

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：34416

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23651174

研究課題名(和文)津波考古学の創成

研究課題名(英文)Beginning of Tsunami Archeology

研究代表者

河田 恵昭(Kawata, Yoshiaki)

関西大学・社会安全学部・教授

研究者番号：10027295

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、大阪平野において、縄文遺跡が極めて少ない理由は、繰り返し来襲した南海地震津波の遡上によって、沿岸部の遺跡や貝塚が流失したことが原因であるとの仮説の妥当性を立証した。具体的には、縄文海進時代から現代まで、淀川と大和川が大阪平野に堆積した沖積層厚をボーリング調査結果などから評価して、当時の海底地形を復元し、津波氾濫シミュレーションを再現して津波の遡上特性を踏まえて可能性を確認した。そこでは、2011年東日本大震災の巨大津波の生成機構を参照し、かつ津波堆積物に関する現地調査結果を用いて検討した結果、仮説は正しく、津波考古学として実証できることがわかった。

研究成果の概要(英文)：In this study, it was made clear that the reason why Jomon ruins were very few in Osaka plain was due to repeated attacks of Nankai earthquakes. Their run-up characteristics in Jomon transgression age was enough large to wash out them. As the first step, we restored ancient bottom topography in Osaka bay with many boring data and thickness of alluvial accumulated sediment. And second step was numerical tsunami simulation with the model of Nankai trough earthquake. In this consideration, 2011 East Japan earthquakes were discussed to open the possibility of occurrence. Moreover, we used the analytical results of the boring data on tsunami deposit in lowland along the coast facing the Pacific. Consequently, we could establish the beginning of Tsunami Archeology.

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：津波 考古学 南海地震 縄文海進 大阪湾 シミュレーション 遺跡 津波堆積物

1. 研究開始当初の背景

(1) 縄文遺跡が西日本沿岸に少ない理由はわからなかった。そこで、南海地震の津波が遡上して流失した結果、遺跡が見つからないことが原因ではないかと考えた。

(2) 2011年3月に東日本大震災が起こり、巨大な津波が沿岸各地に襲来し、住宅などが完全に破壊・流失することがわかり、仮説の妥当性が間接的に証明されることになった。

(3) 南海トラフ上でも巨大な津波が発生する可能性があることがわかり、地震がマグニチュード9で起これば、沿岸各地に最高30mを越す津波が襲来する可能性があり、ますます本研究の妥当性が確実となった。

2. 研究の目的

大阪平野において、縄文遺跡が森ノ宮の一方所しか発見されていないのは、繰り返し襲来した歴史南海地震津波によって沿岸部の遺跡や貝塚が流失したことが原因であるとの仮説を立証する。これが立証できれば、残存する遺跡数を根拠として、縄文時代の人口重心が静岡から東に位置していたという定説が覆されることになる。すなわち、縄文時代のわが国の人口分布や人口総数が大きく修正されることになる。そのために、縄文海進時代から現代まで、淀川と大和川が大阪平野に堆積した沖積層厚をボーリング調査結果などから評価して、当時の海底地形を復元し、津波氾濫シミュレーションを再現して確認する。また、2011年東日本大震災を発生させた巨大津波の発生した可能性についても考察する。これらによって、従来の遺跡発掘中心の考古学の解析手法に、新たに津波シミュレーションを加え、自然科学的知見を加えた津波考古学という学問分野を創成する。

3. 研究の方法

平成23年3月11日に東日本大震災が発生したことにより、すでに平成22年度末から本研究に関係した先行研究を開始しており、それを踏まえて、研究計画を見直し、当初予定していた研究内容を最初の2年間でほぼ終了することを目標とすることに変更し、新たに南海地震による巨大津波の発生可能性と地震による沿岸地形の変化についても追加検討して、研究成果の総合化を図ることとした。

(1) 大阪湾、大阪平野の古地形の復元(略称: 地形復元研究): 大阪府全域にある約22,000本のボーリング・データと大阪湾の約4,300本のボーリング・データを用いて、縄文海進時代を含む、過去約1万年間の海底地形を千年単位で復元する。これには、関西圏地盤情報データベース(GI-base)を活用し、GIS上で3次元の数値地図として“見える化”を実現する。実際の作業としては、約2万年前の最終氷期最盛期以降に堆積した地層の柱状図から、これまでに¹⁴C年代測定から判明した地層厚を参照して、平均堆積速度を推

