、採取土砂との関連性を考察した。

一方、八子野越の対岸に構築されている 3 個の野越（乗越堤）は高水敷・放水路を設ける等、越流速を減ずる独創的な施設や放水路が設けられているが、これに対して、右岸の野越には独創的な施設はなく、明治時代初期の地租も場所による大差がなく、左岸の地租と対照的である事が明らかになった。これら施設・地租の大差を生じた越流速など洪水流の挙動に関する今後検討すべき問題点が明らかになった。

平成 24 年度は、佐賀平野東部を流れる城原川における 4 つの霞堤の内の 1 つである 1 号霞堤の着目し、かつて洪水時に本川から越流し河川水とともに運搬・堆積され、あるいは本川での洪水が収まりかける時点での本川への流出といった河川水流入・流出とそれともなった土砂の堆積状況を定方位板状地層採取により堤内地の堆積状況（層序、

年代区分、物理的区分等）を調査した。この調査に先立って、水受堤の過去の存在位置を推定するためにスウェーデン式サウンディング試験を実施し、過去の水受堤の延長や位置、規模などについての推定を実施し、本調査への橋渡しとした。結果として、受堤が存在していたと考えられる地点の近傍ほど砂質土が多く堆積し、同砂質土はこれより広がる形で堆積する地形の変遷を捉えられたことが示唆された。さらに、スウェーデン式サウンディング試験の適用は、堆積物に伴う地形の変遷を表現できる可能性があることなどの新たな知見を見出した。また、定方位板状地層採取を適用して地層採取を行い、土砂の堆積状況について層序、年代区分、物理的区分等の観点から明らかにすることにより、同地形の変遷を裏付けた。これらの結果は解析に必要な種々の条件設定の信憑性を裏付けるものと考えられる。

さらに、城原川の野越・霞堤から越流した洪水流の堤内地での挙動について数値解析を行い、城原川における流域治水の現状を考察した。その結果、城原川流域では、かつて遊水地であった地域に住宅地などが建設された。そのため、確率年 50 年よりも小さい規模の降雨でも霞堤から越流した洪水流が住宅地へ流れ込み、浸水被害を助長する恐れがあるということが分かった。

平成 25 年度は、過去 2 年間に調査してきた佐賀平野東部を流れる城原川の 1 番霞堤周辺堤内地および 5 番野越遊水地内の地盤高変動の挙動を氾濫流と土砂輸送解析によって再現することができた。受堤付近の洗掘傾向とそれ以外の地点の堆積傾向があることが明らかとなった。また、これまでに行ってきた定方位板状地盤調査（ジオスライサー）による堆積層の調査結果と比較した所、受堤と思われる盛土層が確認された。受堤の位置が当初想定していた方向とは違い、より河川本堤に近いライン上にあることが分かった。また、ジオスライサーで採取した土粒子の粒度分布試験結果より、平均粒径は $38.9 \mu\text{m} \sim 0.13\text{mm}$ の範囲にあり、特に洗掘傾向を示した地点のある深さではレンズ状の極細粒砂のパッチも存在した。

また、1 番霞堤については別途、本川と堤内遊水地を含む領域において 3 次元流れ解析を実施することで、霞堤付近の詳細な流れの再現を行い、霞堤付近の境界条件の与え方の確認を行った所、本間の式で十分に境界条件を与えうることが分かった。また、霞堤の受堤と本堤の間の一次貯留水は、本堤の強度増加に寄与することも定量的に示すことができた。

さらに、流域治水の総合的検討課題として、佐賀平野大河川の瀬替えの理由について検討した。その結果、瀬替えの大きな理由としては、瀬替えによる河川の合流が平水時・低水時の水位上昇を引き起こし、河川の蛇行部の影響や有明海の大きな干満差と相俟って、

大型船舶の航行を可能にしたことやアオ取水による豊穡な農地拡大に繋がっていた。つまり、自然の恵みをさらに高めていたことが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 18 件)

1) 日野剛徳, 柴錦春: 5.海面変動が地盤環境に及ぼす影響と評価, 講座「地球温暖化がもたらす地盤の環境変化と災害」, 地盤工学会誌, 地盤工学会, 62(1), 53-59, 2014 (査読有)

2) 緒方直人・大串浩一郎・手塚公裕: 有明海流入主要河川の流入負荷特性, 土木学会論文集 B1 (水工学), 70(4), I_1231-I_1236, 2014 (査読有)

