

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 21 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24404014

研究課題名(和文) 泥火山噴出物流入に伴うインドネシア・ポロン川の変化と河川環境の改善に関する研究

研究課題名(英文) Environmental changes and its improvement along the Porong River due to discharging sediment from a mud volcano

研究代表者

田中 仁 (TANAKA, Hitoshi)

東北大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30171755

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,300,000円

研究成果の概要(和文)：2006年5月、インドネシア東ジャワ・シダルジョのガス探掘現場において泥が湧出した。その後、泥火山噴出物はポロン川に流入した。そこで、本研究ではポロン川(河口から上流20km地点から河口部まで)を研究対象として、(1)河床変動・水質変化について現地調査を行うことにより、泥火山噴出物の流入による変化を明らかにするとともに、(2)数値シミュレーション手法の構築、(3)もっとも環境への負荷の少ない泥の排出方法・対策工について検討を行った。

研究成果の概要(英文)：On May 29, 2006, mud and gases began erupting unexpectedly from a hydrocarbon exploration well near Sidoarjo, East Java, Indonesia. The mud is being pumped into the Porong River, which then carries the mud to the ocean approximately 20 km to the east. The main objective of this study is to assess (1) the effect of mudflow on the river and estuary environment such as sediment deposition and water quality using the observed river cross sections and bathymetry data, (2) application of numerical models to the Porong River, and (3) propose most suitable countermeasure which causes minimum environmental impact.

研究分野：土木工学・水工学

キーワード：ポロン川 インドネシア 泥火山噴出 河床 河口 水質 国際情報交換

1. 研究開始当初の背景

2006年5月、東ジャワ・シドアルジョのガス採掘現場において泥が湧出した後、当初、その堆積域を堤防で囲む対策が取られたが、その後も泥の噴出は収まらず、2011年6月時点で4km<sup>2</sup>が泥水で覆われ、高速道路や鉄道に影響を与え、1万3千人以上の近隣住民の生活に影響が及んだ。噴出量は毎日13万m<sup>3</sup>に達するとされている。その後、当局はポロン川への導水路を通じた泥水の排出を容認している。これにより、ポロン川の河床が大きく変化するとともに、河川の水域環境・海域環境に対する影響が危惧されている。泥火山の噴出は現在も続いており、大きな社会問題となっている。

本研究の日本側共同研究者は、申請代表者の採択済み科学研究費(基盤(B), H22年~H24年)の共同研究メンバーとして、気候変動に伴う河口汽水環境の変化に関する研究に参画している。この一環として、2010年8月8日~10日にかけてインドネシア・スラバヤ大学において、研究打ち合わせを兼ねたワークショップ“Japan-Indonesia Workshop on Estuary and Climate Change”を開催し、現地の研究者・技術者と交流を行った。申請者らは以前よりポロン川への泥水の排出問題・環境へのインパクトに注目していたため、ワークショップ開催時にフィールドトリップとして、泥火山噴出の現地ならびにポロン川の河口部を訪れ、この問題の甚大さ、迅速な調査・研究の必要性を再認識した。また、現地のスラバヤ工科大学からも研究への取り組みの要請を受け、この研究を開始することとした。

2. 研究の目的

そこで、以上のような背景を踏まえ、本研究では、泥火山噴出物の流入後のポロン川(河口から上流20km地点から河口部まで)を研究対象として、(1)河床変動・水質変化について現地調査を行うことにより、泥火山噴出物の流入による変化を明らかにするとともに、(2)数値シミュレーション手法の構築、(3)数値シミュレーション手法を用い、もっとも環境への負荷の少ない泥の排出方法・対策工について検討を行うこととした。

3. 研究の方法

泥火山からの噴出物が流入するインドネシア・シドアルジョのポロン川において、泥の流入による河川域および河口部における水質変化・河床変動・土砂堆積について現地調査を行う。また、既往のデータの収集を行う。これらのデータを再現する数値シミュレーション手法を開発した後に、もっとも環境への負荷の少ない泥の排出方法・対策工について検討を行う。研究は現地のスラバヤ工科大学の研究者と共同して実施する。また、各年度に現地において“Japan-Indonesia

Estuary Workshop”を開催し、現地の研究者・実務者に対して随時研究成果を公表する。これにより、研究成果を現地の関係機関が対策立案に役立てることが可能となるものと期待される。

4. 研究成果

(1)ポロン川の河床変動特性

平成24年11月にインドネシア・スラバヤにおいて詳細な現地踏査を行ったところ、現地の河川を所管する行政機関であるBPLS (Badan Penanggulangan Bencana Sidoarjo - Sidoarjo Disaster Recovery Agency, およびBBWS Brantas (Brantas River Catchments Agency)において多くの現地データが取得されていることが判明した。特に、1ヶ月毎にポロン川における河床データが取得されている点は特筆すべき点である。そこで、当初の研究計画を変更し、現地調査を実施せずに現地資料の入手、およびその解析に力を注ぐこととした。現地河床データの解析によれば、泥火山噴出物のポロン川への流入に伴い、顕著な河床の上昇が見られるものの、雨期に河川流量が増加するにつれて掃流力が増し、河道内の堆積物は流送されてしまい、河床が低下することが判明した(図1)。

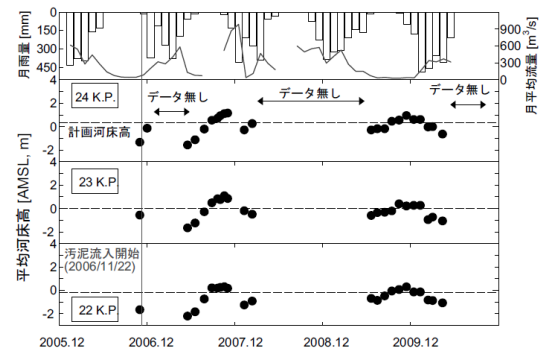


図1 ポロン川における平均河床変動高さの変動

さらに、ポロン川の河床変動の主因を探るため、経験的固有関数による解析を行った。この解析方法は、河床高の時空間分布を空間方向の固有関数と時間方向の固有関数の積で表す、主成分分析の一種であり、これらの固有関数はデータを基に経験的に決定される。その結果、寄与率は第一モードで95.6%、第二モードで2.4%である。詳細な分析の結果、第一モードは流量の少ない期間における汚泥の堆積及び流量の増加した期間における堆積汚泥の浸食を表していることが判明した。また、第二モードの空間関数は160KPで負の値のピークがあり、160KPより下流部では河床位が深くなっている河道中心部に正の値が分布している。この期間には汚泥流入口付近において浚渫及び攪拌が行われており、これによる影響が表れているものと考えられる。第二モードの空間関数はこのような局所的な浸食傾向の違いに起因する

ものである。

#### (2) ポロン川における水質特性

平成25年11月にインドネシア・ポロン川流域において大規模な水質調査を行った。観測はポロン川河口付近から約2km間隔で地点を設定し、多項目水質計を用いて、水温、塩分、濁度、DOの測定を行った。また、エクマンバージ採泥器を用いて底質を採取した。ただし、河道内の水深が上流部で浅くなっており、調査船の遡上が出来なかったため、最上流の観測地点は、泥火山噴出物の流入地点から約3km下流の範囲となった。従って、観測範囲は河口付近を含め約18kmの延長であった。水温は概ね30を超えないような値で、全地点、全水深で一様な分布であった。塩分は最下流の低層で25程度となっている。塩分の混合形態としては弱混合河川であった。溶存酸素については貧酸素の発生が顕著であった。これは、塩水くさび内での流れが滞留していることや、泥火山から排出された土砂の酸素消費量が大いことが原因と推定される。底質粒径については、上流ほど細粒になっている。なお、対象地は雨期と乾期の比較的明瞭な季節区分がある中で、まだ一回の調査結果のみであるため、調査データの蓄積が望まれる。

#### (3) ポロン川における河口地形の変化

過去の地形図、衛星画像などをもとに、ポロン川河口地形について検討を行った。その結果、ショートカットされた河口部において顕著な陸域の拡大が見られた。また、浚渫された泥を用いて造成された人工島の存在も認められた(図2)。

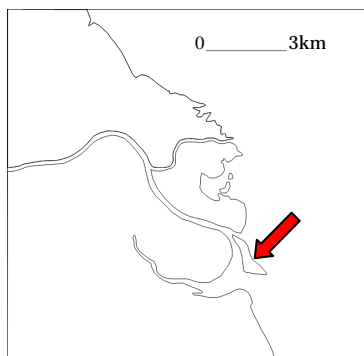


図2 ポロン川河口地形(2013年)

#### (4) 対策工に関する検討

図2に示すように、人工島は河口内への波浪の進入を妨げており、河口部デルタの成長を助長する効果を有するものと考えられる。さらに、人工島にはマングローブ林が成長しつつあり、消波効果・堆砂効果を増している。このように、ポロン川からの泥の処理には人工島の造成がきわめて有効であると考えられる。

#### (5) 現地におけるワークショップの開催

平成24年11月14日、平成25年11月11日、および平成26年12月2日の三度にわたりセプル・ノーペンバー工科大学(イン

ドネシア・スラバヤ)において研究成果の発表を行い、多くの参加者が出席した。この問題に強い関心を寄せる研究者・行政関係者と有意義な意見効果を行うことが出来た。

#### 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 11件)

田中 仁・森 文章・梅田 信・呉 修一・三戸部佑太・Suntoyo: 泥火山噴出物流入後のポロン川下流部地形変化, 東北地域災害科学研究, 査読無し, 第51巻, pp.171-176, 2015.

呉 修一, 梅田 信, 田中 仁, 有働恵子, 真野 明: 泥火山の噴火がインドネシア・ポロン川および周辺に与えた影響, 東北地域災害科学研究, 査読無し, 第51巻, pp.177-182, 2015.

Shuichi Kure, Bambang Winarta, Yuriko Takeda, Keiko Udo, Makoto Umeda, Akira Mano, and Hitoshi Tanaka: Effects of Mud Flows from the LUSI Mud Volcano on River Estuary Environment in the Porong River, Indonesia, Journal of Coastal Research, 査読有り, Special Issue, No. 70, pp.568-573, 2014. ISSN 0749-0208. DOI: 10.2112/SI70-096.1

森 文章・三戸部佑太・呉 修一・Suntoyo・梅田 信・田中 仁・有働恵子・真野 明: 泥火山噴出物流入に伴うインドネシア・ポロン川の河床変動, 東北地域災害科学研究, 査読無し, 第50巻, pp.235-240, 2014.

梅田 信・森 文章・田中 仁・呉 修一・Suntoyo: 泥火山噴出物の流入部下流におけるポロン川の水質環境, 東北地域災害科学研究, 査読無し, 第50巻, pp.241-244, 2014.

Shuichi Kure, Bambang Winarta, Keiko Udo, Makoto Umeda, Akira Mano, and Hitoshi Tanaka: Investigation of morphological changes in the Porong River, Indonesia, induced by mud inflow from the LUSI Mud Volcano, Proceedings of INDO-JAPAN Workshop on River mouths, Tidal Flats and Lagoons, 査読無し, pp.26-33, 2014.

森 文章・三戸部佑太・呉 修一・Suntoyo・梅田 信・田中 仁・有働恵子・真野 明: 火山発生後のポロン川の河床変動解析, 平成25年度土木学会東北支部技術発表会概要集, 査読無し, 2014.

森 文章・三戸部佑太・呉 修一・Suntoyo・梅田 信・田中 仁・有働恵子・真野 明: 泥火山発生後のインドネシア・ポロン川の河床変動解析, 日本流体力学会年会講演概要集, 査読無し, 2014.

呉 修一・武田百合子・有働恵子・真野

明・梅田 信・田中 仁: 泥火山噴出物の流入がインドネシア・ポロン川に与えた影響評価, 査読無し, 東北地域災害科学研究, 第 49 巻, pp.115-120, 2013.

Shuichi Kure, Bambang Winarta, Yuriko Takeda, Keiko Udo, Makoto Umeda, Akira Mano and Hitoshi Tanaka: Effects of mud flows from the LUSI mud volcano on river environment in the Porong River, Indonesia, Proceedings of 10th Annual Meeting of Asia Oceania Geoscience Society, 査読無し, 2013. (USB)

呉 修一・Bambang Winarta・武田百合子・有働恵子・梅田 信・真野 明・田中 仁: インドネシア・ポロン川における泥火山噴出物の流出・堆積状況, 土木学会論文集 G (環境), 査読有り, Vol. 69, No. 5 p. I\_183-I\_190, 2013.

〔学会発表〕(計 13 件)

【口頭発表】

田中 仁: 泥火山噴出物流入後のポロン川下流部地形変化, 東北地域災害科学研究集会および講演会, 2015 年 1 月 9 日-10 日, 山形大学農学部 (山形県鶴岡市)

呉 修一: 泥火山の噴火がインドネシア・ポロン川および周辺に与えた影響, 東北地域災害科学研究集会および講演会, 2015 年 1 月 9 日-10 日, 山形大学農学部 (山形県鶴岡市)

梅田 信: Aquatic Environment in Porong River Downstream of the Inflow from the Mud Volcano, International Seminar on Ocean and Coastal Engineering, Environmental and Natural Disaster Management (ISOCEEN) 2014 年 12 月 2 日, スラバヤ (インドネシア)

呉 修一: Effects of Mud Inflow on the Prong River, Indonesia Induced by Mud Volcano Eruption, International Seminar on Ocean and Coastal Engineering, Environmental and Natural Disaster Management (ISOCEEN) 2014 年 12 月 2 日, スラバヤ (インドネシア)

森 文章: 泥火山発生後のインドネシア・ポロン川の河床変動解析, 日本流体力学会年会, 2014 年 9 月 15 日, 東北大学 (宮城県仙台市)

呉 修一: Investigation of morphological changes in the Porong River, Indonesia, induced by mud inflow from the LUSI Mud Volcano, INDO-JAPAN Workshop on River mouths, Tidal Flats and Lagoons, 2014 年 9 月 15 日-16 日, チェンナイ (インド)

呉 修一: Effects of Mud Flows from the LUSI Mud Volcano on River Estuary

Environment in the Porong River, Indonesia, 13th International Coastal Symposium, 2014 年 4 月 13 日-1 日, ダーバン (南アフリカ)

森 文章: 火山発生後のポロン川の河床変動解析, 平成 25 年度土木学会東北支部技術研究発表会, 2014 年 3 月 8 日, 八戸工業大学 (青森県八戸市).

森 文章: 泥火山噴出物流入に伴うインドネシア・ポロン川の河床変動, 東北地域災害科学研究集会および講演会, 2014 年 1 月 7 日-8 日, 秋田大学 (秋田県秋田市)

梅田 信: 泥火山噴出物の流入部下流におけるポロン川の水質環境, 東北地域災害科学研究集会および講演会, 2014 年 1 月 7 日-8 日, 秋田大学 (秋田県秋田市)

呉 修一: インドネシア・ポロン川における泥火山噴出物の流出・堆積状況, 地球環境シンポジウム, 2013 年 9 月 17 日-18 日, 東北大学 (宮城県仙台市).

呉 修一: Effects of mud flows from the LUSI mud volcano on river environment in the Porong River, Indonesia, 10th Annual Meeting of Asia Oceania Geoscience Society (AOGS), 2013 年 6 月 24 日-28 日, プリスベーン (オーストラリア).

呉 修一: 泥火山噴出物の流入がインドネシア・ポロン川に与えた影響評価, 東北地域災害科学研究集会および講演会, 2012 年 12 月 26 日, 弘前大学 (青森県弘前市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等：無し

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田中 仁 (TANAKA, Hitoshi)  
東北大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号：30171755

### (2) 研究分担者

真野 明 (MANO, Akira)  
東北大学・災害科学国際研究所・教授  
研究者番号：50111258

有働恵子 (UDO, Keiko)  
東北大学・災害科学国際研究所・准教授  
研究者番号：80371780

梅田 信 (UMEDA, Makoto)  
東北大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：10447138

### (3) 連携研究者

呉 修一 (KURE, Shuichi)  
東北大学・災害科学国際研究所・助教  
研究者番号：00646995

三戸部 佑太 (MITOBE, Yuta)  
東北大学・大学院工学研究科・助教  
研究者番号：60700135