

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H00809

研究課題名（和文）沿岸災害に起因する堤外地の大規模産業災害リスク低減のための総合的アプローチ

研究課題名（英文）Integrated approach to reducing the risk of large-scale industrial disasters in coastal areas caused by natural disasters

研究代表者

青木 伸一（Aoki, Shin-ichi）

大阪大学・工学研究科・教授

研究者番号：60159283

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 36,000,000円

研究成果の概要（和文）：沿岸域の自然災害に起因する産業災害（Natech）を対象とし、災害の発生から拡大に至る一連のプロセスを科学的に研究することにより、海域および陸域に対して精度の高いリスク評価を行った。また、種々の角度から防災・減災技術について検討を加えた。具体的には、外力（津波エネルギー）の低減、石油タンク等からの油流出の防止、流出油に起因する火災（津波火災）の拡大防止、などに取り組んだ。さらに、企業に起因するリスクを行政や住民と連携して地域防災に取り込むために、リスクコミュニケーションの実態把握と連携推進方法について検討した。また、国際シンポジウムを開催し、各国におけるリスク低減の取り組みを共有した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大規模な地震津波や台風の大型化による未経験の高潮災害が危惧されている中、石油コンビナートなどの産業施設が沿岸域の堤外地に集積する大都市は大きなリスクを抱えている。このような災害に対して、欧米では組織的なリスク低減の取り組みが行われているが、わが国においては、これまでにあまり経験したことがない災害事象であり、特に甚大な被害を招く大規模災害のリスク評価や影響伝播のシナリオが描けていない点が問題点として挙げられる。本研究は、大阪湾を具体的なフィールドとして取り組み、自然災害に起因する産業災害（Natech）の特性と対策について様々な角度から検討しており、今後の我が国の沿岸防災に大きく寄与するものである。

研究成果の概要（英文）：The risk assessment of industrial disasters (Natech) caused by natural disasters in coastal areas was carried out by studying the series of processes from the onset to the spread of disasters in marine and land areas. In addition, disaster prevention and mitigation technologies were studied from various angles. Specifically, we addressed the reduction of external forces (tsunami energy), prevention of oil spills from oil tanks, and prevention of the spread of fires caused by oil spills (tsunami fires). Furthermore, in order to incorporate the risks caused by companies into regional disaster prevention in cooperation with local governments and residents, we studied the actual situation of risk communication and how to promote cooperation. An international symposium was held to share risk reduction efforts in various countries.

研究分野：土木工学

キーワード：沿岸災害 産業災害 堤外地 石油コンビナート リスクコミュニケーション Natech 防災

1. 研究開始当初の背景

先の東日本大震災では、大規模な津波の襲来によって気仙沼市の沿岸の油貯蔵施設から大量の油が流出し、市街地の広い範囲が焼失した。今後発生が予想される南海トラフ地震でも、内湾臨海部に位置する大規模工業地帯では、石油コンビナート等から油やガスなど危険物質が流出し、海域を含む周辺地域を巻き込んだ大規模な災害を引き起こす可能性を有している。さらに、地球規模の気候変動により、今後台風の規模や強さが増大することが予想されており、台風による強風、高波、高潮等による災害のリスクは徐々に増大すると考えられる。

重要な都市機能を沿岸域に有する内湾域では、臨海部の石油コンビナート等の工業地帯から発災する災害を十分考慮して防災対策を講じておく必要がある。このような災害は、「自然災害に起因する産業災害」(Natech = Natural hazard triggering technological disasters) と呼ばれ、EU 諸国では組織的なリスク低減の取組みが行われているが、わが国においては、これまでにあまり経験したことのない災害事象であり、特に甚大な被害を招く大規模 Natech のリスク評価や影響伝播のシナリオが描けていない点が問題点として挙げられる。さらには、その対策は民間企業に依存しているところが大きいため、市街地まで被害が波及することが予想される場合に、地域防災の観点からどのように備えるべきなのかも課題である。

