

**(c) 堆積：堆積構造と堆積相**

①地層の階層性

②粒子

●粒子の種類

鉱物・岩石の種類と多様性  
サイズ(分布と大きさ)

円磨度

●粒子配列(fabric)  
空間的パッキング  
配列

③堆積構造と層理

●ベッドフォーム

●堆積構造

④堆積相

⑤堆積システム

⑥堆積シーケンス

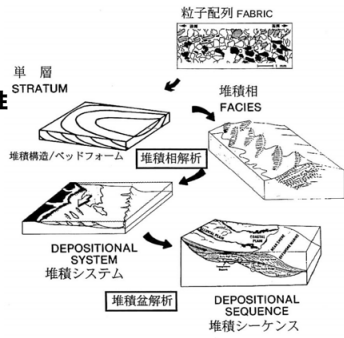


図 1.48 地層における階層性

③堆積構造と層理

●堆積構造の形成のタイミング

同生構造(syngentic):

初生構造(primary), 準堆積時(penecontemporaneous)

堆積後の構造

後生堆積構造(epigenetic) or 二次的堆積構造(secondary)

●ベッドフォーム:移動する碎屑性粒子が河床や海底面などの  
流路底に作る形態

例: リップル(ripples), デューン(dunes, 波長>60cm),  
平滑床(plane beds), 反砂堆(はんさすい: antidunes)



(クライミング) リップル デューン

③堆積構造と層理

表1.4 堆積構造の分類 (Fritz & Moore, 1988より作成, 斎藤文紀, 2001)

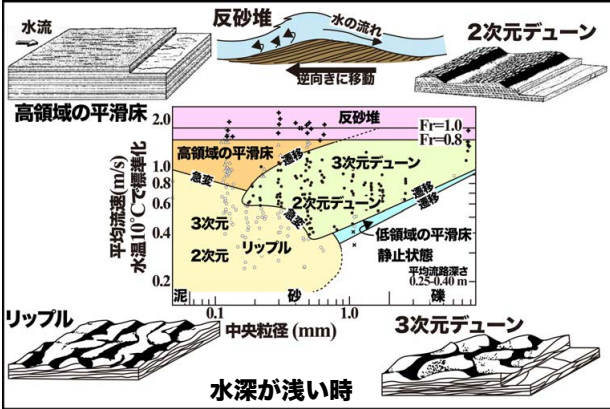
主要な 過程	同生堆積構造 (syngentic)		後生堆積構造 (epigenetic)
	堆積時 (during sedimentation) 初生堆積構造 (primary)	堆積直後 (immediately following) 準堆積時堆積構造 (penecontemporaneous)	石化作用後 (immediately following) 二次的堆積構造 (secondary)
物理的・ 化学的	解理 (垂直) (bedding: vertical section) 外側の形状と大きさ (external shape and size) 平板状 (tabular, flat) (thick) 三角型 (wedge), ややゆがみ (irregular) レンズ型 (状) (lense, 薄い) (thin) 不規則型 (irregular) 極薄い (very thin) 層理 (laminated) 内部構造との関係 (internal relationship) 平行層理 (parallel laminated) 斜交層理 (cross laminated) 波状層理 (wavy laminated) コンヴォリュート層理 (convolute laminated) 塊状 (massive) 級化 (graded) 階層化した構造 (洗掘と充填: スコアードフィル構造) (truncated: scour and fill) 縦長状クラスト (imbricated classes) 堆積物 (intraformational conglomerate) 鉱物の集合体 (crystal aggregates) 塩のナイビー構造 (salt tepee structures) 孤立した結晶とキャスト (isolated crystals and casts) 表面形態 (surface features) ベッドフォーム (bedforms) リップルマーク (ripple marks) デューン (dunes) 平滑床, カレントリネーション (plane bed, current lination) 反砂堆 (antidunes) ハンモック (hummocks)	解理 (bedding) 褶曲 (folds) スランプ褶曲 (slump folds) コンヴォリュート層理 (convolute bedding) ナイビー構造 (tepee structures) 荷重形態 (load features) 泥理 (mud cracks) フレーム構造 (frame structures 火成構造) ボールアンドピロー構造 (ball and pillow structures) 脱水構造 (water escape structures) 皿状構造, ピラー構造 (dish and pillar structures) 砂積岩 (clastic dikes) 火山口 (砂山) (mud/sand volcanoes) 圧縮褶曲 (compressional faults) コンヴォリュート層理 (convolute bedding) 水根充填物 (dilled ice-wedge cracks) その他 (other features) 気泡跡 (air bubble sand) 脱ガス構造 (gas escape structures) 結晶成長形態 (crystal growth features) 結晶とマトリックス (crystals and matrix) 間隙充填物 (void fillings) 鳥の眼構造 (bird's eye structures) アーマドマッドボール (armored mudballs: 装甲泥球)	侵食性/風化性の形態 (erosional/weathering features) 溝路による付着 (ice channels) ポットホール (pot holes: おう穴) 剥離作用 (exfoliation) 風化皮殻 (weathering rinds) 古土層 (palaeosols) ミニカイト層 (miniclast surfaces) 溶解 (dissolution) スライロウ (sludges) ノジュール (nodules) 粘土層と粘土塊 (clay seams and lumps) レンズ (lenses) 充填物 (fillings) 結晶充填物 (結晶 void fillings: crystalline) 間隙充填物 (埋積物) (void fillings: sediment) 水根充填物 (dilled ice-wedge cracks) セメンテーション (cementation) コンクリーション (concretions) 色帯 (color banding) 還元斑点/酸化斑点 (reduction/oxidation spots) ハロウ (halos) 堅い地盤 (hardgrounds)
生物学的			穿孔 (borings) 動物 (animal) 植物 (plant)

