

エルジンジャン盆地の北アナトリア断層

奥村晃史¹⁾・吉岡敏和²⁾・İsmail Kuşçu³⁾

1. はじめに

1992年3月13日午後7時18分(トルコ標準時=GMT+2時間), トルコ東部・エルジンジャン盆地の地下28 kmを震源とするマグニチュード(Ms) 6.8の地震が発生した。この地震による人的被害は, エルジンジャン市(人口約10万人)を中心とする地域で死者652人, 負傷者約2,800人にのぼった。これら死傷者のほとんどは建造物の崩壊によるもので, エルジンジャン市街地では, 161棟の鉄筋コンクリートビルディングの40%が完全に崩壊し, 24%が修復不可能な被害を被った。致命的な崩壊の多くは, 柱と壁の破壊によって支持を失った天井が床に密着する形の, いわゆるパンケーキ状の崩壊(写真1)や建物の原形を全くとどめない倒壊によって引き起こされた[地震の概要と被害統計は Erdik(1992)と文部省災害研究班(1992)にもとづく]。

世界でも有数の地震国の一つであるトルコでは, 数年に1度の割合でマグニチュード7前後の内陸直下型地震が発生しており, 今回のエルジンジャン地震は地震の規模・被害ともに特に大きいものではなかった。しかし, 1950年代以降の地震が比較的人口密度の低い農村地域で発生してきたのに対して, エルジンジャン地震はトルコ東部の主要都市の一つに壊滅的な被害が集中した点, また地震防災に対する国際的な関心が高まっている時期に発生した点から注目を集めた。

トルコ鉱物資源調査開発総局(MTA; 以下この略称を用いる)は地震発生直後から活断層の専門家を現地へ派遣して, 地盤災害の状況や地震断層による地表変位の調査に着手し, この地震の地質学的側面の解明に努めた。緊急調査の結果, 沖積低地の一部に液状化が発生したこと, 地表に断層変位は現わ

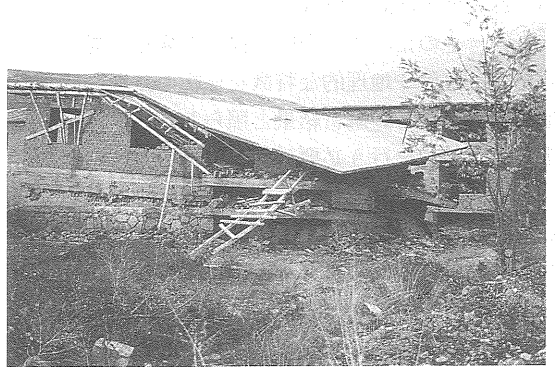


写真1 パンケーキ状に崩壊した家屋
この建物は地震発生当時建築中であった。崩壊を免れた後方の建物と比較すると1階部分の壁が完全に破壊され床と天井が接していることがわかる。

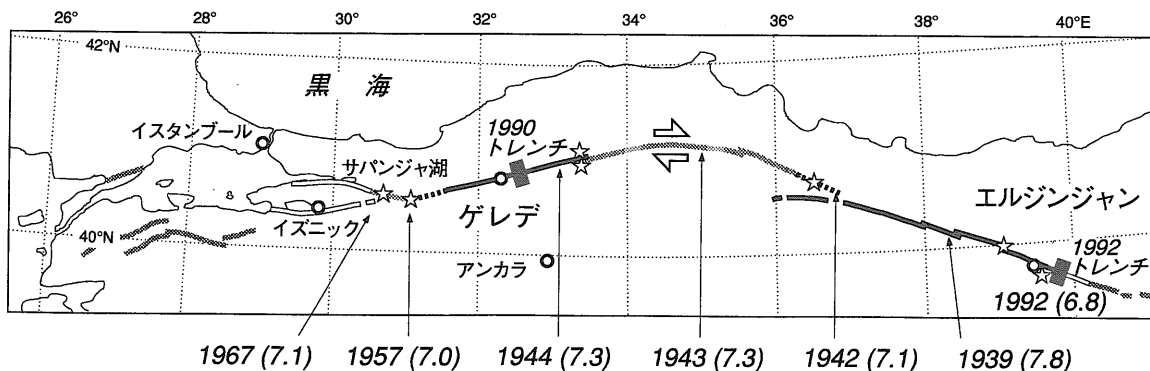
れなかったことが明らかになった。しかし, 今後の地震活動の予測に必要なエルジンジャン盆地における北アナトリア断層の活動度や, 過去の大地震の発生時期については, ほとんど不明のままであった。

