

首都圏の地震と活構造 (続)

垣見俊弘 (地質部)

4. 関東平野とはいかなる平野か

関東平野はいうまでもなく日本最大の平野であるがほかの平野とくらべてみると たんに面積が広いというだけではない 他とは質的に違った独特の性格をもっている。

特異性の第1は 古・中生代の日本を内帯と外帯に分ける中央構造線や 中生代末～新生代前期の日本を東北日本と西南日本に分ける銚子—柏崎線(利根川構造線ともいわれた)など 超一級の構造線をその下に抱えていることである。

第2に筆者は この平野が“海的”であることを強調しておきたい。 “海的”であるとは 海岸平野や段丘が かつては海であった というようなことを指すのではない。 島弧と海溝の間の “本来海であるべき” 部分がここでは平野になっている という意味においてである。

新第三紀層や第四紀層が異常に厚いこと 深い地震が多いこと 重力が低くしかもアインスタシーが成立していないことなどは よく知られた事実であり なにものかが地球の内部から関東平野を下へ引っ張っていると

か考えられない。 これらの性質は 東北本州弧の沖合にある arc-trench gap のそれとよく似ている。 その意味については 貝塚(1974)が総合的に論じているので ここでは繰り返さない。

関東平野部の地震の特徴は この2つの特異性を抜きにしては理解できないであろう。

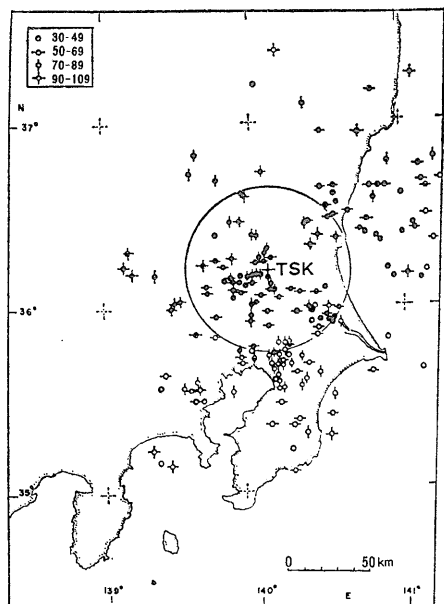
関東の中心部では深い地震が多いことは 前号でも述べたが 辻浦(1973)は地震波のスペクトルを調べ 北関東で起る地震には短周期成分が卓越し 南関東ではそれが少ないという明瞭な違いを見出した(第5図)。 また 津村(1974)は 南関東と北関東の間に微少地震活動のきわめて不活発な帯状の地域があることを指摘した。地質家の目で見ると これらの図は 古い日本の外帯と内帯およびその間に存在する中央構造線が 今なお地震の起り方を規制しているように見える。 これらの地震がいずれもマントルで起っていることを考慮すると 外帯と内帯の根が一物質あるいは不連続面が直接つながっていることを意味しないとしても一意外に深いことを感じさせられる。

5. 関東平野における地殻変動の変遷

ここでは 関東平野の現在の地殻運動を理解するために いわゆる neotectonic age 一後期新生代にあたる一の構造発達史をごく大まかに眺めてみよう。

まえに紹介した後期新生代地質構造図「東京」(垣見ほか 1973)には neotectonic age における5つの代表的層準の深さまたは高さの分布図が描かれている。古い方から 新第三系の基底(=基盤の表面)・第四紀層基底・相模層群の基底・広義の下末吉層の基底の深さおよび下末吉面の高さである。これらは それぞれの地層が堆積した時代から現在までの地殻運動の積算値を近似的に示すと見てよい。2枚の等深線図を重ね合せて 古い方の値から新しい時代の値を差引いた図を作ることによって 特定の期間の地殻運動を求めることもできる。

第6図は 新第三紀層の基底深度を 石井(1962)の資料をベースに その後の資料や石油資源株式会社の城戸秀夫氏の見解などを参考にして作成したものである。



第5図 筑波で記録された微小地震のスペクトルの地域性 (辻浦 1973による) S波について24ヘルツと6ヘルツの振幅比をとりそれが 1以上 0.5前後 0.2以下の地震の震央をそれぞれ ● ○ で

