ガンジスデルタの地形と高潮災害

海 津 正 倫*

I. はじめに

ガンジス川・ブラマプトラ川の最下流部に広がるベンガル低地はガンジス川やブラマプトラ川などの堆積作用によって形成された広大な低地であり、ガンジスデルタ、シルヘット低地、ブラマプトラ・ジャムナ川氾濫原などの沖積低地と、マドフプールジャングル、バリンドなどの台地とに区分することができる。この地域における最近の地形変化は洪水や高潮の影響を強く受け、それらは雨季と乾季の繰り返しやサイクロンの襲来、マングローブ林の発達など熱帯地域特有の自然環境とも密接に関係している。このような点から、本地域の地形の特質を明らかにし、洪水・高潮や環境変化とのかかわりを解明することはきわめて興味深いことである。

II. ベンガル低地の地形の特色

ガンジスデルタの地形は、その形成営力から、主として河川的作用によって形成された氾濫原の地域、海と川との相互作用によって作られたデルタ縁辺部の地域にわけられ、現河口の東側には主として海的作用によって形成された海岸平野が発達している(図1)。

主として河川の堆積作用によって形成されたガンジスデルタの中央部やブラマプトラ・ジャムナ川氾濫原、シルヘット盆地の地域では、各河川に沿って自然堤防が発達し、自然堤防の背後には後背湿地が広がる。自然堤防の分布や形態は自然堤防を形成した河川の性格や規模によって異なり(Umitsu, 1985; 海津, 1996)、また、現在のガン

図1 ガンジスデルタとその周辺。

ジス川やブラマプトラ川などの河道には顕著な砂堆が形成されている。これらの地域では、雨季には後背湿地のほとんどが水域となり、自然堤防の一部も河川の溢流水に洗われる。

一方、ガンジス・ブラマプトラ川の河口付近では著しい土砂の堆積により、三角州が活発に形成されている。ガンジスデルタの主要部も完新世中期(約7,000年から6,000年前)以降に三角州として形成されたが、その後河成堆積物に覆われ、地表部の地形としては氾濫原としての性格を持っている(Umitsu, 1987, 1993)。河口付近の地形は、

* 名古屋大学文学部地理学教室

本稿は、1997年11月20日に行なわれた講演の内容をまとめたものである。

河口から排出されたシルト質堆積物が数多くの河口州を形成し、その周囲には干潟が発達している。これらの部分では堆積物が未固結で軟弱であり、地形はきわめて不安定で破壊されやすい。そのため、このような地域では海岸線も大きく変化し、海岸侵食にともなって集落が消失することも珍しくない。

なお、東部の海岸平野では浅海底の離水した砂堤列タイプの低地が顕著に発達する。この地域では海岸線は比較的単調で、ほぼ直線的にのびる。また、泥質干潟の離水した土地も分布し、それらの地域ではデルタ縁辺部と同様に滯筋状の水系網が認められる。

III. 洪水・高潮と地形

ベンガル低地とその周辺地域では、乾季と雨季との区別がきわめて明瞭である。1年のうち、6月から9月末ないし10月上旬までが南西モンスーンの卓越する雨季、10月中旬頃から3月頃までが北東モンスーンの卓越する乾季にあたり、4月および5月は気温が高く、突風が吹きやすい大気の不安定なプレモンスーンの時期にあたっている。このような降水量の変化にともなって、低地を流れる河川の水量も季節によって大きく変化する。ガンジス川にかかる橋のうちで最も下流の橋であるハーディング橋における観測結果では、乾季の流量が毎秒2,500立方メートル程度であるのに対し、雨季最盛期のそれは毎秒50,000立方メートルにも達する (Johnson, 1982)。

この地域において人々の居住に最も大きな影響を与えるのは洪水と高潮である (海津, 1989a)。とくに雨季における河川の増水と氾濫は各地で浸水を引き起こし、また、河岸侵食や河道の移動をも引き起こす。ほとんどの地域では河岸に賢固な堤防が建設されていないため、雨季の増水は各地で河岸の侵食や崩壊を引き起こし、宅地や農地が消失することもしばしばである。また、河道が大きく位置を変えることもある。ガンジス川本流が歴史時代にたびたび流路を変えているほか、ブラマプトラ川は1830年の大洪水によってマドフプールジャングル台地の東から西へとその流路を最大