MTAは, 1988~1991年度に引き続き, 1992年度も活断層研究のための国際協力事業団短期専門家の派遣を要請しており, 地質調査所からの派遣が予定されていた。3月のエルジンジャン地震を重く見たMTAは, エルジンジャン地域の北アナトリア断層における長期的地震予知のための技術指導を1992年度派遣のテーマとするよう提案した。

筆者らは, 1989年度以来北アナトリア断層の西端から始めて東に移動する形で, 古地震に関する地形・地質の精査を続けてきたが, 1991年度までに調査を行った地域は1942・1943年地震断層地域までであった(第1図, 第1表)。その東方, 1939年地震断層やエルジンジャン地域では, 1939年の地表変位に関する断片的な記録以外に古地震の解明に

1) 地質調査所 環境地質部
2) 地質調査所 地質部
3) トルコ鉱物資源調査開発総局(MTA)

キーワード: トルコ, 北アナトリア断層, エルジンジャン, 活断層, 古地震, トレンチ調査



第1図 北アナトリア断層帯と今世紀の主要な地震

断層線のパターンの違いは異なる地震に対応する地表断層を示す。白抜きの断層線は今世紀に地震を発生させていないセグメントである。断層のトレースと震央(星印), マグニチュード(Ms)は Ambraseys (1988)に基づく。

第1表

北アナトリア断層から発生した主な地震

1) Ambraseys and Finkel (1988), 2) Erdik and Işıkara (1992), 3) 文部省災害研究班(1992).

これら以外のマグニチュード・断層・変位に関するデータは Ambraseys (1988), 死者数は宇津(1987)に基づく。

年月日	名称	Ms	断層長 (km)	最大変位 (cm)	平均変位 (cm)	死者 [注] (人)
1668 8 17	(東経 33 -- 38 度)	7.8-8.0	400	—	—	>8,000 ¹⁾
1784 7 23	(エルジンジャン—エルズルム)	—	—	—	—	10,000 ²⁾

1939 12 26	エルジンジャン	7.8	350	420	185	3-40,000
1942 12 20	エルバーニクサル	7.1	47	200	66	1-3,000
1943 11 26	ウルガズ—ラディク	7.3	265	150	—	4-5,000
1944 2 1	ボル—ゲレデ	7.3	175	350	180	3-5,000
1949 8 17	エルマルデレ	6.9	38	160	90	?
1951 8 13	ゲレデ—ウルガズ	6.9	62	50	—	?
1953 3 18	イエニジェ	7.2	58	435	210	1,100
1957 5 26	アバント	7.0	40	165	55	?
1964 10 6	マニアス	6.9	40	—	—	?
1966 8 19	ヴァルト	6.8	30	40	15	2-3,000
1967 7 22	ムドウルヌ	7.1	80	260	90	?
1992 3 13	エルジンジャン	6.8	60 ²⁾	—	—	652 ³⁾

つながる地形・地質の情報はほとんど存在していなかった。1992年の地震をきっかけにこの地域の精密な調査に着手することは筆者らの研究の進展とも調和していた。

1992年9月末から12月初めの派遣ではMTAやエルジンジャン県当局の理解と協力を得て、実り多い調査・研究を行うことができた。本稿では北アナトリア断層とエルジンジャン地域の地震, 研究協力の経緯を紹介し, あわせて今回の調査の成果の一端を報告する。

2. 北アナトリア断層とトルコの地震災害

北アナトリア断層は, トルコ北部を1000 km 以

上にわたって東西に走る右横ずれ型のプレート境界断層で, カリフォルニアのサンアンドレアス断層とならんで, 地球上で最も顕著な陸上活断層の一つである。今世紀の半ば, 1939年から1967年にかけて, 北アナトリア断層上で震源の系統的な西への移動を伴うマグニチュード7クラスの大地震が相次いで発生した(第1図, 第1表)。この一連の地震は, 1939年の地震を契機に断層の破壊が逐次西へ及んだものと考えられ(たとえば茂木, 1981), 長大な断層帯の破壊過程を示す例と考えられている。

北アナトリア断層を震源とする地震の発生状況をもう少し詳しくみると(第1図), 今世紀の活動は3つの‘巨大’地震[1939年(断層長350 km), 1943年(同265 km), 1944年(同175 km)]と断層長100

km以下の‘大’地震とに区別できる。東から西へ破壊が進む形で起こった3つの‘巨大’地震セグメントの末端付近で‘大’地震が発生しているが、‘大’地震の発生する場所と時間は‘巨大’地震に較べてやや不規則のように見える。