石井(1962)の業績は 関東平野部の構造を面として かつ定量的にとらえた最初のものである。その後基盤に掘りこんだ井戸の数も増え 現在では19坑となった(石井氏の時代は11坑)にもかかわらず 基本的には 石井(1962)の描いた図とあまり変っていない。なお 19ヶ所の基盤の岩質については福田ほか(1974)を参照されたい。

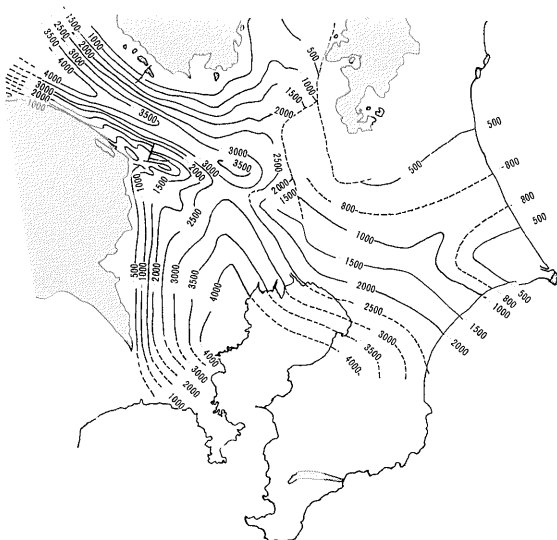
第6図で平野の中央部を南北に走る断層は 烏山一菅生沼断層と呼ばれ 新第三系基底に西落ち1,000m以上の落差を与えていることが 地震探査測線上から推定されている(石井 1962)。南部では2条に分かれ 東側のは東へ曲って 等重力線の急勾配の部分と一致し 筑波山地(八溝山地)の南限を画するように見える。西側の南へ延びる部分は 畠山(1964)によれば断層ではなく基盤面の急傾斜帯であるとしている。烏山一菅生沼断層の付近は 関東でも地震のもっとも頻発するところであることから この断層が活断層であるとする見解(鈴木 1974)もあるが 地形や第四紀層を切っている証拠は見つかっておらず 地震もほとんどが深さ40km以上のものばかりであるから せまい意味の活断層(第四紀層を切っている)かどうかは疑がわしい。しかし 次章で述べるように この断層の南方延長部にあたる古利根川ぞいには活断層が推定されているので 烏山一菅生沼断層が活断層ではないと 一概にきめつけるべきではなかろう。このほか 図には示さなかったが 等深線がスムーズにつながらない部分や 勾配の急変するところには 基盤面を切る断層の予想されているところがある。畠山(1964)は東松山丘陵の南側を東南東方向に

限る南落ちの断層が春日部まで延び そこになお700mの落差があるとしている。

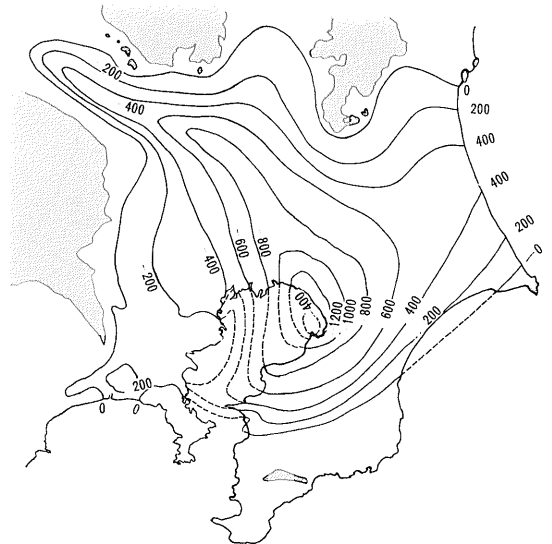
ところで 第6図で基盤深度のもっとも深いところは 東京西部から東京湾を横切り木更津に至る地域にあり4kmをこす深さが推定されているが このあたりは基盤に達する坑井も地震探査の測線もなかったため 重力の低異常を頼りに予想したにすぎない。どうやらこの値は 深く見積りすぎたらしく 最近東京都が夢の島地質調査所が川崎市扇島を爆破点として行なった人工地震探査では 2~3km級であるらしい。とすれば 東京湾をはさんで三多摩と市原付近に2つの目玉をもつ 関東内陸部では最大の重力負異常の原因はもっと深いところにありそうに思えて興味ぶかい。1975年の暮れに防災センター・地質調査所・東京都が相ついで行なった人工地震探査の結果から まもなく付近の基盤深度がより明白になることであろう。

