

横ずれ堆積盆の堆積様式

Sedimentation in a strike-slip basin

天野 一男*

Kazuo Amano

Abstract: The sedimentation and tectonics of a strike-slip basin are reviewed. The sedimentation of a strike-slip basin is mainly characterized by the migration of the depo-center. The mismatch between the composition of conglomeratic clasts or sandstone and the adjacent basement rocks across the master fault is the important criterion for a strike-slip basin.

はじめに

地質時代に形成された横ずれ堆積盆は、形成当時の地形・地質構造等の横ずれ変位を直接示す証拠が残りづらいことから、その認定が困難な場合が多い。したがって、堆積盆埋積層の層相や古流向等の堆積学的特徴が、横ずれ堆積盆の間接的な認定基準となる。本小論では、横ずれ堆積盆内での堆積作用について簡単に紹介し、地質時代に形成された横ずれ堆積盆の認定基準についてまとめる。

横ずれ堆積盆での堆積作用に関する総括的な紹介は、Michell and Reading (1986) や Miall (1990) がある。これらは、旧版に新しい文献を加えて紹介されている。論文集としては、Ballance and Reading (1980) と Biddle and Christie-Blick (1985) が出版されている。横ずれ堆積盆を埋積する地層は、alluvial fan や fan-delta 堆積物であることが多いが、横ずれ堆積盆形成のメカニズムと関連させて、alluvial fan や fan-delta の堆積作用を教科書的にまとめたものとしては、Nilsen (1982) や Fraser and Suttner

(1986) などがある。特に後者は石油・天然ガス開発のための基礎的知識を与えることを目的とした本である。

横ずれ堆積盆の中には、海成の細粒堆積物によって埋積されているものもあるが、本小論では、粗粒堆積物により埋積されている横ずれ堆積盆に焦点を絞って紹介する。

横ずれ堆積盆埋積層の特徴

横ずれ堆積盆の堆積モデルの共通の特徴は、Crowell (1974), Steel and Gloppen (1980), Michell and Reading (1986), Miall (1990), 宮田 (1990) などに記述されているが、その主要な部分は以下のようにまとめられる。

- ① master fault 方向に長く伸びた堆積盆の形態を持つ。幅は 20-30km のものが多い。
- ② 局所的な同時堆積的起伏が存在する。断層に沿って発達する礫岩からなる wedge が認められることが多い。これらは、堆積盆の周囲を画す断層から発達した alluvial fan や fan-delta である。

*茨城大学理学部地球科学教室

- ③側方への急激な岩相の変化が認められる。
- ④個々の断層の運動が局所的・間欠的であるため、近接して発達する堆積盆でも異なった層序を有する。
- ⑤堆積時構造運動を示唆する層間褶曲や局所的不整合が認められることが多い。
- ⑥堆積物の構成物と、断層をはさんでその堆積物に接して分布する基盤岩類とが異なっている。
- ⑦堆積速度が平均 1 m/1000y と大きい。
- ⑧堆積盆の面積に比較して厚い堆積物が認められる。ノルウェー西部のデボン紀の Hornelen Basin では stratigraphic thickness が 25km にまで達する。
- ⑨堆積中心が移動している。なお、master fault の運動方向と堆積中心の移動方向は堆積盆側で逆向きである。
- ⑩火成活動・変成作用がまれである。
- ⑪優勢な軸流による堆積作用が顕著である。

横ずれ堆積盆を形成する断層としては、plate-boundary transform fault, divergent-margin transform fault, convergent-margin transcurrent fault, suture-zone transcurrent fault などが考えられるが、堆積作用の特徴だ

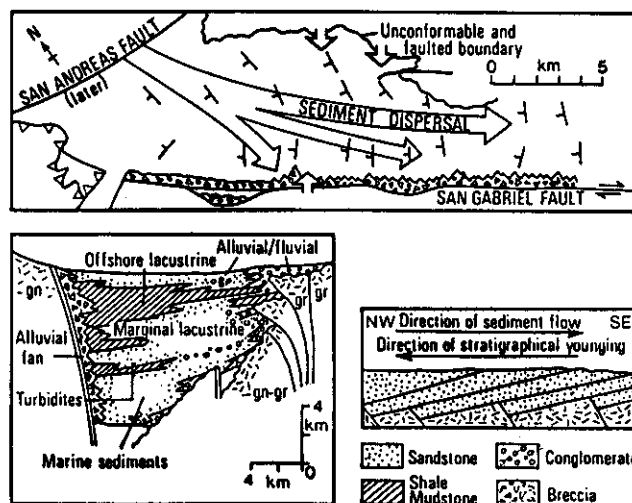
けからこれらの内のどの断層が堆積盆形成に関与していたかを一義的に決定するのは困難である (Miall, 1990)。また、上述の特徴は引張応力下で形成された graben や half-graben 埋積層と共通したものが多い。その中でも、特に、横ずれ堆積盆認定にとって重要な特徴は、⑥・⑩である。

新しい横ずれ堆積盆の例

ここでは、堆積作用とテクトニクスとの関係が比較的良く分かっているものとして Pliocene の Ridge Basin を取り上げ、堆積作用の特徴をまとめる (第 1 図)。

Ridge Basin は北東縁を San Andreas Fault によって、南西縁を San Gabriel Fault により画された堆積盆である。堆積盆埋積層は、堆積盆の東縁で基盤岩類を不整合で覆っている。この堆積盆は、master fault としての San Gabriel Fault の右横ずれ運動に伴って形成されたものとされており、堆積作用についても詳しい研究がなされている (Crowell, 1974; Link and Osborne, 1978 など)。

Ridge basin は、厚さ 12km 以上の海成層・湖



第 1 図 カルフォルニアの Ridge Basin の地質図・横断面図・縦断面図 (Michell and Reading, 1986)。

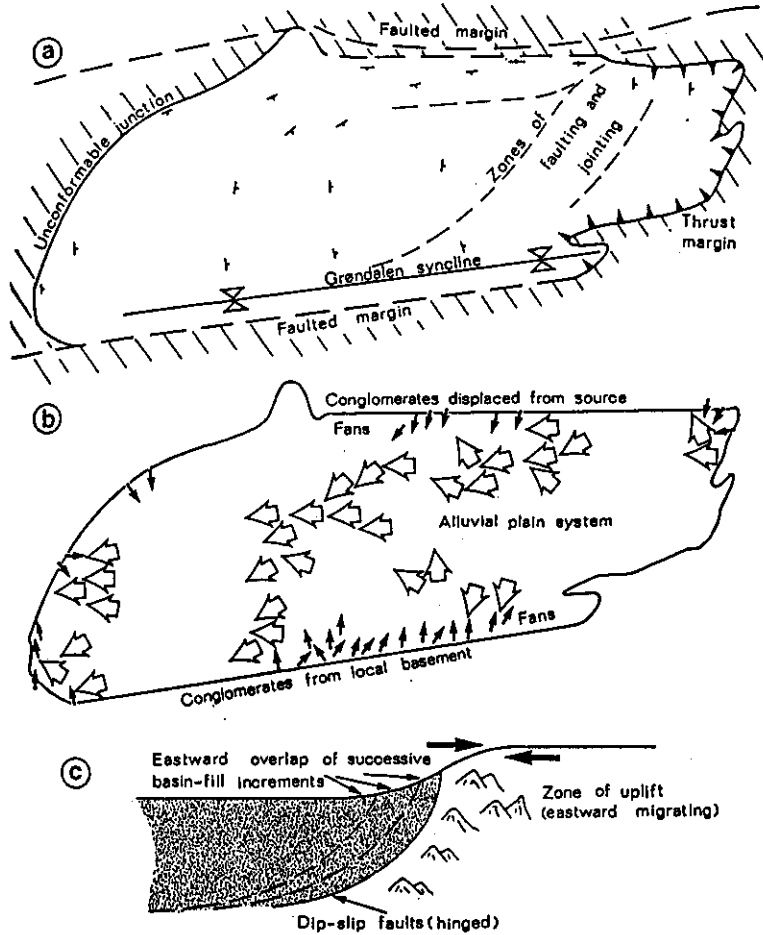
横ずれ堆積盆の堆積様式

成層・河成層によって埋積されている。また、master fault にそって、見かけの厚さが11kmにおよぶalluvial fanが発達する。この厚さは堆積盆の北西方向への拡大にともない、alluvial fanが次々とofflapした結果と考えられている。堆積盆の中心に向かってのalluvial fan堆積物の伸びは1 kmを越えず、急激に細粒の海成層・湖成層へと移化する。軸流による堆積物の供給方向は、堆積盆側でmaster faultのずれの方向と一致しているが、地層の若化方向・堆積中心の移動方向とは逆であることが重要な

特徴である。この特徴は日本の和泉層群、大野川層群、山中地溝帯白亜系堆積盆にも認められる(宮田, 1990)。

古い横ずれ堆積盆の例

古い横ずれ堆積盆の中で、テクトニクスと堆積作用との関連が最も良く調べられているのは、ノルウェー西部のDevonianのHornelen Basinである(Steel, 1976; Steel et al., 1977; Steel and Gloppen, 1980; Steel, 1988など)。



第2図 ノルウェーのHornelen Basin. a: 主要構造要素, b: 古流向 (黒矢印はfan堆積物の供給方向, 白抜き矢印は軸流による砂岩の供給方向), c: 横ずれ堆積盆形成モデル(Steel, et al., 1977).

第2図に Hornelen Basin の構造形態・堆積作用・堆積盆発達モデルを示す。堆積盆の北縁に master fault があり、これは堆積盆形成時に右横ずれ変位をしたと考えられている。南縁は正断層により画されている。堆積盆埋積層は、盆地の西縁で基盤岩類を不整合で覆い、東ほどより若い地層が重なっている。盆地東縁は、新しい時期に活動した衝上断層により限られている。なお、この衝上断層は、後に Hossack(1984) や Steel(1988) により低角の正断層 (low angle detachment fault) として認識しなおされた。堆積物の主な供給方向は東から西であり、master fault の堆積盆側の運動方向と一致している。また、堆積中心は東に移動しており、master fault の堆積盆側の運動方向とは逆である(第3図)。この現象は Ridge Basin で認められたものと同様である。

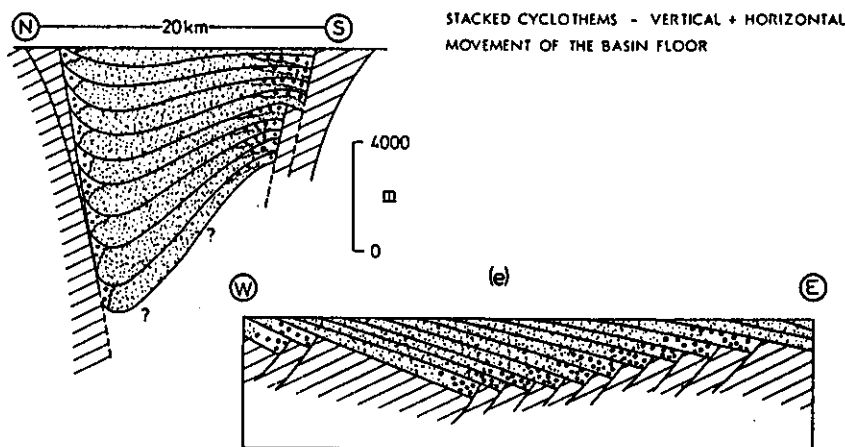
埋積層の stratigraphic thickness は 25km であるが、堆積盆の深さは約 8 km と見積もられている (Nilsen, 1982)。盆地中央部には、主として河成砂岩が分布している。周辺の断層付近から alluvial fan が発達するが、それらを構成する粗粒堆積物は、盆地中央部に向かい、湖成層へと急激に層相が変化する。盆地北縁の断層から発達する fan は、半径が小さく、主として gravity flow conglomerate からなり、南縁の正断層から発達するそれは半径がより大きく、

gravity flow による堆積物と stream flow による堆積物からなっている。

以上見てきたように、Hornelen Basin の構造や堆積作用の特徴は Ridge Basin のそれらに類似しており、Hornelen Basin は Ridge Basin と同様のメカニズムで形成されたものと考えられている (Steel and Gloppen, 1980 など)。しかし、このメカニズムに対して異論も出されている (Hossack, 1984)。

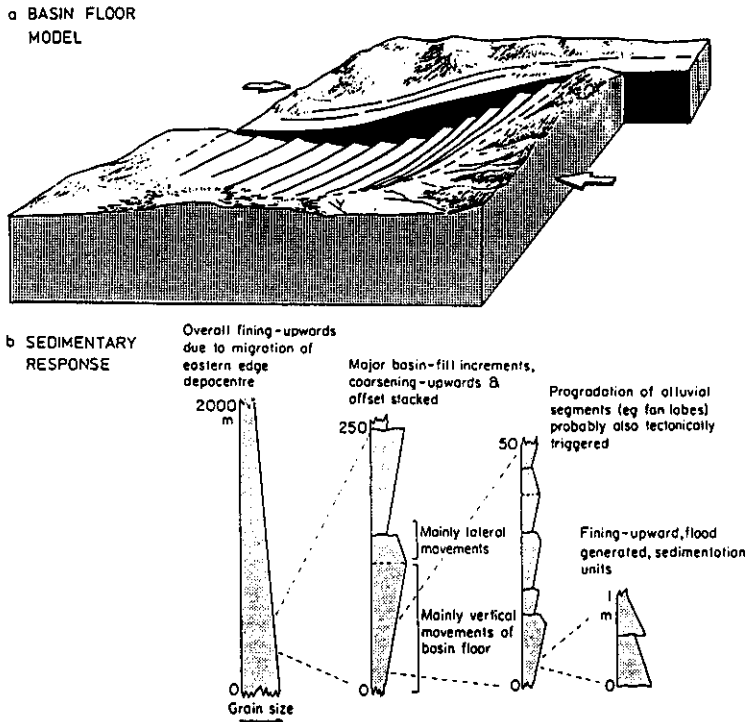
第4図に、堆積盆埋積層中に認められる、粒径・層厚変化を示した。Steel and Gloppen (1980) は、Hornelen Basin 中に4つのオーダーの粒径変化のサイクルを認めている。この内、中規模の上方粗粒化・厚層化のシークエンスは堆積盆の底の垂直方向の運動を反映したものと解釈された。彼らのモデルは、master fault の右横ずれ運動に伴って、master fault に高角で斜交する low angle detachment fault が次々に形成され、堆積盆が広がっていったというものであり、上方粗粒化・厚層化のシークエンスは、low angle detachment fault の運動の現われと考えたのである。なお、上方細粒化・薄層化のメガシークエンスは、堆積中心が東方へ次第に移動したために形成されたものとされている。

Hornelen Basin と同様のメカニズムで形成された横ずれ堆積盆がスコットランドの Midland Valley から報告された (Bluck, 1980)。第5図



第3図 Hornelen Basin の横断断面と縦断断面(Steel and Gloppen, 1980)。

横ずれ堆積盆の堆積様式

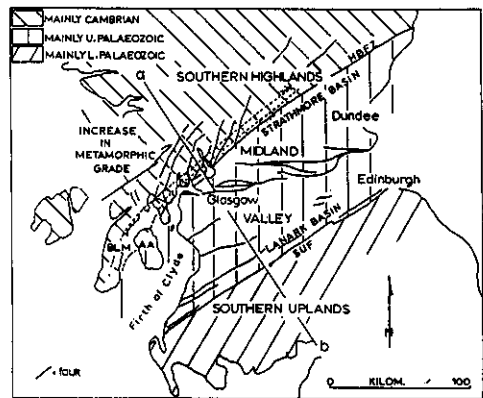


第4図 Hornelen Basinの堆積物中に認められる粒径・層厚変化(Steel and Gloppen, 1980).