ところで、これらの地震ではエルジンジャンからサパンジャ湖までの間の北アナトリア断層がほぼ隙間なく破壊されたが、エルジンジャン東方(東経 $39^{\circ}45' \sim 40^{\circ}20'$; Ambraseys, 1988によるおよその値)と西端に近いイズニック周辺(東経 $29^{\circ}10' \sim 30^{\circ}30'$)では20世紀に地表の断層変位を伴う地震が発生しておらず、地震空白域とみなされている(Toksöz et al., 1979)。特にイズニック周辺の空白域(イズニック-メケジェ断層)はトルコ最大の都市イスタンブールに近いこともあって、地震予知のための種々の調査が行われている。一方、エルジンジャン東方の地震空白域は最近Barka(1992)によって1784年以降活動していないことが指摘されている。

これまで北アナトリア断層で行われてきた研究は、地球物理学・測地学の立場からの現在または数十年以下のごく近い過去に関するものと、構造地質学の立場からの過去数百万年の間の累積変位量の議論が主流をなしてきた。半面、過去数百年～数千年の間について、どこで大地震が発生したかを明らかにする古地震の研究はあまり活発ではなかった。そのため、このような空白域が指摘されても、将来の地震の予測に直接役立つ最近の地震時系列や単位変位量・平均変位速度などのパラメーターはほとんど未知のままであった。

史料に基づく古地震の研究はAmbraseys (1970, 1975), Ambraseys and Finkel (1988)によって進められており、ローマ時代以降について地震活動の活発な時期と地域が特定されている。しかし、これまでに活動時期と震源断層の範囲が特定されたイベントは1668年の地震一つだけである(第1表; Ambraseys and Finkel, 1988)。一方、地形・地質に基づく変位速度の推定やトレンチ発掘調査はこれまで日本の2つのグループがリードする形で実施されてきた。その一つは東京工業大学の本蔵教授を中心とするグループで、イスタンブール大学・ボアジチ大学とともにイズニック-メケジェ断層周辺の変動地形調査(Sipahioglu and Matsuda, 1986; Ikeda et

al. 1991a)やトルコで初めてのトレンチ発掘調査(Honkura and Işıkara, 1991; Ikeda, et al., 1991b)を実施した。もう一つのグループは地質調査所とMTAの共同研究グループである。

3. これまでの研究協力

地質調査所とMTAは1982年度以来、活構造と地震予知に関する研究協力を継続してきた。1982～1984年度、1985年度～1987年度には工業技術院の国際産業技術研究計画(ITITプロジェクト)の一環として、『地震断層・活断層及び地震予知に関する研究』・『第四紀地殻変動及び地震予知に関する研究』が実施された。このITITプロジェクトではMTAからのべ7名が1～2ヵ月間地質調査所に滞在して研修・野外調査を行うとともに、地質調査所からはのべ7名がそれぞれ1ヵ月間トルコに滞在して北アナトリア断層を主な対象としてMTAと共同で野外調査を実施した。この6年間は、それぞれ1ヵ月という短い滞在期間に制約されて、日本で行っているような密度の高い第四系・活構造研究をトルコで行うことはできなかった。しかし、地質調査所の研究者にとって北アナトリア断層全域の概要を把握できたことは大きな成果の一つであった。同時にトルコ側研究者も、日本の活構造や地質学と地質学の接点を学び活断層研究をトルコで実施する糸口を開いた。

1988年度から、地質調査所のMTAに対する技術協力は国際協力事業団の専門家派遣事業に引き継がれた。この事業では、毎年1～2名の日本側研究者が2～3ヵ月間トルコに滞在し、地質学的方法による活断層調査手法の指導やMTAでの研究計画に対するアドバイスをを行い、古地震・活断層研究の技術をトルコに移転することを目標としている。活断層調査手法の指導では、共同でフィールド調査を行い北アナトリア断層の未解決の課題を実際に解明する作業を通じ、我々が日本で蓄積してきた技術を伝える方針をとっている。

国際協力事業団の専門家派遣事業では、まず1989年3月～5月に奥村が1944年震源断層地域の精査(1万分の1空中写真判読・2万5千分の1ストリップマップ作成・地形地質調査)を行った。翌1990年3月～5月には奥村・吉岡が1944年震源断

層上のゲレデ東方でトレンチ発掘調査を行った(第1図; 奥村ほか, 1990; 吉岡ほか, 1991). 1991年10月~12月には吉岡が1942年・1943年地震断層地域の精査を行った.