つぎに第7図は 第四紀層基底の深さを 主として河井(1961)の資料に基づいて示したものである。ただし 第四紀層“基底”とはいっても 南関東では第三紀と第四紀の境界は整合であり 上総層群中部の梅が瀬層のなかにあると考えられており 中川ら(1969)の古地磁気データのデータからも支持されている。河井(1969)はこの層準相当層の等深線を平野中心部で画いた。平野の北部ではこの層準がよくわかっていないため 信頼度はやや落ちるが 北部では上総層群全体が薄いため 大勢には影響ないであろう。

第四系全体の最深部は東京湾奥部にあり ここは第四



第6図 新第三系基底面の等深線図(垣見ら 1973による) 主として石井(1962) 城戸(1972)にもとづいて作成した アミは先新第三系露出地(第6~9図に共通)



第7図 第四系基底面の等深線図(垣見ら 1973による) 主として河井(1961)にもとづいて作成した

紀の沈降部としては日本で最大の場所である。第6図と比較してみると 東京湾北部から北西へ延びるシャープな向斜軸は 新第三系の構造方向と調和しているといえるが 東京湾南部から北東へ鹿島灘へ抜けるやや底の浅い沈降帯は 第四紀頃から顕著になった新しい構造と考えられる。

第8図は 第四紀中期(絶対年代でいえば後期)相模(下総または成田)層群の基底面の等深線で 河井(1961)に平野周辺部の資料を加えて作成した。相模層群の基底は長沼不整合と呼ばれるが 同層群はそれ以前につくられた起伏のある地形を埋めて堆積し また同層群の堆積時代にもいくつかの海進・海退があったので 基底になっている地層の年代は場所によりかなり異なっている。町田(1973)などから推定すると その時代は60万年前から30万年前ぐらいまでの幅をもっているであろう。

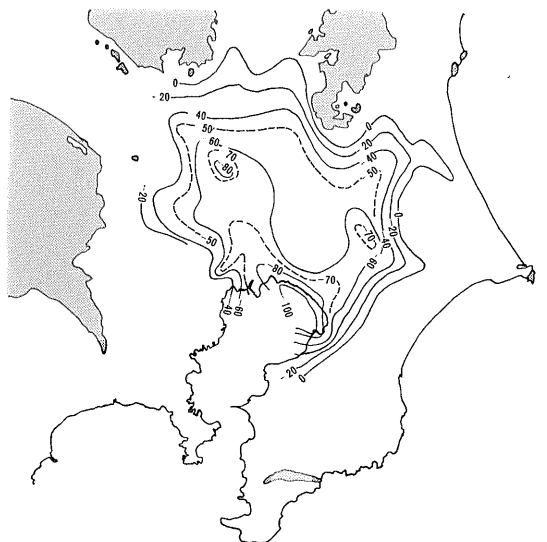
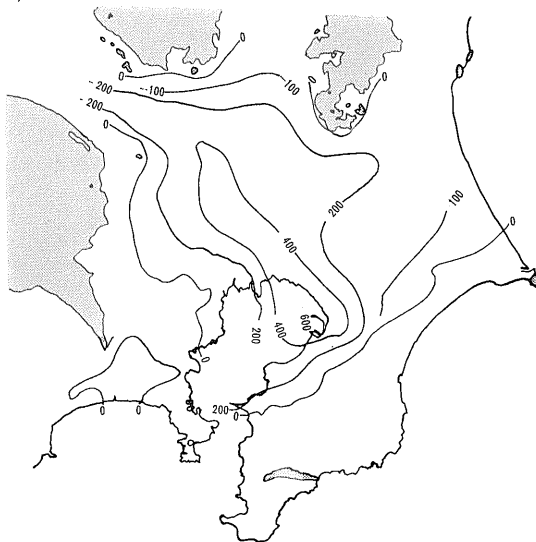
この時代の最大沈降部は 千葉一市原あたりにあるが最近楡井ら(1975)は 東京湾奥部の地下地質を坑井によって詳しく検討し 上総層群の上部に不整合を発見し 河井(1961)の示した下総層群の等深線のうち東京湾奥部の部分は上記の不整合の深度を示すものであるとした。楡井氏らによると 長沼不整合の基底は 第8図より約200mほど浅くなっている。

