

平成 21 年 6 月 12 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19560520

研究課題名（和文） 海面上昇を考慮した総合的沿岸域管理に関する研究

研究課題名（英文） A study on integrated coastal zone management with consideration of sea level rise

研究代表者

小島 治幸（KOJIM HARUYUKI）

九州共立大学・工学部・教授

研究者番号：20150485

研究成果の概要：

周防灘西岸の人工海岸と干潟海岸を対象として海面上昇による影響やそれに対する適応策を検討する上で重要となる沿岸域管理の工学的手法を開発し、それを用いて海面上昇の影響を明らかにする目的で研究を行った。高潮災害の危険度の増大に関しては、伊勢湾台風規模の台風によるとその経路によっては偏差値が 4m 以上となり、満潮位にそれを加えた可能最大潮位は約 7.8m となるが、確率年としては 2000 年以上である。構造物近傍の波浪場を精度よく計算することができる数値解析法を開発し、海面上昇後の人工海岸における越波量計算を行い、適応策の一つとして考えられる嵩上げされた護岸でも許容越波量をはるかに上回る越波が起ることを明らかにした。さらに、干潟海岸ではカブトガニ幼生を指標種としてその生息環境を明らかにし、海面上昇によりその生息範囲が著しく狭められることを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工水理学

キーワード：海面上昇, 沿岸域管理, 高潮数値計算, 地理情報システム (GIS), 干潟環境, VOF 法, 越波量

1. 研究開始当初の背景

沿岸域における自然環境を保護・保全するとともに災害を軽減・防止し、同時に経済的活力を維持するためには総合的で長期的な視点に立った管理が必要である。特に、長期的な観点からは地球温暖化にともなう海面上昇を考慮した沿岸域の脆弱性の評価がなされてきており、その成果をふ

まえて海面上昇に対する適応策をどのように考えるかが重要な課題となっている。また、脆弱性評価の過程で沿岸域における国土保全、開発利用、環境保全の3つの目標を同時に達成することの難しさが指摘された。これら沿岸域における諸問題は、総合的沿岸域管理制度の枠組みで対応することが最良の方向性であると認識され

はじめている。

従来、適応策の準備段階としての気候変動および海面上昇の影響評価については多くの研究がなされてきたが、適応策そのものに関する研究は国際的にもきわめて少ない。一方、沿岸域における外力である波浪や高潮の推算については、近年非線形性などを考慮した数値モデルの進歩が目覚ましい。しかし、これら数値モデルと GIS を統合して、ハザードマップの作成や各種海岸形態に対する影響評価に関する研究は、世界的にも緒に就いたばかりであると考えられる。

2. 研究の目的

港湾や埋立などの人工海岸や砂浜・干潟海岸のような自然海岸などの各種形態の海岸における海面上昇による影響やそれに対する適応策を検討する上で重要となる総合的な沿岸域管理制度を確立するために必要となる工学的手法を開発し、それを用いて海面上昇による影響を明らかにする目的で、以下の研究を行った。

- (1) 海面上昇により高潮災害が増大することが最も危惧されることから、既存の潮位データを収集し極値解析等の統計分析を行って、周防灘西岸の高潮特性を明らかにする。また、モデル台風と海面上昇のシナリオを用いて、周防灘を対象とした高潮数値計算および波浪変形計算を行い、海面上昇の高潮への影響を推算する。
- (2) 沿岸域における人工システムの代表として埋立地と護岸形態の新門司港を対象に、海岸構造近傍の複雑な波動場を精度良く計算できる数値解析法の開発を行い、それを用いて海面上昇と適応策のシナリオに対する危険度の変化を検討する。
- (3) 自然海岸に関しては曾根干潟を対象として、絶滅危惧種であるカブトガニの幼生を指標種として、生息環境の物理・化学的特性を把握し、海面上昇による生息環境の変化を予測し、その影響を明らかにする。

3. 研究の方法

- (1) 海面上昇のシナリオとして IPCC の第3次および第4次評価報告書で提案されている上昇水位と天文潮位による水位を変えて、周防灘沿岸域を対象として選定された海岸に対して非線形長波近似式を用いた数値計算を行い高潮偏差と海面水位を求める。これら海面水位により波浪がどのように変化するか波浪変形計算を行う。また、推算された高潮偏差と満