2. 研究の目的

大阪湾を具体的なフィールドとして取組み、日本型の大規模 Natech 対策のあり方を提言することが本研究の目指すところである。本研究の第1の目的は、臨海部に位置する石油コンビナート等における危険物の貯蔵・輸送関連施設が大規模地震・津波あるいは高潮・高波を伴う大型台風の来襲を受けた場合、どのようなメカニズムで災害が発生し、それがどのようなプロセスで陸上および海上に伝播するのかを、あらゆる可能性を想定しつつ、具体的・定量的に示すことである。第2の目的は、災害発生後、海域および陸域にその影響が広範囲に伝播する過程において、被害の発生や拡大の防止に資する新たな防災・減災技術を提案・開発することである。さらに、第3の目的として、工業地帯を含む地域の防災力の向上のために、危険物を取り扱う企業と地域行政および地域住民とのリスクコミュニケーションを図る手法について実践的に取り組むこと、また、国際協働によりリスク低減を図る方法について検討することである。

3. 研究の方法

本研究では、大阪湾およびその湾岸域を具体的な研究フィールドとする。これら特別防災区域については、自治体が防災計画を立ててリスク評価や対応策を示しているが、その社会的な災害リスクについては十分検討されておらず、港湾域の利用者や周辺住民にリスクが伝わっているとは言い難い。本研究では、発災から災害の拡大に至る一連のプロセスを可能な限り科学的かつ詳細に検討することにより、海域および陸域(市街地)に対して精度の高いリスク評価を可能にしようというものである。また、防災・減災技術についても検討を実施する。具体的には、外力(津波エネルギー)の低減、石油タンク等からの油流出の防止、流出油に起因する火災(津波火災)の拡大防止、石油タンクの爆発・火災の発生と拡大の防止などに取り組む。

さらに、地域住民とのリスクコミュニケーションの観点から Natech リスクを住民に正しくアウトリーチすること、企業や行政と連携して地域防災を進める方法の検討を行うこと、の両者について実践的に取り組む。また、国際シンポジウムを毎年開催する。

4. 研究成果

(1) 石油タンク等に及ぼす流体力と破壊メカニズムの検討

遡上津波が陸上に設置された円筒タンクに及ぼす流体力の特性を、津波造波水路を用いた水理実験および数値シミュレーションにより検討した。さらに、種々の津波波力の低減方法について検討した。円筒タンクに及ぼす津波波力については、我が国で標準的に用いられる消防庁の波力算定式に代わり、浸水深および流速の時間波形から水平および鉛直波力の時間変化をタンク周囲の底部圧力を介して統一かつ合理的に算定する新たな算定式を提案し、その妥当性を確認した。(図-1)¹⁾

津波波力の低減策としては、浸水深および遡上流速軽減のために、防潮堤と堀を組み合わせた場合の効果について検討した²⁾。その結果、防潮堤を越流した津波が、直接、流れ込むような設置間隔で堀を設置すると、津波の浸水を効果的に軽減できることがわかった。また、津波遡上流の方向に沿って設置された2つの円筒形貯蔵タンクに

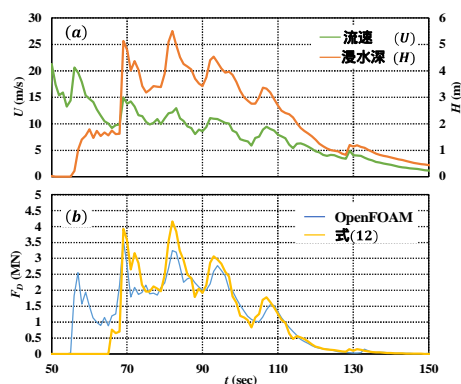


図-1 (a)流速・浸水深の時間波形 (b) OpenFOAM による波力の計算値と提案式による推定値の比較

対して、海側のタンクが山側のタンクに及ぼす遮蔽効果を、タンク間距離を変化させることにより検討した。その結果、海側タンクによる遮蔽効果はタンク間距離とタンク径の比に依存し、この比が小さいほど海側タンクによる遮蔽効果は大きくなるが、タンク間距離とタンク径の比が約 3.0 以上になると遮蔽効果はほぼなくなることがわかった。