第9図は 菊地・貝塚(1972)が関東平野の深井戸資料のなかで 下総層群上部にあたる顕著な礫層(N₁層)の層準の深度を描いたものとほとんど同じである。陸上では下総地方の上岩橋層 横浜地方では戸塚層基底にあたると思われるが 多くの地域ではその上位の下末吉

層基底部とも一致している。この意味から垣見ら(1973)は これを“広義の”下末吉層基底とした。この図は前の3枚の図に比べると等深線の屈曲が細かく表現されており 豊富な井戸資料から作られたことを物語っている。ただ これらの細かいひだのすべてが隆起・沈降を表わしているわけではなく 一部は海進以前に形成された地形を表現していることに注意すべきであろう。しかし大成としては 地殻運動を表しているを見ると この時代の特徴は 沈降部がいくつかの楕円状の地域に分れ その間に相対的な隆起—沈降からとり残された一地域が認められることである。顕著な沈降盆は 東京湾奥部 春日部—久喜間 印幡沼北端部あたりにある。

第10図は 下末吉面の高度分布図で 貝塚(1974)から直接引用した。下末吉面構成層の堆積当時は 大半がほぼ平らな浅海底であったと考えられるので 等高線のパターンはその後の昇降運動を表わしていると考えてよい。この図からは 東京湾 古河地区および相模川下流部が盆状の沈降域を作っていることがわかるが このほかにも 細長い形をした隆起帯や沈降帯の存在が目につく。荒川に沿う沈降帯 下総台地西部で北西にのびる隆起帯 下総台地東部で40m閉曲線が示す沈降帯 土浦から水戸の方向へ延びるやや幅広い沈降帯などである。(ただし 鹿島灘にそう40mの等高線は 隆起帯を暗示するが 坂本 1975によれば 下末吉層相当層の基底部には高さの変化がないとのことである)。

