

1990年6月出水後の最上川河口の地形変化について

前川 勝朗・大久保 博・熊井直也

(山形大学農学部地域環境科学講座)

(平成5年9月1日受理)

On Topography Changes at the Mogami River Mouth
after the Flood on June, 1990.

Katsuro MAEKAWA, Hiroshi OKUBO and Naoya KUMAI

Section of Regional Environment Science, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997, JAPAN

(Received September 1, 1993)

山形大学紀要(農学)第12巻 第1号 別刷(平成6年)

Reprinted from Bulletin of Yamagata

University (*Agricultural Science*) Vol. 12 No. 1 (1994)

1990年6月出水後の最上川河口の地形変化について

前川勝朗・大久保博・熊井直也

(山形大学農学部地域環境科学講座)

(平成5年9月1日受理)

On Topography Changes at the Mogami River Mouth
after the Flood on June, 1990.

Katsuro MAEKAWA, Hiroshi OKUBO and Naoya KUMAI

Section of Regional Environment Science, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997, JAPAN

(Received September 1, 1993)

Summary

The sand bar of the Mogami River Mouth was flushed by the flooding on June 27, 1990. In this paper, the state of the topographical changes was investigated based on the past observations before and after the sand bar flushing. The results may be summarized as follows:

1. After the sand bar flushing, the river bed scour at the right levee side decreased, the river bed at the left levee side lowered between the river mouth and 1 km point of the upstream, and the new sand bar is formed at the junction of the kyoden River.
2. The sedimentation between the river mouth and 1.2 km point off the shore was partially formed at the right levee side, and gradually the sediment load diffused in sea area. It became clear that the topography of the river mouth immediately below takes on an interesting aspect under the influence of sea dike by wave action and so on.
3. It became clear by the integration of the measured values that the sediment load volumes of $53 \times 10^4 \text{ m}^3$ approximately accumulated between the river mouth and 1.2 km point off the shore by the flooding on June 27, 1990, and after this the sediment load volumes of $30 \times 10^4 \text{ m}^3$ approximately diffused in sea area.

I. はじめに

最上川の河口砂州は、1977年の導流堤施工開始後は次第に砂州全体が上流に移動し、導流堤の付け根部から上流側に湾入し砂州は急激に上流に移動してきた。そして、1990年6月27日の出水で河口砂州はフラッシュされた。前報¹⁾²⁾³⁾では、最上川河口砂州の変形過程とその機構、1990年6月27日の河口砂州フラッシュと直後の状況等について示した。

本報は、1990年6月27日における河口砂州のフラッシュ後の河口付近の地形変化状況について示したものである。なお、最上川河口砂州の観測は1987年から行って

きたが、本報で用いた実測資料の多くは建設省東北地建酒田工事事務所から提供いただいたものである。

II. 砂州フラッシュ後の河口付近の地形変化

図-1は、砂州フラッシュ前の1989年9月4-5日に測定された河口付近の等深線図である。また、図-2-4は、砂州がフラッシュされた1990年6月27日以降の河口付近の等深線図で、測定年月日は1990年10月4-5日(図-2)、1990年12月20-21日(図-3)、1992年2月28-29日(図-4)である。河口砂州付近の地形について、砂州フラッシュ前の最寄りの測定が図-1であり、砂州フラッシュ後の測定で入手しえたものが図-2-4

である。本報ではこれらの測定値を用いた。なお、図一1～4の原図面は等深線間隔は1mであるが、図が煩雑になるので等深線間隔は2mで示した。

ここでは、最初に等深線図からみた地形変化の概要を示し、次に断面図からみたその概要を示す。本報では、河川部、河口直下流部、海浜部の各用語を次のように設定して用いた。