定し、任意の年代の標高を推定できるシステムのプロトタイプを完成する。

(2) 歴史津波シミュレーションの実施(略称: 歴史津波シミュレーション研究): 約2万年前から9,000年前の古大阪平野から古河内平野の時代の大阪湾沖積層基底面深度図から当時の海底地形を復元し、地震マグニチュード8.4から8.6の南海地震による津波の襲来特性を数値シミュレーションによって明らかにする。さらに、現在のJR大阪駅のボーリング・データは、約9,000年前には海水面が現在と比べて20m低かったことがわかっている。したがって、縄文海進時代に向かって2,000~3,000年間に約20m以上、つまり1年に6.7~10mm以上も海面が上昇したことになる。そこで、現在の大阪平野の地形から、海面上昇量の分だけ水深が深くなったと仮定して、上町台地とその背後地への津波の進入特性を明らかにして、古大阪平野から古河内平野での津波外力(波高、流速、遡上高)の平面分布図を作成し、これらの値が局所的に大きくなる特異点を見出す。

(3) 縄文海進時代から弥生時代にかけての遺跡位置と海岸線との距離および津波外力との関係の検討(略称: 遺跡存在可能性研究): 全国的に縄文海進時代の海岸線の位置が判明しているので、現存する縄文と弥生遺跡が存在する地点に歴史津波が襲来した可能性があったかどうかを検討する。すでに、東海・東南海・南海地震による津波シミュレーションを実施済みであり、新たに約200年間隔で発生してきたプレート境界地震である関東地震をモデル化して、東京湾周辺の津波特性を明らかにして、その周辺の縄文・弥生遺跡への津波襲来可能性を明らかにする。

さらに、地形復元研究では、得られた各年代の海底地形データの整合性を、大阪府文化財センターと大阪文化財研究所が所蔵する遺跡発掘調査結果を用いて検討して、より精度の高い海底地形を復元する。

(4) 歴史津波シミュレーション研究では、各千年単位での海面変動量を与えて、海底地形図を復元した結果に対して、南海地震の津波シミュレーションを実施して、海底地形の変化による津波特性の変化が激変する地域を抽出し、そこでは、流体力学的な観点からどのような破壊が起こりえるのかについて考察する。さらに、最終的にシミュレーション結果をCG化して大阪湾・大阪平野周辺での地形変化に及ぼす津波の影響を理解できるようにする。

(5) 遺跡存在可能性研究では、残存する沿岸部や低地部の縄文・弥生遺跡がそこで襲来する津波外力のもとで残存する可能性があったことを実証する。これによって、縄文・弥生遺跡の残存は、とくに津波によって大きく支配されるという事実を明らかにする。

(6) ここで開発した解析手法を標準化して、津波考古学の創成に寄与する。とくに、研究成果をCG化するとともに、大阪湾と大阪平

野のジオラマを作成して、阪神・淡路大震災記念 人と防災未来センターや大阪府高潮・津波ステーションなどで展示して、南海地震津波災害の啓発活動に貢献する。

(7)最後に、南海地震の規模を再現期間約1,000年とした場合、増大する地震マグニチュードとそれによる巨大津波の沿岸来襲特性を明らかにする。そして、これらによる縄文遺跡・貝塚の流失可能性を検討して、巨大津波が来襲する危険性のある土佐湾沿岸や紀伊水道沿岸での縄文遺跡・貝塚の残存可能性を明らかにする。そして、これらの成果を総合して、当時のわが国の人口分布に与える津波の影響を定量的に明らかにし、この解析手法を標準とする津波考古学を創設する。

4. 研究成果

本研究では、縄文時代早期の大阪湾と大阪平野に繰り返し襲来した南海地震津波の特性を検討する。これを行うにあたり、まず、津波数値解析に必要な大阪湾・大阪平野の古地形を復元した。

(1) 対象とする期間

約1万2千年前から7千年前までの縄文時代早期より人々の定住生活が始まる。また、増田ら(2000)が神戸沖海底コアの分析を行ったところによると、大阪湾へ海水が侵入したのは約1万1千年前である。すなわち、これ以降、大阪湾では津波が来襲し、沿岸の居住者が影響をうけている可能性がある。本研究では、まず、この時代を対象として古地形を復元した。そして、それ以降、6千年前までの汀線の変化を反映させた地形を作成した。

(2) 海底地形復元の方法

本研究では、古代からの海底地形を次の手順で求めた。まず、現地形データから、ボーリングデータ等を用いて、縄文海進により大阪湾に水が入り堆積が始まる前の地形面を作成し、これを復元基盤とした。次に、縄文時代早期の海水準変動の履歴を用いて、それ以降の各年代の海面を特定し、各年代の汀線および水深を求めた。