1944年地震断層・ゲレデ東方のトレンチからは過去2000年間に発生した8つの地震の痕跡が検出され, 地震の平均再来間隔は220年~280年と推定された. また, トレンチ周辺の横ずれ地形から, 過去1000~2000年間の平均変位速度は1.5~2 cm/年, 1回の地震サイクルの単位変位量は約4 mと見積られた(吉岡ほか, 1991). このトレンチでは地震に伴う地表変位が明瞭に記録され多数のイベントの層位が確定できた. さらに炭素同位体年代をもとに複数の地震発生時期を推定することができ, 北アナトリア断層の活動史についての基礎的な情報をもたらした最初のトレンチであった. そして, 1992年の派遣にあたっては, 1990年のような成果を, 再び未知のエルジンジャンで収めることが期待されていた.

4. エルジンジャンにおける被害地震

エルジンジャンの名前は1992年の地震以上に, 1939年12月26日(GMT23:57, トルコ標準時では12月27日01:57)のマグニチュード(Ms)7.8, 今世紀トルコを襲った最大の地震によって人々に記憶されている. 1939年エルジンジャン地震ではエルジンジャン盆地東端付近から西へ350 kmの区間の北アナトリア断層に最大3.7 m(Ketin, 1969)あるいは7.5 m(Koçyigit, 1989)の右横ずれ地表変位が発生した. 地震による死者は3~4万人にもものぼった(Ambraseys, 1988; 宇津, 1987). この地震で当時のエルジンジャン市街は完全に破壊されて放棄され, それまで鉄道の南側にあった市街地は, 鉄道の北側に再建された. 現存するエルジンジャン駅の建物は地震による倒潰を免れたが, 市街の移動の結果, 現在の市街からは線路を挟んだ反対側で無人の野原に面して建っている.

1992年のエルジンジャン地震が発生した際, 北アナトリア断層に関心をもつ研究者の多くは, とっさに北アナトリア断層が再び活動したものと判断したに違いない. しかし, 事態が明らかになるにつれ, この地震の震源断層は活断層として地表を切っ

ている(厳密な意味での)北アナトリア断層ではないらしいことが判明した. その根拠の一つは, 地表に系統的・連続的な断層変位が見られないことである. 液状化にともなる地割れや, 沖積低地と丘陵の境界に沿う不連続な雁行割れ目は発生したが, 後述する北アナトリア断層のトレース上に断層変位は見られなかった. また, 震央の位置(第2図)も北アナトリア断層とは一致せず, 震源断層面を示す余震域の広がりには北アナトリア断層の地表トレースの走行N70°Wと約30°斜交するN40°W方向に長軸もっている(Erdik and Işıkkara, 1992). この余震域のデータからみて, 1992年の地震は北アナトリア断層に斜交する(あるいは北アナトリア断層から派生する)伏在断層を震源として発生したものと考えることができる. したがって, この地震は1939年の震源断層の一部の再活動を示すものではなく, またエルジンジャン盆地東方の地震空白域の活動を示すものでもない.

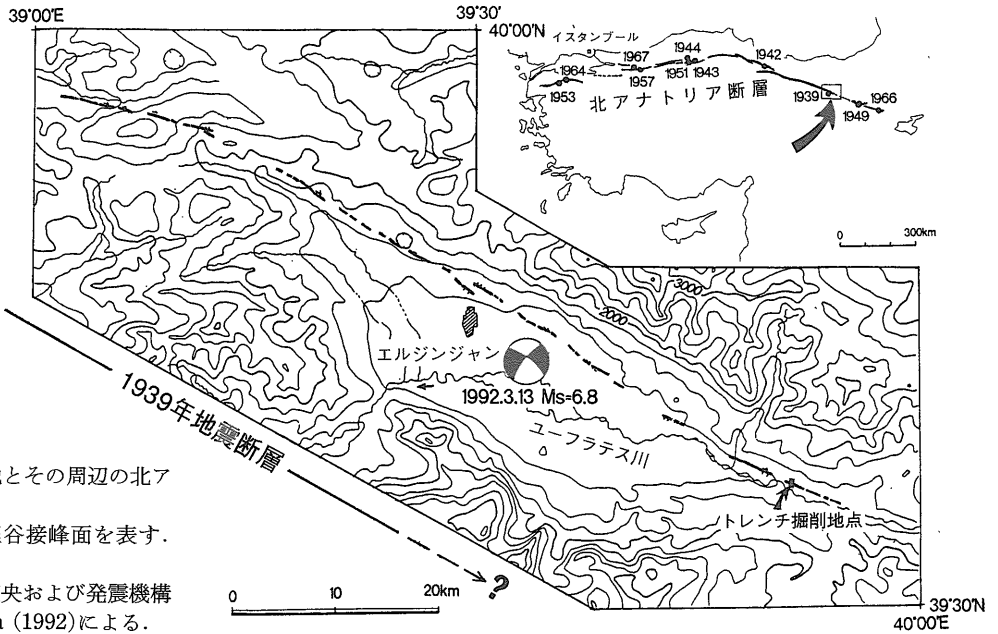
先に触れたBarka(1992)の地震空白域の指摘が正しいと仮定して1990年トレンチから得られた220~280年の平均再来間隔を外挿すると, 1784年の最終イベント以来の経過時間は平均再来間隔の75~95%に達する. エルジンジャン盆地が近い将来再びマグニチュード7クラスの大地震に襲われるか否かは, ようやく緒についたばかりのエルジンジャン市街中心地の復興にとっても重要な問題である.

この地震空白域の長さは約75 kmで, 先の分類では1939年の「巨大」地震の震源域末端で発生する「大」地震と言える. 予想される地震の規模・被害地域の広がりとも1939年地震よりはるかに小さいが, ここでマグニチュード7クラスの地震が発生した場合, エルジンジャンでの被害は1992年以上となる.

5. エルジンジャン盆地の北アナトリア断層

今回の派遣では, まずエルジンジャン盆地の活断層を正確に記載し, 可能であれば1939年地震断層あるいは東方の地震空白域でトレンチ発掘調査を行うことを目的とした.

北アナトリア断層は右横ずれの変位成分が卓越し縦ずれをほとんど伴わないために, 断層運動は一般



第2図
エルジンジャン盆地とその周辺の北ア
ナトリア断層
等高線は1 km の埋谷接峰面を表す。
間隔は250 m。
1992. 3. 13地震の震央および発震機構
は Erdik and Işıkara (1992)による。

に大きな地形の起伏を作らない。所によって断層に沿う顕著な構造的な長丘や線上凹地の発達もみられるが、10 m～100 m オーダー以上の比高をもつ‘見栄えのする’断層変位地形から最近の地震活動についての情報を読み取ることはほとんど不可能である。最近の2～3回の地震が地表に残す痕跡は、多くて10～20 mの横ずれと通常1 m以下の起伏である。このため、いかに小さくとも新鮮で鋭い断層の切り口を保存する地形を見落とさないよう写真判読と現地調査を進めることとなる。

エルジンジャン盆地をとりまく山地・丘陵にはほとんど森林がなく、斜面では侵食が活発な模様である。それを裏付けるように盆地床と山地・丘陵の境界には植生の全くない現成の合流扇状地が見事に発達している。空中写真から判読した北アナトリア断層のトレース(第2図)はエルジンジャン市街の北北西、図中1500 mの等高線との交点付近で丘陵斜面から盆地床へ入る。断層はこの地点より西で盆地縁斜面の頂部付近を、東では盆地縁から1～5 km内側の沖積低地を走り、大地形の地形境界と一致することはない。ただ、エルジンジャン市街北方の左ステップオーバーの地点では、盆地内に形成された比高数十mの構造的とみられる丘陵の基部を通過している。

この丘陵から東で断層トレースは現成の扇状地を

次々と横切るため非常に不鮮明・不連続となるが、扇状地に点在する第四紀火山岩からなる残丘の影や低湿地など激しい侵食・堆積の影響を受けない場所には部分的に明瞭な断層変位地形を認めることができる。

さらに東へ行くと、断層がユーフラテス川に近づく、断層地形は再び明瞭となる。第1図のトレンチ掘削地点東方約5 kmの地点では、3段に発達するユーフラテス川の河岸段丘に右横ずれ変位の累積が認められる(口絵写真)。

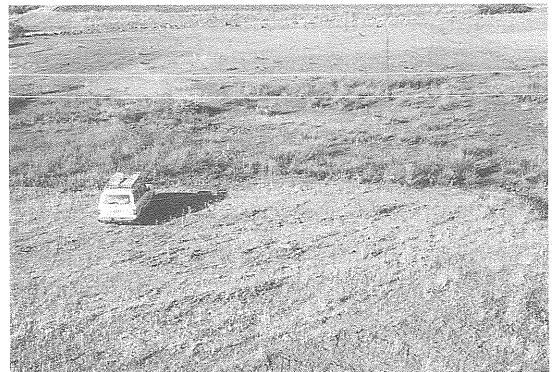


写真2 トレンチ掘削前の地形を南側から望む
断層は写真中央を直線状に横切っており、その手前側(白っぽい部分)がやや高くなっている。断層を挟んで反対側には断層でせき止められてきた湿地が広がる。

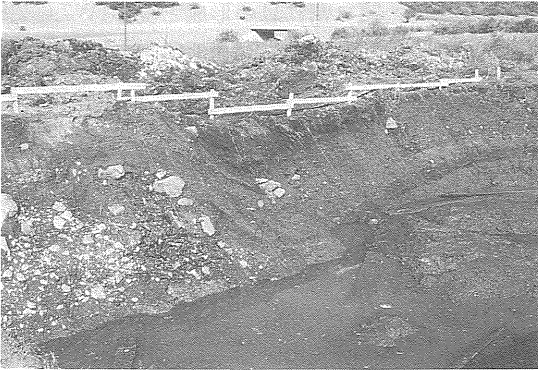
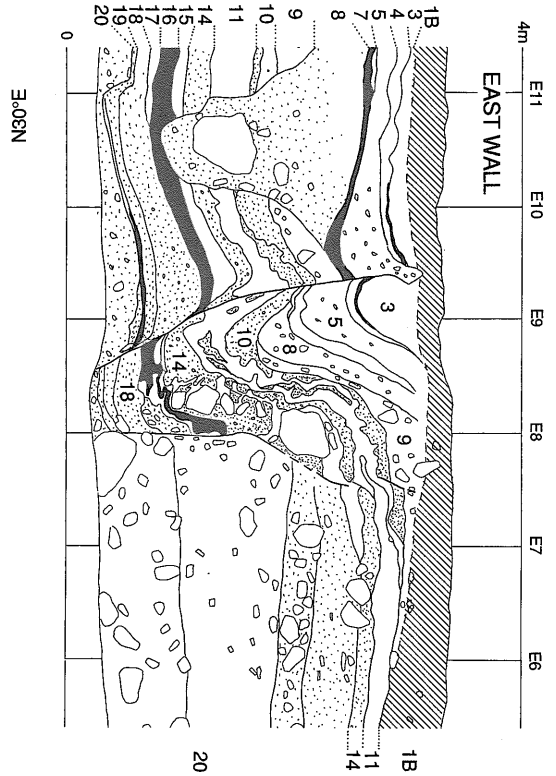
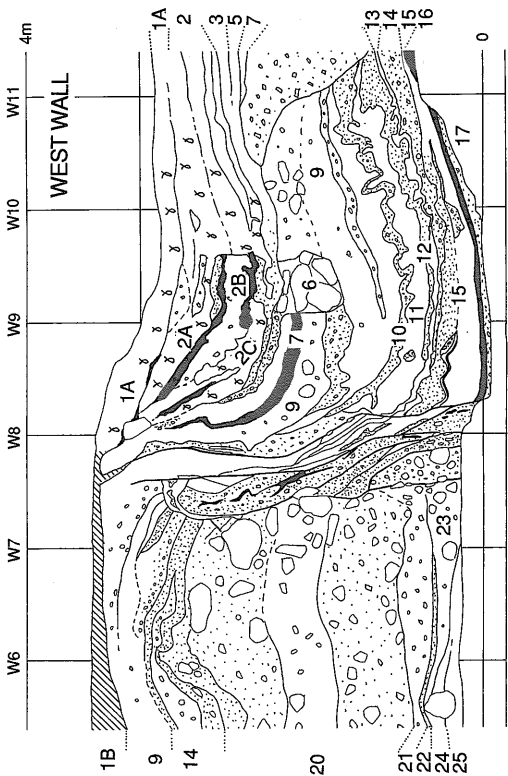


写真3 トレンチ西側壁面
写真中央やや左が断層帯。右側の腐植層が断層帯に向かってたわみ下がったあと、引きずり上げられている。



写真4 トレンチ東側壁面
写真中央の断層帯で下部の腐植層が地溝状に変形し、そこに断層崖から崩れ落ちたとみられる礫が挟まれている。



第3図 トレンチ壁面主要部のスケッチ

方位は上が北で、東西壁面を両側に展開した状態で示す。壁面の傾斜は約40°。数字は各堆積物ユニット。なお1~9ユニットの東西壁面間の対比は確定していない。

写真判読から、盆地とその周辺の北アナトリア断層は1 km以下の小規模なステップオーバーを交えるものの大局的に一本の連続したトレースであることが判り、現地調査でも確認された。また、エルジンジャン盆地には、この一本の断層以外に明瞭な活

断層を認めることはできなかった。

この断層トレースはKetin(1969)が図示した1939年地震断層のトレースとほぼ一致するように見える。反面Barka and Gülen (1989)がブルアパート盆地形成モデルの根拠としたような、盆地の東

西で10 km 近く右にステップオーバーする3つの直線的なセグメント(走向が東から西へN70°W, N55°W, N75°Wと変化する)を認めることはできない。空中写真から見いだすことのできた断層トレースは、おそらく最近数千年以内のごく新しい時代の活動的なトレースであり、盆地を形成した断層運動の様式が現在とは異なるものであったことは十分に考えられる。しかし、盆地形成時と現在の間断層活動の変化を考えるのであれば、活断層としての北アナトリア断層の右横ずれ運動から盆地形成を論ずることはできず、エルジンジャン盆地をブルアパート盆地と考えるための積極的な証拠を活断層に求めることはできない。

6. トレンチ発掘調査

今回の派遣の主要な目的の一つであるトレンチ発掘調査はエルジンジャン東方約30 kmのサルカヤにおいて実現することができた(第1図; 39°36'21"N, 39°51'23"E)。掘削地点は1939年地震断層の東端付近に位置しており、1939年に地表変位が現われたか否かは不明である。この地点が1939年のセグメントに属するかそれとも1784年以来活動のない地震空白域に属するかを明らかにすること、そしていずれの場合でも過去の地震発生時期を特定することにより、北アナトリア断層の活動史を知るうえでの重要な資料を得ることができる。

調査地点は緩やかに南へ傾斜する扇状地の末端近くで、断層はこの面に見かけ上北側低下の変位を与え、低下側に細粒堆積物が連続的にトラップされてきた(写真2, 3)。低下側の堆積物は成層した細粒堆積物を主体として砂礫・腐植・泥炭層が挟まれ、断層変位が明瞭に観察される。これらの堆積物と隆起側の砂礫を主体とする堆積物との間の幅約1 mの断層帯で活動が繰り返されてきた。北側の堆積物は大局的にみて南側に引きずりあげられるような変形を受けているが、西側壁面では激しい引き伸ばしとシアアが、東側壁面では地溝状の変形が顕著である(口絵写真および写真3, 4, 第2図)。

狭い断層帯に複数のイベントが記録されているため個々のイベントに伴ってできた構造の分離は容易ではないが、急激な地盤の低下を示す泥炭～強腐植層の間歇的な堆積(西壁面: 1A, 2A, 2B層)、液状

化(10-13層)、開口割れ目の形成と変形(W7.6-2.8付近)、プリズム層(E8.2-1.5付近)、構造の不調和などに着目して少なくとも5回のイベントを識別することができる。

壁面に現れた堆積物をその粒度・層相などから25のユニットに区分し、そのうち15のユニットから採取された木片など植物遺体について炭素同位体法による年代測定を行った。以下に年代層序の枠組みと予察的なイベントの解釈をStuiver and Pearson (1986)に基づいて暦年補正した年代値と共に記す。

トレンチ北側下部の20層から立ったままの形で出土した木の樹皮から紀元9世紀後半～11世紀中ごろを示す年代値が得られた。このことはトレンチ壁面には過去約1,000年間の地震が記録されていることを示す。さらに、西側壁面ではほぼ直立している7層の年代は紀元12～14世紀頃と推定される。この年代値は7層から出土した土器片の年代[勅中近東文化センター松村公仁氏によってビザンチン期またはイスラム期(紀元4～19世紀)のものとの鑑定]と矛盾しない。壁面の観察からは、この7層の堆積後、少なくとも3回のイベントが認められる。そして最新イベントの痕跡を覆うとみられる1A層からは17世紀後半～20世紀中ごろを示す年代値が得られた。この年代値からただちに最新イベントの時期が1784年か1939年かを特定することはできないが、1939年より古い可能性が高いものと思われる。いずれにしても、地震の平均再来間隔は300～400年より短く、ゲレゼ東方での1944年地震断層のトレンチ調査から推定されている220～280年(吉岡ほか, 1991)に近い値となることが予想される。

以上のように、このトレンチ発掘調査からはエルジンジャン盆地での過去約1,000年間の地震活動について詳細なデータが得られた。過去のイベントの時期や発生間隔についてはさらに検討を重ね改めて報告する予定である。

7. おわりに

北アナトリア断層における最近数百年～数千年間の地震活動についての地形・地質学的な研究はようやく始まったばかりと言ってもよい。トルコでの古地震学の研究がいつそう活発となり、トルコの地震

防災・災害緩和に大きく寄与することを期待したい。

最後に、今回の派遣を可能にいただいた国際協力事業団の方々、トレンチより出土した土器を鑑定していただいた松村公仁氏をはじめとする財団法人中近東文化センター カマン・カレホック発掘調査隊の方々、そしてトルコ滞在中公私ともにお世話になった藤井紀之氏に心から感謝致します。