これらのうち 荒川沈降帯は 後述するように断層運動によって作られたと考えられる。



第8図 相模層群基底面の等深線図(垣見ら 1973による) 主として河井(1961 1965)にもとづき 平野周辺部の資料を加えて作成した

第9図 N₁層(“広義”の下末吉層)基底面の等深線図(菊地・貝塚 1972による) N₁層の時代については本文参照

さて 上記第6～10図を通して眺めると 関東平野部の地殻変動には 次のような特徴が認められよう。

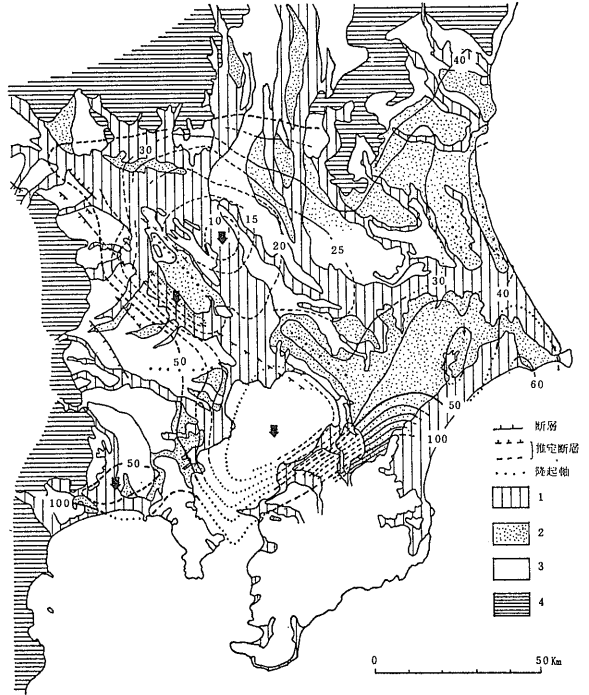
第一には 古い時代ほど北西—南東方向の構造が主体であるが 新しい時代になると北東—南西の方向がこれに重なって現われることであろう。 新第三系の構造方向は基盤の帯状分布と これを境する中央構造線などの大断層の方向と調和的である。 いっぽう新しい時代の構造方向は 東京湾や房総半島など 東側（海側）ほど顕著である（垣見 1974）。

第二には 第四紀後期になると 大きな関東構造盆地のなかに いくつかの楕円形をした小沈降盆地が発達してくることである。 これに伴って相対的な隆起域もはっきりしてくるが それらは沈降盆からとり残されたみかけの構造である可能性がある（菊地 1974）。

6. 関東平野部に推定される活断層

台地面の高度分布から 関東平野において第四紀後期に不連続な変位運動のあることをはじめて示唆したのは 貝塚（1957）であろう。 同氏は 武蔵野台地面が元来はふつうの扇状地のように同心円状の等高線間隔をもっていただけで 現在の形態との差から等変位線を描いた結果 同台地北部が北ないし北東方向に傾動しているとした。 いっぽう大宮台地にはそのような傾動が認められないところから 荒川ぞいに撓曲ないし断層角盆地状の沈降帯を考えた。 第10図（貝塚 1974）にはこれが荒川沈降帯として表現されている。

堀口（1974）は段丘面およびローム層の高度分布から



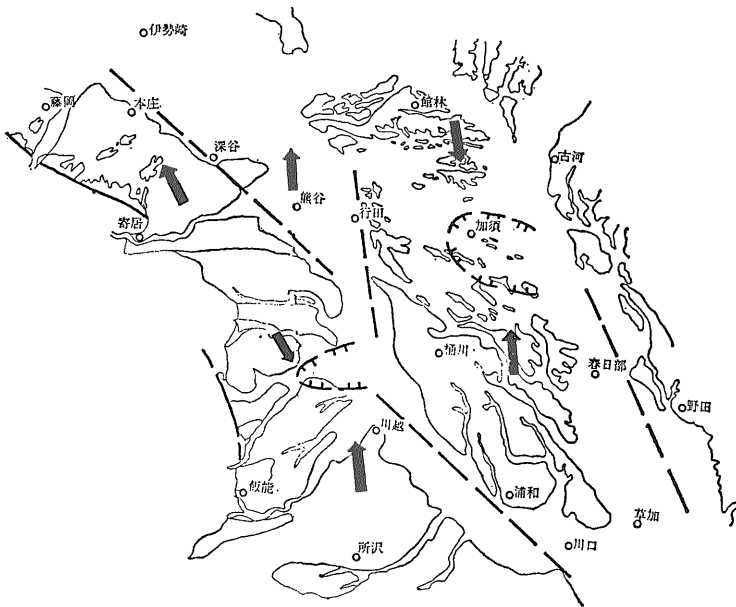
第10図 下末吉面の高度分布と関東平野部の活構造（貝塚 1973 1975 による） 1：沖積面 2：下末吉面 3：1 2以外の段丘面と丘陵 4：山地