③堆積構造と層理

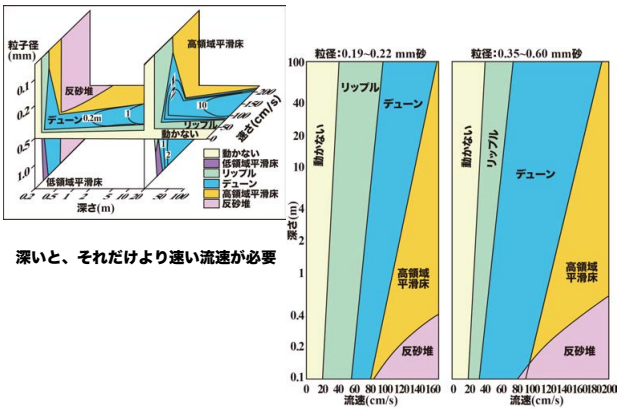
表1.4 堆積構造の分類 (Fritz & Moore, 1988より作成, 斎藤文紀, 2001)

主要な 過程	同生堆積構造 (syngentic)		後生堆積構造 (epigenetic)
	堆積時 (during sedimentation) 初生堆積構造 (primary)	堆積直後 (immediately following) 準堆積時堆積構造 (penecontemporaneous)	石化作用後 (immediately following) 二次的堆積構造 (secondary)
物理的・ 化学的	他の表面形態 (other features) スワッシュマーク (打上船) とリスマーク (swash and rill marks) 物痕 (tool marks) 付着リップル (adhesion ripples) 塩多角形 (salt polygons) 痕跡 (フルートマーク, 蝸) (scour marks/flutes, etc.)	表面形態 (surface features) 収縮亀裂 (shrinkage cracks) 泥山/砂山 (mud/sand volcanoes) 砂積岩 (clastic dikes) 雨痕, 波痕 (rain/ball imprints) 氷晶痕跡 (ice crystal imprints) 鉱物結晶痕跡, 結晶キャスト (mineral crystal imprints and casts) 物痕 (tool marks) 浸痕 (foam impressions) 荷重痕, 荷重跡 (load casts and impressions) 塩の多角形構造とナイビー構造 (salt polygons and tepee structures)	
生物学的	解理 (bedding) ストロマタイト (stromatolites) 産層成層 (crystalgal laminae) フラナー産層 (planar laminae) オンコライト状 (oncoliths) 網目状 (サンゴ類, コケ類, 軟体動物 他) (frameworks: coral, bryozoa, molluscs) 表面形態 (surface features) マウンド (mound) 整列した化石 (aligned fossils)	解理 (bedding) 生物風化作用 (bioturbation) 集穴 (burrows) 休息跡 (resting traces) 脱出構造 (escape structure) 痕跡化 (mottling) 均質層理 (homogenized bedding) 表面形態 (surface features) 生物風化作用 (bioturbation) 足跡, 行跡 (tracks) から反の印象 (body impressions) 集穴 (burrows) 痕跡化 (mottling)	

