

3. 河川・海岸特性

3.1 河川特性

[デルタの地形]

オリノコデルタは、ガイアナ高地の北東端に隣接する面積 22,000km² の沖積湿地で、オリノコ川上流から運ばれてくる流送土砂とアマゾン河口からの沿岸漂砂が、氷河期以降の海水準変動のもとで厚く沈降堆積し、活発な熱帯性植生の繁茂・堆積作用も寄与して形成されてきた。デルタ形成に深く関わる要因としては、①オリノコ本川からの豊富な流量と莫大な流送土砂量、②アマゾン川河口からの沿岸流とそれに伴う沿岸漂砂、③大陸棚の波浪、潮流、潮差、④熱帯気候、⑤海面上昇、⑥南米・カリブ海プレートの地質構造等の6項目が挙げられる。

リオグランデ水路とアラグアオ水路を含むデルタ南東域に位置する水路群の下流河口部は、沿岸波浪、潮汐、潮流等による海岸作用と流出水や流送土砂等による河川作用との複雑な相互作用によって網状化 (anastomosing) を呈している。一方、アラグアオ水路以西の水路河口下流部および海岸は、流出・流送土砂による河川作用に比べて、アマゾン川河口からの沿岸漂砂による海岸作用が卓越しているため、それぞれ収束 (converge) や弓形 (arcuate)、あるいは泥質の砂嘴の発達 (mudcape progradation) で特徴づけられる形状を呈している。

[主要水路の形状]

(1) リオグランデ水路

リオグランデ水路はデルタ最大規模の派川で、延長 339 km を有し、舟運航路として利用されている。流況、土砂堆積特性の視点から航路は内外水路に2分でき、外海に位置する航路起点から河口部までの 78km 地点を「外水路」、また 78km から上流 339 km 地点までの河川区間 261 km を「内水路」と称されている。内水路部の乾期平均水深は 11 m である。

(2) マカレオ水路

マカレオ水路はリオグランデ水路のジャジャ区間から左・北方向へ分岐する延長 194km の派川である。主要3水路の中ではマナモ水路と共に蛇行の激しい水路で、湾曲部の外側に滞筋が規則的に形成されている。乾期の平均水深は 8m、河道幅は平均 630m、最も狭い箇所は 300 m 程度である。

(3) マナモ水路

マナモ水路はマカレオ水路の上流部から左北側へ分岐し、デルタ西部に広がるモナガス州からの支流を取り込みながらパリア湾へと注ぐ延長 203km の派川である。河口から 188km 地点にはツクピタ地区の洪水対策と農業開発を目的とした締切堰が設置されている。堰の上下流区間共に蛇行は激しい。乾期の平均水深は 7m、河道幅は平均 580m、最も狭い箇所は 160m 程度である。

[流量、水位、流速]

(1) リオグランデ水路

オリノコデルタ頂部における年平均流量は $35,000\text{m}^3/\text{s}$ で、雨期・乾期に各々 $68,000\text{m}^3/\text{s}$ から $7,200\text{m}^3/\text{s}$ まで変動する。この流量変動に伴い河口から 337km 上流に位置するパルア港(シウダッド・ガイアナ市)の水位は年間 12m 変化する。水位季節変動は下流ほど小さくなり、河口では年間潮位差の 1.7m となる。平均流速の雨期・乾期変動は、 $1.0\text{m}/\text{s}$ から $0.2\text{m}/\text{s}$ である。

(2) マカレオ水路

マカレオ水路のマナモ水路分流後の年平均流量は $3,600\text{m}^3/\text{s}$ で、オリノコ本川流量の 10% に相当する。雨期と乾期の流量変動 $7,000\text{m}^3/\text{s}$ から $1,000\text{m}^3/\text{s}$ に伴い、河口から 170km の最上流部のマナモ水路分流点の水位変動も年間 7 m ある。断面平均の流速は、雨期・乾期に $0.9\text{m}/\text{s}$ から $0.2\text{m}/\text{s}$ 程度である。

(3) マナモ水路

マナモ水路には河口から 188km のヴォルカン地点に堰が設置されており、下流への年間維持放流量は $130\sim 200\text{m}^3/\text{s}$ に制御されている。従って、堰の下流区間は潮位変動の影響を大きく受けている。水位変動幅は 1.7m、流速は最大で $0.5\text{m}/\text{s}$ である。

[土砂流送]

オリノコ本川が運ぶ土砂は推定 1 億 5 千万トン/年である。大部分をウォッシュロードが占め、残りの掃流砂量と浮遊砂量の合計は年間 34-54 百万トン程度である。

一次元河床変動解析によると、乾期は河床材料の移動は殆ど無いが、雨期には掃流、あるいは浮遊状態になり流下する。従って、土砂堆積の進行は、雨期流出ピーク後半から乾期までの期間が顕著と言える。ただしマナモ水路の堰下流区間は掃流力が弱く、河床変動が生じる土砂移動は殆どない。

デルタの河床材料は、河川水路部については縦断的に変化は見られず、流速の大きい河道中央付近で平均粒径 0.4mm のほぼ均一な中砂となっている。ただ河岸近傍や砂州付近、並びにマナモ水路の堰下流区間では、より粒径の小さい細砂・シルトが存在する。