関東平野の西部は4つのブロックに分かれ 各ブロックがそれぞれ少しずつ異なる変動（傾動）を行なっているとした（第11図）。 各ブロックの境は当然第四紀後期に差動運動を行なった活断層であるが そこには広い低地・崖線あるいは堆積物のアバットする境界などが認められている。 同氏は 荒川低地がこの地域でもっとも活動的なブロック境界にあたると思った。 これに次いで 中川低地に見られる境界も 森川（1967）が古利根構造線と呼んだ断層であることを示唆している。

さらに貝塚（1975）は この荒川ぞいの推定断層（荒川断層と呼ぶことにする）の変位量を 西側落ち約15m 南部ではやや小さく約10mと推定した。 また 武蔵野台地面（M₁面）の形成年代は約8万年であるところから M₁面形成以降の平均変位速度は 1～2 m / 万年程度と推定される。 これは立川断層の変位速度と同程度である。

さらに貝塚（1975）は この荒川ぞいの推定断層（荒川断層と呼ぶことにする）の変位量を 西側落ち約15m 南部ではやや小さく約10mと推定した。 また 武蔵野台地面（M₁面）の形成年代は約8万年であるところから M₁面形成以降の平均変位速度は 1～2 m / 万年程度と推定される。 これは立川断層の変位速度と同程度である。

松田ら（1975）は 荒川断層をさらに



第11図 関東平野西部のブロック区分と変動（堀口 1973による） 破線：ブロックの境界 矢印：傾動方向

南東へ 第4図(前号)のように推定した。これは 東京都防災会議(1975)が夢の島を爆破点として北方へ測線を設けて行なった地震探査の結果 基盤深度に北側隆起400mの不連続が発見されたところから この不連続を荒川断層の延長と考えたものである。今のところは基盤に大きな変位量が見出されただけで 第四紀層を切っている証拠はなく この予想を確かめるのは今後の課題である。さらに松田氏は 荒川断層が中央構造線の再活動である可能性についても論じている。おもしろい考え方であるが これも今後の検討を要することがらである。

なお 貝塚(1975)は 荒川断層のほかにも地形面の変形から隆起軸や沈降軸を推定している。このうち重要なのは 鴻の巣一鳩が谷を結ぶほぼ高崎線に沿う北西—南東方向の隆起帯である。この隆起帯は北東側が比較的急傾斜で元荒川低地に達するところから 同氏はこれが地下に伏在する活断層(北東側落ち)による撓曲崖であることを示唆している。

