

## 11.2 積雪寒冷地の河口域海岸の形成機構解明と保全に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地水圏研究グループ（寒冷沿岸域）

研究担当者：中嶋雄一、井元忠博、大塚淳一

### 【要旨】

本研究では北海道の鵒川を対象として、河口地形の変動傾向と変動要因を明らかにし、河口地形の安定的な保全策を検討した。1970年代から90年代の急速な汀線後退は河道掘削に伴う海域への土砂供給量の減少と漁港建設に伴う沿岸漂砂の遮断、さらに、大きな出水が比較的少なかったことが影響したと考えられる。1998年以降では、河道掘削の禁止と大規模な出水、さらに、漁港の堆積土砂を用いた継続的な養浜の影響により汀線の大きな後退は生じていない。しかしながら、漁港で遮断している沿岸漂砂量と比べて養浜量はかなり少なく、さらに2006年以降、大規模な出水は生じていないため、河口東側の比較的浅い領域が侵食されるようになった。鵒川では1998年以降、河道地形が回復傾向を示しているため、今後、この状況が続き、河川の流下能力の維持・向上等を目的とした河道掘削を行う際には、掘削土砂を河口の侵食域へ輸送することが地形の安定化に必要と考えられる。

キーワード：海岸侵食、河口地形、河川地形、沿岸漂砂

### 1. はじめに

北海道南部の太平洋側に位置する鵒川沿岸域には、流域面積1,270 km<sup>2</sup>、幹川流路延長135 kmの1級河川、鵒川が注いでおり、河口から南東方向約2 kmの地点には鵒川漁港が供用されている（図-1 参照）。鵒川河口には、かつて、シギやチドリなどの渡り鳥の重要な中継地・餌場となる干潟が30 ha以上も存在していたが、1970年代から1990年代の約20年間で汀線が300 m以上も後退した結果、干潟がほぼ消失した。また、汀線が後退したことにより、河口周辺地域では台風や低気圧通過時に越波による浸水被害が発生するようになった。近年、汀線の大幅な後退は生じていないものの、このままの状態では将来的に河口の生態環境と地域住民の生活環境がさらに悪化すると懸念されている。

本研究では、鵒川河口を対象として、河口地形の変動特性の解明と安定的な保全手法の提案を目指し、平成23年度から平成27年度まで研究を進めてきた。平成23年度から平成25年度は深淺データ、波浪データ、河川流量データ等を用いて鵒川河口域の短期的・中期的な地形変化特性を明らかにするとともに、平成26年度は過去およそ40年間の河川流量データ、河道掘削量データ、河道横断測量データ、河口の航空写真をもとに、河道および河口汀線の長期的な変動傾向と変動要因を検討した。本研究の最終年度となる平成27年度はこれまでの研究成果を総括し、鵒川河口地形の安定的な保全策を検討した。

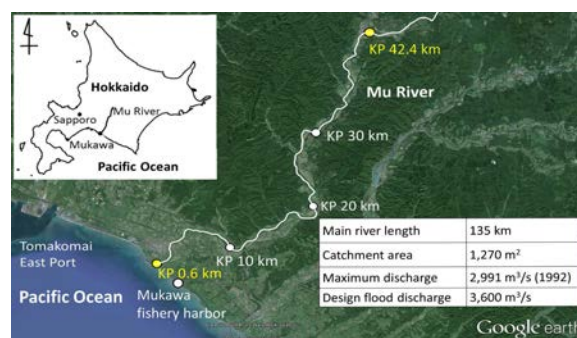


図-1 鵒川と河口の位置図

本報告書は6章で構成されている。1章では研究背景を説明した。2章では長期的な河道・河口地形の変動特性、第3章では鵒川漁港と鵒川河口を含む鵒川沿岸域全体の地形変動特性、4章では地形変動が顕著に見られる河口テラスの変動機構を明らかにする。5章では各章で得られた結果をもとに、河口地形の安定的な保全策を検

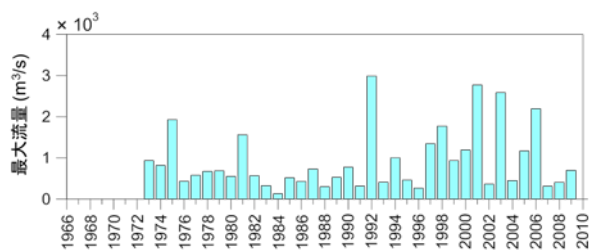


図-2 鶴川の年最大流量（1973年以降の鶴川橋水位観測所データ）

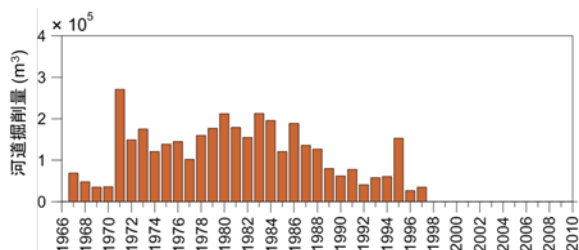


図-3 鶴川の河道掘削量（砂利採取量と掘削土砂を築堤に使用した量の合計）

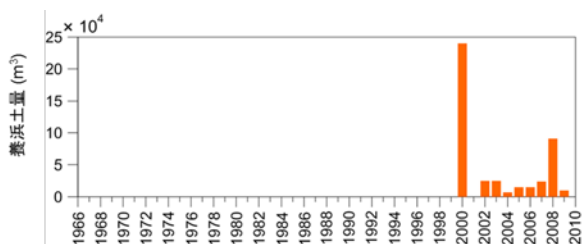


図-4 養浜履歴

討し、6章で本研究のまとめを行う。

## 2. 河道・河口地形の変動特性

本章では、北海道開発局室蘭開発建設部より提供された過去およそ50年間の河川流量データ、河道掘削量データ、河道横断測量データ、河口の航空写真および近年の養浜データをもとに、河道および河口汀線の変動傾向と変動要因を検討する。

### (1) 流量データ

図-2は鶴川河口から上流約2kmに位置する鶴川橋水位観測所で得られた1973年から2009年までの年最大流量を示している。1970年代から80年代では1975年と1981年を除いて $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ を超える出水は生じていない。一方、1990年代に入ると $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ を超える出水の発生頻度が増加した。とくに1992年、2001年、2003年、2006年では $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ を超える大規模な出水が生じ、1992年の出水では既往最大流量 $2991 \text{ m}^3/\text{s}$ を記録した。

### (2) 河道掘削量データ

図-3は鶴川の河道掘削量を示している。この図で示す河道掘削量には、おもに骨材としての利用を目的として

表-1 横断測量の実施時期

1966年(S41年)	2001年(H13年)
1976年(S51年)	2003年(H15年)
1982年(S57年)	2006年(H18年)
1992年(H4年)	2009年(H21年)
1998年(H10年)	

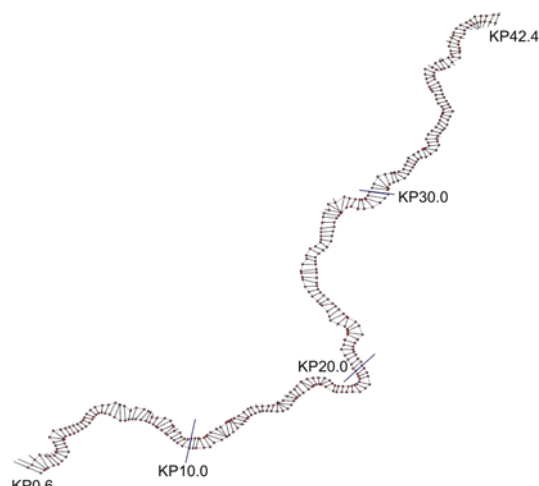


図-5 横断測量の範囲（KP0.2間隔、赤点は各KPの位置）

採取された砂利等の量と掘削土砂を堤防整備に使用した量が含まれている。鶴川では1967年から1997年まで砂利採取が許可されていた。河道掘削量は1970年代前半から1980年代後半にかけて比較的多く、1980年代後半以降、徐々に減少したことがわかる。なお、砂利採取と河道掘削が行われた位置を記したデータは残されていない。

### (3) 養浜データ

2000年以降、漁港の浚渫土砂を漁港と河口の間の海岸に投入する養浜事業がほぼ毎年行われている。図-4に養浜履歴を示す。漁港の拡張工事で発生した土砂を活用することにより、2000年に $24.0 \text{ 万 m}^3$ の大規模な養浜が行われた。その後、2008年に $9.1 \text{ 万 m}^3$ 、2010年に $6.0 \text{ 万 m}^3$ の比較的規模の大きい養浜が行われた。その他の年の養浜量は $0.7 \text{ 万 m}^3 \sim 2.5 \text{ 万 m}^3$ 程度であった。

### (4) 河道地形の変動傾向と変動要因

鶴川では1966年から2009年までの間、河道の横断測量が9回行われた。表-1に横断測量の実施時期を示す。全ての横断測量は図-5に示すようにKP0.6からKP42.4の区間においてKP0.2間隔で行われた。本研究では、各KPで囲まれた領域の測量データに対してKriging法を適用して10mメッシュの河道地形データを作成し、各測量時期の地形データの差分を取ることで、河道の時間的・空間的な変動傾向を把握した。