(2) タンク破壊と流出油拡散のシミュレーション法の開発³⁾

津波伝播の計算モデルに、タンクからの油の流出を組み込むことにより、流出油が海域および陸域に移流・拡散していく過程をシミュレートできる数値計算法を完成させた。構築した数値解析手法は、湾岸地域に設置された個々の石油タンクの、津波越流時におけるタンク運動を推測する流体構造連成解析と、広域の津波計算と破損タンクからの流出油追跡計算の連成解析で構成される。流体構造連成解析では自由表面流れに対応した有限体積法を用いた流体解析とタンクシェル要素に対する有限要素解析を連成して流体-構造間の相互作用を考慮した。津波・流出油追跡計算では、津波伝搬計算にはネスティングされた計算格子を用いて津波移流計算を行い、津波の速度情報から流出油粒子群のラグランジュ追跡計算を行なった。

流体構造連成解析では津波水槽試験に対応する単一石油タンクモデルの解析を行い、流体力の時系列変化が実験値と一致することが示され、開発した数値解析手法が非正常な津波運動を予測可能であることがわかった。構造解析に関して、通常の石油タンク材料特性を基準にして仮想的に剛性の高いタンク及びタンク壁面厚さを設定して解析を行なった。その結果、やわらかいタンクでは津波の周期的な運動に追従してタンクの水平方向の振動運動が見られるが、硬いタンクでは流体力に対する変位が少なく局所的な応力増大が見られ、側面座屈による損傷・油流出の危険性が高まることがわかった。

広域の津波・流出油追跡計算では、大阪湾での南海トラフ地震を想定した解析を行い、大阪府による従来の被害想定と、行政対策実施後の 2020 年の修正被害想定を流出油初期条件として計算を行なった(図-2)。その結果、対策後は油の総流出量が減少しているため、津波火災につながる流出油の濃度分布は減少し一定の対策効果があることが確かめられた。しかし、大阪湾の奥に位置する北港地域では、油の総流出量が減少しても市街地への流出油の拡散が見られ、津波火災の危険性が少なからずあることがわかった。

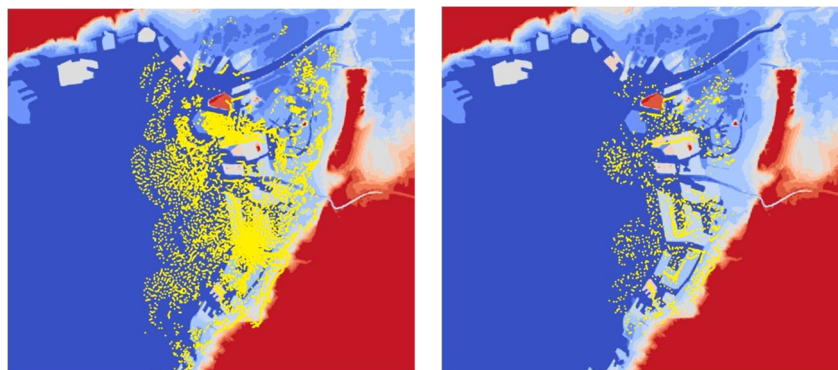


図-2 地震発生から 5 時間後の重油拡散予測の結果
(左：行政対策前、右：行政対策後、流出油を黄色で示している)

(3) 統合型海域ハザードモデルの開発⁴⁾

非構格子型 3 次元流動モデル SCHISM を利用して、津波だけでなく通常の潮汐、風、河川流入の外力によって駆動される流れ場をシミュレーションするための数値シミュレーション法を新たに構築した。3 つの領域を組み合わせた one-way ネスティングを用い、最も大きい領域で津波計算を、中領域では、潮汐、水温、塩分を計算する 3 次元流動計算を実施し、それらから得られる水位、流速、水温、塩分の境界条件を湾奥港湾域の陸海域の地形と標高を細かく表現した小領域モデルに適用し、津波と漂流物の予測計算を実施した。計算法は、内閣府による予測結果を用いて精度検証を行った。