潮位を足し合わせるにより得られる可能最大潮位の再現期間（確率年）を求めるために、既存の観測最高潮位データに対して極値解析を行う。

- (2) 海岸構造近傍の複雑な波動場を精度良く再現することができ、かつ、記憶容量や計算時間が格段に少なく済む BEM (境界要素法) と、砕波を含む複雑な自由表面を取扱うことが可能である VOF 法を結合することにより両者の利点を生かした新たな断面 2 次元波動場解析法を開発する。また、実際の現象を捉えるため、3 次元の数値水槽が必要であるが、現段階では VOF 法のみによる 3 次元数値水槽を構築し、検証計算を行う。次に、越波の計算に対応ができるように 2 次元数値波浪水槽を拡張し、規則波と不規則波を用いて海面上昇を考慮した越波計算を行う。
- (3) 埋立地や干拓地の前面に広がる干潟海岸における自然環境の特性を、現地調査から得られるデータを地理情報システム (GIS) によりデータベース化することにより把握し、海面上昇による水位上昇や波浪変化が、それら自然環境にどのような影響をもたらすのかを予測する。

4. 研究成果

(1) 周防灘における高潮特性

海面上昇により高潮災害が増大することが最も危惧されることから、最高潮位の観測値より極値統計解析を行うとともに、周防灘を対象とした高潮数値計算とモデル台風のパラメータを用いて高潮特性を調べ、以下の結果を得た。

- ① 苅田港と青浜で観測されている潮位データを用いて極値解析を行い、再現期間 (年) ごとの再現確率統計量を求めた。T9918 による最高潮位に対する再現確率年は、苅田港で約 50 年、青浜で約 70 年 (図-1) と

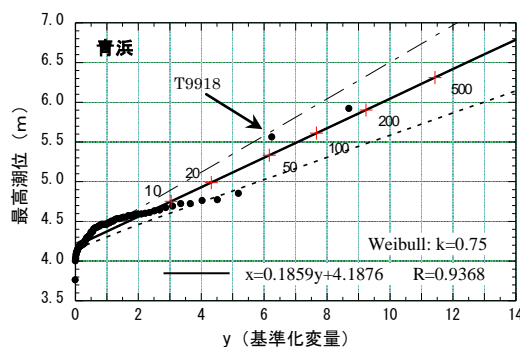


図-1 青浜の最高潮位と標準化変量
($k=0.75$, $A=0.186$, $B=4.188$)