●ベッドフォーム:移動する碎屑性粒子が河床や海底面などの  
流路底に作る形態



●ベッドフォーム:移動する碎屑性粒子が河床や海底面などの  
流路底に作る形態



●ベッドフォーム:移動する碎屑性粒子が河床や海底面などの  
流路底に作る形態

リップル

カレントリップル



カレント (クライミングリップル)

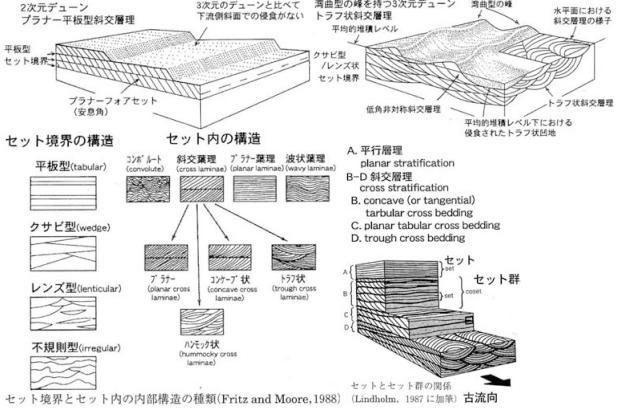


堆積速度が速く  
砂の供給量が多いと、  
上流側が削られるより速く  
堆積。

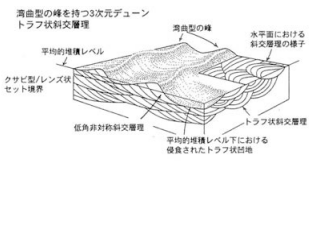
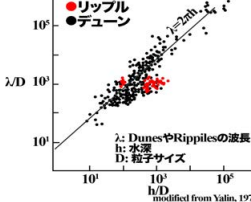
デューン→平滑床



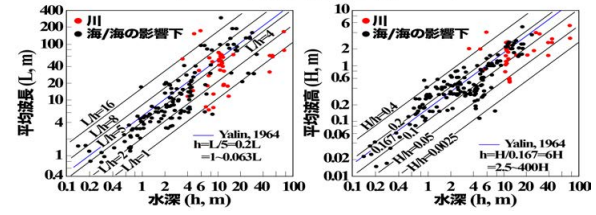
●ベッドフォーム:移動する碎屑性粒子が河床や海底面などの  
流路底に作る形態



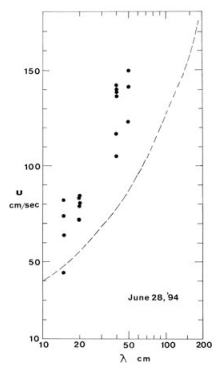
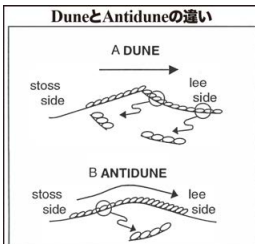
**リップルとデューン:水深と波長**



デューンの波高・波長と水深 (Allen 1980)