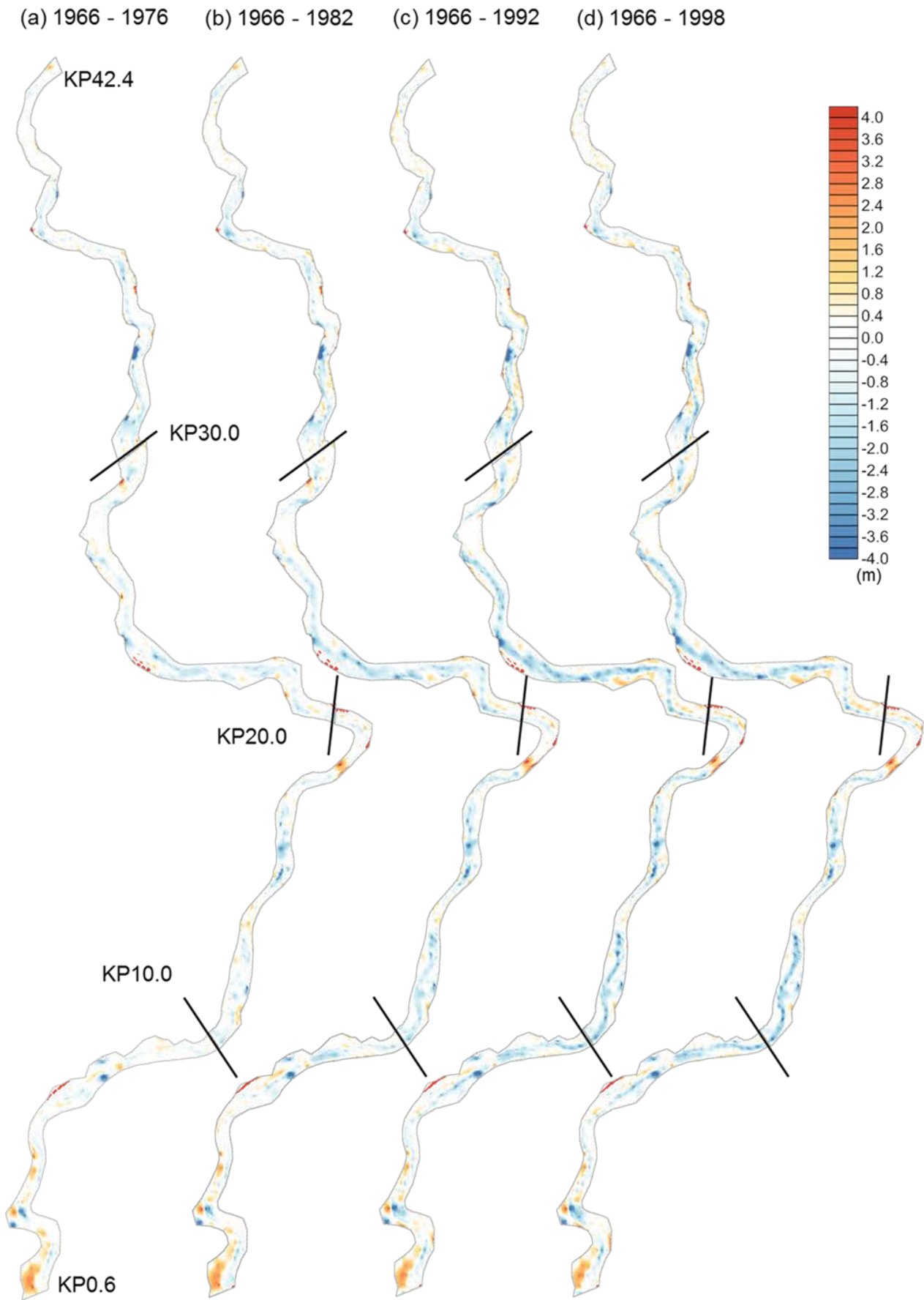


図-6 1966年を基準とした河道変動量(1998年まで)

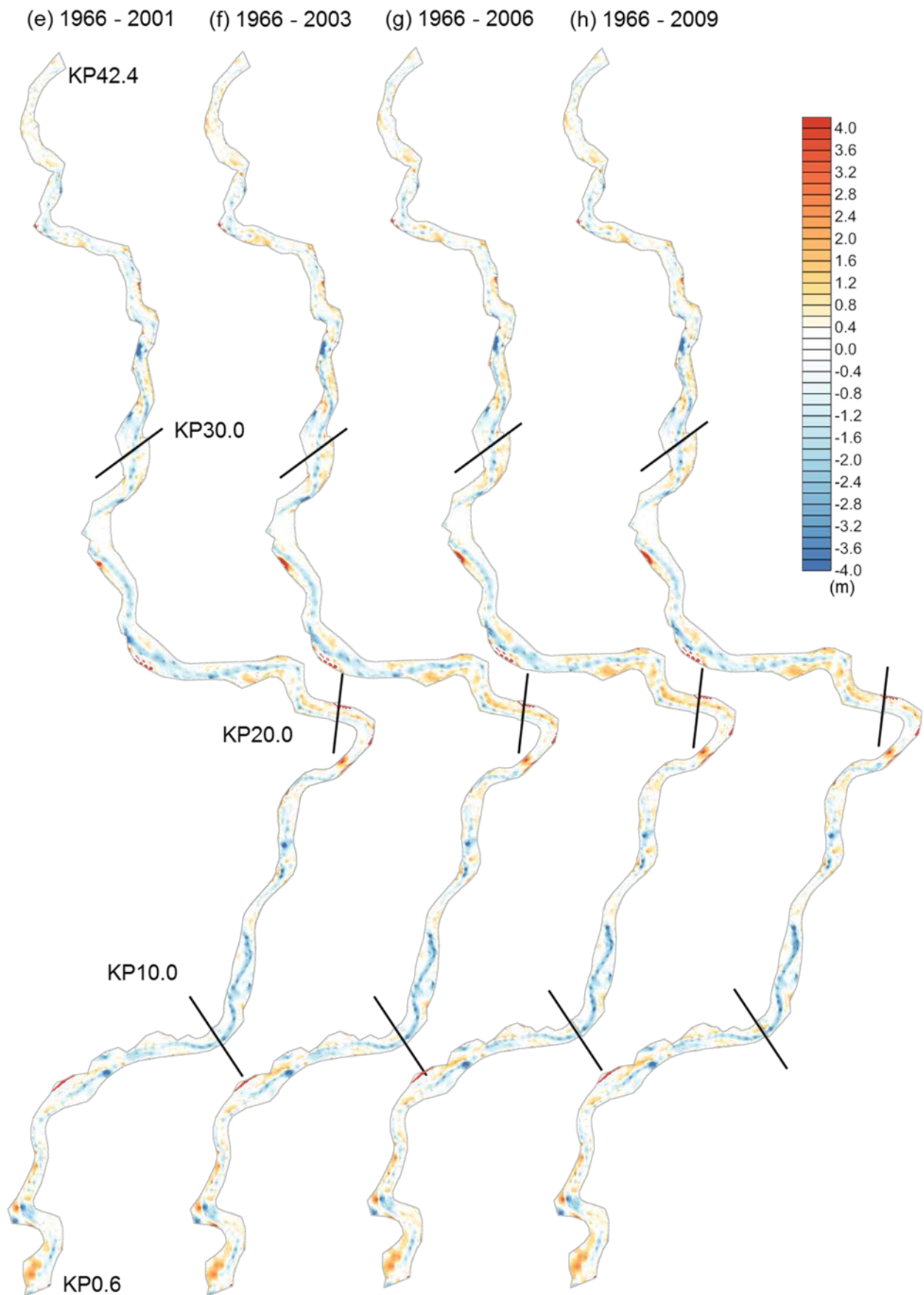


図-6 1966年を基準とした河道変動量 (1998年以降)



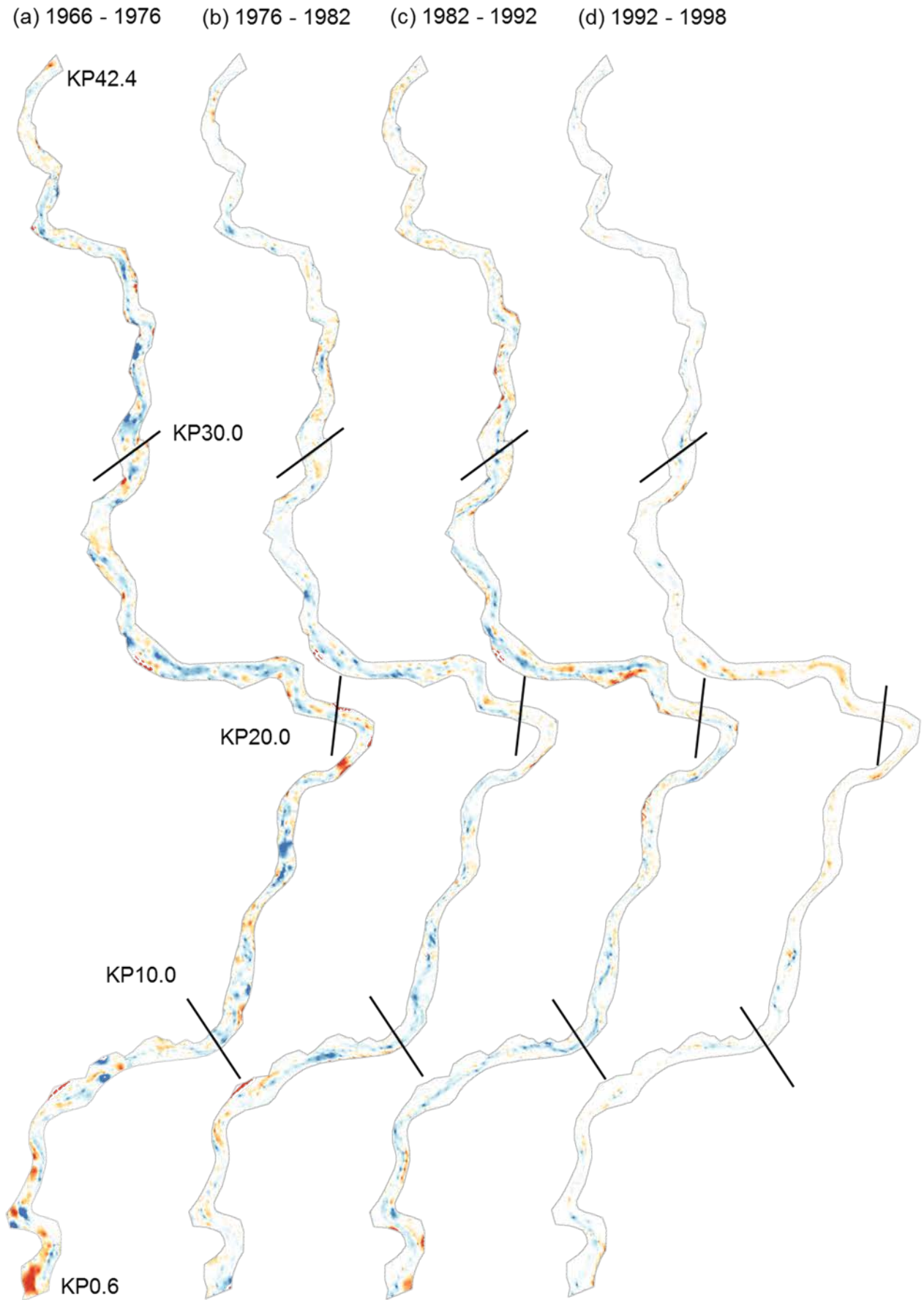


図-7 測量期間ごとの河道変動量 (1998 年以前)