なる。

② 周防灘の西岸域において高潮増幅特性の

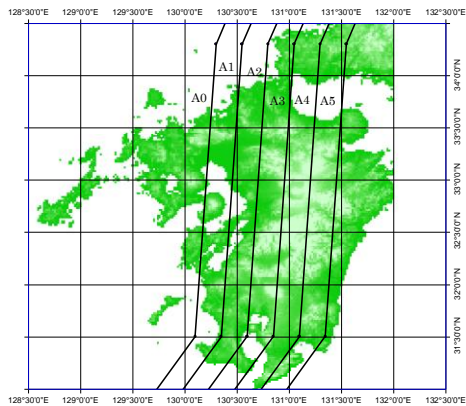


図-2 T8013を基準とした台風経路Aコース

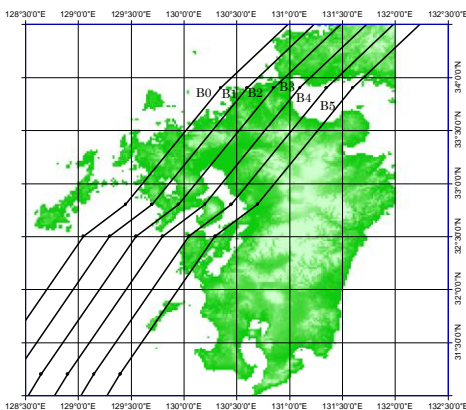


図-3 T9119を基準とした台風経路Bコース

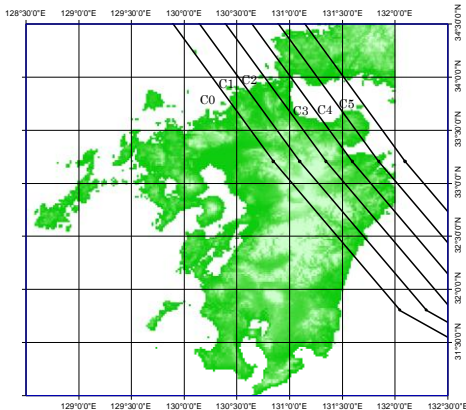


図-4 T7209を基準とした台風経路Cコース

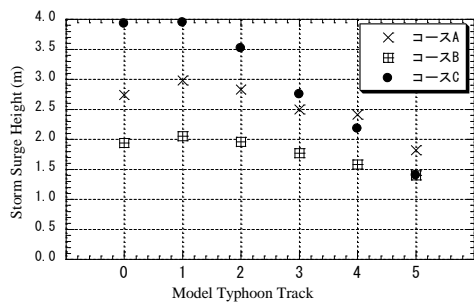


図-5 台風コース別の高潮偏差

危険な台風経路(図-2, 3, 4)は、図-5に示すように、縦断コースAではT8013の経路と同じA1コース、横断コースではB1(T9119経路)コース、コースCではC0とC1であった。この中で最も高潮が高くなったコースはCコースで約4mにもなる。Aコースでの最大偏差は約3m、Bコースでは約2mとなった。Cコースが高潮の最も危険なコースとなる要因は、20m/s以上の風速が長時間吹くこと、風速がほぼ最大になる時に周防灘においてフェッチが最も長くなる東風となることの2つが考えられる。

③ 最低中心気圧を変えた場合、台風コースC1において台風の中心気圧を小さくするとほぼ直線的に高潮偏差が増大し、周防灘西岸で地域的な差はほとんど出なかった。偏差の増幅率は、0.05m/hPaで、AコースやBコースと比べ、約1.6~3.3倍高い値となった。

④ 荻田港と青浜において、高潮数値計算により推定した各コースの最大高潮偏差と朔望満潮位とを足し合わせた可能最高潮位を求め、最高潮位の極値解析から得られた関係を用いて再現期間を推定し、表-1に示す。Aコースの可能最高潮位に関しては、1200年から1500年確率となり、Cコースの4mに近い推算最高偏差に関しては、2000年確率以上となる。Bコースが確率年としては最も小さく、100年から200年と推定される。

表-1 可能最高潮位の確率年

	既往最高潮位	朔望平均満潮位	推算最高偏差	可能最高潮位	確率年
荻田港	5.72	4.04	2.60(A)	6.64	1200
			1.51(B)	5.55	100
			3.76(C)	7.80	>2000
青浜	5.92	3.90	2.99(A)	6.89	1500
			2.05(B)	5.95	200
			3.94(C)	7.84	>2000

(2) 人工海岸における海面上昇の影響

構造物近傍の波浪場を再現するために3次元数値水槽を開発するとともに、沿岸域における人工システムの代表として埋立地と護岸形態の新門司港を対象として、VOF法による越波数値モデルを用いて、護岸を超える波の水量(越波量)を算定した。それにより以下の結果を得た。

① BEMとVOF法を結合した解析法を開発し、検証計算を行い、非線形波(第5次ストークス波)の進行波のみではなく反射波についても十分に再現することが可能であることを確認した。3次元数値水槽にも、

規則波と不規則波を用いて検証計算を行い、妥当性と精度を有することが確認できた、また、図-6に示す矩形断面の2列角柱構造物近傍の波動場を対象に適用性の計算を行い、3次元数値水槽の有用性を有することを確認した(図-7)。

- ② 2次元数値水槽(図-8)を用いて越波計算を行い、越波に対して波高や周期、水深などは強い影響を与えることが分かった。より大きな有義波高とより長い有義周期により最も高い越波率が得られた。特に、有義波高がより大きい時に越波率が急速に増加することがわかった。また、図-9に示すように、越波率が海面上昇量につれ増加することと、海面上昇が生じたすべてのケースにおける越波率は護岸被災限界