**デューンとアンチデューン**

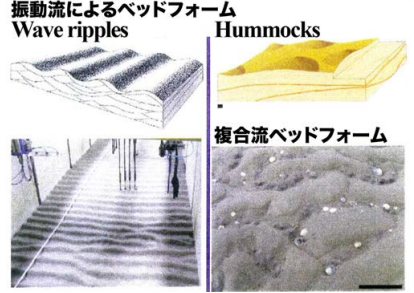
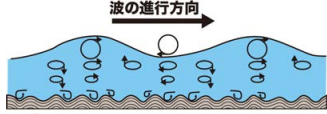


(1) Duneでは水面と堆積面は一致しない(平行でない)。  
堆積面のうねりに対し、水面は変わらない。  
Antiduneでは、水面と堆積面は平行(高Froude数)。  
(2) 粒子の配列について  
DuneとAntiduneでは下流側で粒子配列が異なる。  
Duneでは、粒子が下流側斜面を流れ下る。  
Antiduneでは、粒子がもともと上流側斜面に叩きつけられた時の状態を残す。

Fig. 1-7 深部カーブ流 (○) の河床地形を形成する水流の速さと反斜層の波長との関係。本図は Kennedy (1985) の図に、左横軸式  $U = u_{*c} \lambda / 2h$  を示した。右軸、右方の横軸は埋没式に含ませると  $u_{*c} \lambda / 2h$  の関数であることからもわかる (Yaginuma, 1995)。

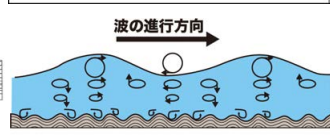
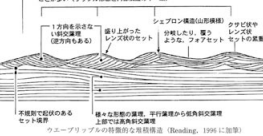
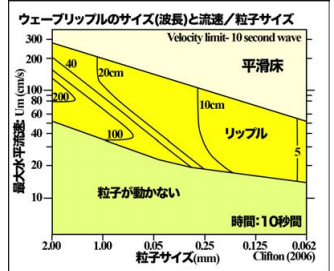
**●ベッドフォーム:移動する碎屑性粒子が河床や海底面などの流路底に作る形態**

**水深が深い時: 振動流**  
ウェーブリップルとハンモック層理

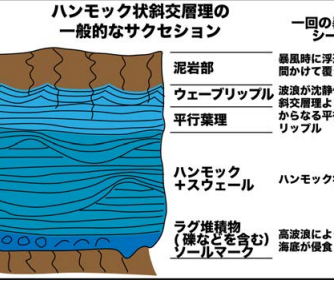
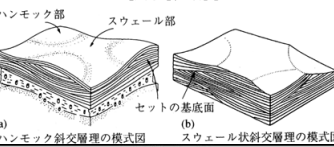


**●ベッドフォーム:移動する碎屑性粒子が河床や海底面などの流路底に作る形態**

**水深が深い時**  
ウェーブリップル

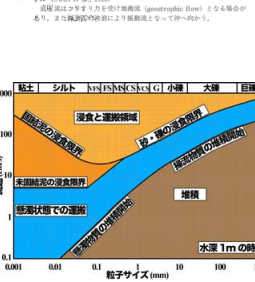
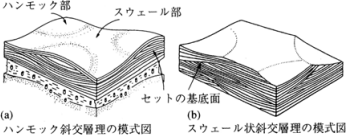
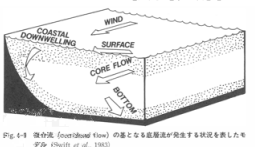


**ハンモック状斜交層理**



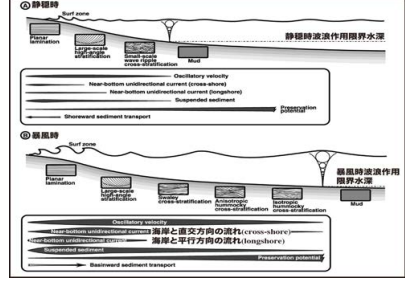
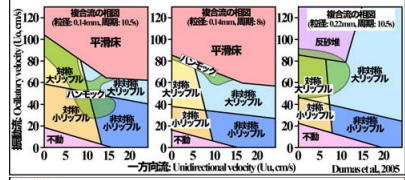
・ストーム時の波浪によって形成される波長の長い構造(数十cm)  
・沿岸～陸棚域の浅海堆積物に見られる  
・床形態としては、低い小丘とくぼみが不規則に配列する  
・葉理面の傾きに卓越方向はない  
・層理のセットの基底面は侵食面で、この面に平行に層理が発達