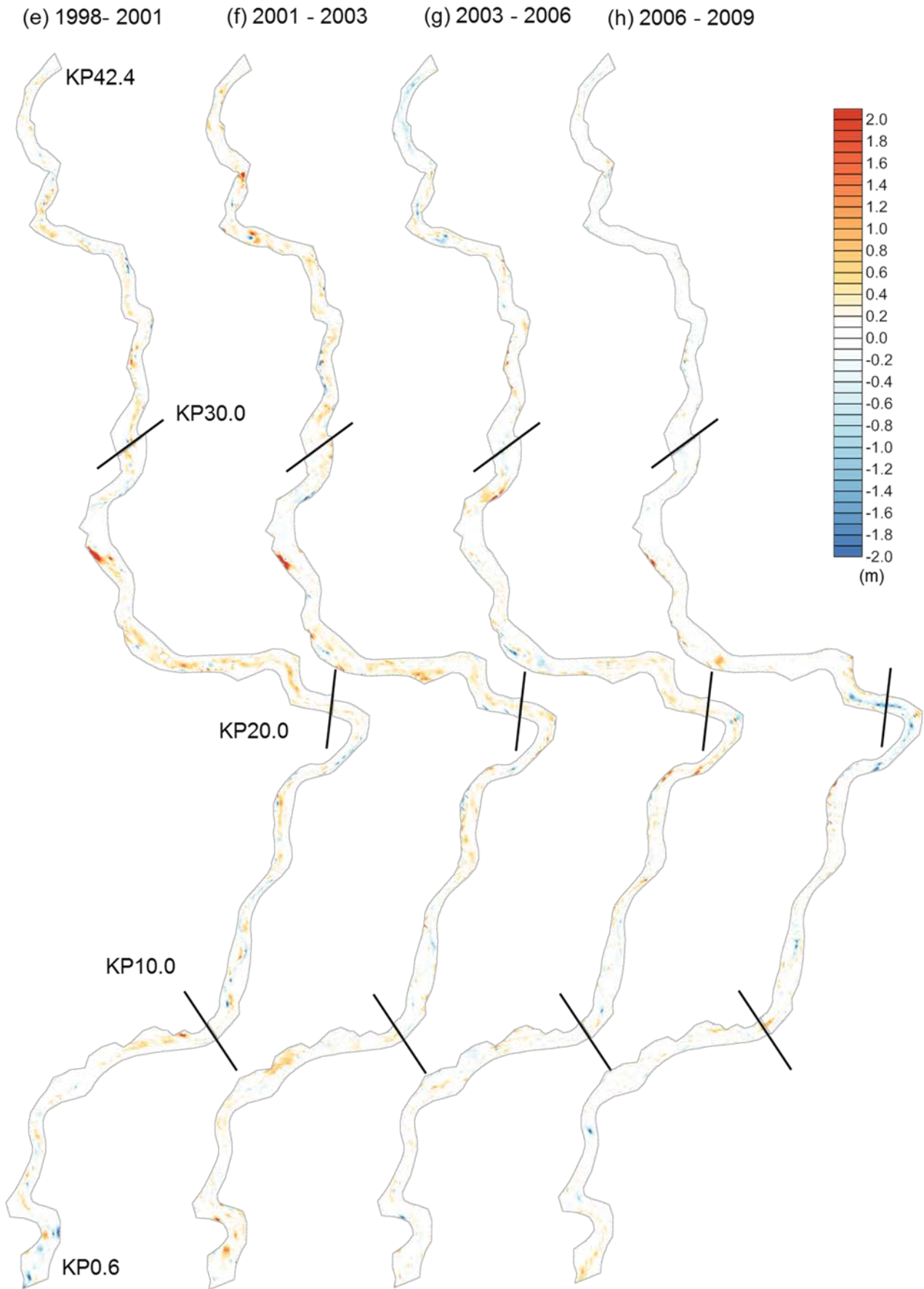


図-7 測量期間ごとの河道変動量 (1998 年以降)

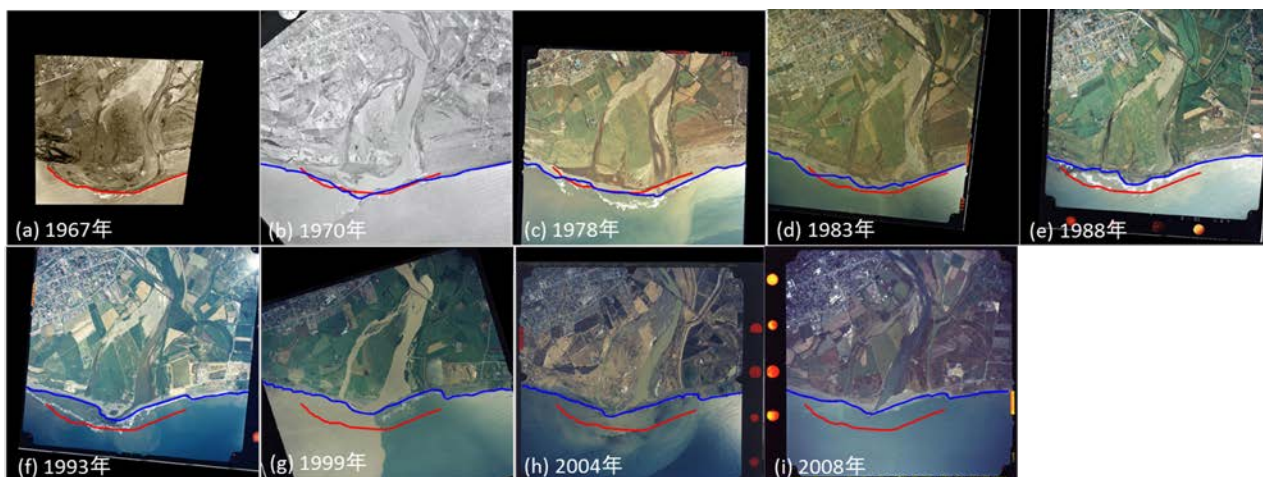


図-8 1967年から2008年までに撮影された鶴川河口の航空写真と各年の汀線（赤線は1967年の汀線）

図-6、図-7はそれぞれ1966年を基準とした河道変動量と各測量期間の河道変動量を示している。各図を見ると、1966年から1992年の間に河道が大きく低下した様子が確認できる。低下量がとくに多いのは低水路付近であり、砂利採取と河道掘削がこの領域で多く行われていたと推察される。また、図-2に示すように、1992年以前では高出水の発生頻度が少なく、流域からの土砂供給量が少なかったことも河道低下の要因として考えられる。1992年以降では、低水路付近の地形に大きな変化は見られない。図-3に示すように、1980年代後半から河道掘削量が徐々に減少し、さらに1998年以降、砂利採取が禁止されたことが低水路の安定化に影響したと考えられる。一方、低水路両側の高水敷において比較的強い堆積傾向が見られる。1992年以降、大規模な出水が数回発生し、その際、流域から供給された土砂が高水敷に堆積したと考えられる。

### (5) 河口汀線の変動傾向と変動要因

本研究では1967年から2008年まで撮影された9枚の航空写真からそれぞれ河口の汀線を抽出し、汀線の長期的な変動傾向を把握した。なお、各写真から読み取った水際線を汀線と定義しているため、各汀線の読み取り値には波浪の遡上振幅程度の誤差（30 m程度）が含まれている。

図-8は1967年から2008年まで撮影された河口の航空写真と各年の汀線を示している。1967年の汀線位置（赤線）を基準とすると、1967年から1978年までの間、汀線後退は生じていないことがわかる。その後、1983年から1999年まで間、河口全域で汀線が後退し、その距離は最大で300 m以上に達した。1993年以降では、大幅な汀線の後退は確認できない。

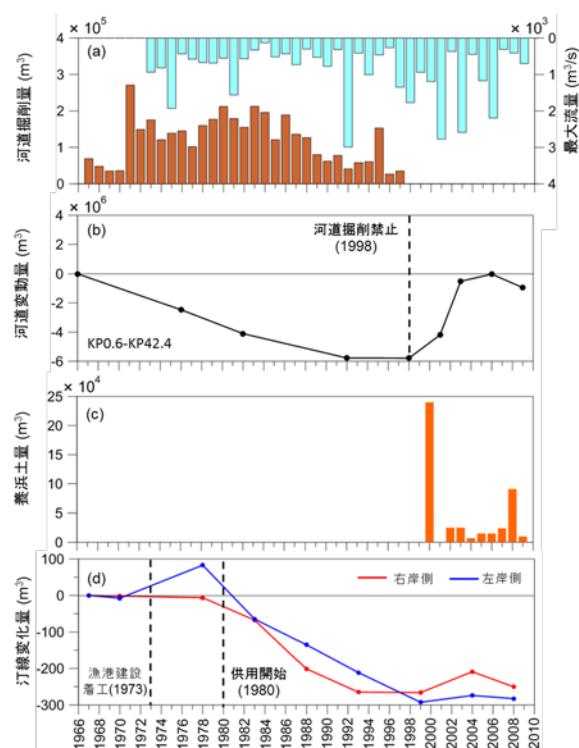


図-9 (a)年最大流量と河道掘削量、(b)測量区間全域の地形変化量、(c)養浜履歴、(d)河口の平均汀線変化量

図-9は(a)年最大流量と河道掘削量（図-2、図-3と同様の図）、(b)1966年を基準とした測量区間全域の地形変化量、(c)養浜履歴（図-4と同様の図）、(d)1967年からの平均汀線変化量を示している。各図を見ると河道地形が低下した1970年代後半までは汀線は後退せず、漁港の供用開始から1993年までの間に大きく後退したことがわかる。鶴川沿岸域では年間を通じて東側から西側への沿岸漂砂が卓越するため、漁港によって河口方向への沿