(3) 大阪平野における縄文時代早期地形復元

大阪平野における約1.1万年前の縄文時代初期は、海進前であり、その地形面は、完新世層(いわゆる「沖積層」)の下面に相当する。

大阪平野における約1.1万年前の古地形の復元は、「関西圏地盤情報データベース」に集積されたボーリングデータを基礎として作成した。まず、ボーリングデータ1本毎に、沖積層(相当層)の地層同定を行う。同定入力は、地質学的分析がされた基準ボーリングを参照し、データベース上で断面図を表示して地層のつながりを確認しながら、地層土質やN値より境界深度を判定した。図-1にボーリングデータにより得られた沖積層下面標高の分布を示す。次に、ボーリングデータに

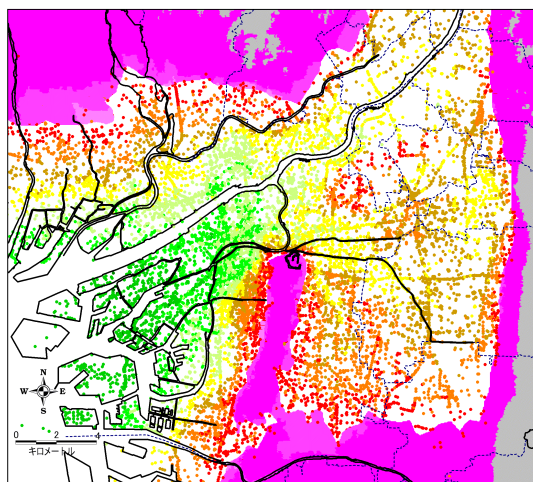


図-1 ボーリングデータによる沖積層下面(縄文時代初期の地形面)の分布

よる沖積層下面標高の散布データを補間し、この沖積層下面の分布が、縄文時代初期の地形面とした。ここで、海面標高が最も上昇した縄文海進時の大阪湾の海面標高は現在の海面より+3mであり、これより高い場所は、沖積層が堆積していない領域であるので、その地形は現在の地形と同じとした。すなわち、DEMデータより現地形の標高+3m以上の領域を抽出し、その領域は現地形と同じとした。

なお、現在までの1万年間において河川侵食や波食を受けた影響はごく僅かと考えられるので、以上により抽出した沖積層下面を復元基盤とした。作成された大阪平野部の沖積層下面の標高のコンターを図-2に示す。

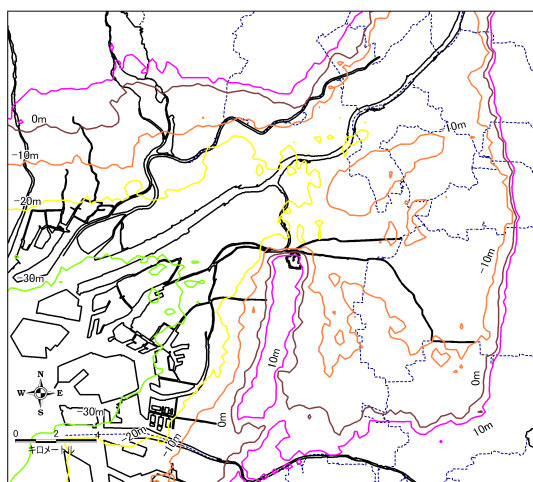


図-2 沖積層下面(縄文時代初期地形面)の標高コンター分布

(4) 大阪湾における縄文時代早期地形復元
大阪湾部における縄文時代初期(約1.1万年前)の地形面も、前節と同様、沖積層下面にあたる。大阪湾部における約1.1万年前の古地形の復元は、「関西圏地盤情報データベ

ース」に集積されたボーリングデータと大阪湾音波探査データを基礎として作成した。まず、大阪平野部と同様に、ボーリングデータ1本毎に、沖積層（相当層）の地層同定を行う。

また、藤田・前田（1969、1985）は、大阪湾音波探査データの反射断面の分析から、沖積層に相当する未凝固堆積物を抽出し、A層とB層に分けている。A層は湾の北東部半部に分布し、水深25m以浅の領域の海底面はA層の上面である。B層は、湾の西半分に分布、水深25m以深の海底に露出し、それ以浅の部分では薄化しながらA層の下位に潜在する。水深50m以深の部分では基盤が海底に露出する。このA層、B層の層厚を、音波探査データの反射断面（早川ら1964）より図-3の地点において読み取り、ボーリングデータと合わせて空間補間した。各層の層厚を現在の海底面標高から差し引いて、各層（A、B、A+B）の境界面を求め、沖積層（A+B）の下面分布を、縄文時代初期の地形面とした。