文 献

- Ambraseys, N. N. (1970): Some characteristic features of the North Anatolian fault zone. *Tectonophysics*, **9**, p. 143-165.
- Ambraseys, N. N. (1975): Studies in historical seismicity and tectonics. In: *Geodynamics Today*. Royal Soc. London, p. 7-16.
- Ambraseys, N. N. (1988): Engineering seismology. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **17**, p. 1-105.
- Ambraseys, N. N. and Finkel, C. F. (1988): The Anatolian earthquake of 17 August 1668. In: W. H. K. Lee, H. Meyers, and K. Shimazaki (Eds.), *Historical Seismograms and Earthquakes of the World*. Academic Press, London, p. 173-180.
- Barka, A. A. (1992): Tectonic setting. In: *March 13, 1992 (Ms=6.8) Erzincan earthquake: a preliminary reconnaissance report*. Bogazici Univ., p. 3-6.
- Barka, A. A. and Gülen, L. (1989): Complex evolution of the Erzincan Basin (eastern Turkey). *Jour. Structural Geol.*, **11**, p. 275-283.
- Erdik, M. (1992): Overview. In: *March 13, 1992 (Ms=6.8) Erzincan earthquake: a preliminary reconnaissance report*. Boğazici Univ., p. 1-2.
- Erdik, M. and Işıkara, A. M. (1992): Seismological aspects. In: *March 13, 1992 (Ms=6.8) Erzincan earthquake: a preliminary reconnaissance report*. Boğazici Univ., p. 7-16.
- Honkura, Y and Işıkara, A. M. (1991) Multidisciplinary research on fault activity in the western part of the North Anatolian fault Zone. *Tectonophysics*, **193**, 347-357
- Ikeda, Y., Herece, E., Sugai, T. and Işıkara, A. M. (1991a) Postglacial crustal deformation associated with slip on the western part of the North Anatolian fault zone in the Iznik Lake Basin, Turkey. *Bull. Dept. Geogr. Univ. Tokyo*, no. 23, p. 13-23.
- Ikeda, Y., Suzuki, Y., Herece, E., Saroglu, F., Işıkara, A. M. and Honkura, Y. (1991b) Geological evidence for the last two faulting events on the North Anatolian fault zone in the Mudurnu Valley, western Turkey. *Tectonophysics*, vol. 193, p. 335-345.
- Ketin, I. (1969): Über die nordanatolische Horizontalverschiebung. *Bull. Mineral Res. Explor. Inst. Turkey*, **72**, p. 1-28.
- Koçyiğit, A. (1989): Suşehri basin: an active fault wedge basin on the North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, **167**, p. 13-29.
- 茂木清夫 (1981): 地震—その本性をさぐる。東京大学出版会, 164p.
- 文部省災害研究班 (1992): 1992年トルコ・エルジンジャン地震—地域地震活動と土木・建築構造物の被害および緊急対応—。財各務記念財団, 85p.
- 奥村晃史・吉岡敏和・Kuşçu, İ (1990): 北アナトリア断層 (Gerde 東方 Ardıçlı 地区) のトレンチ発掘調査 (速報)。活断層研究, no. 8, p. 9-14.
- Sipahioğlu, S. and Matsuda, T. (1986) Geology and Quaternary fault in the Iznik-Mekece area. Işıkara, A. M. and Honkura, Y, eds., *Electric and magnetic research on active faults in the North Anatolian fault zone*, p. 25-41.
- Stuiver, M. and Pearson, G. W. (1986) High-precision calibration of the radiocarbon time scale, AD1950-500BC. *Radiocarbon*, vol. 28, p. 805-858.
- Toksöz, M. N., Shakal, M. N. and Michael, A. J. (1979) Space-time migration of earthquakes along the North Anatolian fault zone and seismic gap. *Pure Appl. Geophys.*, vol. 117, p. 1258-1270.
- 宇津徳治 (1987): 外国の主な地震の表。宇津徳治総編, 地震の事典。朝倉書店, p. 458-466.
- 吉岡敏和・奥村晃史・Kuşçu, İ. (1991): 北アナトリア断層西部における過去2000年間の地震再来周期と変位速度 (演旨)。地震学会講演予稿集, 1991, no. 1, p. 80.

OKUMURA Koji, YOSHIOKA Toshikazu and İsmail KUŞÇU (1993): Recent activity of the North Anatolian fault in the Erzincan Basin, Eastern Turkey.

〈受付: 1993年7月14日〉