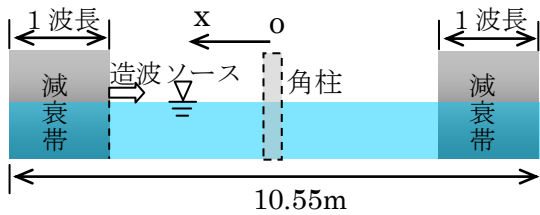


図-6 角柱計算の計算領域の断面図

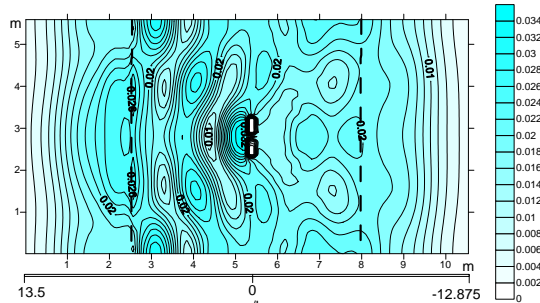


図-7 波高の空間分布

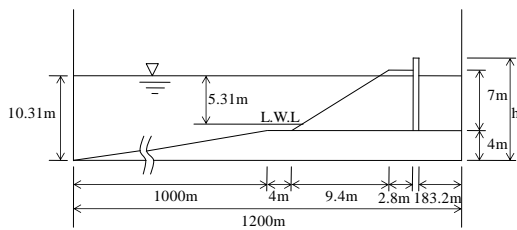


図-8 計算領域の断面図

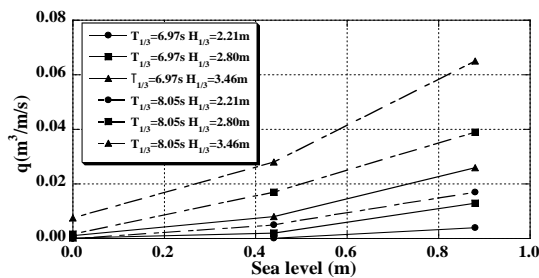


図-9 海面上昇による越波率の変化

許容越波量 $10^2 \text{ m}^3/\text{m/s}$ を超えていることが分かった。すなわち、想定した波浪条件では現況の護岸高は許容越波量を満足するが、0.44mの海面上昇で越波量が最大約3倍、0.88mで約7倍と増大し、許容越波量を遥かに超える。従って、沿岸域において海面上昇により越波の危険性が增大することになる。

- ③ SWANによる半無限堤および開口防波堤背後の波浪変形計算を行い、間瀬らの計算結果と比較し、SWANの回折計算精度を確かめた。また、SWANによる波浪変形計算の有効性を確認するための風を考慮した計算では、波高は0.1mから0.3m位高くなることが分かった。

(3) 干潟海岸における海面上昇の影響

干潟海岸に対する海面上昇の影響を明らかにするため、図-10に示す曾根干潟とその周辺海域を対象に絶滅危惧種であるカブトガニの幼生を指標種として、生息環境の物理・化学的特性を明らかにするとともに、海面上昇が起こった場合の影響を予測し、以下の結果を得た。

- ① 複数の機関により観測されたデータ(図-10)を用いてGISに基づくデータベースを構築し、北九州空港島周辺の自然環境の時空間解析を行った。このデータベースを用いることにより、各種の調査結果や数値計算の結果を一元管理できるとともに、それらを組合せて解析することやその結果を表現することが容易であることを明らかにした。すなわち、曾根干潟周辺海域の自然環境については、埋立てにより、空港島より陸側での波高の低下が確認できたが、図-11や12が示すように、水質、底質については顕著な傾向はみられなかった。しかし、底質については一時的(H12

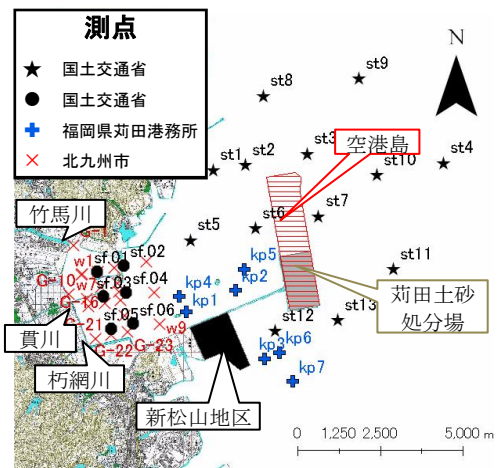


図-10 対象海域と測点位置図

年)および局所的に底質 COD が悪化していた (図-13)。

- ② 波浪環境については、干潟周辺の大規模建造物の影響で干潟に入射する波高が著しく低下した。ENEとE方向は空港島,ESE方向では新松山地区の影響が大きい結果が得られた。この波浪環境の変化が、H12年度以降の産卵つがい数の増大の要因となった可能性が高い。
- ③ 曾根干潟の自然環境については、曾根干潟を全体的にみると、陸側に近いほど含泥率