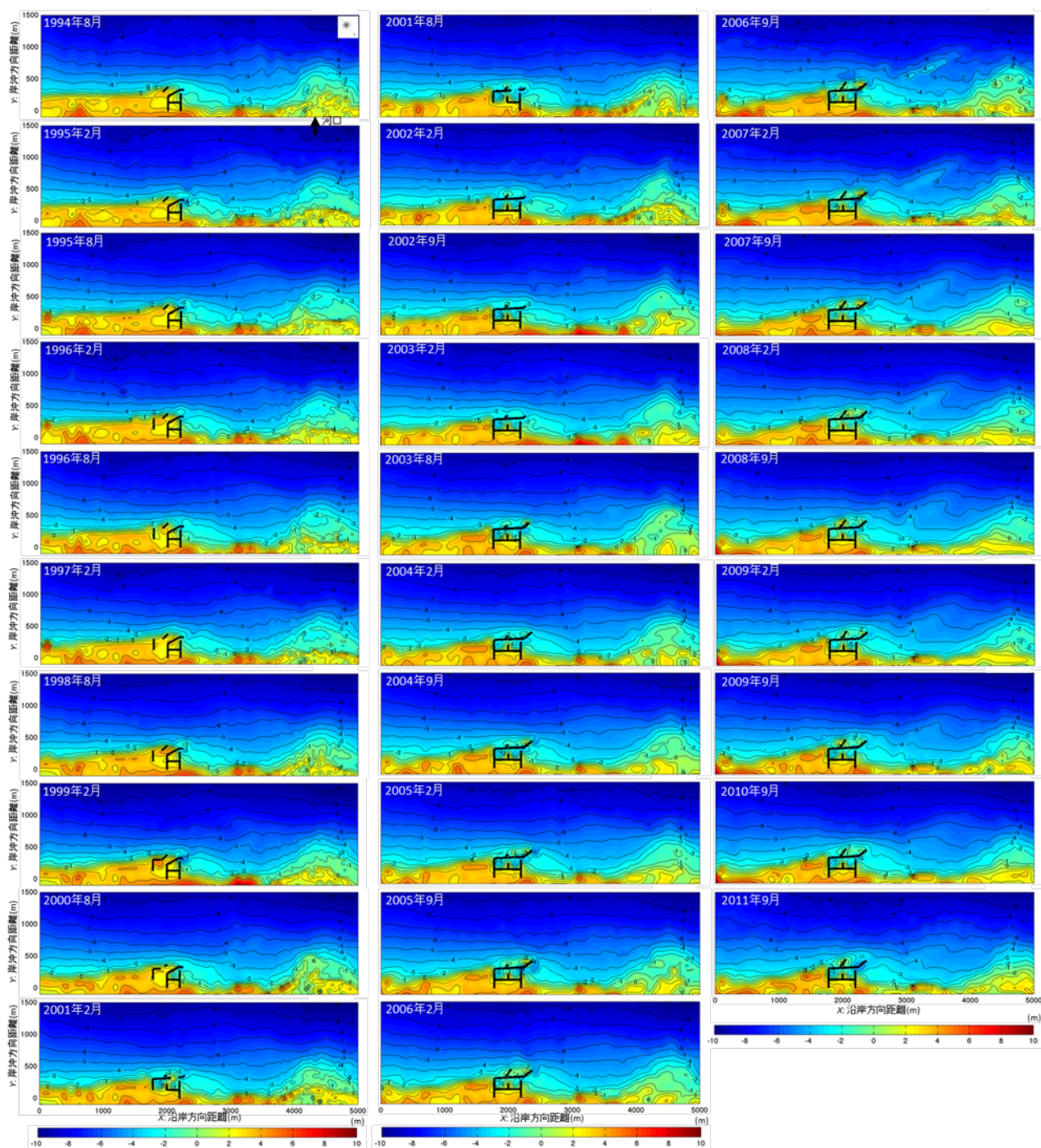


図-14 深浅データのカラーコンター図 (1994年8月～2011年9月)

ックスが卓越する一方、秋から冬にはSSW～WSW方向から来襲する波浪の割合が増加する。このように季節的に変化する様似漁港沖の波浪特性は宇多ら<sup>3)</sup>が鵜川沿岸域の東に近接する日高海岸の海浜変形を検討した際にも説明されている。

図-12は鵜川河口沖(水深25m地点)において、2011年8月5日～9月15日(夏季)と2011年12月19日～2012年3月18日(冬季)に観測された波浪データをも

とに、各期間の波向き別の波浪エネルギーフラックスの割合を整理した結果を示している。鵜川河口沖においても様似漁港沖と同様に季節的に変化する波浪特性を確認できることから、様似漁港沖と鵜川河口沖の波浪特性に大きな違いはないものとして検討を進める。

**(2) 流量データ**

図-13は鵜川橋水文観測所で得られた1994年1月～2011年12月までの月別最大流量を示している。鵜川で



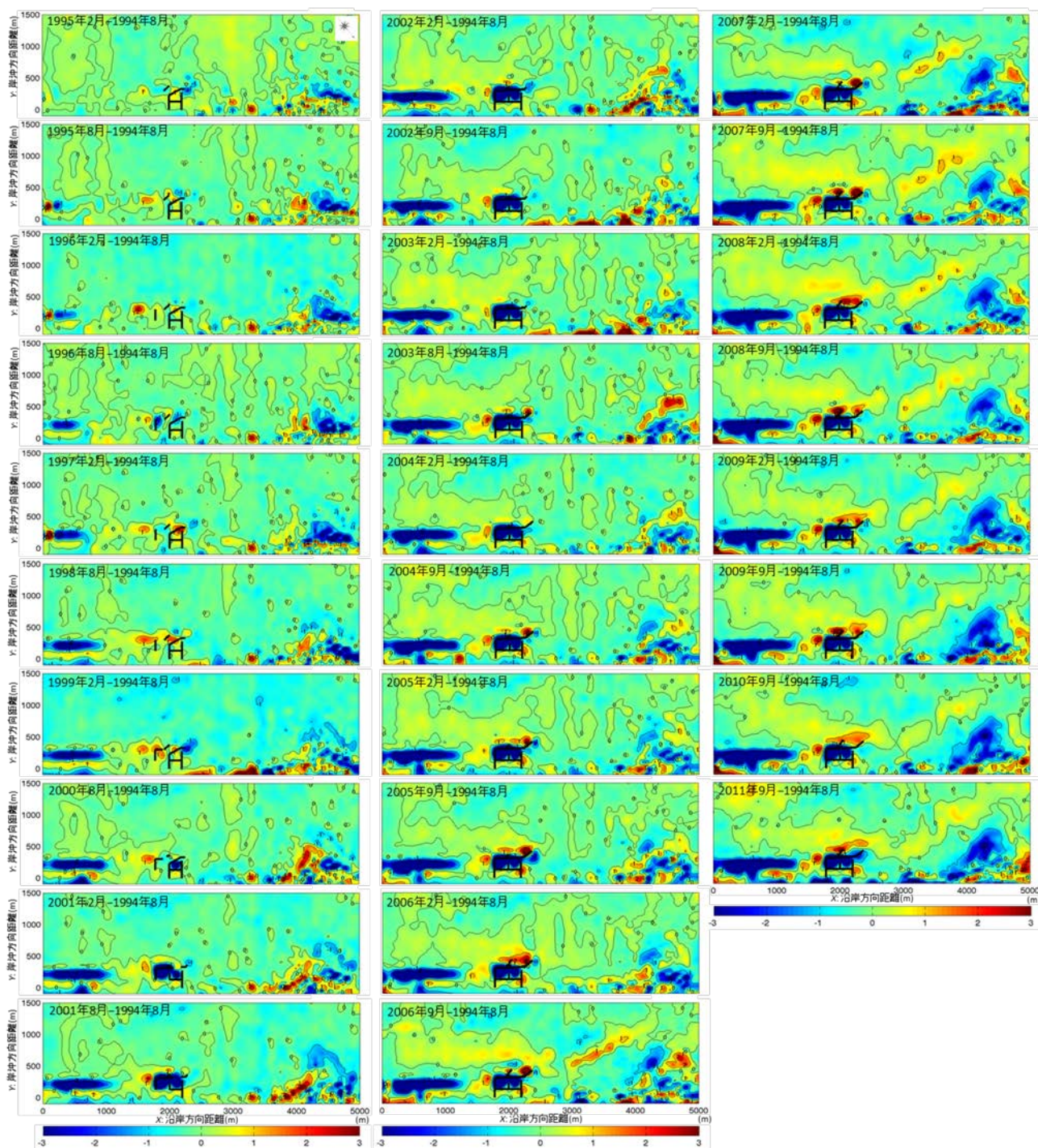


図-15 1994年8月を基準とした地形変化量

は例年4月上旬～5月下旬の融雪期に流量が増加する。また、8月～9月の台風来襲時や前線通過時においても大雨の影響によって流量が増加する。2001年9月、2003年8月、2006年8月には大規模な出水によって河口地形が大きく変化し、さらに河口前面の海域に大量の土砂が移動したことが確認されている。

**(3) 鶴川沿岸域の地形変動傾向と変動要因**

図-14 に各深浅データのコンター図を示す。図中の陸側中央付近に位置する鶴川漁港は1973年に建設着工となり、1980年に供用開始となった。鶴川沿岸域では南東から北西に向かう波浪が卓越するため、漁港建設に伴い漁港東側に大量の土砂が堆積するようになった。1994年8月では既に建設着工から21年が経過しており、漁港東側に大量の土砂が堆積している。一方、漁港西側では沿



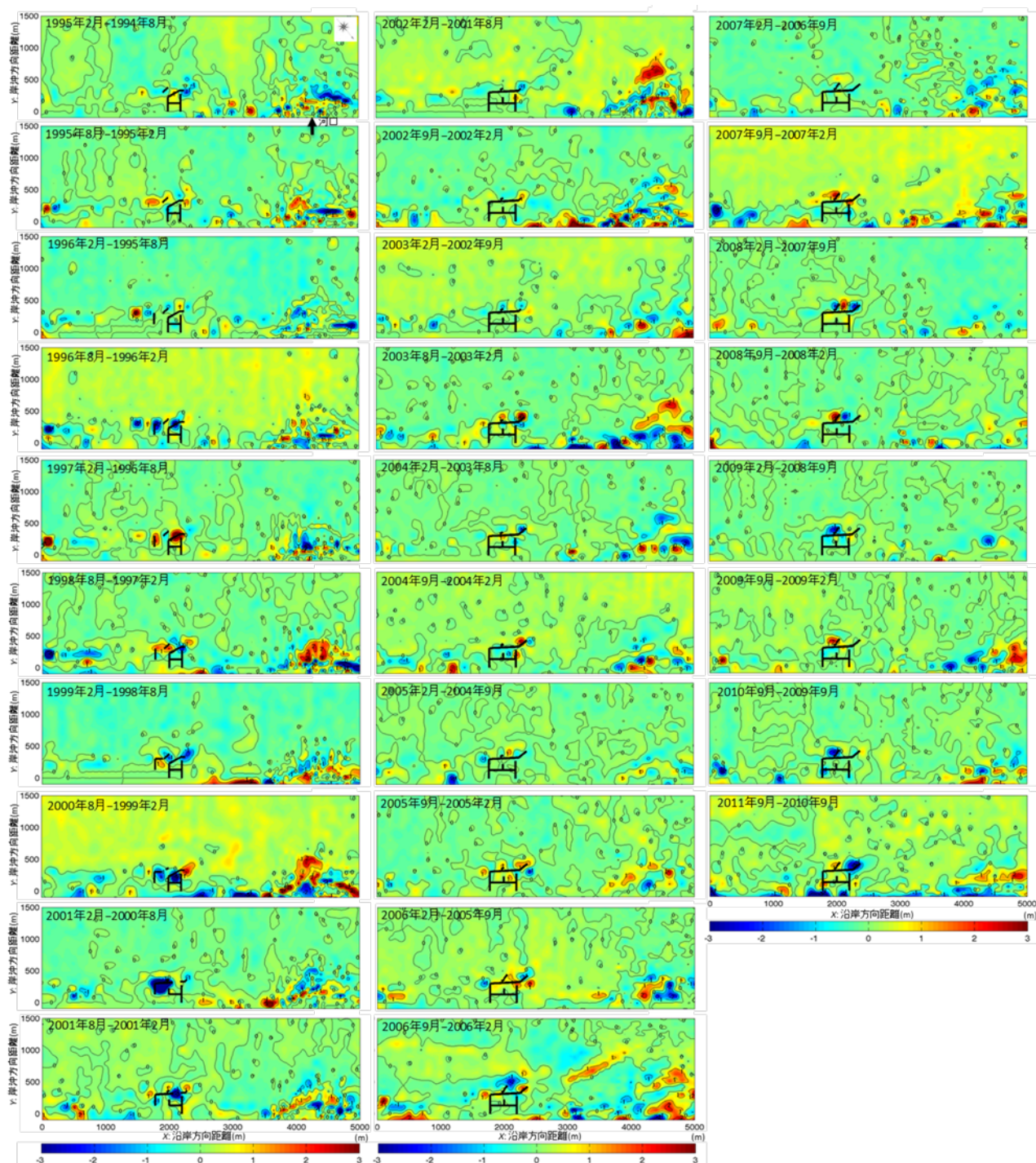


図-16 各測量期間の地形変化量

岸漂砂の遮断によって侵食が進んだため、漁港と河口の間に護岸が建設された。1994年以降、漁港の拡張工事が進められ、2002年にほぼ現在の港形となった。鵜川沿岸域では東側からの沿岸漂砂が卓越するため、漁港沖側に防砂堤（2つの突起状の構造物）を設置して土砂が港口付近へ回り込むのを防いでいる。なお、防砂堤付近の堆積量が増加し、港口付近への土砂流入量が多くなった場

合は、防砂堤と港口付近に堆積した土砂の浚渫が行われる。浚渫土砂は一度陸揚げされた後、漁港西側の護岸と河口の間に運ばれ、養浜砂として利用されている（図-4参照）。

漁港から西側約2kmの地点には鵜川河口があり、河口前面に河口テラスと呼ばれる比較的水深の浅い領域が広がっている（およそ、 $X=4000\sim 5000$  m、 $Y=200\sim 600$  m

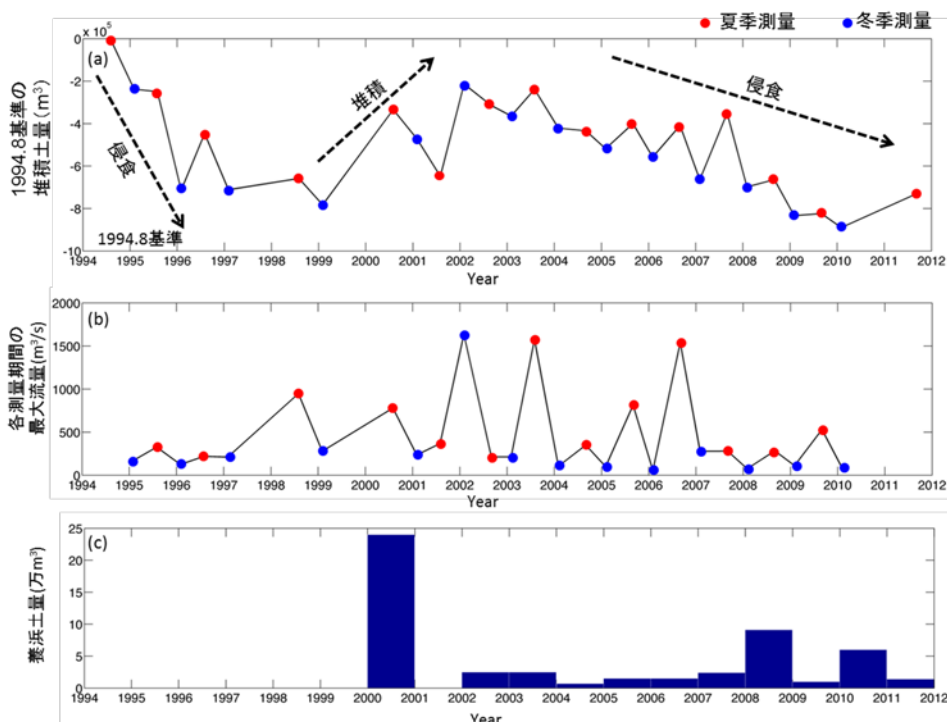


図-17 1994年8月を基準とした河口テラスの地形変化量と月別最大流量、養浜履歴

の範囲)。河口テラスでは河川から海域に流出した大量の土砂が沈降・堆積し、堆積した土砂は波・流れによって徐々に周辺海岸に運ばれ、海岸地形を構成する材料となる。1994年8月における河口テラスの形状は  $X = 4500$  m 付近を中心としてほぼ左右対称であったが、河川から流出する土砂と波・流れの影響によって対称性が崩れて、2011年9月ではテラスの先端が1994年よりも西側に移動した。

図-15は1994年8月を基準とした地形変化量を示している。この図では、堆積量を正の値（赤色）、侵食量を負の値（青色）で示している。2011年9月までに漁港東側に堆積していた土砂が大幅に減少し、水深が2 m 以上も増加した。この領域が急激に侵食した原因については現段階では不明であるが、鶴川沿岸域の東側（測量範囲外）に建設された護岸からの回折波が侵食原因の一つとして考えられる。漁港周辺には土砂が堆積しているが、2基の防砂堤によって港内側への土砂の移動が抑制されている。河口テラスでは河川からの出水や波浪の影響によって局所的に地形が大きく変動する様子が確認できる。出水時には大量の土砂が河川から海域に流出し、その過程において砂嘴がフラッシュされる。1994年から2001年まではテラス西側の侵食傾向が顕著に見られるが、その後、徐々に侵食範囲が東側へ移動し、2011年9月では1994年8月と比べて河口テラスのほぼ全域が2 m 程度も侵食

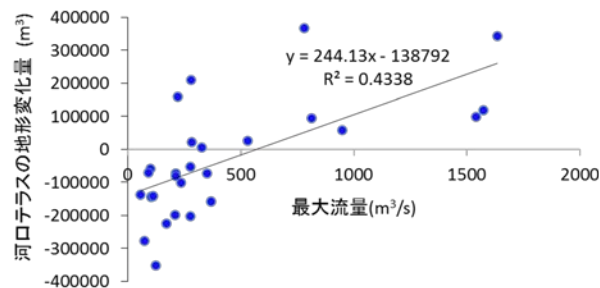


図-18 各測量期間の最大流量と河口テラスの地形変化量との関係（正值：堆積、負値：侵食）

した。

図-16は各測量期間の地形変化量を示している。河口テラスの地形変化量は融雪出水と夏季出水に伴う土砂供給の影響によって大きく変化する。最大流量が  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  程度の出水時（1998年8月）では、流出土砂が河口から約500 m 沖まで到達した。河口から500 m 沖の水深は4 m 程度であり、砕波が生じて土砂の移動が活発なため、流出土砂が比較的短期間で周辺海岸に到達すると思われる。また、最大流量が  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$  を超える大規模な出水時（2001年9月、2003年8月、2006年8月）では、河口から約1000 m 沖まで土砂が到達する。河口から1000 m 沖の水深7 m 程度と比較的水深が深いため、流出土砂が周辺海岸に到達するにはかなり長い時間を要すると考え





図-19 河口地形測量の範囲

られる。

図-17は(a)1994年8月を基準とした河口テラスの地形変化量と(b)各測量期間の月別最大流量および(c)養浜履歴を示している。河口テラスは河道掘削が行われていた1997年まで急速に侵食が進み、その後、河道での砂利採取が禁止された1998年から大規模な養浜が行われた2000年にかけて地形が回復した。一方、2001年以降、大規模な出水が頻繁に生じたことにより河川から河口テラスに大量の土砂が供給され、さらに養浜も継続されていたにもかかわらず、河口テラスは徐々に侵食されている。特に河川からの土砂供給がほとんど期待できない、冬季における侵食量が大きいことが確認できる。

図-18は各測量期間の最大流量(月別最大)と河口テラスの地形変化量との関係を示している。バラツキが大きいものの、流量と河口テラスの変化量との関係には正の相関があり、約570 m<sup>3</sup>/sを超える出水が生じた場合には、河口テラスは堆積傾向となり、この値を下回ると侵食傾向となる。ただし、本結果には養浜の影響が含まれているため、養浜効果を考慮しない場合はさらに大きな規模の出水が河口テラスの地形回復に必要であると考えられる。

#### 4. 河口テラスの変動機構の解明

本章では、高頻度で行われた河口地形測量の結果と同時期に得られた河川流量データと波浪データおよび航空写真をもとに、河口テラスの変動機構を明らかにする。

##### (1) 河口地形の観測手法

河口の地形観測は2013年4月から2014年9月までの間、沿岸方向約2 km、岸沖方向約1 kmの範囲(図-19白枠内)において19回行われた。沖から水深1 m程度までの海域では小型船に超音波式測深機(M9, SonTek社製)を設置し、測線間隔50 mで深浅測量を行った。測深データに対して

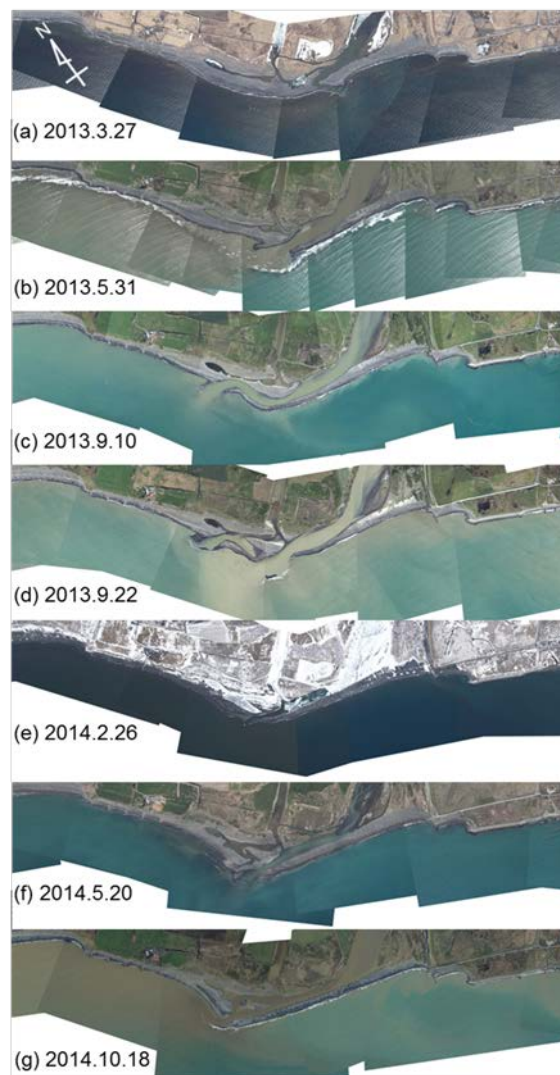


図-20 鶴川河口の航空写真

潮位補正を行う際には鶴川漁港内に設置した検潮所の潮位データを使用した。また、小型船でも航行不能な浅い海域と陸上部ではRTK-GPS(ProMark100, ashtech社製)を用いて徒歩による測量を行った。GPSによる測量は深浅測量が行われる前後数日以内に実施した。各測量終了後、両測量データを合成してKrigingによる10 mメッシュの地形データ(T.P.基準)を作成した。

超音波の速度は塩分、水温、水圧(水深)によって変化するため、測深を行う際には音速補正(いわゆる、バーチェック)を行う必要がある。河川から淡水が流入する河口域では海中の塩分・水温が空間的に大きく異なるため、通常行われる1地点でのバーチェックでは測深精度が低下する。そこで本研究では、測深中に毎回約60地点で塩分・水温の鉛直分布を計測し(CastAway-CTD, SonTek

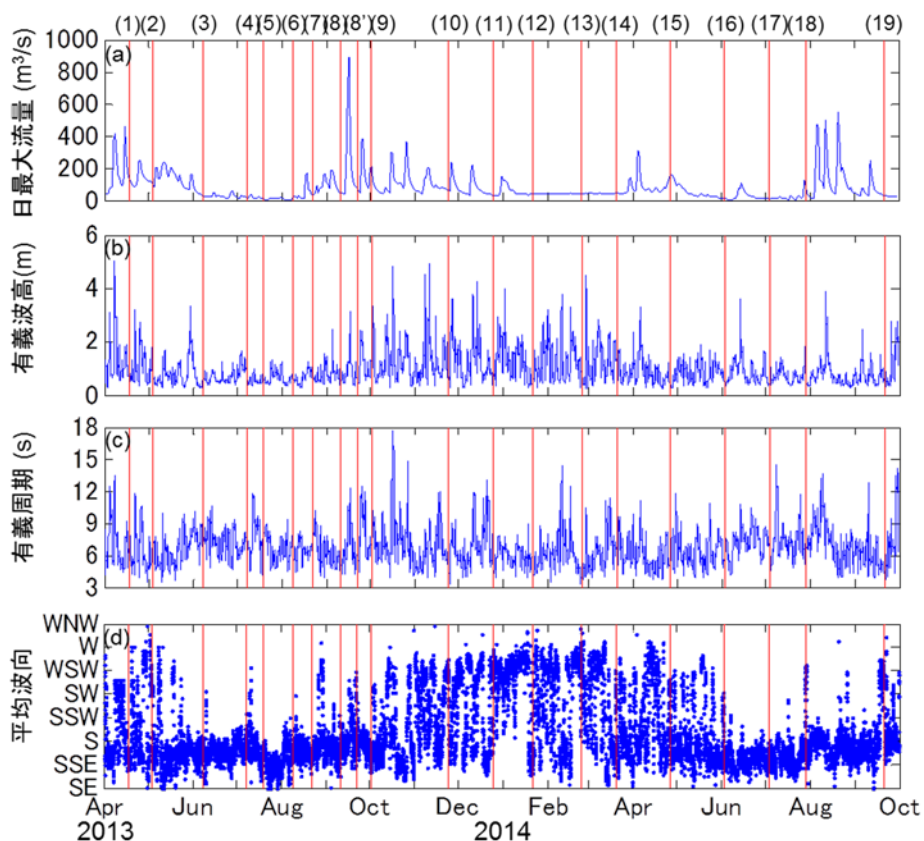


図-21 (a) 鶴川の日最大流量、(b) 様似漁港沖の有義波高、(c) 有義周期、(d) 平均波向き (赤線：測量実施日、(8')は陸上測量のみ実施、波浪データは毎正時の値)

社製を使用)、得られた値を用いて各測深点の超音波速度を補正した。

## (2) 航空写真撮影

河口の全景を把握するため、2013年3月下旬から2014年10月中旬までの間、航空写真撮影を7回実施した。図-20に鶴川河口の航空写真を示す。

## (3) 河川流量と波浪の観測手法

流量データと波浪データはそれぞれ鶴川橋水位観測所と様似漁港沖で得られた値を使用した。なお、両データは北海道開発局室蘭開発建設部から暫定値として提供されたものである。図-21に2013年4月1日から2014年9月30日までの(a)鶴川の日最大流量、(b)様似漁港沖の有義波高、(c)有義周期、(d)平均波向きを示す。

## (4) 河口地形の季節変動

ここでは、図-20に示す河口の航空写真、図-21に示す流量・波浪データ、および図-22、図-23に示す測量結果をもとに鶴川河口域の季節的な地形変動特性について説明する。なお、図-22は各測量期間の地形変化量、図-22

は1回目の測量結果を基準とした地形変化量を示している。

### a) 2013年融雪期 (2013年4月18日~6月8日)

2013年の融雪期は200~400 m<sup>3</sup>/s程度の出水が4月上旬から6月上旬まで断続的に生じた。この出水によって東側に向いていた河口が西向きに変わり、河口西側の浅い領域が侵食した (図-20(a) (b)、図-22(a) (b)、図-23(a))。また、西寄りの波高3 m以上の高波浪が数回来襲したが、波向きとはほぼ逆方向から河口フロントに向う土砂の移動が確認された。左岸側の砂州は東側から西側に延伸して河口の位置が約200 m西側に移動した。

### b) 2013年夏季 (2013年6月8日~9月11日)

6月上旬から9月の台風来襲までの間、河川流量は少なく波浪状況も静穏な日が続いた。この間、砂州前面の浅い海域が徐々に侵食するとともに、東側から西側へ砂州が約360 m延伸した (図-20(b)、図-22(c)~(g)、図-23(b))。なお、比較的静穏な夏季に砂州が西側へ延伸する様子は例年確認されている。



11.2 積雪寒冷地の河口域海岸の形成機構解明と保全に関する研究

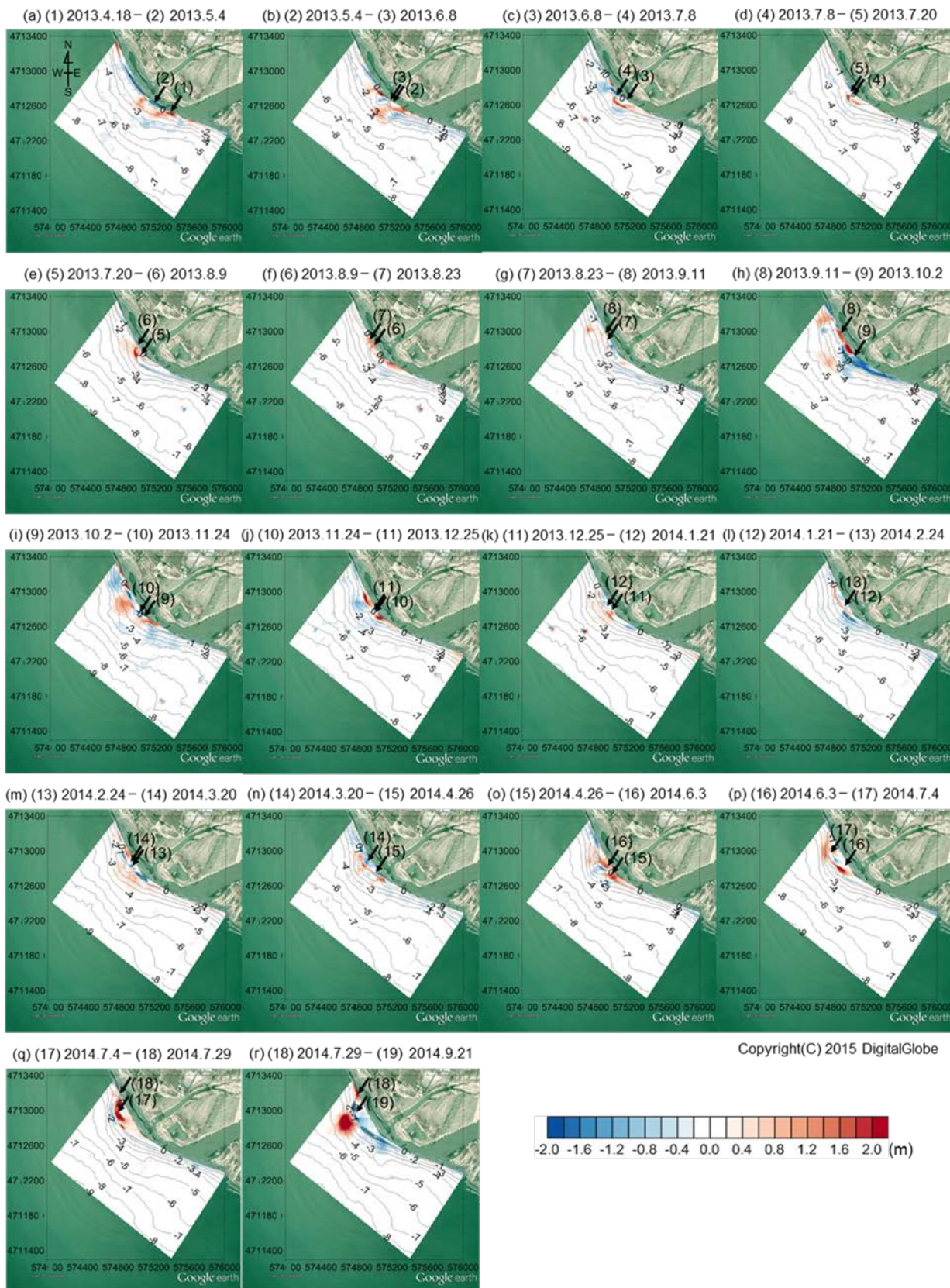


図-22 各測量期間の地形変化量と等深線 (矢印: 河口の中心、等深線: 前後の測量結果のうち前の値を表示)

c) 2013年台風来襲時 (2013年9月11日～10月2日)  
2013年9月18日に来襲した台風18号の影響によって最

大900 m<sup>3</sup>/s程度の出水が生じた。この出水によって砂州  
の先端部がフラッシュされて河口幅が約340 m広がった。

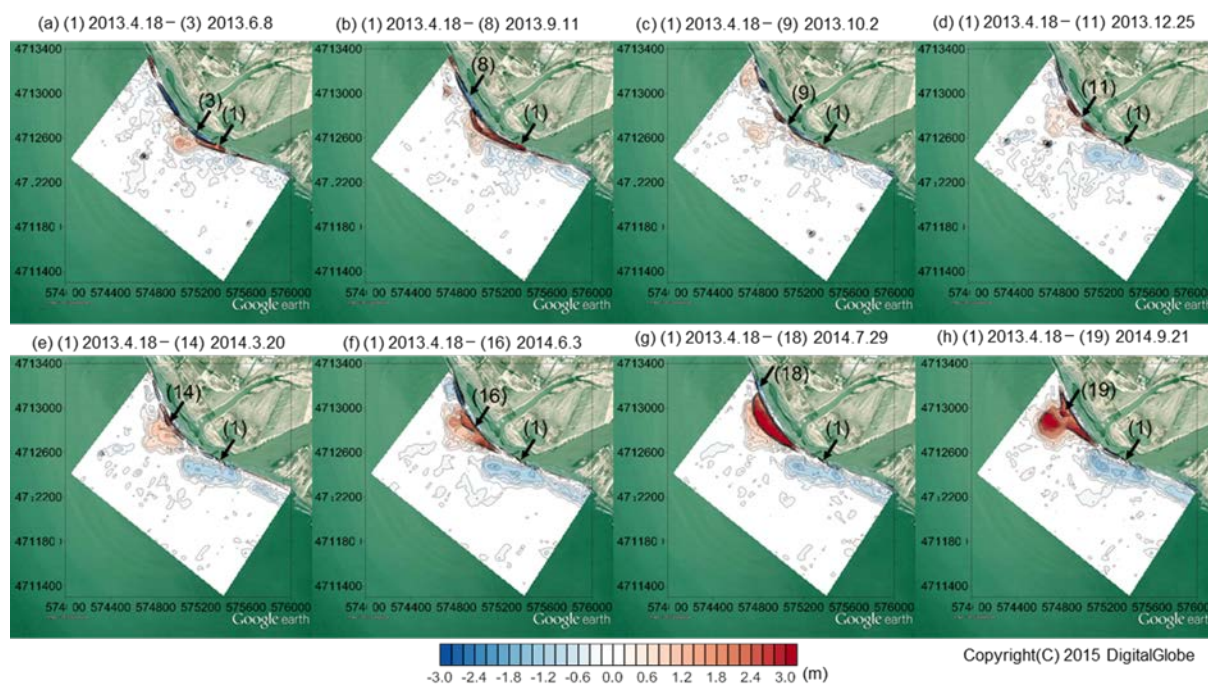


図-23 1回目の測量結果を基準とした地形変化量 (赤：堆積、青：侵食、矢印：河口の中心)

また、河口西側と河口から約300 m沖にそれぞれ約2.0万  $m^3$ と約2.6万  $m^3$ の土砂が堆積した(図-20(d)、図-22(h)、図-23(c))。河口西側には河口が西側に向いていた出水初期に河川から流出した土砂が多く堆積しており、河口沖にはフラッシュされた砂州先端部の土砂が堆積したと考えられる。

d) 2013年台風来襲後(2013年10月2日～12月25日)

台風通過後から12月下旬までの間、200～400  $m^3/s$ 程度の出水が漸続的に生じた。また、この時期から西からの波浪来襲頻度が増加し、波高4 m以上、周期10 s以上の高波浪が数回来襲した。河口フロントに堆積した土砂には河川から流出したものと台風来襲時に河口周辺に堆積した土砂の一部が波浪の影響によって河口フロントへ移動したものが含まれていると考えられる(図-22(i)(j)、図-23(d))。また、西寄りの波浪が多く来襲したにも関わらず、砂州は東側から西側へ約190 m延伸し、台風来襲時に広がった河口幅が徐々に減少した。

e) 2013～14年冬季(2013年12月25日～2014年3月20日)

12月下旬から3月下旬までは積雪および気温の低下により河川が結氷した(図-20(e))。冬季の流量は少ないため河川から流出して河口フロントに堆積する土砂は少ない。また、この期間も西からの高波浪が多く来襲したが、左岸側の浅い領域が徐々に侵食して砂州が西側に約160 m延伸した(図-22(k)(l)(m)、図-23(e))。

f) 2014年融雪期(2014年3月20日～6月3日)

2014年の融雪期の流量は2013年よりも少なく100～300  $m^3/s$ 程度となった。流量は少なかったが砂州の先端が200 mほどフラッシュされて河口幅が広がり、河川から流出したと考えられる土砂が河口フロントに堆積した(図-20(f)、図-22(n)(o)、図-23(f))。西寄りの波浪の勢力が比較的強かったが融雪期後半において砂州が東側に延伸し河口幅が徐々に減少した。

g) 2014年夏季(2014年6月3日～7月29日)

融雪終了後から8月の出水までの間、流量が低下し海域も比較的静穏な日が続いた。その間、2013年と同様に砂州前面の浅い領域が徐々に侵食するとともに、砂州が西側に約290 m延伸した(図-22(p)(q)、図-23(g))。砂州の総延伸量は800 m以上に達し、1回目の測量では海中であった河口西側の一部の領域が陸上部へと変わった。

h) 2014年夏季の出水時(2014年7月29日～9月21日)

2014年の8月は前線通過の影響に伴い500～600  $m^3/s$ 程度の比較的規模の大きい出水が漸続的に生じた。この出水によって砂州の先端がフラッシュされて河口フロントに約9.4万  $m^3$ の土砂が堆積した(図-22(n)、図-23(h))。

### (5) 全測量期間の地形変動特性の評価

図-23に示す1回目の測量結果を基準とした地形変化量を見ると、時間の経過とともに測量範囲のほぼ中央を境界として東側の領域が徐々に侵食し、西側の領域では堆



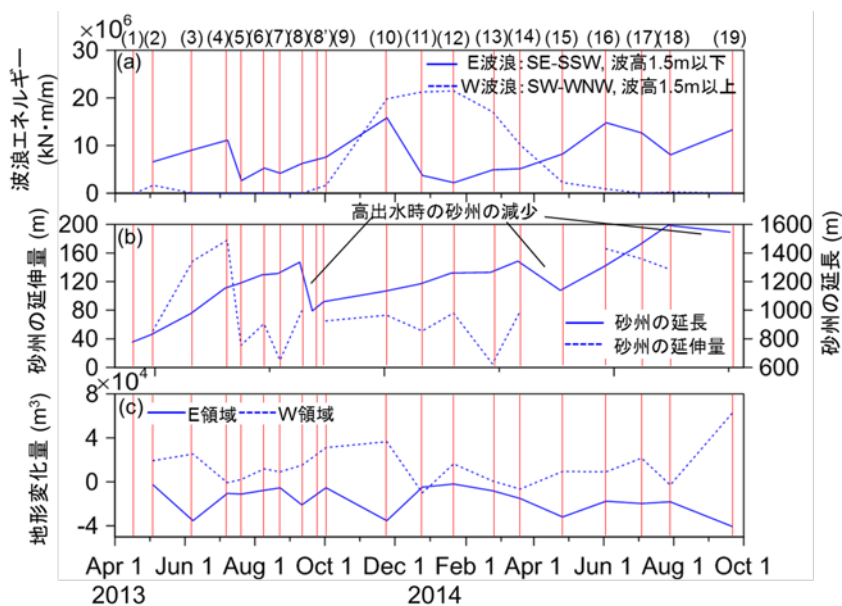


図-24 各測量期間の(a)E波浪とW波浪のエネルギー、(b)砂州の延長と延伸量、(c)E領域とW領域の地形変化量

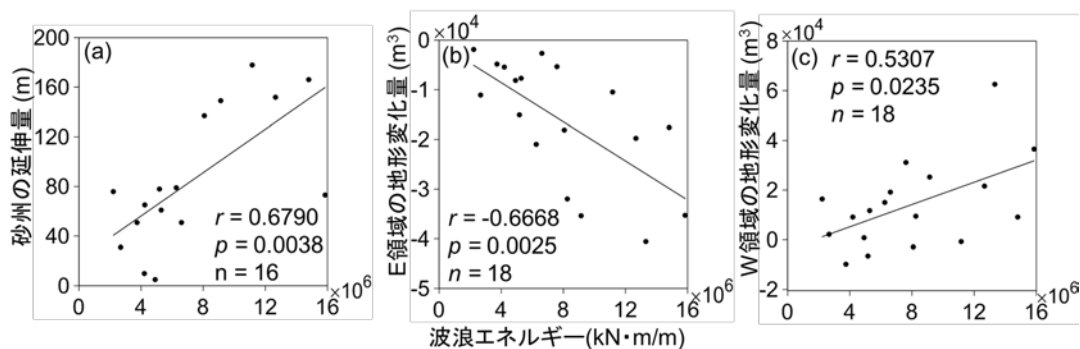


図-25 E波浪のエネルギーと砂州の延伸量、E領域、W領域の地形変化量との関係

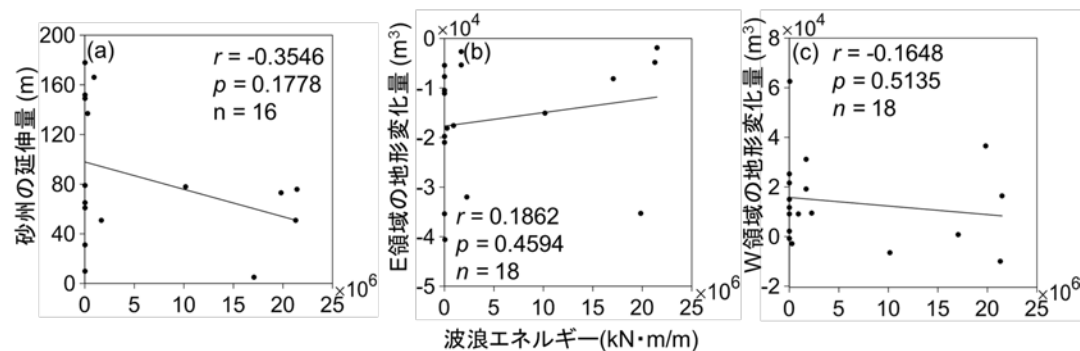


図-26 W波浪のエネルギーと砂州の延伸量、E領域、W領域の地形変化量との関係

積する様子が確認できる。また、図-22に示す等深線から水深0~5 m程度の範囲において侵食・堆積の傾向が強く表れていることがわかる。図-23(h)をもとに全測量期間における東西両領域(水深0~5 m)の地形変化量を求めると、東側領域の侵食量は約25.0万 m<sup>3</sup>、西側領域の堆積

量は約29.4万 m<sup>3</sup>となる。図-19に示すように、測量範囲よりも東側には漁港、護岸、突堤があり、これらの構造物が西向きの沿岸漂砂をほぼ遮断しているため東側領域が侵食し、侵食された土砂が西側領域に堆積していると考えられる。また、水深5mよりも深い領域の地形変化量

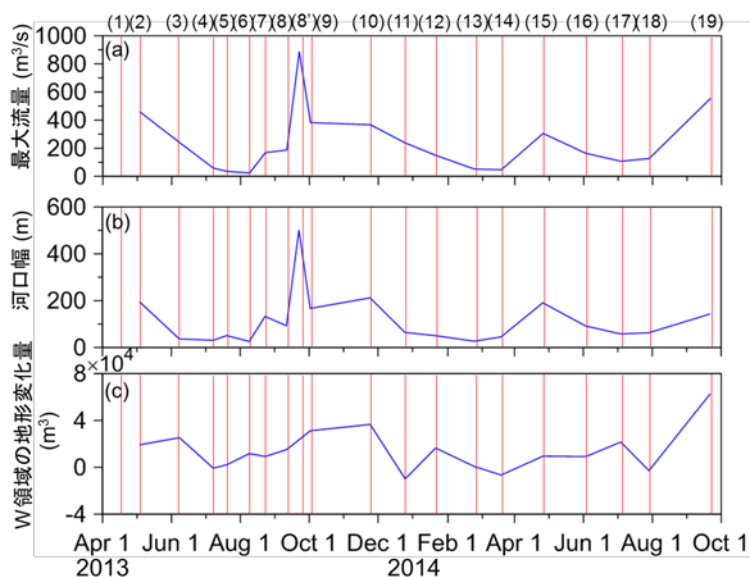


図-27 各測量期間の(a)流量、(b)河口幅、(c)W領域の地形変化量(流量は各測量期間の日最大流量の最大値、河口幅は前後の測量結果のうち後の値を採用)

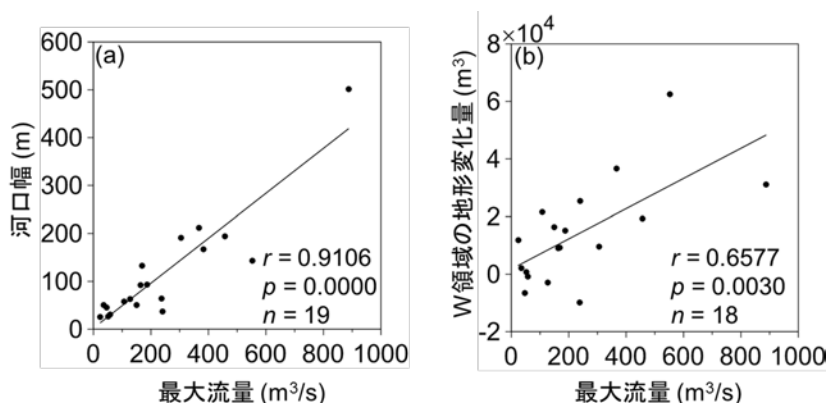


図-28 各測量期間の流量と(a)河口幅、(b)W領域の地形変化量との関係

が小さいことから、東側領域で侵食された土砂はほとんど沖へは移動せずに比較的浅い海域を経由して西側へ移動したと考えられる。河口周辺海岸の平均的な法線がSW方向を向いていることを考慮すると、SE~SSW方向からの波浪(以下、E波浪)が東側領域から西側領域への土砂の移動と砂州の延伸に影響していると推察される。

### (6) 地形変化量と波浪との関係

本節では、侵食・堆積の傾向が顕著に表れた水深0~5 mの東側領域(E領域)および西側領域(W領域)の地形変化量と波浪との関係について検討する。なお、ここではE波浪(波高1.5 m以下)と冬季・融雪期に多く観測されたSW~W方向からの高波浪(以下、W波浪;波高1.5 m以上)を対象に検討した結果を示す。

図-24は各測量期間の(a)E波浪とW波浪のエネルギー、

(b)砂州の延長と延伸量、(c)E領域とW領域の地形変化量を示している。ここで、波浪エネルギーは各測量期間の波浪データから求めたエネルギーフラックスの時間積分値である。また、図-25、図-26は図-24から得られた波浪エネルギーと砂州の延伸量、地形変化量との関係を示している。E波浪エネルギーと砂州の延伸量との関係には有意な正の相関が得られ(図-25(a))、E領域の地形変化量との関係では負の相関(図-25(b))、W領域の地形変化量との関係では正の相関が得られた(図-25(c))。これらの結果はE波浪によってE領域が侵食され、その土砂は砂州の延伸に寄与しながらW領域へと運ばれていることを強く示唆している。一方、W波浪エネルギーと各地形変化量との関係では有意な相関が得られなかった(図-26)。種々の波浪条件で検討したが、有意な相関が得られたのは図

-25に示す結果のみであった。現段階では波高1.5 m以下のE波浪のみが地形変化量と有意な相関が得られた理由是不明であるが、波高1.5 m以下のE波浪は夏季に多く観測されていることから、夏季の太平洋沿岸に特有なうねりを伴った波浪が地形変化に強く影響した可能性がある。

### (7) 地形変化量と河川流量との関係

図-27は各測量期間の(a)流量、(b)河口幅、(c)W領域の地形変化量を示している。また、図-28は図-27から得られた流量と河口幅、地形変化量との関係を示している。出口ら<sup>1)</sup>は河口近傍の地形は一度大きな流出があるとそれに支配された変化を呈すること指摘している。そこで本検討では、流量として各測量期間の日最大流量の最大値を採用した。河口幅は河口出口の砂州先端のT.P. 0 mから右岸側T.P. 0 mの最大距離と定義した。流量と河口幅との関係では高い正の相関が得られ(図-28(a))、流量とW領域の地形変化量との関係においても有意な正の相関が得られた(図-28(b))。また、図-25(c)に示すようにW領域の地形変化量とE波浪エネルギーとの関係でも有意な正の相関が得られている。以上の結果より、W領域ではE領域からE波浪の影響により輸送された土砂に加えて、河川から流出した土砂と出水時にフラッシュされた砂州先端部の土砂が地形変動に影響していると言える。

### 5. 河口地形の安定的な保全策の検討

鵜川河口域ではSE~SSW方向からの波浪(とくに、波高1.5 m以下の穏やかな波浪)の影響によって、水深0~5 m程度の比較的浅い領域の土砂が河口の東側(左岸側)から西側(右岸側)へ移動している。また、河口から約2 km東側には沿岸漂砂を遮るように漁港や護岸、突堤が建設されているため、河口左岸側には土砂が供給されずに侵食が進んでいる。2000年以降、漁港に堆積した土砂を河口東側の海岸へ輸送する養浜事業がほぼ毎年行われているものの、養浜量は侵食量に対してかなり少ない。第3章で示したように、規模の大きい出水が生じた場合、河川から供給される土砂によって河口地形が一時的に堆積傾向を示すと考えられるが、不定期に生じる出水を地形回復策として期待することはできない。第2章で示したように、鵜川では、1998年以降、砂利採取の禁止と大規模な出水の影響により、河道地形が回復傾向を示している。今後、この状況が続き、流下能力の維持・向上等を目的とした河道掘削を行う際には、掘削土砂を河口左岸側の侵食域へ輸送することが鵜川河口の地形を安定化するために必要と言える。

### 6. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- ① 過去およそ50年間の河川流量データ、河道掘削量データ、河道横断測量データ、航空写真および養浜データをもとに、河道および河口汀線の変動特性を評価した結果、1970年代から1990年代にかけての河口汀線の急速な後退は河道掘削の影響による海域への土砂供給量の減少と漁港建設に伴う沿岸漂砂の遮断に加えて、この時期に規模の大きい出水が比較的少なかったことが影響していると考えられる。
- ② 1998年以降の河道掘削の禁止と2001年、2003年、2006年の大規模な出水、さらに、2000年以降の養浜事業の影響により、近年は汀線の大きな後退は生じていない。
- ③ 鵜川河口域において地形観測を高頻度で行った結果、漁港、護岸、突堤によって西向きに沿岸漂砂がほぼ遮断されているため、河口東側の比較的浅い領域(水深0~5 m程度)の侵食が進んでいる。
- ④ 河口東側の侵食と西側への土砂の移動はSE~SSW方向から来襲する波高1.5 m以下の比較的穏やかな波浪が強く影響している。
- ⑤ 河口幅と河口西側の地形変動量はともに河川流量と正の相関があることから、河口西側では波浪によって東側から移動した土砂と河川から流出した土砂および出水時にフラッシュされた砂州先端部の土砂が地形変動に影響していると言える。
- ⑥ 河口東側の侵食量は近年の養浜量と比較してかなり大きい。侵食域にさらに多くの土砂を供給する必要がある。
- ⑦ 鵜川では1998年以降、砂利採取の禁止と大規模な出水の影響により、河道地形が回復傾向を示している。今後、この状況が続き、流下能力の維持・向上等を目的とした河道掘削が行われる際には、掘削土砂を河口侵食域へ輸送することが河口地形の安定化に寄与すると考えられる。

### 参考文献

- 1) 宇多高明, 北上勝彦, 山本幸次, 河野茂樹: 北海道日高沿岸における海浜変形, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 276-280, 1991.
- 2) 出口一郎, 千 受京, 石川裕夏, 小野正順: 由良川河口周辺地形の変動に及ぼす河川流量の影響について, 海岸工学論文集, 第44巻, pp. 561-565, 1997.

## A STUDY OF COASTAL AND ESTUARINE PROCESSES FOR COLD REGIONS

**Budget** : Grants for operating expenses

General account

**Research Period** : FY2011-2015

**Research Team** : Cold-Region Hydraulic and Aquatic  
Environment Engineering Research  
Group (Port and Coast)

**Author** : NAKAJIMA Yuichi

IMOTO Tadahiro

OTSUKA Junichi

**Abstract** : Characteristics of topographic and bathymetric changes in the mouth of the Mu River, Northern Japan were clarified to examine the measures against beach erosion around the river mouth. After a fishing port was constructed in 1980, longshore sand transport toward the river mouth was decreased, resulting in severe shoreline recession at the river mouth. River bed dredging and lower discharge in the period could also influence on the shoreline recession. After 1998, the dredging was prohibited and several high discharge events occurred. In addition, sand bypassing from the fishing port to the river mouth has been conducted since 2000. As a result, the shoreline recession rate decreased. After 1998, the river bed gradually aggraded. Therefore, the additional sand supply from the river bed is an effective way to solve the beach erosion at the river mouth.

**Key words** : beach erosion, longshore sand transport, river mouth, river-bed variation