漂流計算では、瓦礫、流出油、車両を対象とした。津波漂流物の挙動は、海水の流速以外に、風による抗力、浮力を考慮したラグランジュ粒子追跡モデルによってモデル化した。さらに、粒子追跡モデルで計算された各粒子の位置から、火災発生の危険領域を推定した。海面での火災の危険性は油と瓦礫が混在しているときに最も高くなるため、油と瓦礫の粒子の分布から火災による危険領域を推定した。危険領域の時間的変動を考慮し、12 時間毎に推定を行った。瓦礫と油の累積粒子は、それぞれ 300m の分解能で積分して算出した。両粒子の最小値を地表火災の簡易的な潜在リスク指標とした。

図-3 は、大阪湾奥にモデルを適用したものである。異なる外力条件下の 4 ケースでの 24 時間から 36 時間の瓦礫粒子と流出油粒子の累積粒子数分布と火災潜在リスクマップを示したものである。風向きの異なるケース B と C では、火災危険領域が大きく異なっていることが分かる。ケース B では、北東風とともに沖合に流された瓦礫や油により、火災危険度の高い領域が沖合に移動した。一方、南西の風が吹くケース C では、瓦礫が海岸線近くまで流され、沿岸立地の

火災リスクが非常に高くなった。東日本大震災では、炎上した津波瓦礫が陸地に接近し、森林や建物に延焼したことが確認されており、海岸沿いの火災はより大きな被害をもたらす可能性がある。また、海岸での火災が長く続くと、港への船の接近が妨げられ、物資の輸送が長期にわたって停滞することになり、津波発生時や発生後の天候は、災害後の復旧活動に大きな影響を与える可能性がある。車両の流出についても予測を行ったが、津波によって漂流し海中に放出される車両は少なかった。流された多くの車両は沖合に広がる前に港内の埋立地間で沈没したが、気象条件の影響を受ける前に車両が沈没するため、気象外力の影響が少なかった。

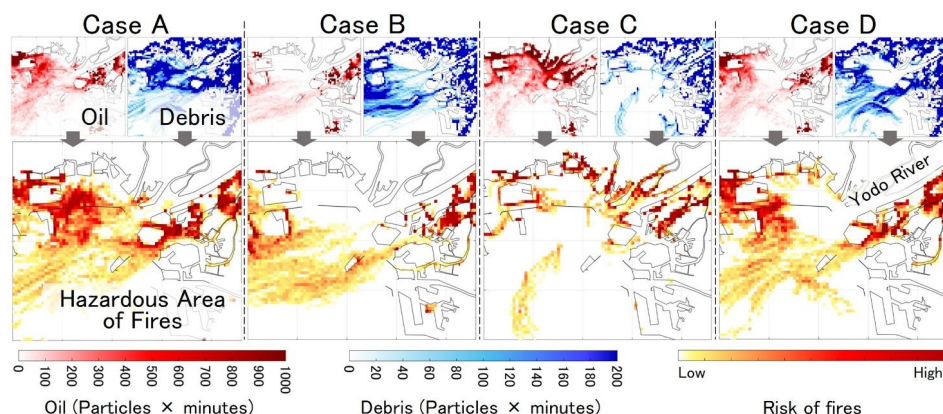


図-3 無風 (Case A), 北東風 5m/s が連吹する場合 (Case B), 南西風 5m/s が連吹する場合 (Case C), 淀川他の河川流量が増加した場合 (Case D) の、火災潜在リスクマップ

(4) フレキシブルパイプを用いた津波・高波減勢技術の開発⁵⁾

内圧により起立する柔軟筒状物体 (フレキシブルパイプ) 群を用いて、津波や高波の来襲時に注水して起立させることにより、陸地に流入する水塊の運動量を低減させる減勢工の開発を行った。造波水路における模型実験により津波減勢工としての有効性を確認するとともに、実機の津波減勢工としての有効性を判断するため、フレキシブルパイプ効果を模擬する体積力分布を考案し、これを大阪湾の津波シミュレーション計算に組み込み、実機の有効性を検証した。

模型実験の結果、フレキシブルパイプは入射する波の運動量を効果的に減らすため、津波被害低減に有効であることがわかった。一方で、造波水路で発生できる流速は、大阪湾での津波流速をフルード則にて縮小したもの (U_{Osaka} とする) に比べ遅いこともわかった。そこで、曳航水槽に水路およびフレキシブルパイプを設置し、流入流速が U_{Osaka} となるように曳引速度を調整し計測を行った。