[蛇行・砂州による河道変化]

オリノコデルタにおける水路の位置や形状は、衛星画像によるマクロ解析では、この 10 年間サン・フェリックスとバランス区間の砂州形状の一部に変化が認められたものの、全体として殆ど変動がない。また雨期と乾期の間でも差異は認められない。

リオグランデ水路は、中・上流区間で河岸材料が細粒の粘着性土質からなり、横断方向の移動が少なく流路は安定している。下流区間は潮汐の影響が支配的で流路は安定している。

マカレオ水路の上流区間の河岸土質は、リオグランデ水路と同様に細粒の粘着性材料から成り流路は安定している。中流部は蛇行が著しく、近年の自然短絡した捷水路(カットオフ)も見られるなど流路は比較的不安定となっている。下流区間は潮汐の影響が支配的で流路は安定している。

マナモ水路の堰上流区間は、堆積により砂州が拡大しており、マカレオ水路分岐点までは将

来閉塞すると推定される。堰の下流区間は土砂移動がほとんどなく流路は安定している。

[塩分遡上]

リオグランデ水路は、河川流量が大きくかつ潮位差が比較的小さいため、河川部への塩分遡上は認められていない。

マナモ水路の塩分遡上は、ガイアナ開発公社（CVG）による堰建設前の調査報告書によると河口から 90km 付近まで観測されている。しかし、本調査における観測では河口から少なくとも 20km より上流域での塩分遡上は認められなかった。マカレオ水路も同様に、河口から 20km 上流での塩分遡上は観測されなかった。またマナモ水路、マカレオ水路ともに満潮時、干潮時による遡上状況の顕著な違いは認められない。

[主要水路の航路利用]

リオグランデ水路、マカレオ水路およびマナモ水路の航路としての利用可能性を河道特性（延長、平均水深、水路幅、平面形状、安定性等）に基づいて考察した。表 S.3.1 に示すように 3 水路の中ではリオグランデ水路が、水深、幅、蛇行の度合い、安定性の面で他の 2 水路より大型貨物船舶の航行に適していると判断される。

表 S.3.1 舟運航路としての主要水路の比較

項目	リオグランデ水路	マカレオ水路	マナモ水路
水路長	339 km (外航路部のリオグランデを含む)	194 km	203 km
34 フィートより浅い区間長	128 km (50 km 内航路) (78 km 外航路)	47 km	114 km
平均河床高 (LWL)	11 m	8 m	7 m
水路幅 (最小/平均)	420 m / 2,100 m	340 m / 630 m	160 m / 580 m
水路形状	直線区間が多い	蛇行箇所が多い	蛇行箇所が多い
河道の安定性	比較的安定	中上流区間で不安定	堰上流は閉塞途中 堰下流は安定
その他	-	-	堰で上下流が二分されている
大型船の航路としての利用性	○ (良)	× (不)	× (不)

3.2 海岸特性

米国・国防省地図局による気象観測データ（北大西洋 50 個所の観測所の内 No.44、45、46 が調査地域に近い）によると、オリノコ河口沖合いの大西洋では東、北東、南東の風が支配的で、最大風速は 9~14 ノットである。波浪については、風データと同様に地図局の観測記録によると、オリノコデルタ沿岸部における有義波高は 1.6~1.7m、周期は 6~7 秒の風波である。進入方向は風向に一致し北東である。

南赤道沿岸流が、スリナムやガイアナの海岸沿いを北西の方向に平均 1.25 ノット遡上しているが、海岸線から 30 マイルならびに水深 100m 以内の海岸線では、この沿岸流の影響は少なく潮汐の影響が支配的である。オリノコデルタ沿岸部の最大潮汐差は、ペデルナレスの入り口で 1.8~2m、リオグランデ河口で 1.5~1.7m と推測される。調査対象地域にはハリケーンの来襲は殆どない。

ボカグランデの等深線は、経度 60° 以東では河川流出土砂の影響が少なく海岸線に平行である。特に -38m 以深では等深線の形成に流出土砂の影響は少ないと言える。経度 60° 30' 以西では等深線はじょうご型になり、潮汐潮流の影響を強く受けているのが解かる。マカレオ河口は、等深線は海岸線に平行で規則的である。勾配は、-5m 付近までは緩やかだが、これ以深は急勾配となる。

ボカグランデ航路内堆砂状況を過去の浚渫記録から推定すると、1964 年から 1974 年までの間が年間平均 7,000,000m³ の浚渫量で、平均浚渫深は 0.8m。1991 年は 10,420,000m³ の浚渫量で、平均 1.2m の浚渫深。さらに 1997 年は 13,320,000m³ で 1.5m である。近年平均の浚渫深が増加しているが、理由としては浚渫効率の低下が主因と思われる。また、マカレオ水路の河口の堆積量は、下記の理由でボカグランデよりも少ないと予測される。

1. 河口は内海に位置し外海波浪沿岸流の影響が小さい。
2. マカレオ水路の流量はリオグランデ流量の約 14%と小さい
3. マカレオ水路河口の海岸勾配は 1/30 とリオグランデ水路よりも急である