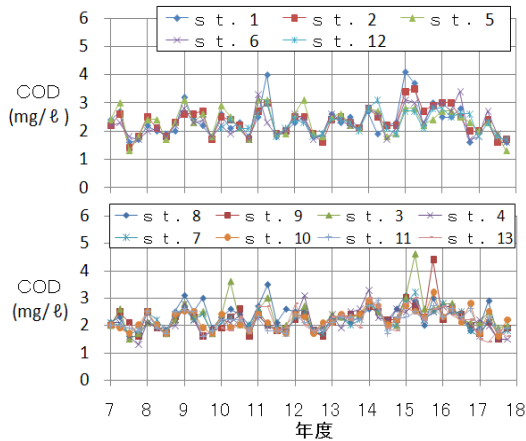


図-11 st系の水質 COD の経年変化

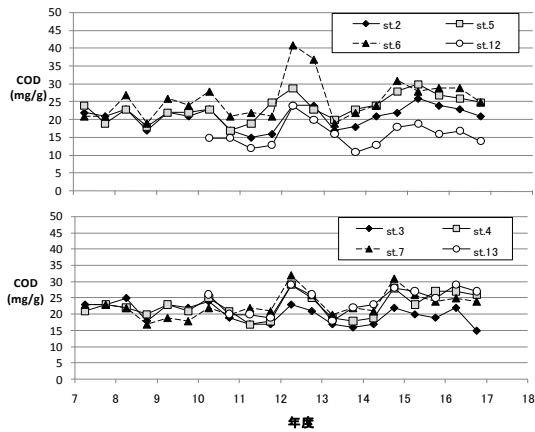


図-12 st系の底質 COD の経年変化

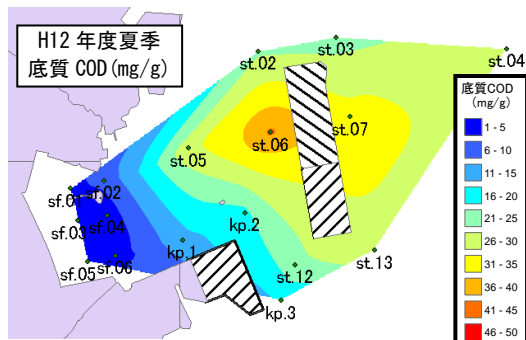


図-13 夏季の底質 COD の平面分布

および COD が高く、底質硬度が低い環境であり、沖に向うにつれ含泥率および COD は低下し、底質硬度は高く、底生動物の種類数は増加傾向がみられた。また、干潟のほぼ中央を漁港に延びるコンクリート道路によって北干潟と南干潟に分けられ、それぞれ特徴が認められる。2008年の調査結果から得られた地盤高と含泥率の分布とカブトガニ幼生の生息個体数との関係を表した図-14 を参照すると、北干潟では、南干潟に比べると地盤が高く、底生動物は種類数および個体数とも多く豊かであるが、カブトガニ幼生の個体数は約 50 個体と少ない。南干潟では、北干潟に比べると地盤が低く、底生動物は種類数および個体数ともに少ないが、カブトガニ幼生は約 600 個体と多く生息していた。

- ④ 図-15 に示すように、過去3年間のデータからカブトガニ幼生の生息環境がある程度把握できたと考える。すなわち、カブトガニ幼生が多く生息していた環境は、地盤高 0.0~0.5m, 含泥率 20~80%, 含水比

