

北アナトリア地震紀行 (続)

加藤 碩一 (地質部)
Hirokazu KATO

1. はじめに

地質調査所の地震予知研究の一環として実施された「地震断層 活断層及び地震予知に関する研究」(ITTT 特別研究 第1表)は、地質調査所及びトルコ鉱物調査開発研究所 (MTA) をはじめとする関係者の方々の一方ならぬ御協力によって多くの成果をあげることができました (加藤, 1983 a, b, c; 1984, 加藤・バルカ, 1984, Kato et al., 1985). 主要な研究目標の一つであった北アナトリア断層全域にわたる地震地質学的調査 (第1図) は私個人にとってもかけがえのない貴重な経験となり、この様な機会を与えて下さった関係各位に深謝する次第です。

また、この研究の成果をふまえて、昭和60年度から3カ年計画で「第四紀地殻変動及び地震予知に関する研究」(第1図 第1・2表) がスタートし、地震発生危険区域とみなされるトルコ北西部マルマラ海周辺において地震予知実用化に向けたより精細な地震地質学的研究が実施されることになりました (第1表)。

さて、北アナトリア断層東部及び中央部地域について

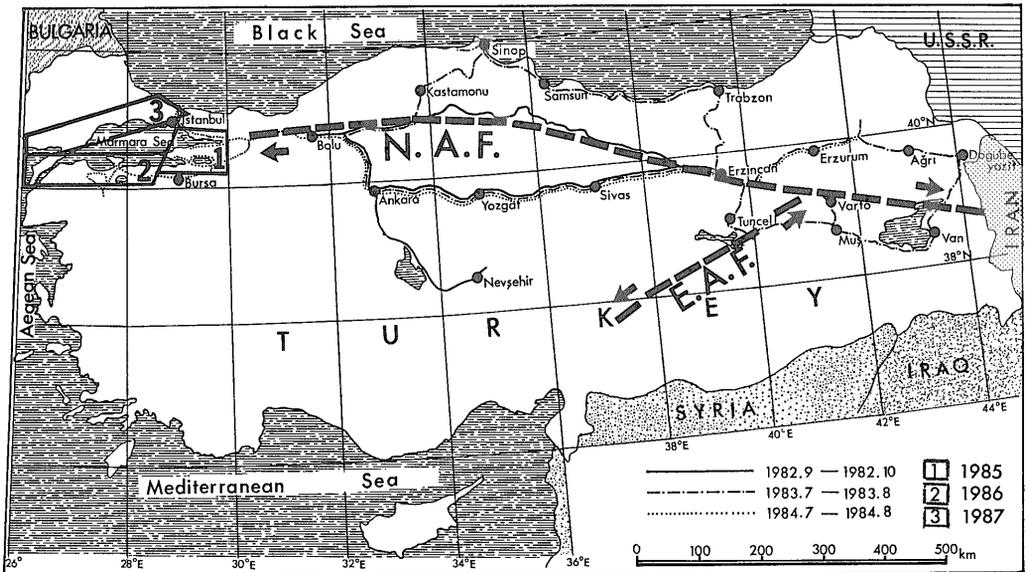
は、既に報告しましたので、今回は1984年及び1985年夏に行った西部地域の調査結果とMTAの地震予知計画について紹介することにします。

2. MTAの地震予知計画

MTA 総裁 Sitik Sancar 氏が今年 (1985年) 4月に来日した折、話してくれたように、5月にMTAでは大幅な機構改革が行われ、共同研究担当の旧基礎研究部は旧地質部と合併して地質調査部となりました。部員数は約300名といわれるのでこれだけでほぼ地質調査所に匹敵するわけです。新部長は来日したこともあるチャクマク旧基礎研究部長なので、当方にとっても何かと好都合です。

現在、MTAは日本以外にもトルコ国内はもとより、欧米の各大学と地震予知に関する共同研究を実施していますが、MTA地質調査部で行っている地震予知計画は次の6つです。

(1) 微小地震の研究……北アナトリア断層 東アナトリア



第1図 調査位置図 (N. A. F. : 北アナトリア断層 E. A. F. : 東アナトリア断層 実線 一点鎖線及び点線は旧特研における調査ルート 1~3は新特研における調査予定区域)

第1表 「地震断層 活断層および地震予知に関する研究」と「第四紀地殻変動と地震予知に関する研究」
(国際産業技術研究事業 ITIT 特別研究)

テーマ	地震断層、活断層及び地震予知に関する研究	(新)第四紀地殻変動と地震予知に関する研究
計画年度	昭和57—59年度	昭和60—62年度
目 標	地震発生場の条件を明らかにする	地震発生時間の条件を明らかにする (長期地震予知)
対象地域	北アナトリア全域(トルコ)及び 紀伊四国地域(日本)	マルマラ海周辺地域(トルコ)及び 四国松山地域(日本)
内 容	基本的性格が類似するにもかかわらず、地震発生状況の異なる北アナトリア断層と中央構造線の地震地質学的比較検討(地震断層・活断層の位置、パターン、ディメーションの比較、地震発生危険箇所の推定)	地震発生危険度の高い当該地域における第四紀地殻変動史の確立と地震予知実用化への基礎情報の提供
手 法	○両断層全域及び付随する活断層群の概括的調査(ランドサット映像解析・地形地質概査) ○ α トラック法による予察的な活断層の地球化学的調査	○両地域における活断層変位基準面の火山灰層序学的編年(テフラクロノロジー)法による地形・地質精査 ○ α トラック法 R_n 相対濃度経時観測による活断層活動度評価及び CO_2 濃度測定による地形的に不明瞭な地域での活断層トレース ○ESR法による火山灰の降下時期や断層活動期の測定
成果又は予想される成果	○ほとんどの地震断層(横ずれタイプ)は多重雁行配列をなす。小規模雁行配列様式は地震断層変位様式に対応するが大規模なものは、地質学的異质性に影響され必ずしも一致しない。 ○地震断層全体の形状は鈍角をなして交差する2直線で近似され、交点付近に震央が位置する。 ○トルコの地震断層の変位量(m)と長さ(km)の比は日本の内陸部の同タイプの地震断層のそれより1桁小さい。 ○ α トラック法による断層トレースは、北アナトリア地域においても有効でありその再現性もすぐれている。	○同地域の第四紀地殻変動図(累積変位量、海水準変動量、平均変位速度、地震再来周期、地殻変動史) ○地球化学的手法による活断層認定及び活動度の定量的評価 ○実用的地震予知観測場所の設定

ア断層沿い及びエーゲ海沿岸地溝帯の各所(第2図参照)。

- (2) 測地学的方法による現在の地殻変動の測定……アイドゥン(Aydin) シューケ(Soke) サリフリ(Salihli) アクヤツ(Akyazi) 及びデニツリ(Denzli) 地域。
- (3) 地震観測網による地震観測……バン(Van) アンタクチャーマラシュ(Antakya-Maras) 及びマラツヤームシュ(Malatya-Mus) 地域の各所。
- (4) クリーブメータ ティルトメータ及び水準測量による地殻変動の研究……北アナトリア断層 東アナトリア断層沿い及びエーゲ海沿岸地溝帯の各所。

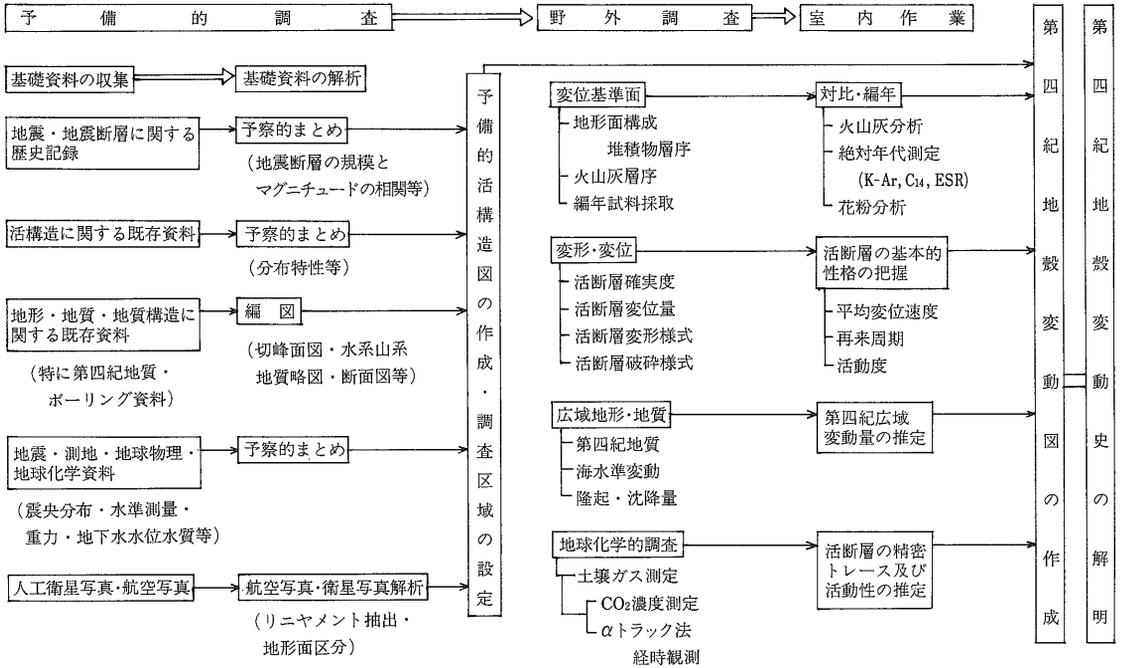
(5) 屈折法による地殻深部の変形の研究……南マルマラ北アナトリア断層及び南東アナトリア地域。

(6) トルコの活構造図編図のための資料収集……トルコの活断層地域。

MTAが地震予知計画のために設置している設備は次の通りです。地震観測点31カ所 ラドン観測点6カ所 クリーブメータ4カ所 水準測量2カ所(1地点) 傾斜計2カ所 地下水観測所1カ所です。これらの設備場所及び他の研究機関の観測状況は第2図の通りです。

以前報告したもの(加藤 1983a)とはほぼ同様ですが1983.10.30にエルズルム東方で地震が発生したため ト

第2表 「第四紀地殻変動と地震予知に関する研究」の研究内容

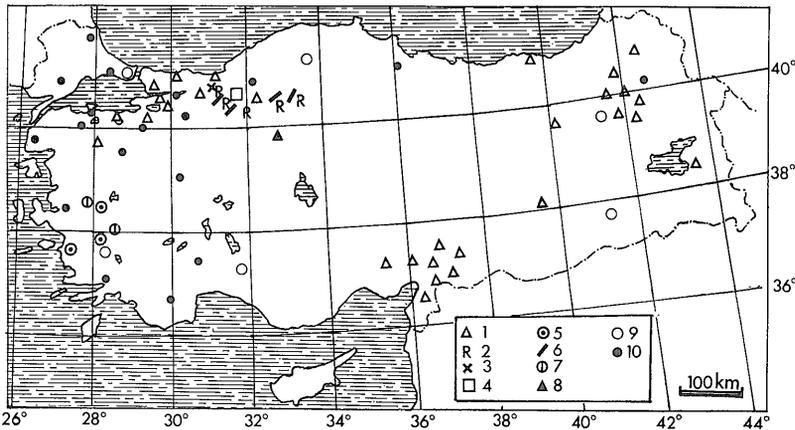


昭和60年度	マルマラ海東部地域	} 松山平野地域
昭和61年度	マルマラ海南部地域	
昭和62年度	マルマラ海北部地域	

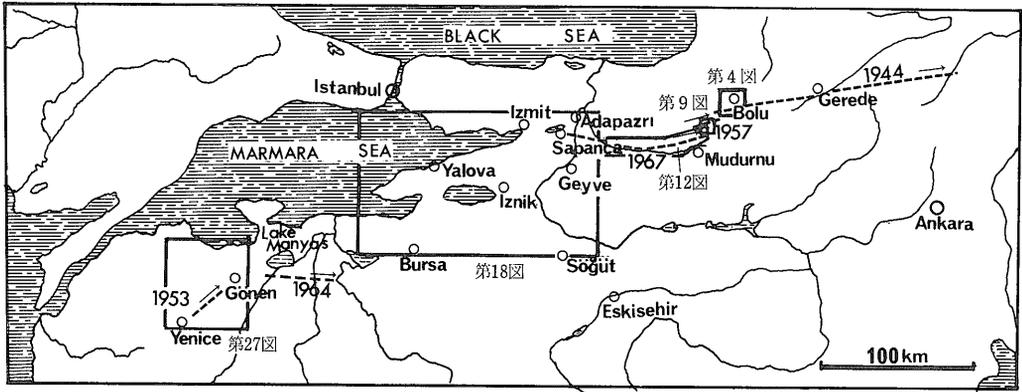
ラブゾン南西にあった5つの地震観測ステーションを震央付近に移動させた点が異なっています。地震観測以外の地殻変動などの観測は始めてから日も浅く本格的な解析にはほど遠く データを蓄積している段階というところ です。

3. 1944年地震断層を追って

1939年トルコ東部エルジンジャンで発生した地震 (M 7.9) を契機として 1942年エルバ〜ニクサル 1943年 トスマ〜ウルガツと北アナトリア断層に沿ってM7クラスの大地震が多くの被害を与えつつ 西方へ震源移動をしていった様子は前回 (加藤 1983 a) 述べた通りです。



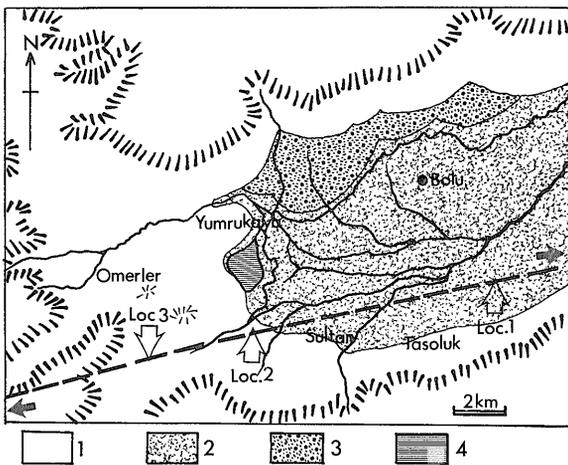
第2図 トルコにおける地震関係観測状況 (1985年現在) (1 : MTA地震観測点 2 : MTAラドン観測点 3 : MTA地下水観測点 4 : MTA測地観測網 5 : MTA水準測量網 6 : MTAクリーブ観測点 7 : MTA傾斜観測点 8 : ミドルイースト工科大学地質工学部地震観測点 9 : イスタンブール工科大学地球物理学研究所地震観測点 10 : カンディリ気象台地震観測点)



第3図 位置図(年号は地震発生年 破線は地震断層 矢印は変位の向きを示す)

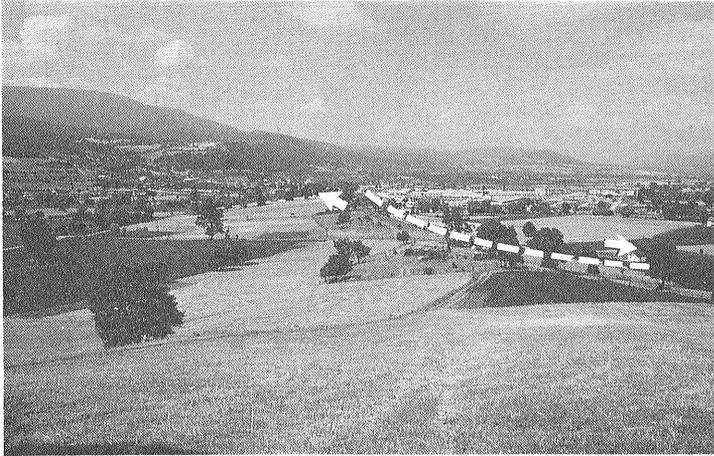
そして1944年2月1日にまたもやボル〜ゲレディ間に大地震が発生しました。マグニチュードは7.4前後震源の深さは約10kmといわれます。この地震によって生じた地震断層の全長は180km以上に達し右横ずれを示す最大水平変位量は約350cm 北落ちの最大垂直変位量は約200cmです。この断層の西端に近い所にボル盆地が位置します。標高700~800mほどで東西に約30km 南北に約9kmで北アナトリア断層に沿って散在する山間盆地群の一つです。ボルの町はイスタンブールの東約250km 標高725mに位置しヨーロッパ幹線道路E5の中継点の一つとして復興著しく近年ますます発展しています。人口は38,400人に達し毎年通るたびに新しいホテルやレストラン(ロカンタといいます)

が増え いつもどこかで工事をしている有様です。今回宿泊した Yurdaer ホテルも数年前にできたばかりで玄関のフロント脇にまるでモンペに赤い前掛けといった感じの民族衣装をまとったマネキンが置いてあるごきれいなホテルです。ここは町の中心地でこのホテルと通りを隔てた反対側に名物のロカンタがあります。脱線ついでに紹介しておきましょう。何といたってもこのイシュケンドルケバブが絶品だからです。これは長径が30cmほどある楕円形の薄いパンの上に羊の焼肉片を並べケチャップ味のソースとヨーグルトをかけた料理です。テーブル上にこれが皿に盛られて並べられると コックが肉をいためた大きなフライパンを持ってきて 熱い肉汁をかけてくれます。スパイスがきいて羊肉独特の臭いも気にならずヨーグルトソース肉汁が混ざった素敵な香りがフワッと広がり食欲をそそります。しかも安いのです。唯一の欠点は 何せ量が多いのでこれ一品で満腹してしまい他の料理を楽しめなくなることです。



第4図 ボルー盆地周辺(1: 基盤岩類 2: 第四紀堆積物 3: 扇状地堆積物(第四紀) 4: 人工湖 破線は1944年地震断層と北アナトリア断層を示し ケバは1,000mの等高線を意味する)

さて 第4図に見られるように 盆地北縁は扇状地の発達著しいのですが 南縁は同断層が通過するため比較的直線状で扇状地はほとんど見られません。Loc.1(第4図)付近に東西に長軸を持つ孤立した小丘陵があります。頂上の標高は790mなので盆地との比高は約50mになります。北斜面は約40°~50°でやや急ですが南斜面は10°~20°と緩やかで非対称的な断面形態を示します。この小丘陵は主に鮮新-更新統と思われる安山岩溶岩や同質凝灰岩礫岩からなりその上位に最大層厚20m位の第四紀河成礫層が不整合に重なります。礫は淘汰が悪く 径10cm前後及び5cm以下の円礫~亜角礫が主で 礫種は安山岩が多く ほかには先第三紀の硬砂岩 変成岩から構成されています。マトリックスは凝灰質細粒砂~泥です。この小丘の東寄り部分に2つの



第5図
Uctepeler 付近の1944年地震断層
(第4図 Loc. 1).

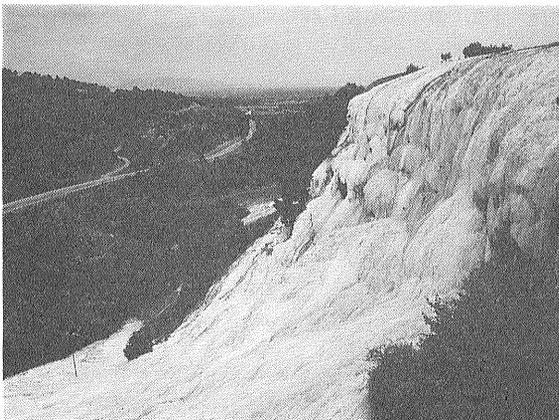
小さなピークが南と北に位置し 地震断層は両ピーク間の東西性のトラフ状凹部を通ります。小丘の西寄り部分ではピークは一つとなり 地震断層は北斜面の麓付近を通過します。村人の話では1944年の地震では50cm位の垂直落差(センス不明)を持つ断層が生じたが1957年の地震では 家屋の被害は受けたものの断層は見られなかったとのこと。

この非対称な孤立丘は 北アナトリア断層の右横ずれ南上がりの運動に伴って形成されたと考えられます。さらに 断層を追って西に車を進めます。Asagikoy(第4図 Loc. 2) 付近は ボル盆地の西端部で 山地に入っすぐの所に第6図に見られるような見事な白いトラバーチン(完新世)の崖があります。基盤は 始新世(?)の砂岩泥岩互層です。北アナトリア断層はこのトラバーチンを変位させており 崖の上に登ると

ラバーチンの東西性の割れ目から地下水が湧出してプール状になっていて 子供達が水浴びをしていました。付近の家屋は ログキャビン風の木造が多く 土台や壁の一部にこのトラバーチンを用いています。珍しくもスプリンクラーを使ったトマト栽培が盛んです。

よくある地名の Yenice 付近でE5ルートと分かれて北へ車で10分ほど行くと Loc. 3(第4図)に達します。緩やかな山腹斜面上に東西性の浅い溝状地形が続き 1部でやはり水が湧出しており家畜の水飲み場が作られています。これが1944年地震断層の一部で この真上にMTAのクリープメーターが設置され(第7図矢印地点)1980年以来観測が続けられているそうです。断層の南側がもりあがって石灰岩からなる小丘状地形を呈し やはりここでも断層は右横ずれですが 南上がりの垂直変位も合わせもつことを示しています。ここで α トラック法によるラドンの相対濃度の測定を実施しました。ラドンが放射する α 線に感度の良い硝酸セルローズフィルムを断層通過推定位置と直交する方向に数m間隔で1週間~10日間ほど埋設し 回収してエッチング処理を施してトラック密度をカウントします。断層位置のところで地下からあがってくるラドンの量が最も多いはずですから トラック密度のピークがここに一致することが期待されます。来年以降には定点連続観測を行いラドン濃度の経時的変動を観測し 断層の活動状態の評価を行おうとする計画の予備測定です。結果は 第8図(1)に示されています。No. 15あたりで最大値があらわれこれは断層位置に一致しています。

イスタンブールの東 200km余りの山中にアバント湖があります。標高1,328mに位置し 径2km足らずの小さな湖ですが 素晴らしい景色と気候に恵まれ イスタンブールの奥座敷といった感のあるリゾート地域です。



第6図 Asagikoy 付近の断層通過位置で沈積し横ずれ変位を受けているトラバーチン(第4図 Loc. 2)



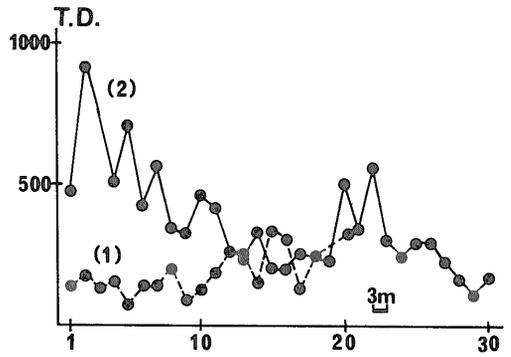
第7図
Yenice 付近の1944年地震断層
(第4図 Loc.3 矢印は MTAの
クリープメーター設置場所 破線F
は断層通過位置)

この湖の北西部をかすめて 東北東～西南西方向に谷が
発達し 西から Bespoyra 川が湖に流入し Abant 川が
東に流出しています。この谷を北アナトリア断層とそ
れに伴う1944年の地震断層の西端部が通過します。ま
た 1957年地震断層の東端部もここまで達しているとも
いわれています。湖岸に分布する基盤岩はほとんど上
部白亜系石灰岩ですが 東西両岸の一部には石灰岩円礫
からなるルーズな湖成堆積物が分布しています。

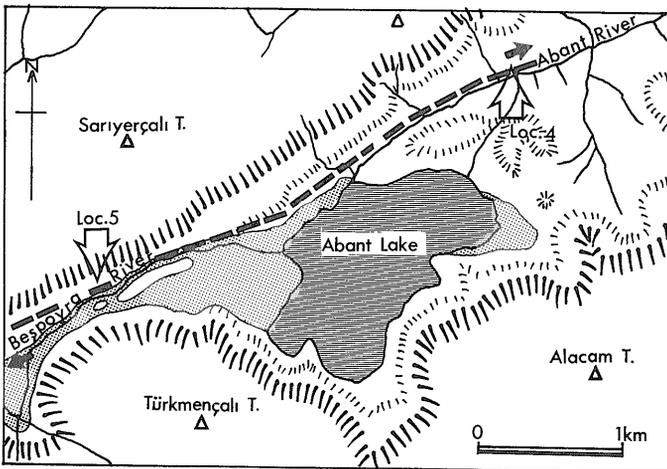
アバント湖北東のアバント川及びその支流沿いでも
(第9図 Loc. 4) 断層は蛇紋岩と破碎された上部白亜系
石灰岩の境をなしますが 一部断層の南側で径 10cm ほ
どの石灰岩円礫からなるたいへん硬質の礫岩(最上部白亜
紀?)と接します。こうした岩質差が著しいため山地
部の小道は小規模な地すべりや崖の崩落が多く通行に難
儀します。

Loc. 5 (第9図) あたりの Bespoyra 川南岸即ち北アナ

トリア断層南方にやはり比高 20m位の小丘陵の地形(白
ぬき部分)が断層に沿って東北東方向にのびますが(第10
図) 地震断層の西方末端部にあたる Loc. 5 より西側では
不明瞭になります(第11図)。Loc. 5 の小丘は東西約



第8図 αトラック測定結果 (1)は 第4図 Loc.3
(2)は 第17図 Loc.12 縦軸はトラック
密度 (T. D. : トラック数/cm²・day)
で 横軸は測定点 No.)



第9図 Abant湖周辺(破線は 北アナトリア断
層とそれに沿う地震断層通過位置 点部は 第
四紀の湖成～河成堆積物 小さなケバは 1,350
m 大きなケバは 1,400mの等高線を意味する)



第10図 Abant湖西方断層通過位置を北から南へ望む (第9図 Loc. 5)

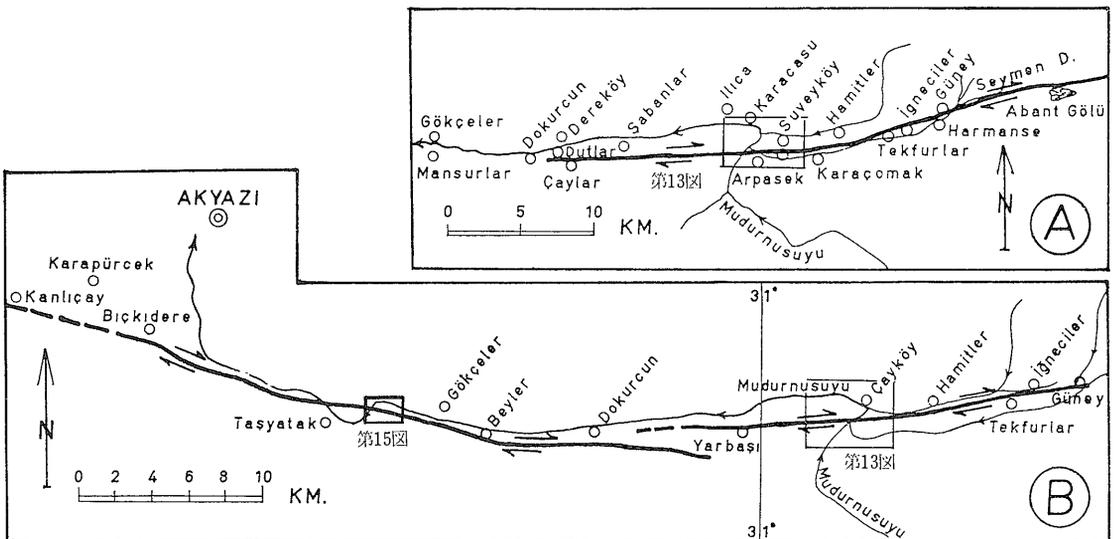
200m 南北100m以下で その裾部を Bespoyra 川の支流が取り巻くように流れ 一部湿地になっています。全体として破碎された上部白亜系といわれる石灰岩からなっています。北アナトリア断層の北側の山麓部は蛇紋岩が分布しています。石灰岩の走向傾斜は一般に $N70^{\circ}E$ 20° (以下) N ですが 断層近傍では 60° 以上の急傾斜を示します。



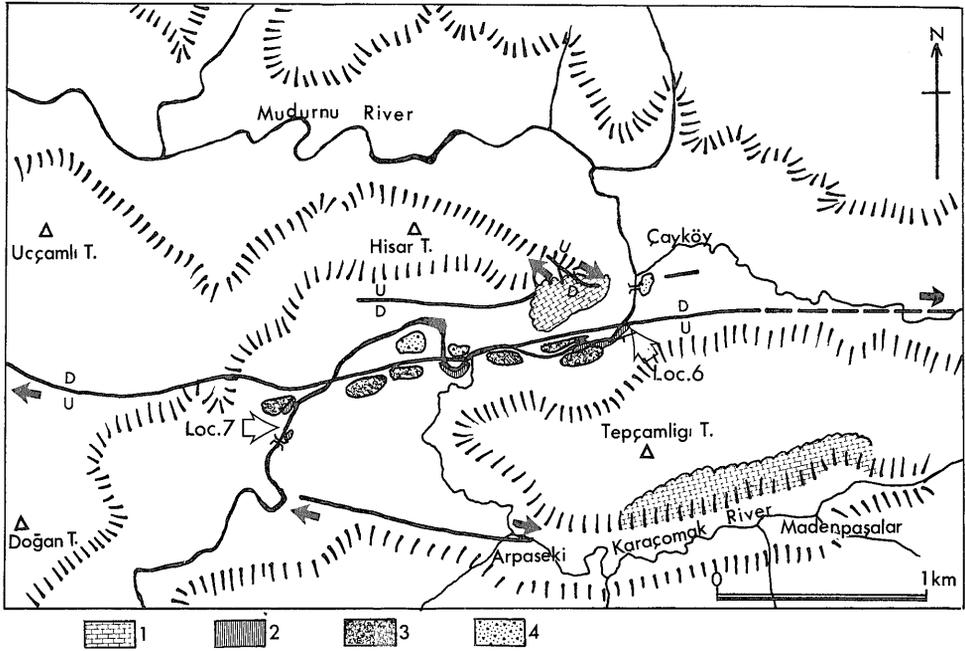
第11図 Abant湖西方断層通過位置を東から西へ望む (第9図 Loc. 5)

4. 1957年地震断層を追って

1957年5月26日午前6時33分31秒(グリニッチ標準時)にボルの西方東経 31° 北緯 41° 付近でマグニチュード約7 震源の深さ約10kmの地震が発生しました。同日午前9時36分33秒 翌日午前11時1分26秒及び9月21日午後8時16分頃にそれぞれマグニチュード6.0



第12図 1975年(A)及び1967年(B)地震断層 (Ketin 1969)



第13図 Cayköy 付近の地震断層 (1: 上部白亜系石灰岩～大理石 2: 鮮新～更新世泥岩～砂岩泥岩互層 3: 見かけ上の高位沖積段丘 4: 見かけ上の低位沖積段丘 Uは地震時の上昇側 Dは落下側を示す ケバは 550mの等高線を意味する)

6.3及び5.7の有感の余震が発生しました。

Kandilli 観測所の記録では 1日以内に数百 4ヵ月間で2,000を越える余震があり 余震域は徐々に西方に移動したようです。この地震による死者は66人 全壊家屋は数百で それ以上多くの家屋が居住不可能な程破壊されたといわれます。この地震によって生じた地震断層は大局的に北アナトリア断層に沿い、1944年地震断層西端部付近(アバント湖)から西へムドルヌ川に沿って伸び Dokurcan東方まで約40km続きます(第12図A)。右横ずれの水平変位が卓越し Igneçiler 村付近で最大値160cmを示し 垂直変位は40cm以下です。従って Loc. 5 付近で1944年地震断層と一部重複しますが地表調査及び村人への聞き取り調査では位置は特定できませんでした。また Cayköy 付近のムドルヌ川と支流の合流点あたりでは1967年地震断層とも重複ないし並走しています。たぶん Arpaseki 付近の右横ずれ断層とそれを Karacomak 川に沿って東へ延長したもの(地質断層)がこの地震断層のトレースに相当すると思われる。

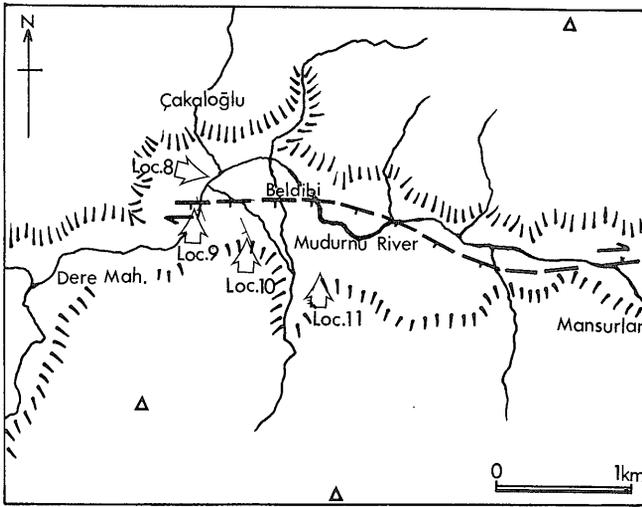
5. 1967年地震断層を追って

前の地震からわずか10年後の1967年7月22日 ムドルヌ溪谷近くで また 被害地震が生じました。Ambras-1986年11月号

eyes and Zatoprk (1969) によれば マグニチュードは7.1で死者86人 重軽傷者332人及び損壊家屋は5,000軒以上です。この地震によって東は Guney から西は Sapanca 湖に至る全長約80kmに達する右横ずれ北落ちの地震断層が発生しました。最大水平変位は190cm 最大垂直落差は120cmです。

第13図は Cayköy 付近の様子を示しています。山地部の基盤岩は 上部白亜系の石灰岩～大理石からなり川沿い及び川底に 鮮新～更新世と思われる灰色塊状泥岩～砂泥互層が狭く分布しています。その走向傾斜はN75°E 18°S位です。北アナトリア断層とそれに沿う地震断層の主断層は ほぼ東西に延び 右横ずれ 南上がりの変位を示します。注目すべきことは 特にムドルヌ川沿いで沖積世の河岸段丘面が変位を受けていることです。

即ち 現河床面からの比高は 断層南側では約7m以上で Loc. 6 (第13図) 付近では 段丘礫層の基底(不整合面)が河床から10m以上の位置にあります。一方断層北側の同じ段丘面は 河床から2～3mの高さにあります。これは すでに幾度か指摘してきたように 北アナトリア断層の右横ずれに伴う南上がりの運動に調和的です。また この断層が10,000年間に約5～10mの垂直落差を生じたと考え この付近の7クラスの地震に



第15図
Bedibi 周辺 (破線は 1967 年地震断層
ケバは 200m の等高線を意味する)

よる垂直変位を 1.5m と仮定すれば おおまかな地震の再来周期は1,500~3,000年となります。おそらく 沖積段丘の形成年代は もっと若いでしょうから 数百年に1回という極めて激しい地震活動が続いた可能性さえあります。段丘の正確な形成年代の決定と 歴史記録の解析が望まれます。なお Hisar T. 南麓の断層は北上がり南落ちて横ずれはほとんど観察されず単なる崩落による開口裂かと思われます。第14図は Loc. 7 (第13図) から東方を望んだ写真で Tepcamligi T. の尾根の左右 (南北) を断層が通過しています。

さらに西へ行くと Beldibi に達します (第12・15図)。ここは標高180~200m でムドルヌ川が曲流しながら東から西に流れています。地震断層はムドルヌ川を横切ってほぼ東西に延びています (Loc. 8 (第15図), Loc. 9 (第15図) の断層近傍の北側は 石灰岩塊や硬砂岩塊を含む

やや破碎された蛇紋岩で 同南側は始新世とされる礫岩~砂岩が分布し 走向傾斜は一般に N15°W 30°W ですが 断層通過位置付近では破碎されて崩落しており直接見ることはできません。村人の話では地震時には南側が落下しそのため 断層北側の河床には水が流れず断層に沿って小さな池が一時的にできたそうです。しかし地震断層全体としては北上がりの垂直成分が卓越し この地点の南下がりの垂直変位は局所的なものです。

Loc. 9 及び Loc. 10 付近からみると 一部段丘化した扇状地面は この断層を境に南側が数m高くなっており 累積変位としては やはり北上がりを示しています。この地点付近の基盤は始新世のフレッシュです。やはり N20°W 20°W 位の走向傾斜を示します。Loc. 11 (第15図) 付近では始新世と思われる径1~3及び5~10cm の円礫~亜角礫が卓越する淘汰の悪い礫岩 (最大礫径 25cm) で礫種は主に石灰岩 蛇紋岩 頁岩などです。大きい礫は破断していることが多いのが特徴的です。

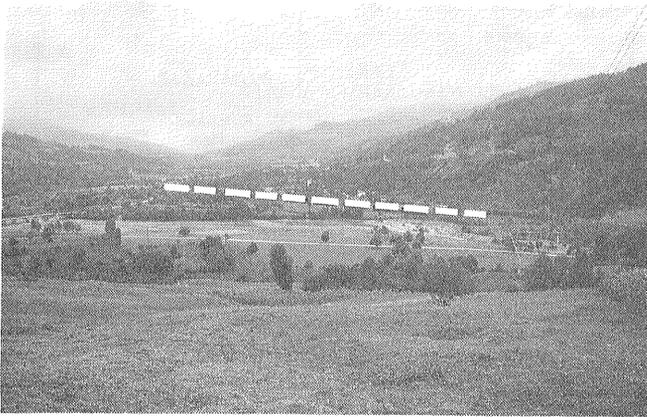
さらに西方へ進みアダバザル平野に入ると沖積層におおわれるため断層のトレースは不明瞭になります。記録では やや走向が異なりサパンジャ湖のほぼ中央部を北西-南東方向に横切るようです。しかし やはりここでも 右横ずれ北上がりでした。



第14図 Tepcamligi Tepe を西方から望む
(第12図 Loc. 7)

6. アルムトゥル半島の地質とテクトニクス

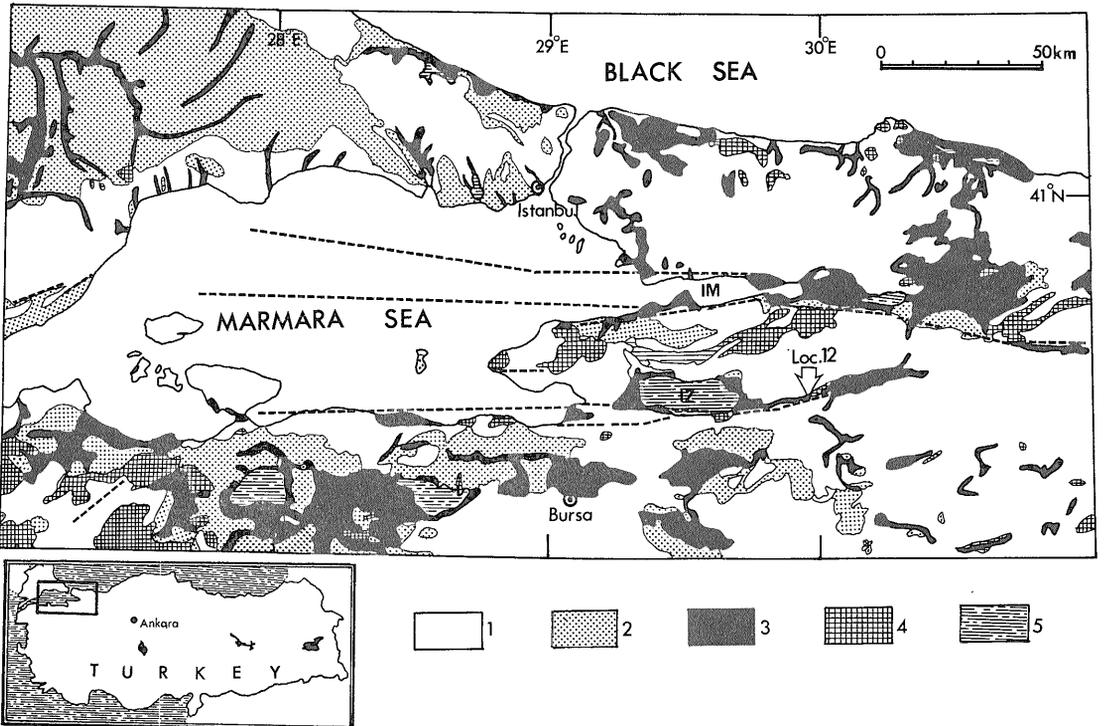
マルマラ海周辺の地質の概略が第17図に示されています。北アナトリア断層の直接的な西方延長は サパンジャ湖~イズミット湾へ続く凹地帯を通ると思われるようですが バムコバ平野~イズニック湖~ゲムリック湾へ続く凹地帯及びブルサを通る低地帯など 3~4 本に分岐する



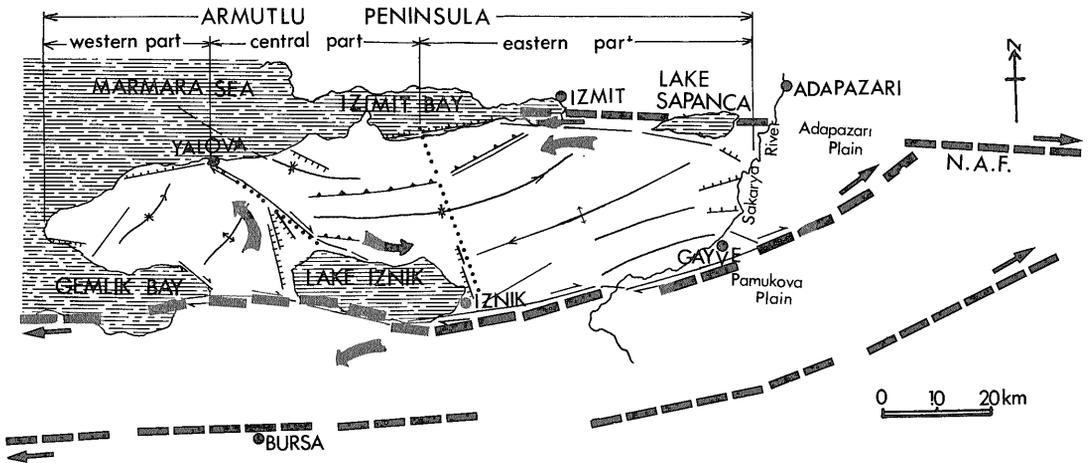
第16図
1967年地震断層(破線)を西方から望む
(第15図 Loc.8)

ようです(第17・18図)。従って前二者には含まれるアルムトゥル半島地域は地震空白域になっていることも含めて世界の地質・地震学者らの注目を集めています。話が横道にそれますがイズミットからブルサにいたるマルマラ海の小アジア側はユーゲ海沿岸に劣らず歴史の宝庫とも言える地域です。イズミットは旧名ニコメディアで一時東ローマ帝国の首都でもありました。イズニック湖東岸のイズニック(13,200人)は時のローマ帝国皇帝コンスタンティアヌスがキリスト教

統一を目指し「三位一体」の教義を確立させた有名な宗教会議の開かれたニケーアのことです。第19図に会議が開かれたレンガ造りの建物を示してありますが塔の上にはコノトりに似た鳥が巣を作っておりこの他崩れたままの城壁なども荒れるにまかせローマ時代勢力を誇った城塞都市のおもかげはありません。また1097年には当時ルーム・セルジューク王国が支配していたニケーアを第一次十字軍が占領略奪していったことも関係するのでしょうか。しかし最大の原因は有史以来くり



第17図 マルマラ海周辺地域の地質概略図(1:先新第三系 2:鮮新世層 3: 第四紀層 4: 噴出岩類 5: 湖
IM:イズミット湾 IZ:イズニック湖)



第18図 アルムトゥル半島及びその周辺の地質構造図 (MTAの共同研究者の一人 Murat Erendil 氏の原図を加筆修正)

返し起こった地震の被害によるためだと言われます。それだけに 今世紀になってエルジンジャン以西の北アナトリ断層沿いに残された唯一の空白域となっているのは不気味です。現在のイズニックは 年々外人観光客もふえ湖岸にはしょうやかなホテルやホテル 当地特産の青や緑色のタイルや皿を商うみやげもの屋も建ち並んでいます。夏の観光シーズンには 町の広場で観光客目当てに民族衣装をまとった若いトルコ人の男女が片手に持った2個の木製スプーンをカスタネットのように器用に鳴らしながら踊っていたりします。やや内陸寄りのブルサ (51,200人) は この地方の一大中心地でオスマントルコ帝国初期の首都だったところです。「緑のブルサ」といわれる美しい町で温泉が沸き また外貨事情の関係もあって最近訪れて滞在するアラブ人が急増し

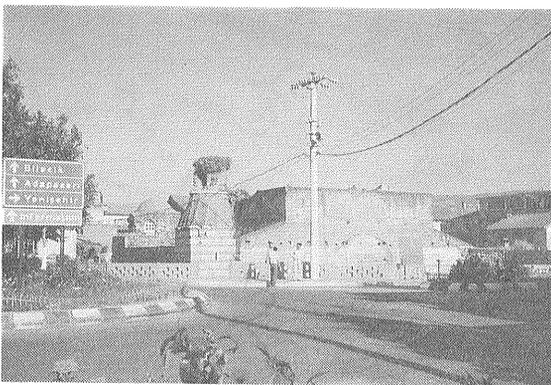
トルコ人と種々の軋轢を生じているようです。

(1) 地質概説

先新第三紀の基盤岩類は 複背斜構造に支配されて概ね北東～南西方向に帯状に配列をして分布します。その概略は第3表に示してあります。最下部は古生層と思われる堆積岩類と蛇紋岩 結晶片岩類及び片麻岩や花崗岩類からなります。一応 石炭～二疊紀となっていますが微化石や放射年代のデータが少なく時代論は検討の余地があります。これは中生層についても同様です。特に ゲイベ付近からイズニック付近へ分布する上部白亜系 (Campanian～Maastrichtian) の堆積岩類は一部下部白亜系も含みオリストストロームと解釈されるようになりました。主に始新世層からなる古第三系は半島北部に広く分布し 堆積岩類のほか各種の火山岩や深成岩類も含まれます。

Sarmatian といわれる (中～) 上部中新世の堆積岩類も始新世上に不整合にのり鮮新世層に不整合に覆われることは確実ですが厳密な時代はやはり明らかではありません。

さて この地域のネオテクトニクスを明らかにするために最も重要な鮮新世から第四紀にかけての層序はさらにわかっていません。もともと鉱産物資源に乏しいこれらの地層は詳しい調査の対象になっていないこととほとんどが陸成層のため化石の産出も乏しく対比が困難なことによります。本地域でも従来 鮮新世として一括されているだけです。私たちの調査でも まだ時代を直接決定できる証拠は把めていませんが 少なくとも相対的により詳しい層序区分を試みましたので サパン



第19図 ニケーア宗教会議 (A. D. 325) が開かれた建物 (イズニック)

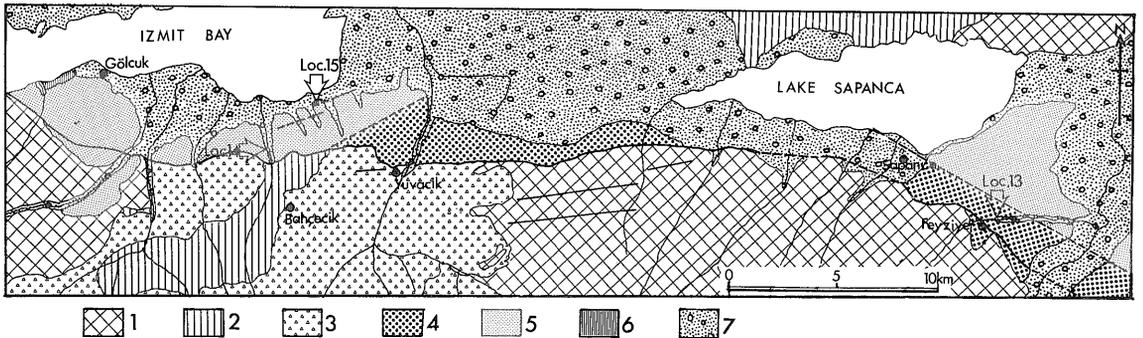
第3表 アルムトゥル半島地域の層序及び火成活動
(不整合関係などは示していない 本文参照)

Geologic Age		Formation and Lithofacies	Volcanic rocks	Plutonic rocks	
Quaternary	Holo-cene	Alluvium, Landslide deposit Fan deposit, Travertin			
	Pleistocene	III	gravel, sand clay, tuff conglomeric sand, al- t-nation of sand and silt		
		II	conglomerate, mudstone, sandstone, tuff, alter- nation of sandstone and mudstone		
		I	conglomerate, sandstone		
	Neogene	Late Plio-cene	Marl, sandstone, limestone, conglomerate		
	Late Mio-cene	Marl, mudstone, sandstone, conglomerate			
Paleo- gene	Eocene	Limestone, conglomerate, sandstone, tuff, alternation of sandstone and mudstone	Basalt, andesite, dacite lava and pyroclastics	Granite, grano- diorite	
Mesozoic	Late Cretaceous	Sandstone, conglomerate, limestone, marl, alternation of sandstone and mudstone			
		Radiolarite, red limestone, marly limestone, sandstone, conglomerate (Olistostrome)			
	Jura- ssic	Limestone, oolitic limesto- ne, sandstone			
	Trias.	Sandstone, conglomerate			
Paleo- zoic	Perm.- Carbo.	Sandstone, conglomerate, marble (serpentine, crysta- lline schists)		Granite, gneiss	

ジャ湖～イズミット湾南岸部を中心にその結果を次に紹介いたします。

サパンジャ～ゲルジュク地域の地質図を第20図に示します。本地域では いわゆる鮮新世層を3層に区分しました(第20図の4 5及び6)。最下位の地層は(第3表I・第20図4)は東西性の逆断層に大きく分布を支配され(一部基盤岩類を不整合に覆います)。サパンジャ湖南東及びサパンジャ湖～イズミット湾間の山麓部に分布しま

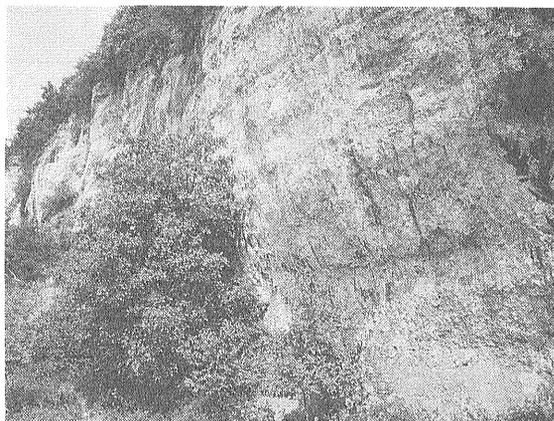
す。全般に緩く南へ傾斜します。分布西端のユバジユク付近では河成礫岩からなり 連続性の悪い砂岩層をはさみます。礫は 淘汰が悪く 50cm 以下の礫径を持ち 円～亜円礫が主ですが一部亜角礫も含まれます。礫種は後背地の岩質を反映して始新世の安山岩がほとんどで 一部クサリ礫化しています。分布東端のサカルヤ川支流アラチャム川沿いのフェイツァエ付近では 50m 以上の比高をなす急崖をなす硬質の河成礫岩からなりま



第20図 サパンジャ～ゲルジュク周辺の地質図(1:先第三系基盤岩類 2:始新世フリッシュ層 3:始新世火山岩～火山砕屑岩類 4:鮮新世堆積物 5:鮮新～更新世堆積岩 6:更新世堆積物 7:沖積層)

す(第21図)。やはり淘汰は悪く 円~角礫を含み 礫種は後背地の蛇紋岩や変成岩などが多いのです。マトリックスは やや凝灰質でところによってパッチ状の白色凝灰岩に富み 植物片を含みます。礫の破断はとくに顕著ではありませんが 断層直上では小規模な地すべりが各所に生じています。上限も断層に切られているので真の層厚は不明ですが 少なくとも数百mと推定されます。時代を決定する直接的証拠は得られませんでした。岩相と既存資料からみて鮮新世と推定されます。中位の地層(第3表Ⅱ 第20図5)もやはり陸成の碎屑岩を主としますが 岩相変化が著しく 凝灰岩をはさむことが多いのが特徴的です。

西から東へ概観してみましよう。ゲルジュク南方では 山麓緩斜面を構成し 不規則な砂のはさみをもちますが比較的淘汰の良い河成の礫岩からなります。礫は3cm以下のものが多く(最大10cm) 亜円~亜角礫で先第三系の変成岩や火成岩からなり 一部クサリ礫化しています。凝灰質シルトのマトリックスに富みます。このほか厚さ30cm位の灰白色凝灰質シルト層や5m以上の厚さをもつ連続性の悪い砂層などもはさみます。パフチェジク北方では やや凝灰質シルト~細粒砂のマトリックスに富むルーズな礫岩からなります。礫は先第三系の基盤岩由来の細~小礫が主ですが 淘汰の悪い始新世安山岩礫や新第三紀のシルト岩や凝灰岩の角礫~亜角礫を含むこともあります。このほか 何枚もの凝灰岩薄層(第22図)や泥岩層をはさみますが 断層近傍では 一見乱堆積状を呈し ブロック化している部分もあります。全般には南方(山側)へ緩傾斜しています。イズミット湾岸付近の谷の出会いでは 完新世の礫岩に不整合に覆われています。ユバジュク北方では粗粒砂岩~礫質砂岩が主で 一部湖成層タイプで数枚の



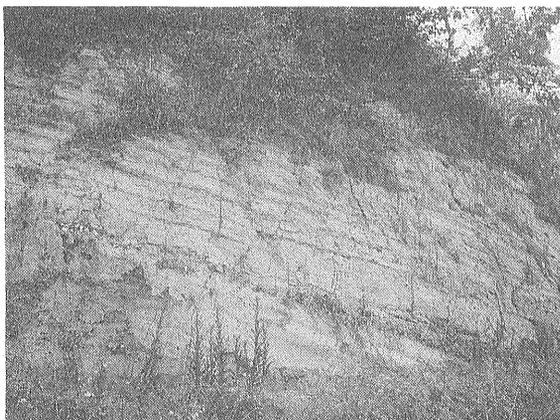
第21図 Feyziye付近の鮮新世礫岩層(第20図 Loc.13)

凝灰岩薄層をはさむシルト岩を含みます。サパンジャ東方では パフチェジク北方と似た岩相を呈し 同様に南へ緩傾斜しています。上位層(第3表Ⅲ 第20図6)は極めて分布が狭く ゲリュック西方では中位層に不整合に重なり 段丘堆積物を構成しています。5cm以下の円礫や凝灰岩のパッチを含むルーズな礫層です。イズミット湾南東端の露頭(第23図)では 斜交葉理の発達した中~粗粒砂と平行葉理の発達したシルト層との有律互層が主で白色凝灰岩の薄層や礫質砂層をはさみます。巻貝の化石を産出しましたが運悪く紛失してしまい残念です。中位層とは(推定)断層で接します。また本層中にも多数の小断層が発達しています。ゲリュック西方の露頭の砂層より こちらの方がやや古いと思われませんが 両者とも一応更新世に対比しておきます。

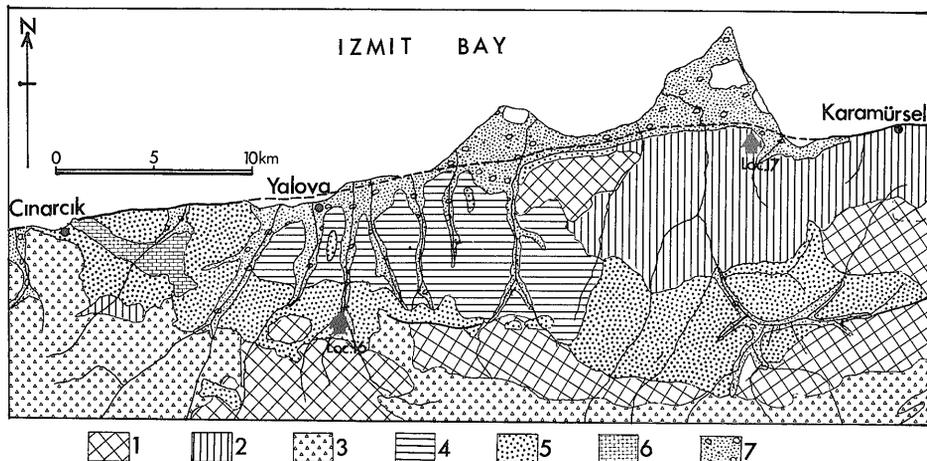
次に ジナルジュク~カラミュルセル間の地質図を第



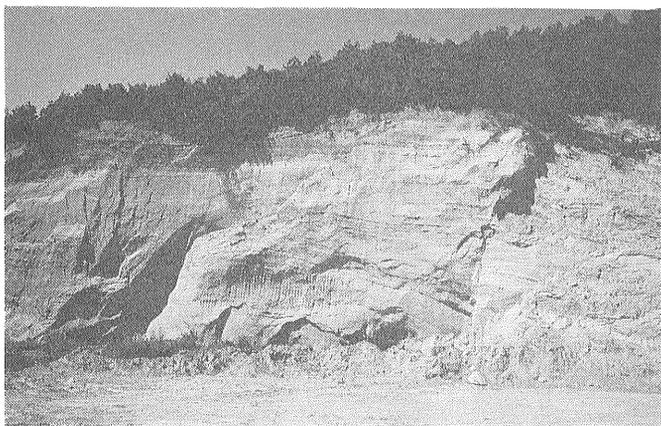
第22図 Bahcecik 北方の鮮新~更新世層(第20図 Loc.14)



—23— イズミット湾南東岸の更新世層(第20図 Loc.15)



第24図 ジナルジク～カラミュルセル間の地質図
 (1～3及び 7は第20図の凡例と同じ
 4：上部中新世堆積岩 5：鮮新世碎屑
 堆積岩 6：鮮新世石灰岩 Loc. 16は
 第25図 Loc. 17は第26図の位置)



第25図
 ヤローバ南方ビュコックカラート付近の
 鮮新世層 (第24図 Loc. 16)

24図に示しておきます。この地域の鮮新世層は 湾岸部から山間部まで広く分布し ジナルジク東方の石灰岩相の部分(第24図6)を除くとやはり碎屑堆積物からなっています。ヤローバ南方(第24図 Loc. 16 第25図)では塊状～厚い中粒砂岩からなり部分的に粗粒砂やシルト層を含みます。上部は淘汰の良い数枚の礫層からなります。砂岩は葉理が発達し 砂管を産出し 正小断層が発達します。カラミュルセル南西方では 中粒砂を主とするマトリックスの多いルーズな小礫層となります。礫は基盤の砂岩 石灰岩 変成岩などです。一部 段丘礫層に不整合に覆われます。この他 尾根部に同様の礫岩層が散在しています。第24図 Loc. 17では 始新世のフレッシュ層の上に傾斜不整合で第四紀の化石床がのっているのが観察されます。(第26図)ほとんどがカキの化石です。この露頭の上(山寄り)は 海面からの比高12～18mの段丘(中位面)面となっています。

(2) テクトニクス

アルムトゥル半島地域は Ketin (1966) によって提唱されたトルコを4つに分割する東西性帯状構造区のうち

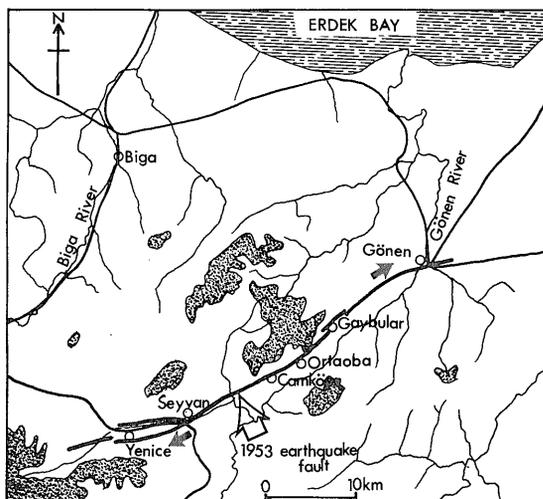


第26図 カラミュルセル西方の第四紀化石床(第24図 Loc. 17)

一番北側のポントス区に属します。また Sengor and Yilmaz (1981) による Intra-Pontide Suture zone に位置します。彼らによれば Intra-Pontide の海は ジュラ紀初頭に開きはじめ 古第三紀 (Lutetian) に閉じたそうです。この海の閉塞に伴って生じたオフィオリティック・メランジが アルムトゥル半島の重要な土台をなしているといわれてきました。しかし 最近の調査では 上述のオフィオリイトは 変成した古生代層 (オフィオリイトのウェッジを伴う) の上に整合にのる上部白亜紀 (Masstrichtian) のオリストストロームであることがわかってきました。これらの地層は 始新世のフレッシュや沈み込みに伴う島弧火山活動の産物である火山岩類に覆われています。

さて アルムトゥル半島は 地形及び地質構造のパターンから 第18図に示しましたように 暫定的に3つの地域に区分されます。東部地域は 北東—南西方向に地形及び地質構造のトレンドが明瞭な地域です。この方向の高角逆断層は一般に北側が上盤です。褶曲の頂部と地形の高低はよく一致しており この構造運動の形成が新第三紀以降比較的新しい時期で かつ継続している可能性を示唆しています。中央部分は ほぼ東西性のトレンドが顕著です。逆断層は低角で北上がります。新第三系と基盤岩類の境界をなしたり また 前者を切っています。西部地域はやや複雑です。この地域は北東—南西方向の軸をもつ幅の広い向斜が卓越し北東へプランジします。イズニック湖北西では南北性の正断層が数本発達し 全体としては東下がりです。ゲムリック北部では 北西—南東方向の右横ずれ断層が見られます。中央と西部地域の境界は とくに重要で 共同研究者の一人である Murat Erendil 氏によって最近明らかになった 右横ずれを示す ヤローバ断層 (仮称) です。少なくとも中新—鮮新世層を切っています。以上の地形及び構造形態は ランドサット衛星写真から判読されたリニアメントマップとも良く一致します。

次にアルムトゥル半島を区切る2つの北アナトリア断層の分岐断層について述べます。北側のイズミット湾南岸—サパンジャ湖の凹地帯を通る断層はサパンジャ湖周辺では 鮮新—更新世を切り また やや斜交するものの1967年地震断層の西端部にあたります。全体として 右横ずれ南落ちのセンスを示し最も活動的な部分です。サパンジャー—ユバジュク間は おそらく活断層は沖積層に覆われてよくわかりませんが すぐ南に逆断層が並走します。この断層は 南上がりで鮮新世層を切っています。イズミット湾南東端では 短いですが右横ずれ北落ちのセンスを持ち (鮮新—) 更新世層を変位させ 地形的にも明瞭な断層が雁行します。ゲリュッ



第27図 1953年ギョネン—イエニジェ地震断層位置図 (黒点部は標高 600m 以上の地域)

ク及びそれより西方になると 再び沖積層に覆われたり 水面下に没してよくわからなくなりますが 北落ちの正断層のセンスが強くなると推定されます。この部分は 位置的には北アナトリア断層の西方延長にあたりますが その活動やセンスが異なり むしろ イズミット湾の形成に関係すると思われる。

さて 南側の境界であるゲムリック湾—イズニック湖—パムコバ平野の凹地帯を通る断層は より顕著です。東部では パムコバ平野北端を区切り サカルヤ川の直線的な断層谷をなします。イズニックからサカルヤ川にいたる地域も 東西に近い断層谷を形成し セグメント雁行配列をなす部分もあります。第17図 Loc. 12 付近はその顕著な一例で 径数百mに及ぶサグポンドを伴い pull apart basin 状を呈しています。

このセグメントの一つで α トラック測定をした結果が 第8図(2)です。今まで測定した中で異常に高いトラック密度を示しています。基盤の性質や付近の地下水の存在を考慮に入れても極めて大きな値で もしかしたら……というわけで今年から本格的に経時観測を実施する予定です。この断層の西方延長も地形地質的に分岐断層の中では最も明瞭で しかも右横ずれが卓越しています。最も新しい北アナトリア断層の活動—地震の震源移動—は この分岐断層に移ってきているのではないのでしょうか。

また すでに述べたように地形的な特徴が地質構造と良く対応することから 褶曲も断層群と同様に鮮新—更新世にかけて形成され 現在もその運動が継続していると仮定されるなら 第18図に黒矢印で示したように 北アナトリア断層及びその分岐断層の右横ずれ運動に関連

した 各部分の反時計回りの運動がこの地域のテクトニクスを支配しているともみなせます(これは Erendil氏の考えです)。今後検討を要する課題です。

7. 1964年地震断層

マルマラ海南岸部の マンヤス 湖南で(東経 $28^{\circ}20' \sim 28^{\circ}23'$ 北緯 $40^{\circ}2' \sim 40^{\circ}3'$) 1964年10月6日 マグニチュード6.5~7.1といわれる震度VIIIに達する地震が発生しました(第3図)。

Erentoz and Kurtman (1964) 及び Ketin (1969) によれば 東西ないし西北西~東南東方向に Hamamli~M. Kemalpaşa 付近にかけて地震断層が生じました。

断層の長さは約50~60kmに達し いくつかの並走する副断層を伴い右横ずれ変位を示しましたが 垂直成分が優勢だとする意見もあります。とくに 中心部付近には 長さ20km 幅2~3kmにわたって雁行配列を示す引張り割れ目帯が生じました。この断層については 帰り道に横切ったきりで直接調査することはできませんでした。今年の調査課題の一つです。

8. 1953年地震断層を追って

1953年3月18日 午後9時7分(現地時間) 午後7時6分11秒(グリニッチ常用時) マルマラ海南西岸の Gonen 付近に(東経 $27^{\circ}49' \sim 27^{\circ}5'$ 北緯 $40^{\circ}0' \sim 40^{\circ}1'$) 地震が発生しました。振動は30秒以上続き マグニチュードは7.2~7.75 震源の深さ約10kmで最大震度はXに達するといわれます。少なくとも1,071人の死者と2,000人以上の負傷者がでて 数千の家屋の倒壊があったそうでイスタンブールにおいては過去80年間で最大の有感地震で 主要水道にも被害を生じました。イスタンブール観測所は3月25日までに188回の余震を報告しています。これによって Gonen-Yenice 間に北東-南西方向の地震断層が生じました(第27図)。断層は全長50~60kmに及び 数~十数kmのセグメントが不明瞭な雁行配列をなし 一部分岐状を呈します。全体として右横ずれの水平変位が卓越し Gonen 南方で1.5m Yenice 谷で3.3m Yenice 東方で4.3m(最大)です。垂直落差は50cm以下です。断層帯に沿って多数の引張り割れ目が観察されたそうです。

この地震で壊滅的な打撃を受けたギョネンの町は温泉で知られており 小さな町のわりにはハمام(トルコの蒸風呂)付きの立派なホテルが建っています。

断層は ギョネン南方ではやや東西に近いのですが すぐにギョネン川に沿うように南西に延び イェニジェの小盆地に入ると再び東西に近い走向を示します。この地震断層を追って谷に入ったのですが難行苦行の連続となりました。始めのうちは 断層自体地形的にも地質的にもトレースしやすく(谷間の石灰岩と花崗岩の境界付近を通るので) 丘陵上でなごやかに草を喰む白馬の一群を眺めて楽しむ余裕もあったのですが いけどもいけども直接の断層露頭は見当らず さらに安山岩溶岩分布域に入ると道路状態は極めて悪くなりました。車は何度もエンコするし もちろん付近に人家などありませんから昼食ぬぎです。やっとの思いでイェニジェ(4,070人)近くで舗装道路に出たときは全員で喚声をあげたほどでした。この断層は北アナトリア断層の直接の延長ではありませんが マルマラ海周辺ではこのようなNE~SW またNW~SE性の断層が思ったより良く発達することが明らかになりつつあります。これらの断層が北アナトリア断層と同様の東西性活断層群と斜交し その交点付近に震央が位置するらしいことが共同研究者のバルカ博士によって指摘されています。今後の重要な検討課題の一つでしょう。

主な文献

- Erentoz, C et Kurtman, F. (1964): Rapport sur le tremblement de terre de Manyas survenu en 1964. Bull. MTA., 63, p. 1-5.
- 加藤碩一(1983a): 北アナトリア地震紀行. 地質ニュース 342号 p. 13-29.
- (1983b): トルコの地震と地震断層について. 構造地質 29号 p. 113-124.
- (1983c): エルズルム雑感. 地質ニュース 356号 p. 25-27.
- (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 93 p. 17-93.
- ・バルカ, A (1984): ホラサン-ナルマン地震 (1983.10.30) 地質ニュース 358号 p. 46-52.
- Kato, H. et al (1985): Report of International Research and Development Cooperation ITIT Projects No. 8212, Research on Earthquake Faults, Active Fault and Earthquake Prediction 96p.
- Ketin, I (1966): Tectonic units of Anatolia, Bull. MTA., 66, p. 23-34.
- (1969): Über die Nortanatolische horizontal verschiebung. Bull. MTA., 72, p. 1-28.
- Sengor, A. M. C. and Yilmaz, Y. (1981): Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, p. 181-241.