**ハンモック状斜交層理**



①暴風時は、大潮になり、強い圧力が海岸にかかり下流底層流を形成  
②底層流は沖合に流れるが、その時に海面の荒波による精円往復運動の影響を受けた複合流になる  
③この精円往復運動による擾動成分→ハンモック状直進部分→スウェール状になる。  
④底層流の流速: >50 cm/s以上。

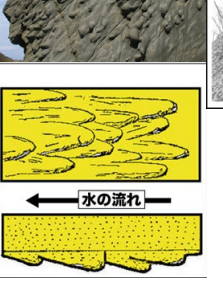
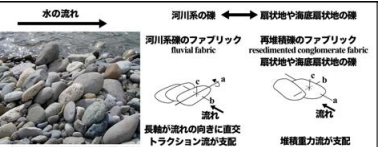
**ハンモック状斜交層理**



**ソールマーク(底痕)**



**インプリケーション**



河川系流のファブリック  
Riverial fabric  
再堆積物のファブリック  
reconsolidated conglomerate fabric  
長軸が流れの方向に直交  
トラクション流が支配  
堆積物力が支配  
一つ一つの礫が、落ちると相対してきて、ぶつかり落ちていく。転がり易い、長軸が流れに垂直。  
流れによって、浮遊した状態で、移動。

### 初生の堆積相を壊す構造

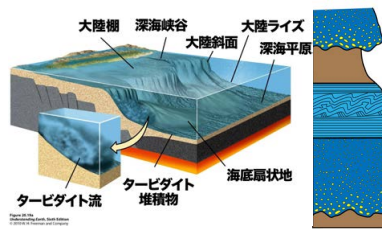
生痕



### コンポリュート葉理・スランプ構造・火焰状構造



### タービダイト



e: 頁岩  
d: (低領域) 平行葉理  
c: ripples や  
コンポリュート葉理  
b: (高領域) 平行葉理  
a: 焼状 (葉理なし)  
散化層理

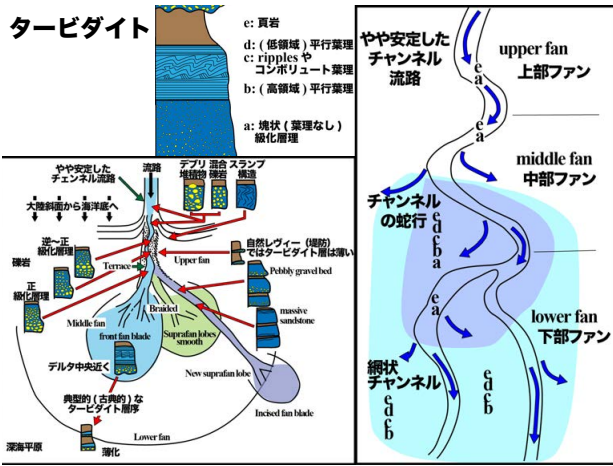
懸濁流の終末期に海中に浮遊していた泥物質が薄い時間をかけて沈積  
それが固くなり、平行葉理が生じる

懸濁流速度:  
22-93km/h  
(600-2600cm/s)



### タービダイト

e: 頁岩  
d: (低領域) 平行葉理  
c: ripples や  
コンポリュート葉理  
b: (高領域) 平行葉理  
a: 焼状 (葉理なし)  
散化層理



### デルタ

#### 堆積を制御する主要因が何かによる分類

- (1) Fluvial (River)-dominated  
e.g. Mississippi Delta
- (2) Wave-dominated  
e.g. Nile Delta
- (3) Tide-dominated  
e.g. Ganges-Brahmaputra