3) 山田圭太郎, 日野剛徳, 下山正一, 竹村恵二, 檀原徹, 岩野英樹: 有明海北岸低地で新たに発見された中部更新統の年代と堆積環境, 地学雑誌, 東京地学協会, 122(5), 841-853, 2013 (査読有)

4) Hino, T., Jia, R., Harianto, T., Ohgushi, K. and Ichihara, T.: Geoslicer and its application for soil strata analysis, Lowland Technology International, International Association of Lowland Technology (IALT), 15(1), 2-9, 2013 (査読有)

5) Ohgushi, K. and Hino, T.: River basin management for flooding and inundation using traditional flood control technology - Geotechnical and hydraulic approaches for quantitative evaluation of the technology -, Proceedings of the 7th International Conference on Crisis and Emergency Management ICCEM 2013, 224-233, 2013 (査読有)

6) H. Nakashima, T. Morita and K. Ohgushi: Numerical simulations of flood and inundation using LP data in Jobaru River Basin, Proc. of World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Civil Engineering, 7(9), 86-91, 2013 (査読有)

7) 手塚公裕・伊藤祐二・片野俊也・加瑞・日野剛徳・速水祐一・大串浩一郎: 諫早湾調整池への海水導入を想定した実験による底質からのアンモニウム態窒素溶出量の見積もり, 水環境学会誌, 36(2), 49-56, 2013(査読有)

8) 手塚公裕・大串浩一郎・緒方直人: 有明海における陸域負荷の長期変動の推定および赤潮発生に及ぼす流入水量の影響, 土木学会論文集 B1 (水工学), 69(4), I_1735-I_1740, 2013 (査読有)

9) 中島大斗・大串浩一郎・日野剛徳: 城原川野越・霞堤の効果検証のための洪水氾濫数値シミュレーション, 土木学会論文集 B1(水工学), 69(4), I_1537-I_1542, 2013 (査読有)

有)

10) 手塚公裕・片野俊也・濱田孝治・加瑞・日野剛徳・速水祐一・伊藤祐二・大串浩一郎: 諫早湾および隣接する調整池における底質の栄養塩分布, 海の研究, 21(3), 69-81, 2012 (査読有)

11) Koichiro Ohgushi, Jeffry Sumaraw and Takenori Hino: A Study on the flood management of Jobaru River Basin by geotechnical and hydraulic engineering approach, Proc. of IAHR-APD 2012, Jeju, Korea, 10pages(USB Memory), 2012 (査読有)

12) Masahiro Tezuka and Koichiro Ohgushi: A Practical Method to Estimate Missing Discharge Data, Proc. of IAHR-APD 2012, Jeju, Korea, 11pages(USB Memory), 2012 (査読有)

13) A. K. T. Dundu and Koichiro Ohgushi: An Analysis of Storm Surge Impact in Saga Plain, Japan, Proc. of IAHR-APD 2012, Jeju, Korea, 11pages(USB Memory), 2012 (査読有)

14) C. Supit and K. Ohgushi: Estimating water resources export from mountains dam watershed into Saga plain, Japan, Proc. of 8th International Symposium on Lowland Technology, Bali, Indonesia, September 2012, 455-461, 2012 (査読有)

15) A. K. T. Dundu and K. Ohgushi: A study on impact of storm surge by typhoon PAT(T198513) in Saga lowland and surroundings using hydrodynamic numerical modelling, Proc. of 8th International Symposium on Lowland Technology, Bali, Indonesia, September 2012, 961-968, 2012 (査読有)

16) 大串浩一郎・日野剛徳: 地盤工学的・水工学的アプローチによる城原川流域の伝統的治水に関する研究, Proc. of International Symposium on the History of Indigenous Knowledge(ISHIK2012), 121-128, 2012 (査読有)

17) K. Ohgushi, J. Sumaraw and T. Hino: A study on the flood management of Jobaru River Basin by geotechnical and hydraulic engineering approach, Proc. of APD-IAHR 2012, 8p., 2012 (査読有)

18) Hino, T., Ichihara, T., Ohgushi, K., Jia, R. and Harianto, T.: Phase analysis of sediment deposition from flooding of the Jobaru river using Geoslicer, Proceedings of the 8th International Symposium on Lowland Technology, ISLT 2012, IALT, Bali, Indonesia, 82-89, 2012 (査読有)