河川部：図一1の左右兩岸のCS.1杭とCS.12杭の4点で囲まれた部分。

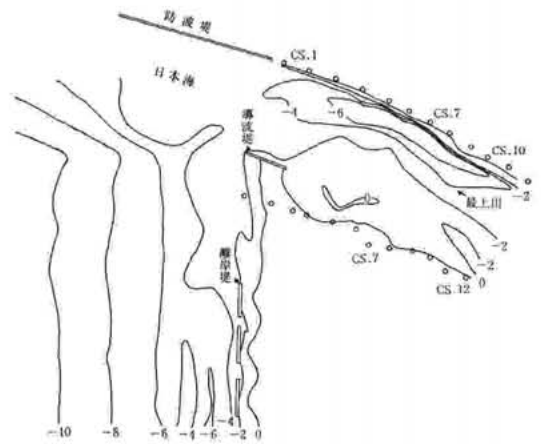
河口直下流部：図一1のNo.2の2点とこの2点から基準線に直角にのぼした沖側1.2km地点の4点で囲まれた部分。なお、河川部と河口直下流部の接続部での重複部分は河口直下流部として扱った。

海浜部：図一1のNo.2とNo.15の2点とこの2点から基準線に直角にのぼした沖側1.2km地点の4点で囲まれた部分。

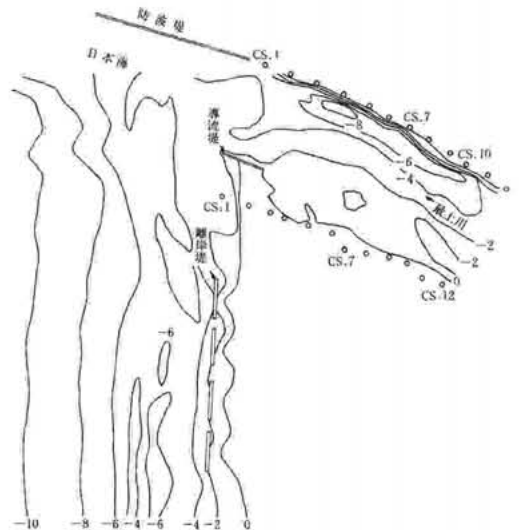
1. 等深線図からみた地形変化

図一1～4を基に、河口付近の地形変化の状況を概観する。

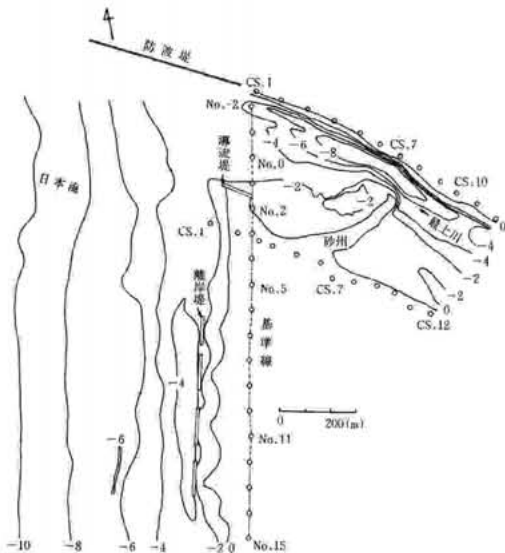
図一1は砂州フラッシュ時の約10ヵ月前のもので、河川部における地形の特徴は、河道内に左岸側から発達した砂州が位置し次第に上流へと移動し¹⁾、そし



図一2 河口付近の等深線図 (1990年10月4～5日)



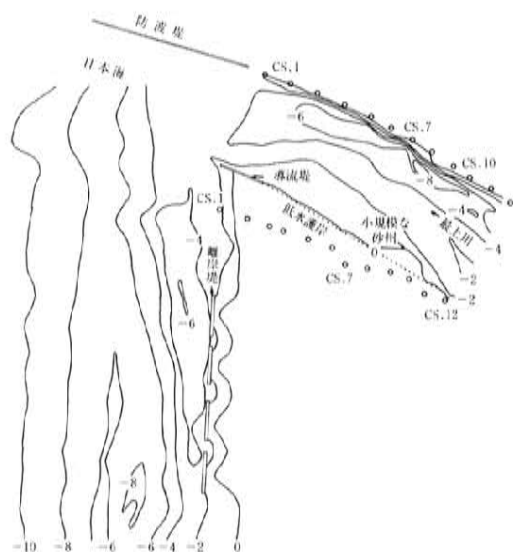
図一3 河口付近の等深線図 (1990年12月20～21日)



図一1 河口付近の等深線図 (1989年9月4～5日, 単位:m)

て導流堤付け根付近の湾入（左岸側）と砂州先端直下流の深掘れ（右岸側）がみられることである²⁾³⁾。

いま、図一1と図一2, 3を比べてみる。図一2は砂州フラッシュ時から約4ヵ月後のもので、河道内の砂州はフラッシュされて、右岸側に深掘れがみられ、河口直下流部においては土砂の堆積がうかがえる。図一3は砂



図一四 河口付近の等深線図
(1992年2月28～29日)



写真一 新たな砂州の形成 (1993年1月18日, 左岸 CS.8 付近から上流を撮影, 手前のブロックは低水護岸)

州フラッシュ時から約6ヵ月後のもので、図一2との顕著な差異は河口直下流部での堆砂状況で、図一3では砂州フラッシュ前の図一1の状況にかなり回復している。

図一4は砂州フラッシュ時から約1年8ヵ月後のもので、図一1～3と比べると次のようである。

河川部の左岸側が幾分深くなっており、右岸側には依然として深掘れがみられる。また、図一4のように京田川合流点(河口から0.95km地点)の直下流(本川左岸側)に小規模ではあるが新たな砂州の成長が見られる。そして、図一1～4によると、離岸堤側の海浜地形には顕著な特徴は見られなかった。

なお、1990年度末に導流堤付け根部から上流側に低水護岸が設置された。

写真一は1993年1月18日撮影の京田川合流点直下流に発達している砂州で、1990年12月の状況に比べて全体的に上流に移動し、かつ砂州の規模は大きくなっていた。目測によると、砂州の付け根(低水護岸部での長さ)は約200mで、この部分から砂州先端(河道方向)までは約150mであった。また、砂州の4地点(先端付近、付け根付近など)の表面からそれぞれ200g程度の砂を採取し、粒度分布を調べた。その結果、4地点の50%粒径は0.50～0.78mmで、4地点の砂をまとめてみると50%粒径は0.61mmであった。この粒径は、赤川河口砂州の50%粒径0.62mm(1990年7月28日採取)⁴⁾、日向川河口砂州の

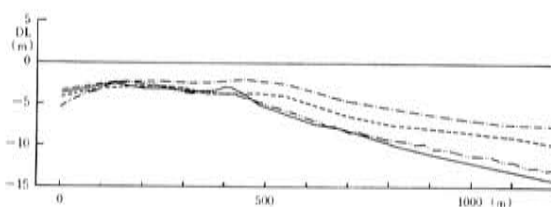
50%粒径(1991年3月13日採取)⁵⁾と同程度であった。

一方、1988年10月26日における最上川河口砂州の表面砂の50%粒径は0.92mmであった³⁾。京田川合流点直下流に発達している新たな砂州の50%粒径は0.61mm(1993年1月18日採取)で、両者の差異は幾分大きい。河道内への侵入波は上流にいくに伴い弱まるので、主に波浪による砂州のフルイ分け作用による差異と思われるが、詳細は今後の課題とした。

2. 断面図からみた地形変化

図一5～7は、原図面から作成した河口直下流部の縦断面図(基準線に対し直角の断面)である。図一5はNo.-2地点、図一6図はNo.0地点、図一7はNo.2地点にそれぞれ対応し、No.-2地点は河口の右岸側、No.0の地点は河道のほぼ中央、No.2地点は導流堤(左岸側のみ建設中)の左岸側に位置している。なお、図一5～7において、2点鎖線は1989年9月、1点鎖線は1990年10月、点線は1990年12月、実線は1992年2月のそれぞれの値であり、この表示は図一8～11においても同様である。

図一5によると、砂州フラッシュ後の1990年10月には



図一五 河口直下流部の縦断面図 (No.-2地点)

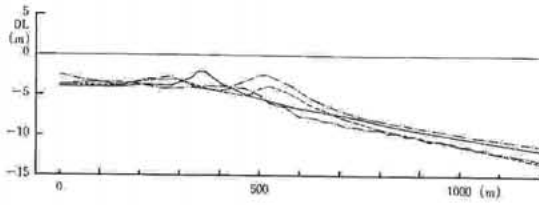


図-6 河口直下流部の縦断面図 (No. 0 地点)

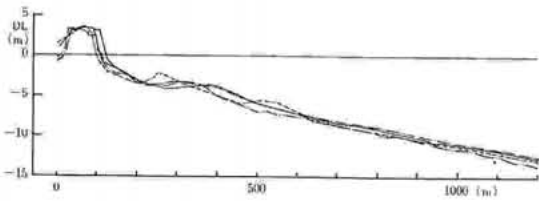


図-7 河口直下流部の縦断面図 (No. 2 地点)

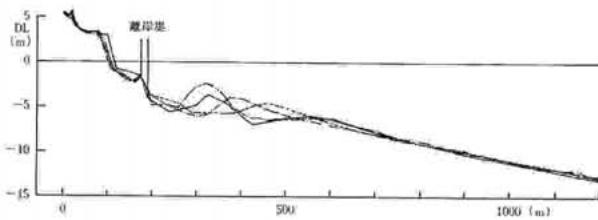


図-8 海浜部の縦断面図 (No. 8)

かなりの堆砂がみられるが1990年12月には減少しており、さらに1992年2月には全体的には砂州フラッシュ前の1989年9月よりも堆砂状況は減少している。いま、基準線より沖側1 km地点での堆砂深をDL表示で経時的にみると、1989年9月のフラッシュ前は約DL-11.2mで、フラッシュ後は1990年10月に約DL-7.0m、1990年12月に約DL-8.6m、1992年2月に約DL-12.1mに変化している。地形測量は沖側1.2kmまで行われたが、今回の砂州フラッシュによる堆砂は1.2kmよりさらに沖側に堆積していた状況である。

図-6によると、基準線から300~500mの付近を除くと、砂州フラッシュ後の1990年10月に堆砂が見られ、1990年には減少し、1992年2月には1990年10月の近くまで回復している。図-5と同様に、基準線より沖側1 km地点での堆砂深を経時的にみると、1989年9月に約DL-11.3m、1990年10月に約DL-9.9m、1990年12月に約DL-11.3m、1992年2月に約DL-10.3mに変化してい

る。

図-7によると、基準線から300~500mの付近を除くと、1990年10月には堆砂がみられ、1990年12月には減少し、1992年2月には若干回復し、この傾向は図-6と同様である。約2年半における沖側1 km地点での堆砂深の変動幅は1 m程度である。なお、基準線から300~500m付近の変動についてはⅢ.2.で触れることにする。

図-8は海浜部No. 8は地点の縦断面図(基準線に対して直角な断面)で、離岸堤から沖側400mまでは海底地形に変動がみられるが、それより沖側の区間ではほぼ一定している。この点は図-1~4からもうかがうことができる。

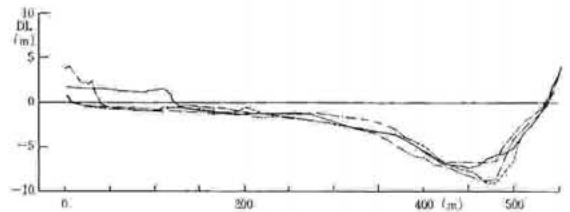


図-9 河川部の横断面図 (CS. 4)

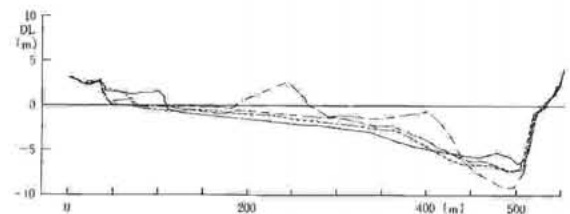


図-10 河川部の横断面図 (CS. 7)

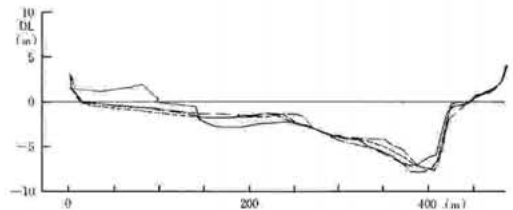


図-11 河川部の横断面図 (CS. 9)

図-9~11は、それぞれ順に河川部のCS. 4, CS. 7, CS. 9の横断面図である。これらの図は、左岸側とCS杭を基準として砂州付近の断面がどのように変化しているかをみようとしたもので、全体的傾向は次のよう

である。なお、CS. 4, CS. 7, CS. 9の各点は、図-4のように直線上に位置せず、1990年度設置の低水護岸とも平行ではない。また、図-10のCS. 7断面で河道中程に盛り上がっている部分が砂州である。

砂州フラッシュ後においては、右岸側の深掘れが減じ、最深部標高はDL-(6~7)m程度である。一方、左岸側が少し深くなっている。全体的には砂州フラッシュ前に比べると河床断面形は幾分平滑化の方向である。図-4と図-11の左岸側上流をみると、新たに砂州が位置していることがわかる。

Ⅲ. 土砂量の収支について

土砂量は、建設省東北地建酒田工事事務所より提供いただいた標高1m間隔の河口付近等深線図を基にして算出した。算出方法は次のようである。

まず、河川部は左右兩岸のそれぞれ対応するCS. 1~12の杭を結び、11個の部分に分割した。また、河口直下流部と海浜部は、図-1の基準線上のNo. -2~No. 15の杭18個の各点から、基準線に直角にのぼした沖側1.2kmの地点を図面上に設け、沖側に細長い形の17個の部分に分割した。

次に、分割された部分ごとに、各等高線に沿ってハサミを入れ標高ごとに細分割した。そして、自動面積計(林電工K.K.製、AAM-7型)を用いて計28個の部分における標高ごとの面積を求めた。これらの面積を基に順次深さを乗じて土砂の体積(以下、単に土砂量と呼ぶ)を求めた。これらは、多少手間のかかる作業であった。なお、基準面(標高)はDL-12mに統一した。また、図-2では下方部分(離岸堤側)が多少欠けているが原因図面では基準線のNo. 15までの測定値がある。

さて、河口付近の土砂移動は、河川流に伴う供給と波浪に伴う移動、そして海浜部での漂砂なども考慮しなければならず、極めて複雑である。事例研究の際には、当該河川の流出状況、波浪の状況なども合わせて検討したいところである。しかし、先述のように入手しえたデータが約2年半のうちで4ケースだけであり、かつその間に河口砂州フラッシュ(砂越地点ピーク流量 $4,591.5\text{m}^3/\text{s}$ で1969年以降約20年間で第2位程度の出水量³⁾)というドラスチックな現象を含んでいる。ここでは、資料に基づいた河口付近の地形変化(土砂移動)と波浪などとの関連については、今後の課題とした。

以下、最初に河川部の土砂移動、次に河口部直下流と海浜部の土砂移動を示した後に1990年6月出水前後の土

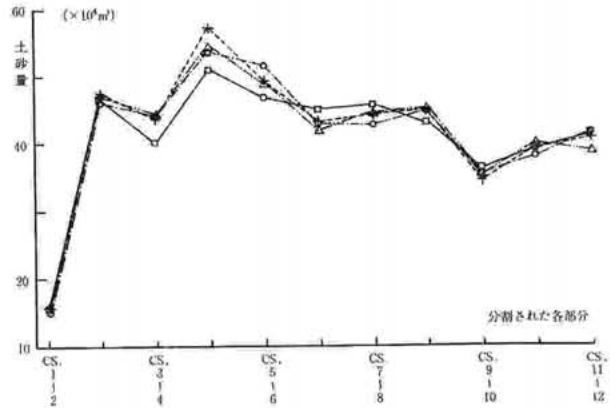


図-12 河川部の土砂移動

砂量収支について述べることにする。

1. 河川部の土砂移動

図-12は、分割された各部分(横軸)と土砂量(縦軸)の関係を示したものである。図中で、□印(実線)は1989年9月の砂州フラッシュ前の値で、砂州フラッシュ後は+印(点線)の1990年10月、○印(1点鎖線)の1990年12月、△印(2点鎖線)の1992年2月のそれぞれ値である。

図-12によると、CS. 8~12の部分では約2年半で顕著な土砂量変化はみられないが、CS. 7付近にあった砂州は、1990年6月の出水でフラッシュされてこの付近での土砂量は減じ、CS. 6より下流側に流下し堆積している様子がわかる。また、土砂量は各部分ごとにか

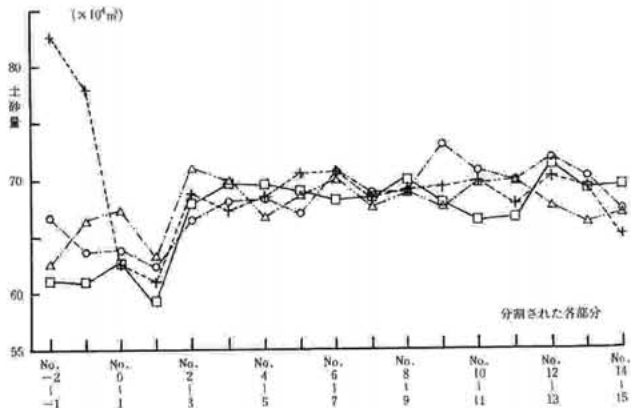


図-13 河口直下流部と海浜部の土砂移動

つ標高ごとに、そして経時的に算出しているのので、河川部、河口直下流部、海浜部の地形変化の状況を土砂量変化の視点から説明することが考えられるが、既に図-5~11を用いてその概要を示しているのこの点については触れないことにする。なお、図-12のCS.1~CS.3の部分は先述のように河口直下流部に含めて取り扱っているのので、この部分の土砂量は小さい値となっている。

2. 河口直下流部と海浜部の土砂移動

図-13は分割された各部分（横軸）と土砂量（縦軸）の関係を示したもので、図中での記号は図-12と同じである。

図-13によると、1990年6月の出水でかなりの土砂が右岸側の図-1のNo.-2~No.0の部分に流出していることがわかるが、6ヵ月後にはかなりの量が消失している。一方、No.0付近では1992年2月測定時のように次第に土砂が堆積している。図-5~7もこの様子を示している。以下、この状況について考察する。

河口では、波と漂砂、河川流と流出土砂、淡水と海水、潮位変化、飛砂および河口部付近の地形や構造物の影響が合成され、干渉し合って、絶えず変動し、特に出水時や荒天時には河口地形は激しく変化する⁶⁾。

まず、最上川下流部の現況河道は南側に掘削された人工河道で³⁾、1977年から施工開始された導流堤の効果も加わり、右岸側への偏流は固定化されたとみてよいであろう。そして、河口直下流部の右岸側には本格的な防波堤が位置しており、河口への波浪は、防波堤で回折・反射している状況である。これより、防波堤付近の土砂の一部は、図-13のNo.0地点付近に移動しているとみてよいであろう。図-13のNo.-2~No.-1部分の土砂量の減

少とNo.0付近の土砂量増加は、主に波浪の回折・反射に伴う土砂移動に起因するものと考察される。

さて、図-6の300~500m付近において、河口直下流部の海底地形に局所的な盛り上がりが見られる。この点に触れておこう。

洪水流による排出土砂の堆砂形状が河口前面域で大きく沖側に張り出した形で、全体として舌状を呈した段丘（テラス形状）は、河口テラスと言われている⁷⁾⁸⁾。最上川の河口においては1990年6月出水では右岸偏流で、これに伴い河口テラスの位置にも右岸側に偏して形成される。この点は図-2からもうかがうことができる。そして、波浪により河口内にも土砂が運ばれ、河口砂州の発達に寄与する。300~500m付近の盛り上がり部は土砂の移動を示しており、盛り上がり部分はおよそ碎波地点とみてよいであろう。しかし、導流堤の施工に伴い導流堤左岸側（海浜部側）からの土砂供給がほぼ遮断されているので²⁾、河口付近の川底は割合に深く、河口付近には本格的な砂州が発達しにくい状況となっている。

次に、図-13のNo.1~3付近において、若干ではあるが経時的に土砂量が増している。これは、1990年6月出水による河口テラス形成後、碎波に伴いテラスの外側に土砂が移動してきた状況とみてよいと思われる。

海浜部であるNo.2~No.15の部分については顕著な傾向は見られない。

3. 全体的な土砂量収支

表-1は、河川部、河口直下流部、海浜部ごとの土砂量を示したものである。括弧内の数字は、1989年9月時の土砂量を基準値0とした場合の値である。以下、括弧内の数字を用いて説明する。

表-1 河口付近の土砂収支量（単位：m³）

測定年月	河川部 ($\times 10^4$)	河口直下流部 ($\times 10^4$)	海浜部 ($\times 10^4$)	合計 ($\times 10^4$)	備考(防波堤付近の概算値) ($\times 10^4$)
1989年9月	449.6	243.7	893.3	1586.6	121.4
1990年10月	460.6 (11.0)	284.1 (40.4)	894.7 (1.4)	1639.4 (52.8)	168.9 (47.5)
1990年12月	457.5 (7.9)	256.3 (12.6)	900.8 (7.5)	1614.6 (28.0)	134.9 (13.5)
1992年2月	458.5 (8.9)	259.7 (16.0)	891.2 (-2.1)	1609.4 (22.8)	124.9 (3.5)

注) ○土砂量はDL-12mを基準面0として積算。

○括弧内の数値は1989年9月4~5日の値を基準値0とした場合の値。

表一によると、全体的には1990年6月の出水で約53万 m^3 の土砂が河川と河口直下流部などに流出し、1992年2月においても約23万 m^3 の土砂が残存していると概観できる。各部ごとにみると次のようである。

河川部では、1990年10月に約11万 m^3 の土砂量増であるが、1992年2月には約9万 m^3 となり、1990年6月出水後の約2年半の間にこの区間に限っても約2万 m^3 の土砂量が流下している。河口直下流部では、1990年10月に約40万 m^3 の土砂量増であった。1992年2月には約16万 m^3 となり、その差約24万 m^3 の土砂量が減じている。海浜部においては顕著な特徴はみられないので、減じた約24万 m^3 の土砂量は、主に海域に拡散したものと考えられる。なお、阿武隈川の出水時の観測では土砂量収支により海域に38万 m^3 拡散している⁹⁾。阿武隈川の事例からみて、先述のような等深線図を基に土砂量を算出する方法によってもほぼ妥当な数値が求められることがわかった。

ところで、図一1~4のように、河口直下流部の防波堤側の海底地形は実測されていない。この欠測部分を基準線に対し沖側1.2kmまで標高ごとにNo.-2~No.-1の部分と同様であると仮定し、面積比で土砂量を概算してみた。結果を表一1の備考欄に示した。この値を加えると表一1の合計欄の概値は、1989年9月に約1710万 m^3 、1990年10月に約1810万 m^3 、1990年12月に約1750万 m^3 は、1992年2月に約1730万 m^3 となり、1989年9月を基準値0として増減をみると、それぞれ順におよそ、100万 m^3 、40万 m^3 、20万 m^3 となる。また、直下流部に防波堤付近の欠測部分の推定土砂量を加えると、1989年9月を基準値0とした増減量は、1990年10月に約88万 m^3 、1990年12月に約26万 m^3 、1992年2月に約20万 m^3 となる。推定土砂量を用いると、1990年6月出水後、河口直下流部では1990年10月に約88万 m^3 土砂量増であったが、1992年2月には約20万 m^3 となって約68万 m^3 減じ、約1年半の間に約68万 m^3 が海域に拡散したことになる。88万 m^3 という値は、1990年6月の出水規模³⁾と河口砂州フラッシュなどを考え合わせると、オーダーとしてはありうる値と思われる。

いずれにしても、防波堤付近の欠測と1990年6月の砂州フラッシュによる堆砂は沖側1.2kmよりさらに沖側に堆積している状況で、また河川区間については最上川河口から上流約1kmと阿武隈川の実測例に比べて短区間であるので、約2年半の土砂量収支を検討するには十分な観測値とはいえない状況ではあるが、最上川河口付近の

土砂量収支については報告がない状況なので今後のベースになる数値と思われる。

IV. む す び に

1990年6月27日の出水により、最上川の河口砂州はフラッシュされた。本報では、砂州フラッシュ前後の実測地形データを基に、河口付近の地形変化の状況を検討した。研究成果は次のようである。

- 1) 河口から上流1km区間では、砂州フラッシュ後は右岸側への深掘れが少し減じ、左岸側ではフラッシュ前に比し幾分河床が低下している。そして、京田川の合流点(河口より0.95km地点)に新たな砂州が形成されている。
- 2) 砂州フラッシュ後における河口から沖側1.2km区間の堆砂状況は、右岸側(防波堤側)に偏して形成されるが、次第に堆積土砂は相当量海域に拡散する。そして、河口直下流部においては、防波堤が影響し、波浪などの作用で興味深い局所的な地形変化の様相を呈することが判明した。
- 3) 実測データの積算によると、1990年6月27日の出水で河口の沖側1.2km以内でも約53万 m^3 の土砂が堆積し、その後、約30万 m^3 が海域に拡散したことが判明した。

本報は、東北地域災害科学¹⁾で一部を発表したものにその後の研究成果を加えてとりまとめたものである。前川と大久保は全体のとりまとめを担当し、熊井(1993年3月、山形大学農学部農業工学科卒業(農業水文学研究室)、現在国土防災技術K.K.山形支店勤務)は、主にデータ整理を担当した。

引用文献

- 1) 前川勝朗：最上川河口の砂州について、東北地域災害科学研究、第26巻、pp. 47~51(1990)
- 2) 西川和廣・佐々木充・前川勝朗・宇多高明・国松広志：最上川河口砂州の変形機構について、海岸工学論文集、第37巻、pp. 374~378(1990)
- 3) 前川勝朗：最上川河口砂州の変形過程、山形大学紀要(農学)、第11巻、第2号、pp. 69~88(1991)
- 4) 前川勝朗・今 淳：赤川河口砂州の変形について、山形大学紀要(農学)、第11巻、第4号、pp. 225~232(1993)
- 5) 前川勝朗・三本和彦：日向川の河口砂州について、東北地域災害科学研究、第28巻、pp. 33~36(1992)

- 6) 吉川秀夫編著：流砂の水理学，pp. 405～432，丸善（1985）
- 7) 田中 仁・須賀堯三・高山博之・羽鳥定久：河口部の流れと河口砂州の形成に関する研究，第31回水理講演会論文集，pp. 737～742(1987)
- 8) 須賀堯三・石川忠晴・灘岡和夫・田中 仁：河口前面テラスの形成とその消長，土木学会論文集，第381号／Ⅱ-7，pp. 227～230(1987)
- 9) 佐々木隆士・宇多高明・刀禰 賢・菅原信男・海野仁：洪水流による河口砂州のフラッシュ観測，第34回海岸工学講演会論文集，pp. 327～331(1987)
- 10) 高橋 裕：図説危険な川，光文社，pp. 19～22(1992)
- 11) 前川勝朗・大久保博・熊井直也：1990年6月出水による最上川河口砂州フラッシュとその後の状況，東北地域災害科学研究，第29巻，pp. 29～32(1993)