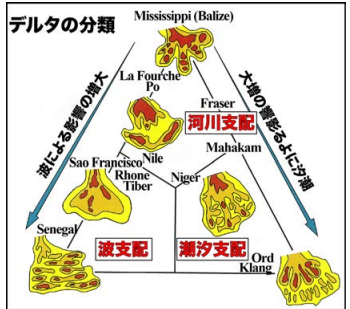
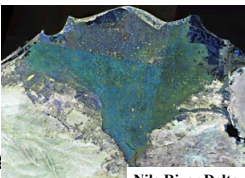


Figure 19.1 Ternary diagram to show how delta morphology may be qualitatively related to the nature of the predominant process(es) at the delta front. Delta: 1, Mississippi; 2, Po; 3, Danube; 4, Ebro; 5, Nile; 6, Rhine; 7, San Francisco; 8, Senegal; 9, Burdekin; 10, Niger; 11, Orinoco; 12, Mekong; 13, Copper; 14, Ganges-Brahmaputra; 15, Gulf of Papua. (After Galloway 1975; Elliott 1978b.)

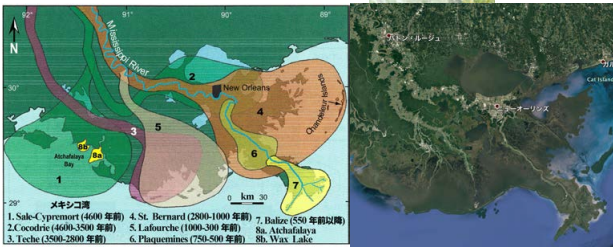
(Leeder, 1982)

### River-dominated Delta

- ① Microtidal (潮汐<2m)
- ② Gently sloping shelf (波のエネルギーが散逸)
- ③ 豊富な懸濁粒子の供給
- ④ 周囲が水に浸かった状態で良く発達した自然堤防 (levees)
- ⑤ 鳥の足状の形態
- ⑥ 頻繁な河道の移動
- ⑦ 堆積記録: チャンネル構造が良く発達。砂浜堆積中に乏しい。淘汰余り良くない。



Nile River Delta



### Wave-dominated Delta

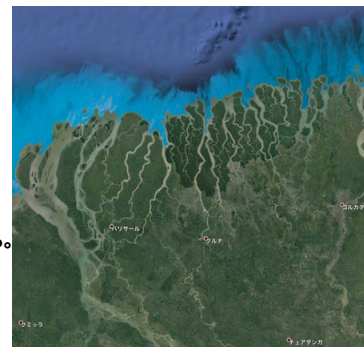
- ① Microtidal (潮汐<2m)
- ② 自然堤防は発達しない。  
→波の影響が少なくとも水深数mまで及ぶ(河川が供給した堆積物は波により運搬)
- ③ 砂嘴(さし: spit)、砂洲 (sand bar)の形成  
→特に波が斜めに当たる場合、海岸線に沿った堆積物の側方輸送が起こる。
- ④ 河口近くに海岸線に沿った砂洲 (mouth bar)の形成  
次第に砂浜へ変わる。
- ⑤ 堆積記録:  
砂浜堆積物の発達。  
淘汰が良い。デルタ・フロント堆積物の斜交層理は海岸に沿った流れの方向が卓越。



Senegal Delta

### Tide-dominated Delta

- ① Macrotidal (潮汐>2m)
- ② デルタ上のチャンネルの奥まで潮汐の影響を受ける。  
具体的には、逆転する潮汐流、満潮時の流れの停滞など
- ③ オーバーバンク部分は、少なくとも部分的に潮汐の影響を受け、泥質な低地となる。
- ④ 河口付近では、潮汐流による侵食再堆積が起こり、海岸線に垂直な方向に砂洲が形成される。
- ⑤ チャンネル内や砂洲に堆積した砂質堆積物の斜交層理が示す流れの方向が逆転が繰り返す、その間に泥質堆積物薄層 (mud drape) が挟まれる
- ⑥ デルタが前進し、堆積物は、大局的には上方粗粒化を示す。



Ganges-Brahmaputra Delta

### 岩相対比の法則 (ワルターの法則)