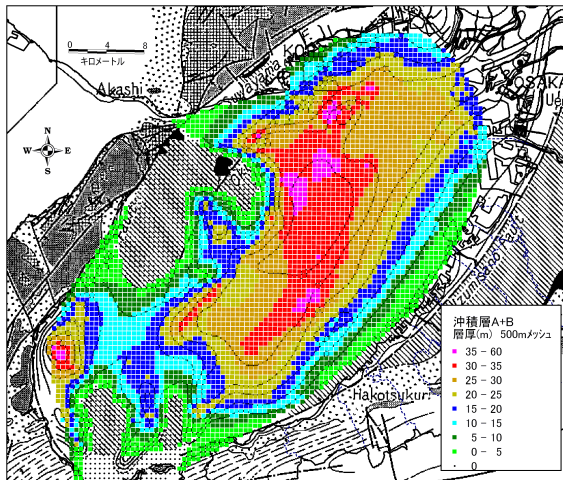


図-3 沖積層 A+B の層厚のコンター分布

(5) 縄文時代早期海底地形を用いた津波数値解析

復元された縄文時代早期、約1.1万年前の大阪湾と大阪平野の地形を用いて、津波数値解析を実施した。津波数値解析の地形条件に関して、空間格子間隔は1350m、450m、150m、50mの4段階で変化させ、各領域の地形は中央防災会議（2003）が2003年に想定を行った際のデータを元とし、50m領域については、前章までで作成した縄文時代早期の海底地形をオーバーレイした。1.1万年前の大阪湾の海水準は現在の海水準より51m低かったことが分かっているので、現在の標高より51m差し引いたものが1.1万年前の標高となる。海水準については、1.1万年前以外にも、1万年前、9千年前、8千年前、6千年前の各時代の海水準を与えて、それぞれのケースを計算した。それぞれの時代の標高はこれに堆積物の厚さを加算しなければならないが、ここでは、まず海水準のみを変化させている。

津波計算の初期条件は、再現期間が高々数

百年のモデルと再現期間千年オーダーのモデルを使った。前者としては内閣府（2003）が2003年に発表した東海・東南海・南海地震3連動津波（中防2003年モデル）、後者としては内閣府（2012）が2012年に想定した最大クラスの津波（複数ケースが想定されているがここでは大阪湾内の大部分で最大となるケース3：紀伊水道沖に大すべり域があるケース、中防2012年モデル）を用いた。

その他の条件としては、支配方程式に非線形長波理論式を使用し、陸側は遡上境界として、地震後6時間までを計算した。その結果から各年代の各地形条件での津波の最大水位の分布が求められた。たとえば、図-4（中防2012年モデル）は6000前の結果である。同様の結果は中防2003年モデルでも得られた。

1万年前の地形においては、津波高の高い地域は現在の西宮市沿岸沖にあたる。この年代においては海水準が-30mと低くなっていることから、紀淡海峡も狭まっており、大阪湾内に入射する津波のエネルギーは小さい。8千年前には、海水準が上昇し、現在の門真市・東大阪市などの領域を中心に河内湾が形成される。この時代の津波の高さは、この河内湾の湾口部、すなわち現在の大阪市北部において高くなったことが分かった。6千年前には、海水準が最高になり、河内湾は現在の高槻市まで達する。また、紀淡海峡の水深と幅も同時に大きくなるため、大きな津波エネルギーが大阪湾に到達したと考えられる。その高さは、上町台地より湾側と、河内湾の最奥部の八尾・高槻市で高くなったと考えられる。

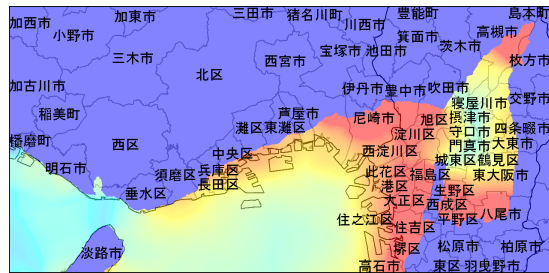


図-4 6000年前・中防2012年モデル

（赤色部分は最大2mの津波高）

(6) 津波考古学の創成の可能性

1.1万年前から6千年前までの各時代における南海トラフの地震津波の数値解析を、現在中央防災会議で想定されている2モデルについて実施し、比較した結果、現在の大阪市域北部から西の尼崎・西宮市域にかけて津波が高くなる傾向を示した。これは、当地域は、1万年前は大阪湾の湾奥部にあたり、6千年前は大阪湾から河内湾への狭窄水路になるため、縄文時代早期に特に津波の影響を受けていたと考えられた。8千年前の地形になると、津波高が高い地域は内陸側へ移動し、狭窄部であった現在の大阪駅などの大阪中