50 km も移動している。また、雨季の浸水・湛水も顕著で、ガンジスデルタ中央部の自然堤防に囲まれた排水不良地では、その水深が5~6 m、北東部のシルヘト盆地の中央部では10 m 近くに及ぶところもある。これらの地域では、集落の多くが自然堤防上に立地しており、耕地では水位の変化に応じた作物の栽培を行なっている。

一方、ガンジス・ブラマプトラ川 (メグナ川) の河口付近では、河川と海の営力によって地形は大きく変化する (図2)。この地域では河口から排出される土砂の堆積によって新たな河口州が活発に形成される一方、波浪や潮流によって消失する部分も多い。とくに、インド洋を北上してこの地域に襲来するサイクロンは高潮を引き起こし、三角州の末端や河口付近に点在する河口州を侵食する。現在の河口付近において、このような海岸侵食によって形を変えた島や消失してしまった島の数は限らない。ただし、現河口の西側に続くやや古いデルタの末端部には最大幅30 km にも及ぶ広大なマングローブ林が発達し、堆積物が固定されているため大規模な地形変化はほとんどみられない。また、東部の海岸平野の地域でも、浅海底の離水にともなって砂堤列の形成が進行するという形で地形が形成されるため、デルタの河口部に比べると地形の変化は著しくない。

IV. サイクロン災害とマングローブ林

インド洋北東部のベンガル湾沿岸地域では、赤道付近で発生したサイクロンがしばしば襲来する。サイクロンの襲来時期は、雨季直前の4~5月頃と、直後の10~11月頃を中心とする時期であり、ベンガル湾北部に面するバングラデシュでは10年に一度くらいの頻度で10万人オーダーの犠牲者が出ている。1991年4月29日深夜から30日未明にかけてバングラデシュ南東部を襲ったサイクロンは、公式に確認されただけでも約14万人の死者・行方不明者を出したきわめて勢力の強いサイクロンであった。死者・行方不明者の大半は7 m にも及ぶ高潮による犠牲者であり、家屋や道路、堤防等の破損・破壊の被害も著しいものであった (Hoque, 1991; 海津, 1991)。

図 2 ガンジス川（メグナ川）河口付近の 1967-1976 年間の地形変化（海津，1989a）。
1. 離水（陸化）した土地。 2. 消失した土地。

サイクロンにともなうバングラデシュ南東部の被害状況を見ると、北部のフェニからチッタゴンにかけての地域に比べて、南部のチッタゴンからコックスバザールにかけての地域の被害が大きい。また、北部のサンドウィップ島や南部のクトゥブディア島などの狭い水道をはさんでベンガル湾に位置する島でも多くの被害が出ている（図3）。

このような被害状況の地域的な違いについては、サイクロンのコースや低地の地形的な違いとともに、現地の住民たちも指摘するマングローブ林の効果をあげることができる。本地域の海岸のうち、北部のフェニからチッタゴンにかけての海岸には最大幅約 2 km にわたってマングローブの植林が行なわれている。マングローブの植林が行なわれたところは本来は干潟状の潮汐低地で、シルト質の堆積物が海岸線に沿って堆積している。本地域のマングローブの植林は 10 年近く前から始められており、その背丈は高いものでは 10 m を超える。今回の高潮は 7 m にも及ぶものであったが、このマングローブ林は高潮・高波の勢いを弱め、内陸側の地域における高潮の被害を軽減するのに

役立った。現地調査の結果でも、フェニとチッタゴンとの中間に位置するシタクンド西方の海岸において、マングローブ林とその内側の堤防とによって高潮の高さが急激に低くなり、その力がかなり弱められた状況を確認することができた（図 4：海津，1995；Umitsu, 1997）。

一方、ガンジス川河口の島々やチッタゴンより南の地域では、顕著なマングローブ林の植林はほとんど行なわれていない。とくに、多数の犠牲者を出したサンドウィップ島、クトゥブディア島の西岸や、チッタゴン、コックスバザール間の海岸部では高潮・高波をさえぎるものがほとんどなかったため、貧弱な堤防は高潮の影響を直接的に受けて各所で破壊され、多数の犠牲者を出したり、顕著な海岸浸食が起こったりした。

このように、バングラデシュ南東部ではマングローブ林の存在によって高潮の被害がかなり軽減された様子がみられるが、同様のことは、ベンガル湾の最も奥にあたるガンジスデルタの南縁部でもみられる。ここでは、すでに述べたように東西約 80 km、南北最大 30 km にわたってマングロー