[学会発表](計 21 件)

1) 石川未来・大串浩一郎・野口剛志・緒方直人: 嘉瀬川ダム貯水池が下流の水質に及ぼす影響について, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日。

2) 中島大斗・大串浩一郎・日野剛徳: 土砂動態モデルを用いた城原川流域治水の機能評価, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

3) 森田俊博・大串浩一郎: 避難経路の危険性を考慮した洪水避難解析-佐賀県鹿島市浜地区を例として-, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

4) 松田隆寛・大串浩一郎・Torry Dundu・Arthur Harris Thambus: 津波・高潮による有明海沿岸域の浸水リスクに関する数値解析, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

5) 緒方直人・大串浩一郎・手塚公裕: 有明海の赤潮発生に及ぼす陸域からの流入水量の影響, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

6) 寺尾寿信・大串浩一郎・中島大斗: 洪水時における牛津川流域の排水機場の効果の検討, 土木学会西部支部研究発表会, 福岡大学, 2014年3月8日.

7) 古賀勇気・大串浩一郎・Tommy Jansen: 筑後川下流域の流れと河床変動解析による若津港導流堤の定量的な機能評価, 土木学会西部支部研究発表会, 福岡大学, 2014年3月8日.

8) 大串浩一郎: 佐賀平野の災害に備える「嘉瀬川防災今昔物語」, 嘉瀬川交流塾 第7回, さが水ものがたり館, 2013年10月19日.

9) 木下詩章・大串浩一郎・手塚公裕・野口剛志: 嘉瀬川ダムの河川環境に及ぼす影響に関する検討, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

10) 北島龍・大串浩一郎・中島大斗: 牛津川牟田辺遊水地による洪水調節効果の評価, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

11) 中島大斗・大串浩一郎: 城原川野越・霞堤周辺堤内地における洪水氾濫解析, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

12) 森田俊博・大串浩一郎: 洪水氾濫時における浸水に対する盛土の影響に関する検討, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

13) 松田隆寛・大串浩一郎・A.K.T. Dundu: 津波・高潮による有明海湾奥沿岸域の浸水リスクに関する数値解析, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

14) 緒方直人・大串浩一郎・手塚公裕: 有明海流入主要河川流域における流出率と流域特性の関係, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

15) 手塚公裕・大串浩一郎: 親水域の安全歩行から見た付着藻類の滑りやすさの定量的評価, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

16) 古舘憲人・大串浩一郎・C.J.Supit・手塚公裕: 2つのダムを有する嘉瀬川上流域

における水環境の変化について, 土木学会西部支部研究発表会, 熊本大学, 2013年3月9日.

17) 永吉涼馬, 日野剛徳, 市原季彦, 大串浩一郎: スウェーデン式サウンディング試験を用いた城原川「一番霞堤」一帯の地盤調査, 平成24年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, 第 部門, pp.507-508, 熊本大学, 2013年3月9日.

18) 大串浩一郎: 佐賀低平地の治水と水害, 地盤工学会九州支部佐賀地区地盤工学講演会, アバンセ, 2012年3月16日.

19) 中島大斗, 大串浩一郎: 城原川野越・霞堤の本川洪水流への効果及び遊水地浸水の数値シミュレーション, 平成23年度土木学会西部支部研究発表会, 鹿児島大学郡元キャンパス, 2012年3月3日.

20) 叶莉, 日野剛徳, 市原季彦, 大串浩一郎: ジオスライサーを用いた城原川「八子野越」一帯における氾濫土砂の堆積メカニズムに関する基礎的検討, 平成23年度土木学会西部支部研究発表会, 鹿児島大学郡元キャンパス, 2012年3月3日.

21) 大串浩一郎: 佐賀平野の伝統的治水技術, SSH 理系ガイダンス講演会, 致遠館高等学校, 2011年11月19日.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者
大串 浩一郎 (Koichiro Ohgushi)
(佐賀大学大学院工学系研究科教授)
研究者番号: 00185232

(2) 研究分担者
岸原 信義 (Nobuyoshi Kishihara)
(佐賀大学大学院工学系研究科客員研究員)
研究者番号: 40003769

日野 剛徳 (Takenori Hino)
(佐賀大学低平地沿岸海域研究センター教授)
研究者番号: 20295033