心部で大きかったことが分かった。6千年前の地形では、上町台地によって大阪湾と河内湾が別れ、上町台地が防波堤となってその前面の大阪湾側で津波が大きくなるとともに、狭窄水路より河内湾に侵入した津波が河内湾の北東および南岸で大きくなるという特性を示した。

これらの研究成果は、津波が高くなるころでは縄文遺跡が流失し、痕跡さえ残らないことを示している。その結論は、現在、とくに大阪湾沿岸一帯で縄文遺跡が少ないという実態と一致する結果となっている。これらの事実は、今後、縄文遺跡が多数残っている東京湾沿岸一帯で検証することも可能である。すなわち、相模トラフで発生するプレート境界地震による東京湾沿岸での津波のシミュレーションの結果、縄文遺跡が残存するために、どの程度の高さ以下の津波しか起こらなかったかどうかを明らかにすればよい。そして、これらの成果によって、縄文時代の遺跡数分布に発生した津波が大きく影響したこと、従来の縄文時代の考古学に関する津波の影響を明らかにすることにより、津波考古学という新しい学問領域が成立することになる。

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19件)

鈴木進吾・河田恵昭・高橋智幸、縄文時代早期の大阪湾とその周辺陸域に対する津波解析、土木学会論文集 B2(海岸工学)、査読有、Vol.69、2013、pp.1346-1350

河田恵昭、迫りくる南海トラフ巨大地震、無限大、査読無、Vol.133、2013、pp.28-34

河田恵昭、巨大地震への取り組みが日本の未来を創る、潮、査読無、Vol.656、2013、pp.50-55

河田恵昭、今後想定される大規模地震・津波災害と今後の対応、自治体法務研究、査読無、Vol.34、2013、pp.13-18

河田恵昭、想定外を想定した大規模地震・津波対策、RESEARCH BUREAU 論究、査読無、Vol.10、2013、pp.5-18

高橋智幸・森下祐・原口強、津波に伴う土砂移動による海底地形変化、ながれ、査読有、第32巻第1号、2013、pp.15-20

高橋智幸、津波による砂移動に関する数値シミュレーションの現状と課題、堆積学研究、査読有、Vol.71、No.2、2013、pp.149-155

鈴木進吾・河田恵昭、多様な津波発生を考慮した南海地震津波の再考、海岸工学論文集、査読有、Vol.59、2012、pp.1120-1125

河田恵昭、『想定外』を繰り返さない、建築と社会、査読有、Vol.258、2012、pp.8-11

河田恵昭、超巨大海溝型地震・津波対策の

再考、地理、査読有、Vol.57、2012、pp.30-39
河田恵昭、「想定外」の地震と津波の減災対策の考え方、科学、査読有、Vol.82、No.3、2012、pp.276-292

河田恵昭、最近の災害避難の実態と改善、査読有、Vol.97、No.3、2012、pp.10-13

河田恵昭、津波復興まちづくりの考え方と技術開発、Consultant、査読無、Vol.255、2012、pp.36-39

Kawata, Y., Downfall of Tokyo Due to Devastating Compound Disaster, Journal of Disaster Research、査読有、Vol.6、No.2、2011、pp.176-184

河田恵昭、東日本大震災における津波残存物の活用、INDUST、査読有、Vol.284、2011、pp.24-27

河田恵昭、減災と国防 災害時の高速道路の重要な役割、高速道路と自動車、査読有、Vol.54、2011、pp.7-10

河田恵昭、日本の連動型巨大地震、ニュートン、査読無、Vol.31、No.6、2011、pp.90-91

河田恵昭、ふるさと再生への提言、地方議会人、査読無、6月号、2011、pp.29-32

Takahashi, T. and T. Konuma, Verification of Disaster Management Information on The 2004 Indian Ocean Tsunami Using Virtual Tsunami Warning System、Journal of Disaster Research、査読有、Vol.6、No.2、2011、pp.212-218

[学会発表](計14件)