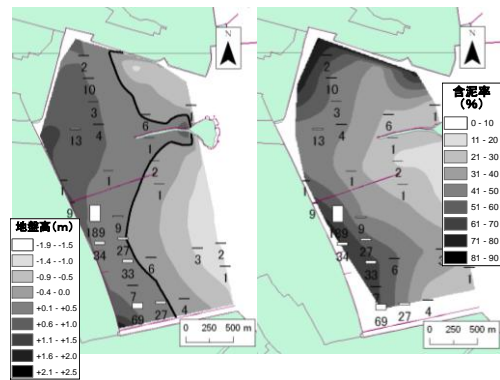


図-14 地盤高 (上) と含泥率 (下) および幼生個体数の平面図

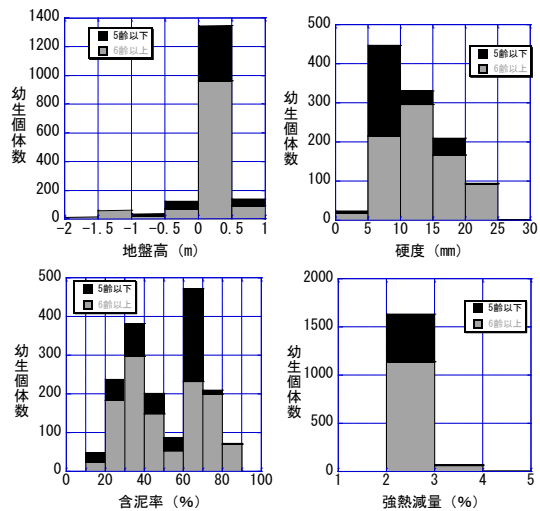


図-15 幼生個体数と各種物理量との関係

30~40%, 底質硬度 5~20mm, COD が 1~3mg/g, 硫化物が 0.00~0.06mg/g, 底生動物種類数 5~10, 底生動物個体数 100~300 という結果が得られた。

- ⑤ 海面上昇により+0.88mの平均海面上昇が起こると仮定すると, 図-16 に示すように, カブトガニ幼生が最も生息する標高 0m~0.5m の干潟面積が現況の約 1.4km² から 0.2km² と 8 割以上消滅し, 幼生の生息環境が激変する可能性があることを明らかにした。

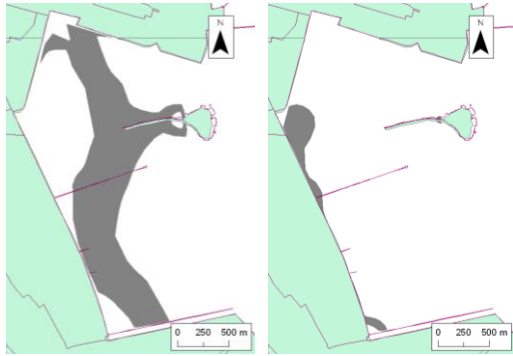


図-16 カブトガニ幼生の生息範囲の変化

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 7 件)

- ① 原喜則, 小島治幸, 鄒曙光, 田中邦博, 曾根干潟におけるカブトガニ幼生生息環境の物理特性に関する基礎的研究, 海洋開発論文集, 2007, Vol. 23, 447 頁-452 頁, 査読有.
- ② 鄒曙光, 小島治幸, 山城賢, 吉田明德, Study on development of 2D and 3D numerical wave tank, Proc. 4th Int. conf. on Asia and Pacific Coasts, 2007, 358 頁-369 頁, 査読有.
- ③ 原喜則, 小島治幸, 鄒曙光, 伊藤陽, 曾根干潟におけるカブトガニ幼生と底質特性に関する一考察, 海洋開発論文集, Vol. 24, 2008, 729 頁-734 頁, 査読有.
- ④ 小島治幸, 鄒曙光, 周防灘西岸の高潮特性について, 九州共立大学工学報告, Vol. 33, 2009, 21 頁-28 頁, 査読無.
- ⑤ 原喜則, 小島治幸, 鄒曙光, 北九州空港島周辺の沿岸環境データベースを用いた自然環境表に関する一考察, 沿岸域学科会誌, Vol. 21, No. 4, 2009, 59 頁-67 頁, 査読有.
- ⑥ 原喜則, 小島治幸, 李云鹏, 博多湾にお

ける GIS を用いた沿岸域環境データベースの構築と環境変化に関する一考察, 九州共立大学総合研究所紀要, Vol. 2, 2009, 115 頁-120 頁, 査読無.

- ⑦ 鄒曙光, 小島治幸, Numerical study of regular and irregular wave overtopping including the effects of sea level rise, ISOPE, 2009, 印刷中, 査読有.

[学会発表] (計 3 件)

- ① 鄒曙光, 小島治幸, SWAN による回折計算の精度に関する研究, 土木学会第 63 回年次学術講演会, II-145, 297 頁-298 頁, 2008, 東北大学.
- ② 李云鹏, 原喜則, 小島治幸, 博多湾における GIS を用いた沿岸域環境データベースの構築に関する研究, 土木学会第 63 回年次学術講演会, II-145, 297 頁-298 頁, 2008, 東北大学.
- ③ 熊谷和也, 原喜則, 小島治幸, 鄒曙光, 曾根干潟におけるカブトガニ幼生の個体数変化と生息環境について, 平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会, 2009, 九州大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小島 治幸

九州共立大学・工学部・教授

研究者番号: 20150485

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

鄒 曙光

九州共立大学・工学部・講師

研究者番号: 50368867

(4) 研究協力者

原 喜則

九州共立大学・工学部・技師

研究者番号: