

## トルコ東部のプルアパートベイسن

### Pull-Apart Basins in Eastern Turkey

加藤 碩一(地質調査所)

Hirokazu Kato

**Abstract:** This short paper refers the pull-apart basins along the North Anatolian-Fault and the East Anatolian Fault, which are transform faults in Turkey. Especially the author introduces the Erzincan Basin situated in the eastern part of the North Anatolian Fault. This basin is not always a typical rhombic pull-apart basins, but have more complex history. The basin was initially formed by the high angle reverse faults trending EW at the northern margin of the basin and then formed a result of a 4km wide right-laterall, right stepping strike-slip fault segments. Furthermore, it was modified later by left-lateral Ovacik Fault (Barka and Gülen, 1989).

#### はじめに

トルコ北部を北に張り出した緩い弧状を呈してほぼ東西に約1200kmにわたって右横ずれのトランスフォーム断層である北アナトリア断層が延び、トルコ南東部を北東-南西方向に左横ずれのトランスフォーム断層である東アナトリア断層が延びる(第1図)。これらの運動はアラビア・プレートの北進に起因するもので、両断層によってトルコの位置するアナトリア半島の大部分が西方にescapeする形となり、Anatolian wedgeとかAnatolian micro plate (Turkey Plate)と称されている。従ってこの地域の地殻はthickeningを受け約52kmの厚さを持つ。

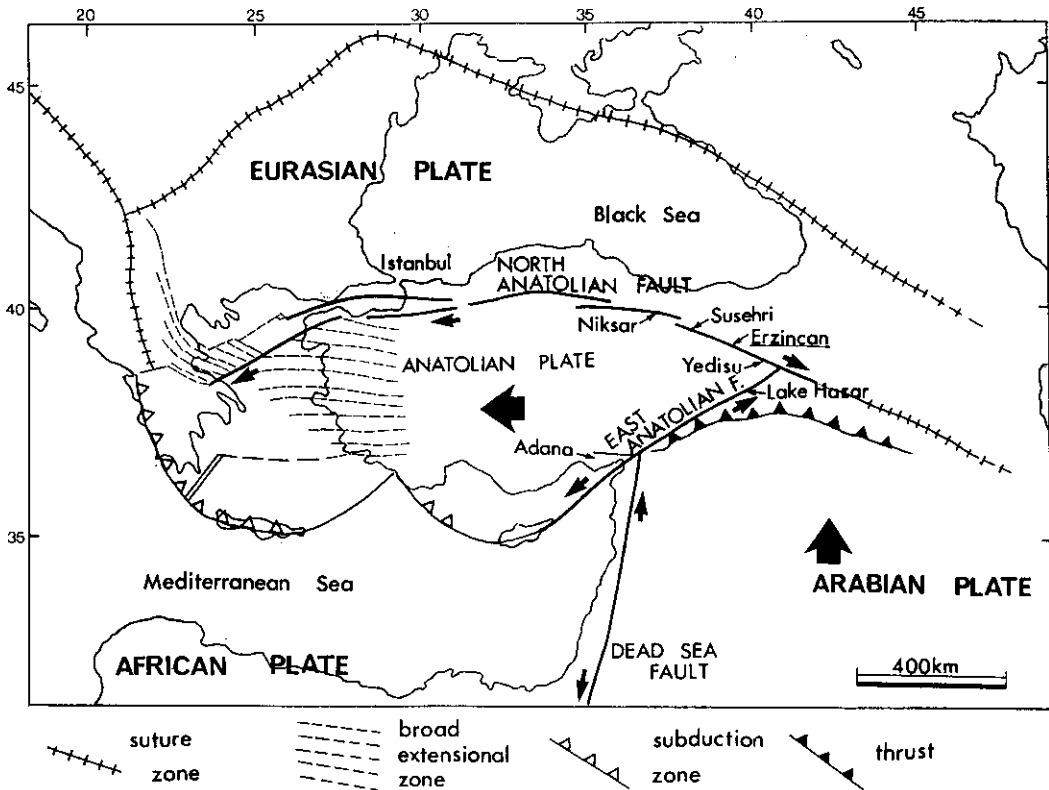
両断層とも多重の雁行配列ないし分岐する様々な規模をもつ数多くのセグメントからなっており、断層に沿ってNeogene-Quaternaryの幾つかの山間盆地が発達している。それらの幾つかはpull-apart basinと見なされるようになってきた。

これらの盆地には後期更新世-完新世の段丘

堆積物、湖成堆積物、河成堆積物、扇状地堆積物などが広く分布するが、その下位にはポントス層群と呼ばれる後期中新世-前期更新世にかけての陸成堆積物が分布する。後期中新世-前期鮮新世の下部ポントス層群は盆地中央部では、砂・シルト・粘土・マールなどの湖成堆積物からなり最上部は河成礫層が見られるが、盆地縁辺部では河成の礫や砂などの粗粒堆積物からなる。最大層厚は約500mである。そのうえに不整合関係で後期鮮新世-前期更新世の上部ポントス層群がのる。主に河成の礫・砂などの粗粒堆積物からなる。最大層厚は約300mである。特に上部ポントス層群以降の堆積物の堆積相や分布は、少なくとも後期鮮新世以降現世にいたる盆地形成過程が盆地縁を画す断層の活動と密接な関係があることを示している(加藤, 1983)。

#### Erzincan Basin

本盆地は北アナトリア断層の最も活発なセグ



第1図 トルコの構造図及び pull-apart basin 位置図  
(Dewey and Sengor, 1979; Hancock and Barka, 1981; Hempton, 1982に加筆)

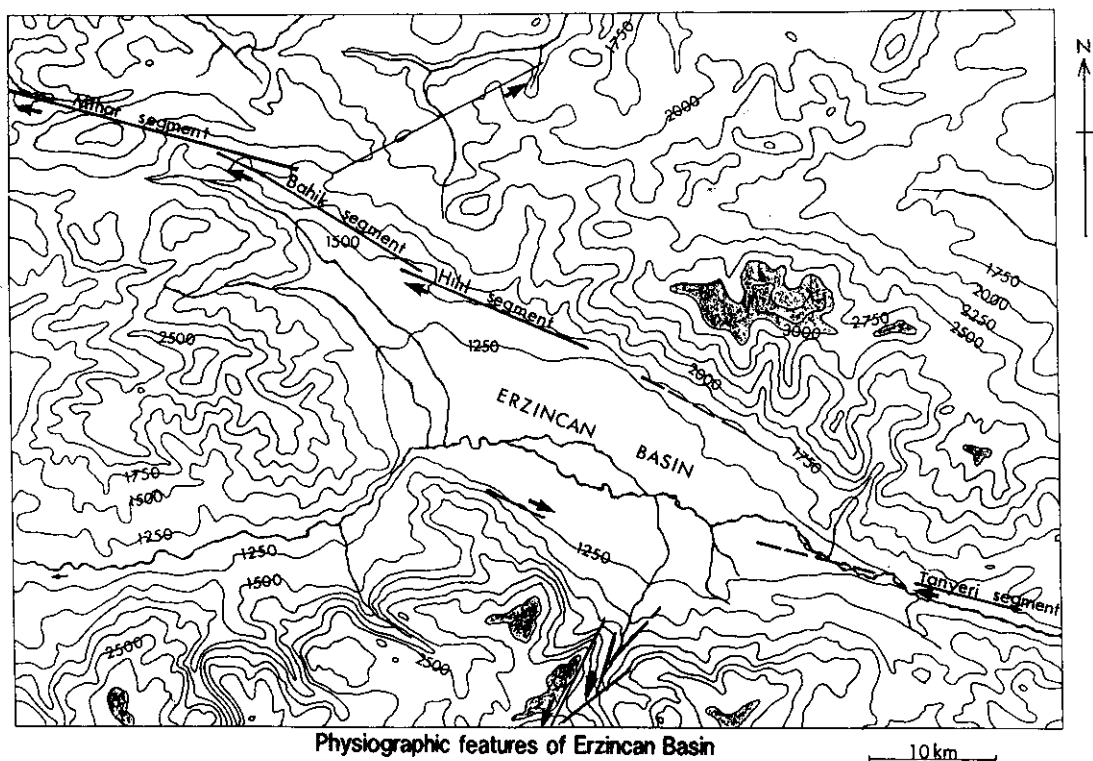
メントの1つに位置し、北西—南東方向に延び、長さ約50km、最大幅約15kmで、標高1,150-1,300mで周囲の山地頂部は2,500-3,400mなのでその比高は約1-2kmとなる(第2図)。

Hempton and Dunne (1983)によれば平面的には rhomboidalで50×13kmで、master faultsの overlapは約32kmで separationは13kmである。盆地周縁に分布する中新世及びそれ以前の基盤岩類は、盆地の延びの方向を規制する北アナトリア断層を含む断層群によって分布が支配されていないが、鮮新世以降の地層の分布は断層に規制されている。陸成の鮮新—更新世層は、主に礫岩からなり、後背地の岩質を反映してその礫種構成は著しく変化するが主にオフィオライト・メランジや白亜紀—初期中新世の石灰岩などからなり、いわゆるポンタス層群に相当する。一部薄い凝灰岩層からなり、礫層の基質が凝灰

質となることもある。盆地北西縁部では東西性のスラストによって基盤の蛇紋岩がこの礫層に衝上している。

盆地内に流入するユーフラテス川源流の1つであるFirat川による axial fluvial systemによって broad flood plain/salt marshが発達する。

盆地底を構成する沖積層は淘汰の悪い礫層を主とし、蛇紋岩礫が卓越し、閃緑岩、大理石、白亜紀—初期中新世の石灰岩及び第四紀火山岩類を含み、他にシルト・砂を挟む。北アナトリア断層周辺ではその活動に調和的な小断層群の発達が著しい。盆地北縁部は北アナトリア断層とそれに並走する副断層群が発達し、扇状地の発達も著しい(傾斜6°以上)。これらの断層上に第四紀火山岩類が発達する。各火山岩体は比較的良好にその外形を保持し、岩質は流紋岩質—



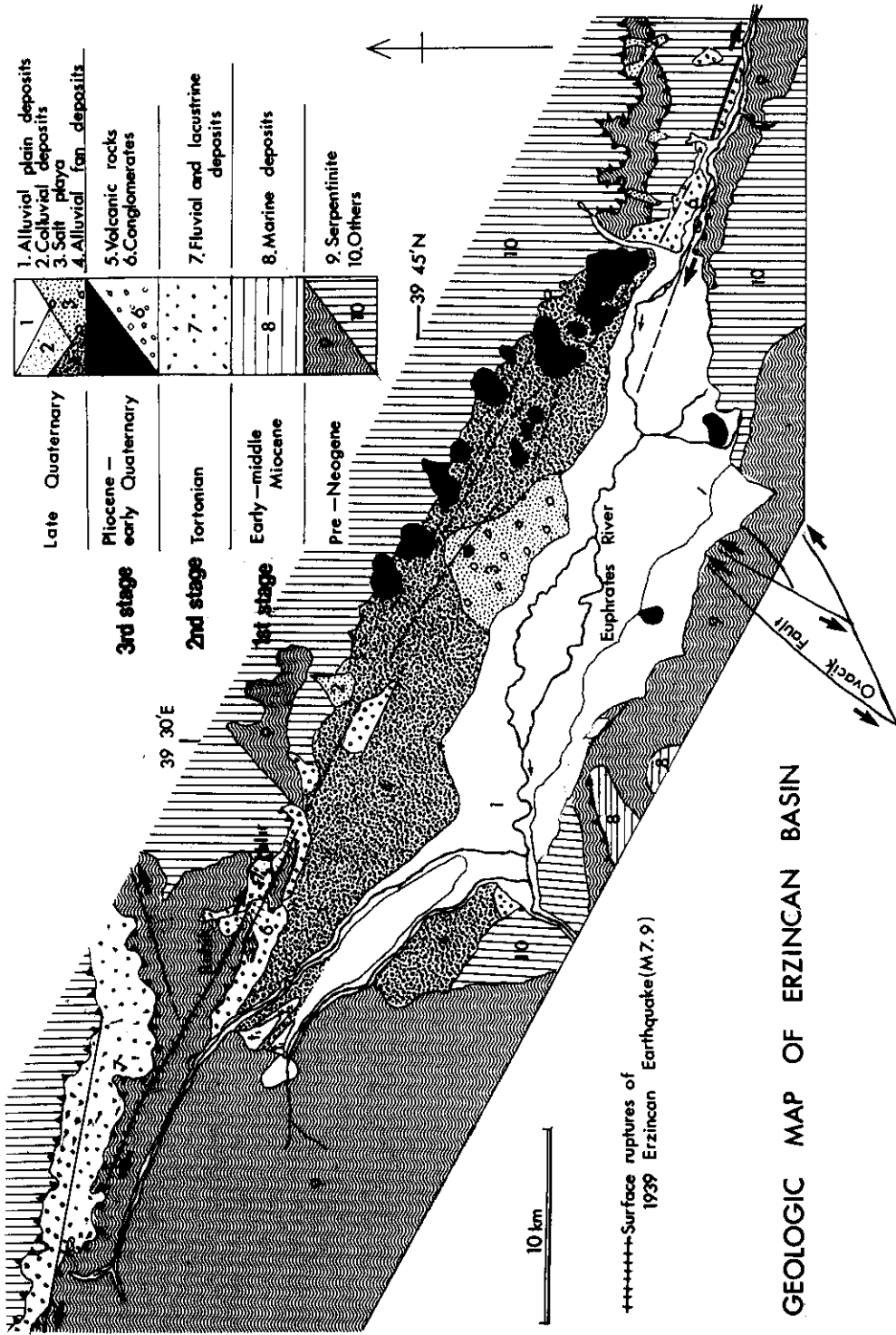
第2図 Erzincan Basin 地域の切峰面図

安山岩質で溶岩、凝灰岩及びその風化物からなる。また、北縁部には、salt playaの発達や mineral waterの湧出も見られる。盆地を埋積する被覆層の厚さは、ボーリングデータがないため正確には知られていない。

また、1939年には今世紀最大級のエルジンジャン地震(M7.9-8.0)が発生し、それ以降北アナトリア断層にそって大略西方にM7クラスの地震の震源が移動していることが知られている。少なくとも地震断層及びそれに関連する活断層セグメントは右横ずれで南側上がりの垂直成分を持っている。地震断層は全長300-350kmに達し、いくつかのセグメントに分岐し、さらに多重の雁行配列する小規模なセグメントから構成される(加藤, 1984)。master faultとしては北側のほうが明瞭活発である。南縁は3-4°の緩い傾斜を持つ沖積扇状地が発達し、断層セグメント上の火山も1つだけ分布する。

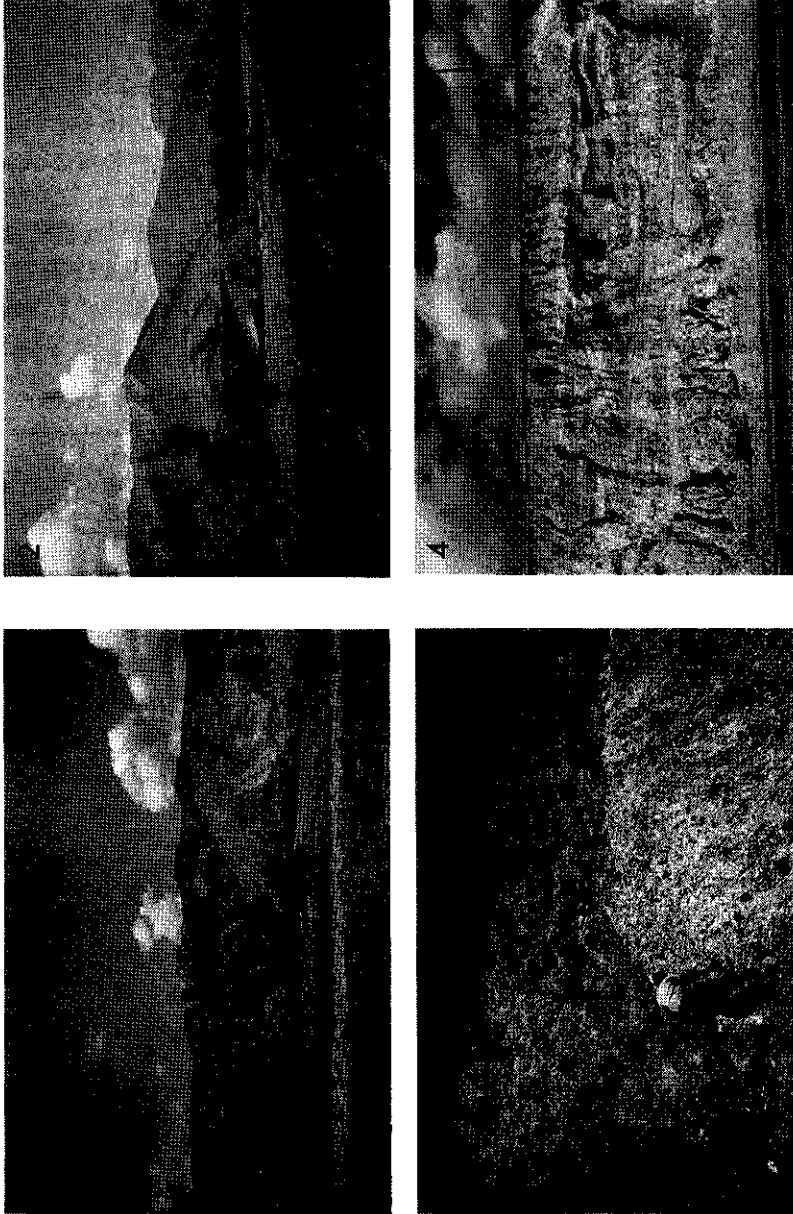
南東部にはトラバーチンの沈積が見られる(第3図及び第4図)。

Erzincan盆地の形成に関与する北アナトリア断層のセグメントは大きくわけて3つあり東から西にS<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>と称される(Barka and Gülen, 1989)。S<sub>1</sub>セグメントは長さ約75kmで、110°Eの走向を持ち、西端部は盆地内に入り地形的に不明瞭となる。右横ずれが卓越するが、丘陵部の変位から南側が30m程隆起していることが推定される。セグメント東端付近で1967年7月26日にM5.6の地震が発生したがこの発震機構も右横ずれを示す。S<sub>2</sub>セグメントは長さ約60kmで、125°Eの走向を持つ。盆地北縁を画すが、より小規模なセグメントの雁行配列からなる。1939年の地震断層も盆地内ではほぼこのセグメントに沿って生じた。震央はこのセグメント北西端付近と推定される。S<sub>1</sub>セグメントとは15°程度斜交し、約4km間隔をおいたright-



第3図 Erzinçan Basin 地域地質図(加藤, 1984(ニ加筆))

1. 沖積層, 2. 崩積堆積物, 3. 扇状地堆積物, 4. 第四紀火山岩類, 5. 鮮新-更新世層, 6. 鮮新世層, 7. 中新世層, 8. 先新第三紀層(蛇紋岩を除く), 9. 蛇紋岩類, 10. スラスト

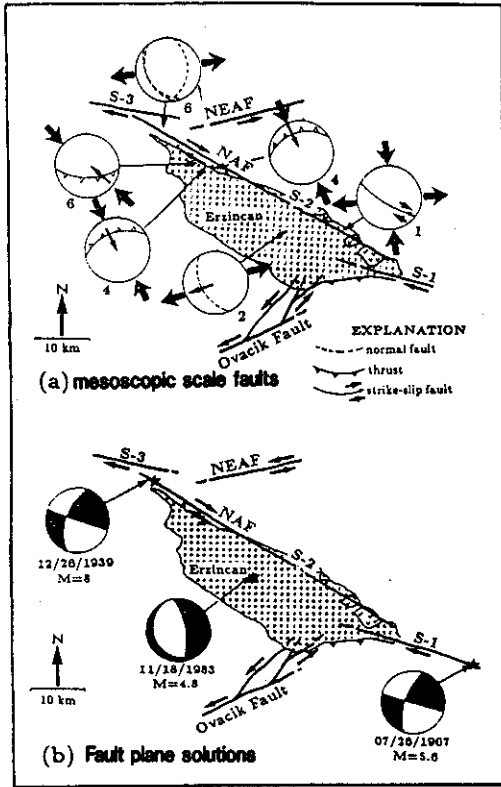


第4図 1：扇状地の発達する Erzincan Basin 北縁部  
2：北アナトリア断層及びそれに並走する断層上に分布する第四紀火山岩体(中央部手前の小丘)  
3：盆地北縁部で北アナトリア断層に切られる東西性のスラスト(鮮新-更新世上部ポインタス層群の礫岩上に(白亜紀?)放射岩が衝上する, Yalnızbag 東方)  
4：Susehri 東方のポインタス層群の陸成層

stepping 配置をなす。S<sub>3</sub>セグメントは盆地北西端から Susehri 盆地西方110km 地点まで続き、105°Eの走向を持つ。1939年の地震断層も Erzincan 盆地外ではこのセグメントに沿って生じた。S<sub>2</sub>セグメントとは20°程度斜交する。さらに、盆地南東部には北東-南西性(N60°E)のいくつかの分岐断層からなる左横ずれの Ovacik 断層が発達する。断層面は北西に急傾斜する(第5図)。

盆地発生の前段階として、鮮新世にとくに盆地北縁に見られる東西性のスラスト(第4図3)による変形が見られる。当時すでに凹所に礫層

**Interpretation of tectonic structures in the Erzincan Basin**

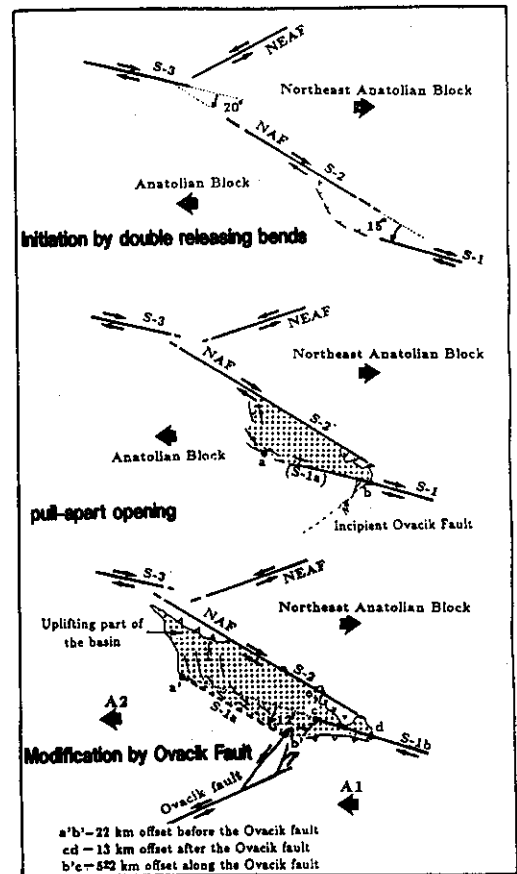


第5図 (a)Erzincan Basinの新第三紀-第四紀堆積物中の小断層解析による応力場の復元(北アナトリア断層に沿う NNW-SSE 方向の圧縮と ENE-WSW 方向の引張を示す)  
(b) Erzincan Basin 付近の地震の発震機構 (Barka and Gülen, 1989)

が堆積し、おもにアラビアプレートの北上に伴う南北圧縮下で、この礫層はスラストに切られる。このスラストは北アナトリア断層に切られており、それ以降は横ずれ断層が卓越し、Erzincan 地域は pull-apart basin 化していく。

盆地発生の第一段階は、S<sub>1</sub>セグメントと S<sub>2</sub>セグメントとの間すなわち現盆地東半部の形成である。この段階での北アナトリア断層の右横ずれ変位は 22 ± 3 km である。第二段階は Ovacik 断層の形成による盆地の拡大である。この段階での北アナトリア断層の右横ずれ変位は約 13km で、Ovacik 断層の左横ずれ変位は 5 ± 2 km である。Ovacik 断層の形成は 3-3.5Ma で

**Tectonic evolution stages of the Erzincan Basin**



第6図 Erzincan Basinの形成モデルの1例(Barka and Gülen, 1989)

0.15-0.25cm/yrの変位速度を示している (Barka and Toksöz, unpublished). そして、盆地北西部のS<sub>2</sub>セグメントとS<sub>3</sub>セグメントは restraining bendをなし、河岸段丘の形成や positive flower structureの存在などからも東アナトリア全域のアラビアプレートの北上に起因する南北圧縮がこの部分にも影響をおよぼしていることが推定される (Barka and Gülen, 1989) (第6図).

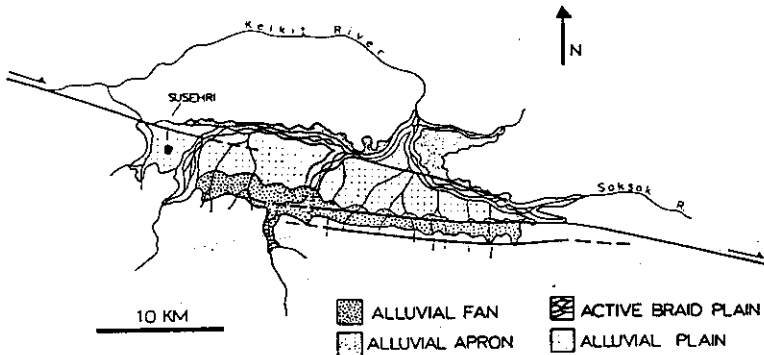
### Susehri Basin

ほぼ平行な正断層成分を持つ右横ずれ断層崖が特に盆地南縁辺部に発達し、階段状の急傾斜の fault terracesをなしている。overlapは23km, separationは6 kmである (Hempton et al., 1983). Allen (1969)は、elongated sag pondや断層崖が盆地東半部の平らな谷底を切ることを述べ、それらが1939年 Erzinczn地震時に形成されたとした。Hempton et al. (1983)は南側の master faultが Anatolian continental wedge (Hempton, 1982)の圧迫によって盆地内で緩くカーブを描いていることを示唆している。盆地内の河川の流域は先行性であり、幾つかの流れは盆地南部の山地から流入し、山地フロントを横切って盆地内を横切って北流し、盆地北縁近くで盆地軸方向に流れる河川に合流し、盆地から出ていく。盆地南縁部扇状地面の傾斜はやや急で(10-12°)、複合した沖積扇状地が発達する。北縁部は5-8°程度であるが、その西半分は

10°ぐらいありより明瞭である。盆地底は周囲の山頂部より1.2km低い。Susehri Basinの堆積物は盆地縁辺部の薄く互層する中一粗粒河成堆積物で土石流堆積物は含まない alluvial apron and fan sediments, 同様の層相を示し Kelkit Riverによって規制される北縁部西側の小扇状地堆積物、盆地中央部に広く分布し耕作されているため詳細は不明である沖積平地堆積物及び礫・砂シルトからなる active braided plainsの堆積物などに区分される (Hempton and Dunne, 1984) (第7図).

### Niksar Basin

right steppingする北アナトリア断層のセグメントを master faultとする lazy Z型の pull-apart basinである。master faultの overlapは少なくとも15km (Hempton and Dunne, 1984)から20km (Mann et al. 1983)ある。master faultは、盆地の縁よりも外側まで発達しており、明瞭で直線的な10°ぐらいの傾斜の断層崖をなしている。separationは12kmである。oblique faultは直接認められず、その部分の盆地縁は不規則で5°以下の緩傾斜の斜面で限られている。また、master faultにほぼ平行する断層によって多くの場所で切られている。第四紀の平地部は周囲の山地より1 kmほど低く、Kelkit川の流域が発達する。これは南側の master faultに沿って盆地東南端から流入し、盆地軸部に沿って蛇行しながら3 km幅の礫からなる



第7図 Susehri Basin 地域地質図 (Hempton and Dunne, 1984)

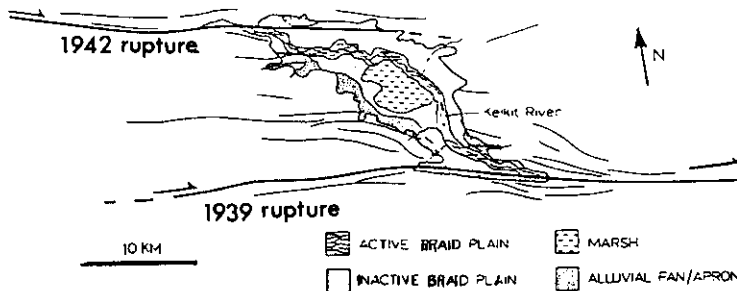
braid plain を作って流れ、盆地北西部から北側の master fault に沿って流出していく。この active braid plain の周囲の in-active braid plain は礫・砂・泥からなる。盆地東縁部の alluvial fan/apron は Kelkit 川によって浸食されているが西縁部のそれはやや発達が良い。また、盆地中央部には直径5kmの湿地があり隆起最低部を示している(Hempton and Dunne, 1984)(第8図)。

本盆地の南北両縁を画す東西性の master faults 沿いに今世紀に地震断層が発生している。即ち、南縁には1939年の Erzincan 地震断層(M7.9)、北縁には1942年の Erbaa-Niksar 地震断層(M7.0-7.3)である。いずれも南上がりの垂直成分を伴う右横ずれ断層で北アナトリア断層の一般的特徴と調和的である(加藤, 1984)。しかし、両断層の overlap 量は異常に大きく、master fault の発達が盆地の拡大より早かったことを意味する(Mann et al., 1983)。

### Hazar Lake Basin

Hazar Lake Basin が位置する東アナトリア断層は、トルコ東部 Karliova 東方で北アナトリア断層から見掛け上分岐し、南西に延び地中海沿岸付近に達する。全長約450-560kmである(第9図)。本断層は部分的には Altinli (1963), Ketin (1966, 1968), Allen (1969)等によって知られていたが、北半部の Karliova-Hazar Lake 間について東アナトリア断層と命名したのは、Arpat and Saroglu (1972)である。衛星

写真などからその全長が指摘されたのは Mckenzie(1972)によってである。その形成は中新世以降(Arpat and Saroglu, 1972)で、Sengor et al. (1985)によれば鮮新世から始まったとされる。累積左横ずれ変位量については、Arpat and Saroglu (1972)は Goynuk Valley で海成中新世層のずれから22km, Hazar 湖北東部の中生代堆積岩のずれから27kmを報告し、Seyman and Aydin(1972)は、玄武岩-変成岩境界のずれから15km, Hempton (1985)は Hazar 湖南西部中部始新世の Maden Melange の変位から21km, Muehlberger and Gordon (1987) は Space Shuttle の撮影写真からユーフラテス川が13kmずれていることを報告している。東アナトリア断層の南西方延長は Dead Sea Transform Fault に続くという説(Allen, 1969; Arpat and Saroglu, 1975; Muehlberger and Gordon, 1987)とアフリカプレートとの境界をなす Cyprus のスラストに続くとする説(Mckenzie, 1972)があるが前者が優勢である。東アナトリア断層は、5つのセグメントに区分され(Hempton et al., 1981; Muehlberger and Gordon, 1987), 1, 3, 及び5のセグメントが明瞭である。1のセグメントの活動に関連して、Bingöl 地震(1971.5.22, M6.7)が発生し、地震断層及び発震機構から左横ずれが卓越していることがわかっている(Arpat and Saroglu, 1972; Mckenzie, 1972)。Hazar Lake は3のセグメント上に位置し、このセグメントがさらに小区分され left-stepping している部分にある。その周囲の基盤は、おもに Upper Creta.-Paleocene の堆積岩類と部分的に時代未

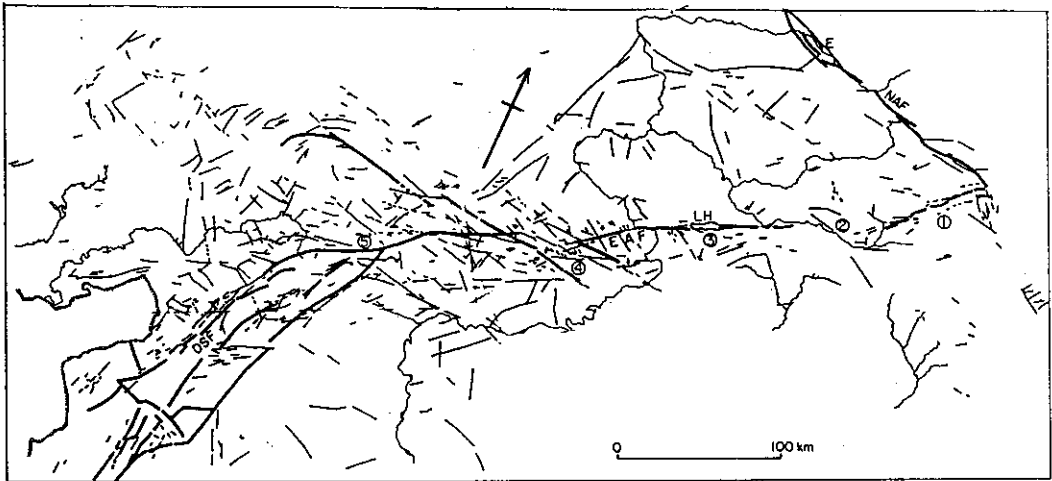


第8図 Niksar Basin 地域地質図(Hempton and Dunne, 1984に加筆)

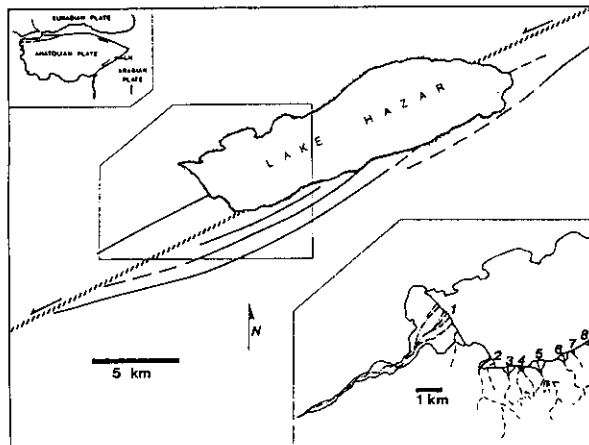


詳の basic intrusives からなる (Altinli, 1966). 平面的には rhomboidal で  $25 \times 7$  km の大きさだが, 断面では非対称な半地溝状をなし, 南側が深くなっている. master faults の overlap は約 5 km で separation は 3 km である. 盆地軸方向に流入する axial fluvial system による河成及び湖成堆積物からなる比較的大規模 (5.1 km) で緩傾斜 ( $1.1^\circ$ ) の fan delta が発達し, 盆地を横ぎって流入する lateral fluvial system によって

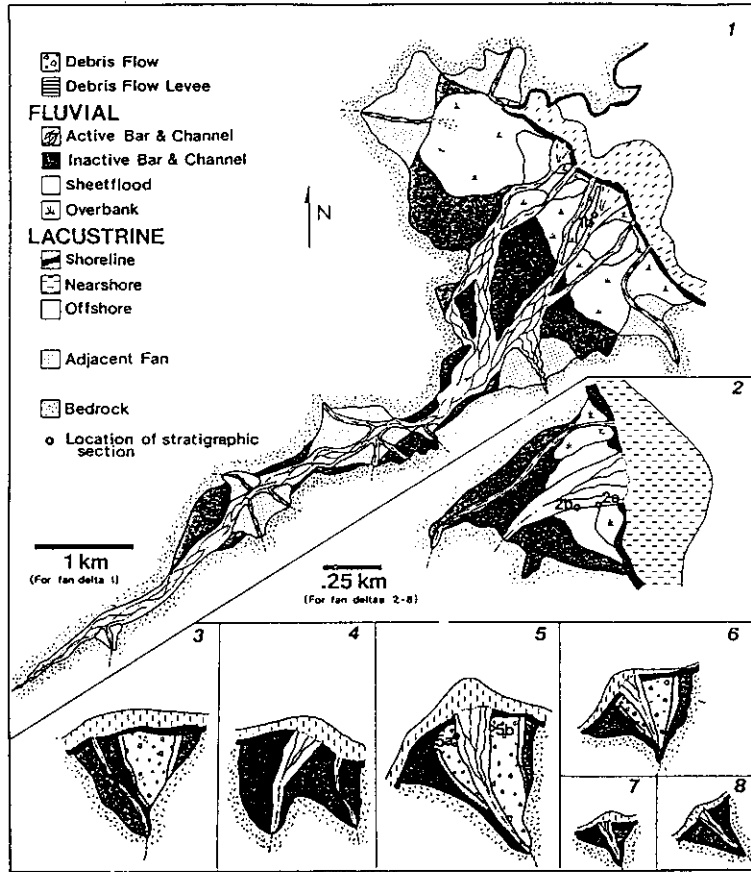
河成及び土石流堆積物からなる小規模 (0.03-0.23 km) で急傾斜 ( $2.5^\circ - 8.5^\circ$ ) な fan delta が発達する (Hempton and Dunne, 1983) (第10・11図). Dewey and Pindell (1985) によれば, Erzincan Basin の引張歪速度は  $10^{-13}/s$  であるのに対して Hazar Lake Basin では  $3.6 \times 10^{-15}/s$  であり, このことが前者でのみ火山活動を伴う原因であるとしている.



第9図 東アナトリア断層及び周辺のリニアメント (Muehlberger and Gordon, 1987)  
 DSF: Dead Sea Fault, E: Erzincan, EAF: East Anatolian Fault, LH: Lake Hazar,  
 NAF: North Anatolian Fault, ①-⑤: 東アナトリア断層セグメント番号



第10図 Hazar Lake 周辺の断層及び fan delta 分布図 (Hempton et al., 1983)



第11図 Hazar Lake 西部の堆積状況(Hempton et al., 1983)

その他の pull-apart basin

この他詳しくは知られていないが、北及び東アナトリア断層沿いにはいくつかの pull-apart basin がある。東アナトリア断層南西端部に位置する Adana Basin も pull-apart basin と見なされている(Dewey and Pindell, 1985)が詳しい記載は知られていない。長さ200km 幅100km 近い規模を持つ。北アナトリア断層の Erzincan 以東については従来よく知られていなかったが、最近の研究の結果(例えば Barka and Toksöz, unpublished)や写真判読によれば、やはり他の地域と同様幾つかの右横ずれ変位を示すセグメント群からなる。とくに Erzincan の東約 70km 位置する Yedish 付近では 2つのセグメン

トが right stepping 配列しその間は約2.5km 幅の pull-apart basin (Yedish Basin)を形成している。この南側のセグメントの東半分は 1949.8.17地震(M6.7-7)が発生した地震断層の一部が生じた。北側のセグメントは長さ約 28km で、1967.7.26の Pulumur 地震(M5.6-6.2)に伴う地震断層が生じた。この断層の長さは 4 km で右横ずれ変位量は20cmであった。

文献

Allen, C.R., 1969: Active faulting in northern Turkey. Contribution no. 1577 Division of Geol. Science California Inst. Technology, U.S.A., 1-32.

- Altinli, 1966: Geology of eastern and southeastern Anatolia (part II). Bull. Min. Res. Exp. Inst. Turkey, v.67, 1-22.
- Arpat, E. and Saroglu, F., 1972: The East Anatolian Fault System: thoughts on its development. Bull. Min. Res. Exp. Inst. Turkey, v.78, 33-39.
- Barka, A.A. and Gülen, L., 1989: Complex evolution of the Erzincan Basin (eastern Turkey). Jour. Struct. Geology, v.11, 275-283.
- Dewey, J.F. and Pindell, J.L., 1985: Neogene block tectonics of eastern Turkey and northern South America: Continental application of the finite difference method. Tectonics, v.4, 71-83.
- Hempton, M. R., 1982: The North Anatolian Fault and complexities of continental escape. Jour. Struct. Geology, v.4, 502-504.
- 1985: Structure and deformation history of the Bitlis suture near Lake Hazar, southeastern Turkey. Bull. Geol. Soc. Am., v.96, 233-243.
- , Dewey, J.F. and Saroglu, F., 1981: The East Anatolian transform fault: along strike variations in geometry and behavior. (abstract). EDOS, v.62, 393.
- and Dunne, L.A., 1984: Sedimentation in pull-apart basins: Active examples in eastern Turkey. Jour. Geology, v.92, 513-530.
- 加藤 碩一, 1983: トルコの地震と地震断層について. 構造地質, no.29, 113-124.
- , 1984: 北アナトリア断層(トルコ)東部地域の地震断層について. 地学雑誌, v.93, 77-93.
- Kettin, I., 1966: Tectonic units of Anatolia (Asia Minor). Bull. Min. Res. Exp. Inst. Turkey, v.66, 23-34.
- , 1968: Relations between general tectonic features and the main earthquake regions of Turkey. Bull. Min. Res. Exp. Inst. Turkey, v.71, 63-67.
- Mann, P., Hempton, M.R., Bradley, D.C. and Burke, K., 1983: Development of pull-apart basins. Jour. Geology, v.91, 529-554.
- Mckenzie, D., 1972: Active tectonics of the Mediterranean region. Geophys. J.R. Astron. Soc. v.30, 109-185.
- Muehlberger, W.R. and Gordon, M.B., 1987: Observations on the complexity of the East Anatolian Fault, Turkey. Jour. Struct. Geology, v.9, 899-903.
- Sengör, A.M.C., Görür, N. and Saroglu, F., 1985: Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. in Biddle, K.T. and Christie-Blick, N. eds., Strike Slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation: Soc. Economic Paleont. Mineral. Spec. Pub., no.37, 227-265.
- Seyman, I. and Aydin, A., 1972: The Bingöl earthquake fault and its relation to the North Anatolian Fault Zone. Bull. Min. Res. Exp. Inst. Turkey, v.79, 1-83.