KAWATA, Yoshiaki、Utilization of Disaster Lessons Learned by The 2011 Great East Japan Earthquake for Next Catastrophic Disasters(招待講演)、2013年9月5日英国・ニューキャッスル

KAWATA, Yoshiaki、New Japanese Disaster Management Policy、38th Annual Natural Hazards Research and Applications Workshop(招待講演)、2013年7月15日、米国・ボルダー

KAWATA, Yoshiaki、Earthquake and Tsunami Countermeasures in Japan、Brookings Institute(招待講演)、2013年5月10日、米国・ワシントン

KAWATA, Yoshiaki、From The 2011 Great East Japan Earthquake to Next Tokyo Metropolitan Earthquake、ルーベン国際シンポジウム、2012年11月6日、ベルギー・ルーベン大学

KAWATA, Yoshiaki、Disaster Lesson learned in East Japan Earthquake and Tsunami Disaster、世界銀行総会(招待講演)、2012年10月13日、仙台・国際会議場

KAWATA, Yoshiaki、Urban Disaster Problems、人と防災未来センター創立 10 周年記念国際シンポジウム(招待講演) 2012 年 10 月 11 日、神戸・ポートピアホテル

Koji YAMAMOTO・Ruyuki HAMADA・Tara Nidhi LOHANI、Restoration of ancient topographical features in Osaka plain based on Geo-informatics Database、Geohazard Information Zonation (GIZ'12)、2012 年 8 月 29 日、マレーシア・ペナン島

山本浩司・濱田晃之・春日井麻里、地盤情報データベースによる大阪平野古地形の復元、地盤工学会(第 47 回地盤工学研究発表会) 2012 年 7 月 14 日、八戸

KAWATA, Yoshiaki、新たなリスク増加への対応、外務省・世界防災閣僚会議(招待講演) 2012 年 7 月 4 日、仙台・国際会議場

KAWATA, Yoshiaki、Summary of Urban Disaster Research、第 2 回ハーバード大学アジア・パブリック・ポリシー(招待講演) 2012 年 5 月 14 日、シンガポール大学

KAWATA, Yoshiaki、Overview and Reconstruction Plan of The Great East Japan Earthquake and Tsunami、第 4 回日中科学フォーラム(招待講演) 2011 年 11 月 21 日、中国・海南島

KAWATA, Yoshiaki、Towards Reconstruction After The Great East Japan Earthquake and Tsunami、The 1st Symposium on IRDR(Integrated Research on Disaster Risk(招待講演)、2011 年 10 月 31 日、中国・北京

KAWATA, Yoshiaki、Characteristics of The Great East Japan Earthquake Disaster and Reconstruction Efforts、第 2 回国際会議「International Conference on Integrated Disaster Risk Management :Reframing Disaster and Reflecting」(招待講演) 2011 年 7 月 15 日、米国・ロスアンジェルス

Takahashi, T.、Hydraulic Experiment on Bed Load Due to Tsunamis with Various Sand Grain Size、The XXV IUGG General Assembly、2011 年 7 月 1~4 日、オーストラリア・メルボルン

〔図書〕(計 10 件)

河田恵昭、ミネルヴァ書房、事故防止のための社会安全学、2014、234(41-62)

河田恵昭、ミネルヴァ書房、市町村合併による防災力空洞化、2013、242(3-22)

河田恵昭、中央労働災害防止協会、新時代の企業防災~3.11 の教訓に学ぶ地震対策~、2013、280

河田恵昭、共同通信社、にげましよう、2012、117

河田恵昭、ミネルヴァ書房、序章 巨大複合災害としての東日本大震災、2012、1-31

河田恵昭、NHK 出版、NHK スペシャル MEGAQUAKE、2012、85-95

河田恵昭、日本河川協会、河川文化、2012、243-304

河田恵昭、吉川弘文館、日本歴史災害時典、2012、106-113

河田恵昭、ミネルヴァ書房、検証 東日本大震災 序章、2012、307

河田恵昭、岩波書店、大震災の中で、2011、261

〔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:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河田 恵昭(Kawata, Yoshiaki)

関西大学・社会安全学部・教授

研究者番号: 10027295

(2) 研究分担者

高橋 智幸(Takahashi, Tomoyuki)

関西大学・社会安全学部・教授

研究者番号: 40261599

山本 浩司(Yamamoto, Koji)

一般財団法人地域地盤環境研究所・情報グループ・主席研究員

研究者番号: 70450905

鈴木 進吾(Suzuki, Shingo)

京都大学・防災研究所・助教

研究者番号: 30443568