図-4 フレキシブルパイプの変形後形状

実機について検討した結果、模型実験の内圧設定が実機では実現不能であることがわかり、実現可能な最大値を検討した。この場合、フレキシブルパイプは流れに対して直立できず後方に大きく倒れる形状となるが (図-4)、少なくとも模型スケールでは津波減勢に有効であることがわかった。次に、これをもとに CFD 手法を用いて模型スケールでの体積力分布を作成し、フレキシブルパイプの幾何形状を用いた CFD 計算結果を用いて、実機相当のフレキシブルパイプを表現する体積力を作成した。これを津波シミュレーションに組み込み、実機フレキシブルパイプの効果を検討した結果、入射波が有する運動量を 75% 減少させ得ることがわかった。

(5) 石油タンクからの熱・物質放射の制御技術の開発

津波火災の減災対策として、瓦礫および油吸着材を考慮した水面の小規模燃焼実験により油吸着材の添加効果を評価した。瓦礫を模したバルサ木材片を A 重油と共に水面で燃焼させたところ、バルサ木材片なしと比べて燃焼時間およびふく射熱量が増大した。この条件に、ケイ素土系と自己消化性樹脂系の油吸着材をそれぞれ添加して燃焼させたところ、ケイ素土系の油吸着材では油吸着後に沈殿し、燃焼時間、ふく射熱が減少し、自己消化性樹脂系の油吸着材では燃焼中に炭化膜を水面に形成し、未添加の場合と比べて燃焼時間、ふく射熱が減少した。

危険物貯蔵タンクからの漏洩の減災対策については、種々の密度を有する物質が漏洩したことを想定し、ウォーターカーテン (WC) を考慮した数値解析により WC の設置効果を評価した⁶⁾。WC を考慮した数値解析について、密度が異なるアンモニア、プロパンを漏洩対象とし、鉛直方向の風速分布および漏洩物質の WC への吸収効果を表現する二重境界膜モデルを考慮した数値流体解析を実施した。WC を考慮しない場合、空気よりも軽いアンモニアは、風下側に進むにつれて濃度が低下し、空気よりも重いプロパンやブタンは、地表面上を拡散し、風下側でも高い濃度を示した。WC を考慮した場合、いずれの漏洩物質においても WC により漏洩物質の拡散が大

きく減少し、水への溶解度が低いプロパンやブタンの場合でも WC による減災効果が示された。

(6) 被害低減のためのその他の検討

津波や高潮に伴う波の遡上の低減のための基礎研究として、現地海岸への波浪の遡上の観測を行い、遡上波の特性について研究を行った。具体的には、神戸須磨海岸を対象に地形測量等の現地調査を継続的に行うとともに、定点観測カメラを設置し、須磨海岸東部を俯瞰する画像を 0.5 秒間隔で記録した。2019 年台風 10 号来襲時の須磨海岸東部の画像記録より、大規模な波浪遡上が生じていたことが確認された。そこで、撮影画像を平面直角座標系に変換した画像から波浪遡上端の南北位置を検出した。その時間変化を分析したところ、波浪遡上距離の急激な増大には、うねり成分に加え、長周期成分が寄与していたことが分かった。

津波に対して、港湾に停泊する船舶が港外避泊を円滑に行うためには、短時間での離岸・退避が求められる。そこで、堺泉北港について、南海トラフ地震による津波予測結果および船舶自動識別装置 (AIS) データをもとに、避泊に関する問題点を抽出した。その結果、流速が大きな地点があるため一斉避難が難しい状況にあること、また緊急離岸に有効とされる「出船係留」については、AIS の分析の結果、31%と比較的高いことなどがわかった。

(7) 企業防災と地域防災をつなぐリスクコミュニケーション

大阪湾に位置する石油コンビナートのうち堺泉北臨海地区 (特別防災区域) を対象に、防災における企業間連携および周辺地域との連携の実態を明らかにするために、特定事業所および特別防災区域に位置する中小企業を対象にアンケートを実施した。その結果、特定事業所間ではある程度連携した取り組みが行われているものの、中小企業と特定事業所の間での防災上の連携についてはほとんど実施されていないこと、特定事業所と近隣住民とのリスクコミュニケーションについては、多くの特定事業所で必要性が認識されておらず、危険物漏洩や火災爆発などの緊急時の直接の連絡手段がほとんどない点など、防災対策上の脆弱性が明らかになった。

災害に対する地域住民の防災意識を把握するために、フューチャー・デザインの考え方を取り入れ、仮想将来世代の概念を用いて多様な知を集積し、視点の変化・行動変容を促すワークショップのデザインと実践を行った。アンケート調査を実施した結果、ワークショップ後では防災への取り組みの意欲が高まる方向へ意識変化が生じた。また、仮想将来世代の立場で検討することにより、自助・公助は元より、共助の項目も高まっており、このようなワークショップ手法により視点変容の促進が可能であると示唆された。さらに、Natech に対するリスクコミュニケーション向上のためのシリアスボードゲームの開発も実施した。

(8) 国際協働の取り組み

Natech に対する研究の進捗状況を共有し、各国におけるリスク低減とリスクコミュニケーションのための研究ニーズと課題を理解し、また過去の出来事から学んだ教訓を共有するための国際協力を促進することを目的とし、国際シンポジウム等を企画・開催した。

マルチステークホルダーワークショップ、オンライン研究会、シンポジウムを複数回開催し、教訓の共有と研究・経験の交流を推進した。2020 年 3 月にはパンデミックの影響もあり、小規模な国際 Natech ワークショップを開催した。2021 年 3 月には、大阪大学と京都大学の主催で「第 5 回大規模工業団地における Natech リスク低減に関する国際シンポジウム」をオンラインで開催した。日本、コロンビア、イタリア等各国の研究者、EU の政府代表、過去に Natech の影響を受けたコミュニティリーダーからの発表など、20 カ国以上から 120 人以上が参加した。

「第 6 回大規模工業団地における Natech 国際シンポジウム」については、コロンビア政府機関との共同開催とし、2022 年 3 月にコロンビアのボゴタでハイブリッド方式で開催した。対面およびオンライン合わせて 1000 人以上の参加者があった。現在、第 5 回シンポジウムの発表内容をとりまとめて、シュプリンガー-IDRiM ブックシリーズの 1 巻を準備中である。

< 引用文献 >

- 1) 堤 雄大・青木伸一・荒木進歩 (2022), 円筒貯蔵タンクに作用する津波波力の新たな算定式の提案, 海岸工学論文集, .
- 2) Silva, A. and Araki, S. (2020), Investigating the Behavior of an Onshore Wall and Trench Combination Ahead of a Tsunami-Like Wave, Geosciences.
- 3) S. Nakase, Y. Takagi and T. Hino (2022), Oil spill simulation caused by tsunami and evaluation of the government's measurements at Osaka bay, 6th International Symposium on Natural Hazard-Triggered Technological Accidents.
- 4) M. Irie and T. Yoshino (2022), Risk Assessment of Secondary Disasters by Tsunami Debris in Osaka Bay With Ocean and Inundation Model Considering Meteorological External Forces, 6th International Symposium on Natural and Technological Accidents.
- 5) Hiroki Bunno and Hiroyoshi Suzuki (2021), Development of Body Force Model to express Flexible Pipes for a new tsunami Countermeasure, 5th International Symposium on Natural Hazard-Triggered Technological Accidents.
- 6) 村上奨, 倉敷哲生, 向山和孝, 石丸裕, 李興盛 (2021), 有毒物質の漏洩事故におけるウォーターカーテンの減災効果に関する研究, 日本材料学会主催 第 33 回信頼性シンポジウム.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Araki S., Iwasaki S., Aoki S.	4. 巻 1
2. 論文標題 Experimental Study on Tsunami Wave Force Acting on Spherical Storage Tank in Coastal Area	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of APAC 2019	6. 最初と最後の頁 269 ~ 275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-0291-0_38	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akalanca Silva and Susumu Araki	4. 巻 1
2. 論文標題 Submerged Wall-Trench Systems to Suppress Tsunami Impact on Coast	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 29th International Ocean and Polar Engineering Conference	6. 最初と最後の頁 3253 ~ 3260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 内海輝昭, 青木伸一, 濱野智紀, 中山太士	4. 巻 Vol.75, No.2
2. 論文標題 磯浜海岸の地形変化と大規模侵食の発生条件に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_553 - I_558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件/うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Youhei Takagi, Takanori Hino, Yasumi Kawamura
2. 発表標題 Numerical analysis of single oil tank behavior under tsunami inundation by using fluid structure interaction
3. 学会等名 The 13th International Seminar of Port-city Universities League (国際学会)
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 Youhei Takagi, Reiji Tazawa, Takanori Hino, Yasumi Kawamura
2. 発表標題 Numerical estimation of the motion of oil storage tank for tsunami wave with fluid-structure interaction analysis
3. 学会等名 The Twenty-ninth (2019) International Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE-2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 川北将平, 向山和孝, 倉敷哲生, 石丸裕, 李興盛, 花木宏修
2. 発表標題 燃烧実験による水面油火災のふく射熱評価に関する研究
3. 学会等名 安全工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 秋吉優作, 向山和孝, 倉敷哲生, 石丸裕, 李興盛, 花木宏修
2. 発表標題 ウォーターカーテンによる吸収過程を考慮した漏洩気体の拡散挙動評価
3. 学会等名 安全工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 Cruz, A.M. and Krausmann, E.
2. 発表標題 Bringing Together Natech Stakeholders for Resilient Territories: Moving Towards SMART Cities and Communities.
3. 学会等名 IDRiM Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1 . 発表者名 Cruz, A.M.
2 . 発表標題 Methods and tools for Natech Risk Management
3 . 学会等名 International Workshop on Natech Risk (国際学会)
4 . 発表年 2019年 ~ 2020年