図3 フェニ・チッタゴン間における地形と高潮の高さ (海津, 1995)。

1. 山地・丘陵, 2. 自然堤防および浜堤, 3. 氾濫原 (後背湿地), 4. 離水した潮汐平野, 5. 干潟, 6. マングローブ林

Fe: フェニ, Ch: チッタゴン, Sw: サンドウィッチ島, Cx: コックスバザール, Kt: クトゥブディア島

4.75: 海面からの高潮水位

4.75: 地表からの高潮水位

ブ林などからなる樹林が発達し、この樹林がベンガル湾を北上するサイクロンによって引き起こされる高潮の被害を軽減するのに役立っている (SPARRSO, 1993)。近年のサイクロンによる災害では、活発な土砂の堆積にともなって新しく作られた、マングローブ林のみられない現在のガンジス・メグナ川河口付近に広がる最新期デルタの部分における被害が多く報告されており、臨海部におけるマングローブ林の存在がきわめて重要であることがわかる (藤本, 1997)。

V. 地球規模の環境変化の影響

近年、地球の温暖化による海面上昇の可能性が指摘されているが、ガンジスデルタの臨海部では土地の高さが2 m 程度あるいはそれ以下であり、

図4 シタクンド市 (バングラデシュ) 郊外フォキルハット付近における高潮とマングローブ樹林、堤防、集落との関係模式図 (海津, 1995)。

海面の上昇によって高潮の影響が増大したり海岸侵食が活発化するほか、海面上昇の影響を直接的に受けて水没する可能性も出てくる。

また、シルヘト盆地中央部のように海岸から250 km 離れているにもかかわらず、土地の高さがわずか3 m にすぎないといったような場所においても、海面が上昇することによって排水のための水路の勾配が十分でなくなり、雨季において湛水深、湛水期間が増大し、住民の生活への多大な影響が心配される。また、地下水位の上昇や河川への海水遡上距離の増大、地下水の塩水化なども進行し、農業生産などの点からも大きな影響が出ると考えられる (海津, 1989b)。

文 献

- 藤本 潔 (1997): マングローブ海岸における環境変化. 月刊地球, 219, 545-549.
- Hoque, M. M. (1991): Field study and investigations on the damage caused by cyclones in Bangladesh: A report on the 29 April 1991 Cyclone. UNCRD (1991): *Cyclone damage in Bangladesh*. United Nations Centre for Regional Development, Nagoya, 70-94.
- Johnson, B.L.C. (1982): *Bangladesh*. Heinemann, London, 133p.
- SPARRSO (1993): *Report on monitoring component for mangrove afforestation programme of second forestry project (Cr. 1634-BD)*. Bangladesh Space Research and Remote Sensing Organization, Dhaka, Bangladesh, 40p.
- Umitsu, M. (1985): Natural levees and landform evolution in the Bengal lowland. *Geogr. Rev. Japan*, 58B, 149-164.
- Umitsu, M. (1987): Late Quaternary sedimentary environment and landform evolution in

- the Bengal lowland. *Geogr. Rev. Japan*, **60B**, 164-178.
- 海津正倫 (1989a): バングラデシュの自然環境と水害. *地理*, **34-3**, 56-63.
- 海津正倫 (1989b): アジア南部のデルタにおける海面上昇の影響. *科学*, **59-9**, 629-633. (内嶋善兵衛編: 地球環境の危機. 岩波書店, に再録)
- 海津正倫 (1991): バングラデシュのサイクロン災害. *地理*, **36-8**, 71-78.
- Umitsu, M. (1993): Late Quaternary sedimentary environments and landforms in the Ganges delta. *Sedimentary Geol.*, **83**, 177-186.
- 海津正倫 (1995): バングラデシュ南東部の高潮災害とマングローブ林. 田村俊和・島田周平・門村 浩・海津正倫編著: 湿润熱帯環境. 朝倉書店, 232-235.
- 海津正倫 (1996): ベンガル低地の自然堤防. 藤原健蔵編: 地形学のフロンティア. 大明堂, 321-342.
- 海津正倫 (1997): ベンガル低地の自然と地形変化. *TROPICS*, **6**, 29-42.
- Umitsu, M. (1997): Landforms and floods in the Ganges delta and coastal lowland of Bangladesh. *Marine Geodesy*, **20**, 77-87.