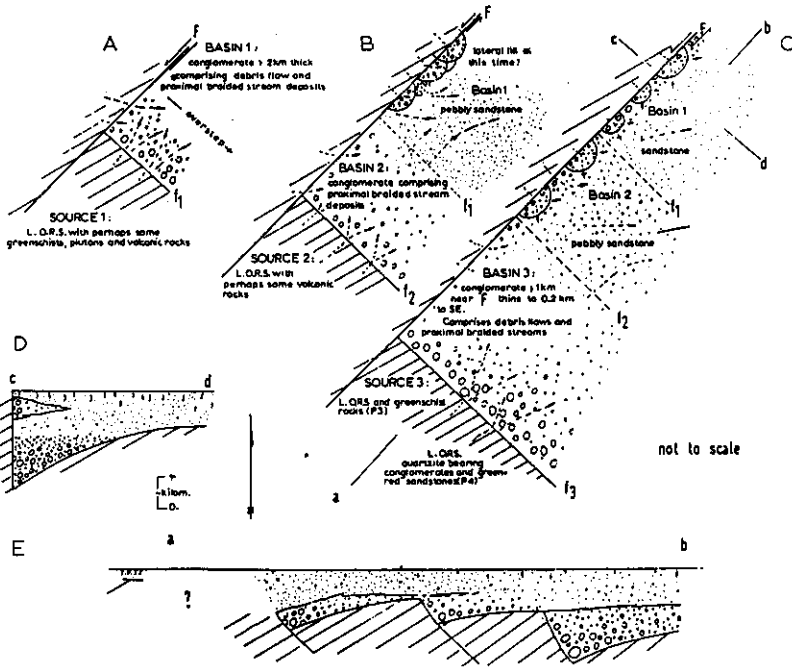
に地質図を第6図にモデルを示す。この場合 HBFZ(Highland Boundary Fault Zone)が master faultで、Devonian に左横ずれ運動をしたと考えられている。low angle detachment faultが、堆積盆側で master fault の運動方向と逆の方向に次々に形成されて堆積盆が拡大している点では、Hornelen Basin と同じである。しかし、ここでは粗粒堆積物が、主として detachment fault の下盤から供給され、細粒堆積物が横ずれ断層に沿った地域から供給されている。そのため、ここでは上方細粒化のシークエンスが普通に認められる。堆積物の全層厚は3 kmで、Hornelen Basin に比較して薄い。

横ずれ堆積盆の後生的変形と火成活動

Ridge Basin や Hornelen Basin 中に認められる主要な向斜構造は、初生的なものであり、後



第5図 スコットランドのMidland Valleyの構造概略図 (Bluck, 1980).



第6図 Midland Valleyの横ずれ堆積盆の発達様式(Bluck, 1980)。

生的変形の結果ではないものと考えられている。しかし、横ずれ堆積盆の中には、後生的に変形を被っているものも多い。また、横ずれ堆積盆の特徴の一つに火成活動・変成作用が貧弱であることが指摘されているが、中には成活動を伴うものもある。

Arthur(1989)は、横ずれ断層運動のセンスの逆転にともない、構造運動が transtensional tectonics から transpressional tectonics に変わった場合の堆積盆形成史を明らかにした。ウェールズの Lundy 地域では、始新世から漸新世に左横ずれ断層活動にともなって、横ずれ堆積盆が形成された。そして、その堆積盆埋積層の下部に厚さが 2.5—4 km の火成岩が貫入した。その後、断層の運動のセンスが逆になった時に、堆積盆の部分が push-up swell に転化して、堆積物が削剝を受け、貫入岩が露出するに到った。

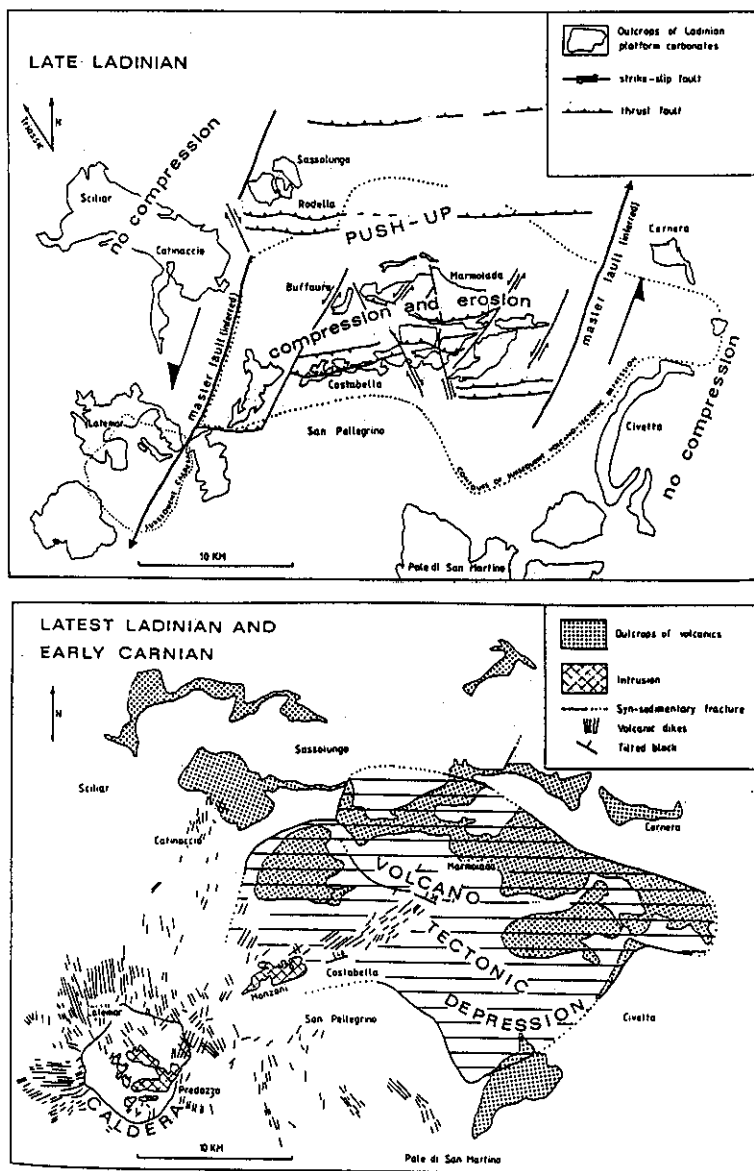
北部イタリアの Dolomites で、横ずれ断層運動に伴って形成されたと解釈される volcano-tectonic depression が報告された(Blendinger,

1985)。それによれば、雁行状に配列した左横ずれ断層が活動した時、それらの断層の間に push-up swell が形成された。そして、その地下で地殻が破壊されて、マグマの貫入が促された。貫入したマグマはマグマだまりを作ったが、後にそれが噴出したため、地下で質量欠損が生じ、地表に volcano-tectonic depression が形成されたというのである(第7図)。

おわりに

横ずれ堆積盆内での堆積作用は特徴的であるが、引張テクトニクス場で形成された graben や half-graben での堆積作用の特徴と共通なものが多い。堆積物の特徴だけから、堆積盆形成モデルを決定する場合、注意が必要である。横ずれ堆積盆を graben や half-graben と区別する際、基準となる特徴は堆積中心の移動と堆積物の構成物とその供給地が断層を挟んでずれていることである。地質時代の横ずれ堆積盆

横ずれ堆積盆の堆積様式



第7図 上：DolomitesにおいてLate Ladinianに、雁行状に配列した横ずれ断層間に形成されたpush-up, 下：Latest Ladinian/Early Carnianに形成されたvolcano-tectonic depression (Blendinger, 1985).

の認定は、堆積物の特徴に加えて、各種の構造要素も十分に考慮して総合的になされる必要がある。

本研究の一部は、文部省科学研究費(01302017)・(63540606)による。

文献

Arthur, M.J., 1989: The Cenozoic evolution of the Ludy Pull-Apart Basin into the Lundy Rhomb Horst. Geol. Mag.

- v.126, 187-198.
- Ballance, P. and Reading, H.G. eds., 1980: Sedimentation in oblique-slip mobile zones. Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., no.4, 1-265.
- Biddle, K.T. and Christie-Blick, N., eds., 1985: Strike-slip deformation, basin formation, and sedimentation. Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ., no.37, 1-386.
- Blendinger, W., 1985: Middle Triassic strike-slip tectonics and igneous activity of the Dolomites (Southern Alps). Tectonophysics, v.113, 105-121.
- Bluck, B.J., 1980: Evolution of a strike-slip fault-controlled basin, Upper Old Red Sandstone, Scotland. In P. Ballance, and H.G. Reading, eds., Sedimentation in oblique-slip mobile zones, Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., no.4, 63-78.
- Crowell, J.C., 1974: Sedimentation along the San Andreas Fault, California. In R.H. Dott. and R.H. Shaver, eds., Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation, Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ., no.19, 292-303.
- Fraser, G.S. and Suttner, L., 1986: Alluvial fans and fan deltas; A guide to exploration for oil and gas. 199p, IHRDC, Boston.
- Hossack, J.R., 1984: The geometry of listric growth faults in the Devonian basins of Sunnfjord, W Norway. Jour. Geol. Soc. London, v.141, 629-637.
- Link, M.H. and Osborne, R.H., 1978: Lacustrine facies in the Pliocene Ridge Basin Group: Ridge Basin, California. In A. Matter and M.E. Tucker, eds., Modern and ancient lake sediments, Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., no.2, 169-187.
- Miall, A.D., 1990: Principles of sedimentary basin analysis 2nd ed. 668p., Springer-Verlag, New York.
- Michell, A.H.G. and Reading, H.G., 1986: Sedimentation and tectonics. In H.G. Reading, ed., Sedimentary environments and facies 2nd ed., Blackwell, Oxford, 471-524.
- 宮田隆夫, 1990: 横ずれ断層運動に伴う堆積盆の形成. 構造地質, no.35, 65-70.
- Nilsen, T.H., 1982: Alluvial fan deposits. In P.A. Scholle and D. Spearing, eds., Sandstone depositional environments, Am. Ass. Petrol. Geol. Memoir, no.31, 49-86.
- Steel, R., 1976: Devonian basins of western Norway; sedimentary response to tectonism and varying tectonic context. Tectonophysics, v.36, 207-224.
- , 1980: Coarsening-upward and skewed fan bodies: symptoms of strike-slip and transfer fault movement in sedimentary basins. In W. Nemecek and R.J. Steel, eds., Fan deltas, 75-83.
- and Gloppen, T.G., 1980: Late Caledonian (Devonian) basin formation, western Norway; signs of strike-slip tectonics during infilling. In P.F. Ballance and H.G. Reading, eds., Sedimentation in oblique-slip mobile zones, Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., no.4, 79-103.
- , Mæhle, S., Nilsen, H., Røe, S.L. and Spinnangr, Å., 1977: Coarsening-upward cycles in the alluvium of Hornelen Basin (Devonian) Norway: Sedimentary response to tectonic events. Geol. Soc. Am. Bull., v.88, 1124-1134.