1 . 発表者名 Suarez-Paba, M.C. and Cruz, A.M.
2 . 発表標題 A Paradigm Shift Toward Territorial Resilience: An Integrated Framework for Natech Risk Management
3 . 学会等名 International Workshop on Natech Risk (国際学会)
4 . 発表年 2019年 ~ 2020年

1 . 発表者名 Suarez-Paba, M.C. and Cruz, A.M.
2 . 発表標題 Results from the government and industrial surveys regarding Natech risk management practices in Colombia
3 . 学会等名 International Workshop on Natech Risk (国際学会)
4 . 発表年 2019年 ~ 2020年

1 . 発表者名 Josiah, N. R., Araki, S. and Laknath, D. P. C.
2 . 発表標題 Understanding the Collision of Debris Carried by Tsunami-like Flows on a Residential Structure
3 . 学会等名 The 41st International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 倉敷哲生, 石丸裕, 向山和孝, 他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 養賢堂	5. 総ページ数 205
3. 書名 リスクベースマネジメントにおける影響度評価	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>大阪ベイエリアNatech防災研究イニシアティブ http://www.civil.eng.osaka-u.ac.jp/coast/Natech/index.html The 5th International Symposium https://www.natech.dpri.kyoto-u.ac.jp/?page_id=424</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	鈴木 博善 (Suzuki Hiroyoshi) (00252601)	大阪大学・工学研究科・准教授 (14401)	
研究分担者	入江 政安 (Irie Masayasu) (00379116)	大阪大学・工学研究科・准教授 (14401)	
研究分担者	倉敷 哲生 (Kurashiki Tetsusei) (30294028)	大阪大学・工学研究科・教授 (14401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	CRUZ Ana・Maria (Cruz AnaMaria) (30741459)	京都大学・防災研究所・教授 (14301)	
研究分担者	高木 洋平 (Takagi Yohei) (40435772)	横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授 (12701)	
研究分担者	佐々木 勇弥 (Sasaki Yuya) (70807487)	大阪大学・工学研究科・助教 (14401)	
研究分担者	荒木 進歩 (Araki Susumu) (80324804)	大阪大学・工学研究科・准教授 (14401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計2件

国際研究集会 the International Workshop on Natech Risk: Building Territorial Resilience to Disasters	開催年 2019年～2020年
国際研究集会 The 5th International Symposium on Natural and Technological Accident Risk Reduction at Large Industrial Parks	開催年 2020年～2021年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関