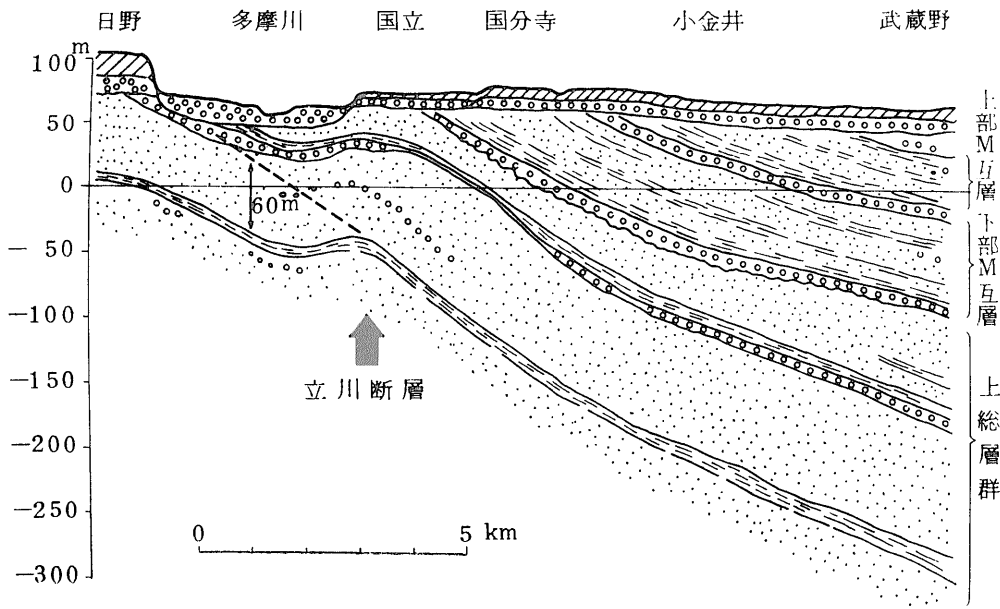
7. 平野地下における活断層の探査について

以上のように 現段階では関東平野下で多くの人が活断層と認めるのは荒川断層のみで その他は未だ予想の域を出ないというほかはない。

活断層が大地震と関係している以上 地震予知・被害予測のうえからも その正確な実態の把握が望まれる次第である。

しかし 未固結堆積物の厚い平野地下における活断層の調査には 山地とはまったく違う困難がつきまといっている。それは単に平野部では地質状態が目に見えないから というだけではなく 山地や段丘堆積物の薄い台地とは 次の点でまったく違った現われかたをするだろうからである。

その1は 断層といってもかならずしも地層が切れているとは限らないことである。立川断層や深谷断層などの“断層崖”は実際にはきわめて緩やかな斜面として認められることはすでに述べたが 地表だけでなく地下でも切れているかどうかは疑がわしい。これに関して 菊地(1975)は興味ぶかい指摘を行なっている。同氏は武蔵野台地の地下地質を調べた森(1969)が描いた断面図のうち 立川断層を横切っている1枚(第12図)に褶曲状の変形のあることを指摘した。このような非対称褶曲はその地下に断層変位のあることを思わせるに充分である。森氏の話によれば 関東造盆地運動によって北東へ深くなっていくはずの上総層群が ここではどうしてもすなおに深くなってくれず 止むなく背斜と向斜を設けた ということである。森氏ははからずも立川断層の存在を予言していたことになる。菊地氏はこの図から 立川断層による上総層群の変位量を約60mとした。もっとも 立川断層がこの部分でまったく切れていないかどうかは 別問題である。森(1969)の断面を作るもとになった試錐資料は このことを明白にす



第12図 武蔵野台地西部の地下地質と立川断層の推定位置(森1969の断面図に加筆した菊地1975による)

るほど豊富ではないから。

第2に 沈降地域における活断層はその両側で地層の厚さはもちろん 層相も大巾に変わっていると考えられることである。もし両側で新しい地層から古い地層まで一様な落差をもつ断層があるとしたら その断層は一番新しい地層が堆積したあとで一度だけ動いたことになり 活断層の変位の累進性に反するであろう。また 沈降地域では断層によって低下した側が新しい堆積物でどんどん埋積されるであろうから 岩相は両側で大きく違ったものになる。このことは 見当のついている断層の位置を確かめるには有利かもしれないが 岩相だけ(たとえば電検図)を頼りに両側の地層の対比を行なえず したがって落差の判定は困難となる。

第3は 活断層である以上 当然地表近くの新しい堆積物の変位を問題にしなければならないことである。地下深部でいくら大きな断層変位を見つけても それだけでは活断層といえないのは自明であろう。ところが重力探査や弾性波探査では 未固結堆積層に変位を見出すことは案外に困難であるらしい。表層の未固結層では 密度やP波速度にあまり大きなコントラストがなく 岩質よりも含水率に左右されて物性が変わるため 従来の方法ではあまり良い解像力を期待できない とのことである。

しかし 平野部の活断層の把握に物理探査が不可欠である以上 ぜひこれらの難問を技術的に解決していくように期待したい。

また 試錐資料の解析については 従来は隣り合う試錐データを横につなげる という観点から行なわれていたように思う。ここらで発想を転換し “どこで切れているか” という見方で 従来の資料を洗い直してみる必要があろう。現実に地層が切れていなくても このような見方によって 第四紀における変位連動を発見できるチャンスは増すことと思う。

引用文献(単行本以外の題目は省略した)

- 阿部征勝(1973):科学 44巻 P.139—145.
 藤井陽一郎(1974):「関東地方の地震と地殻変動」ラテイ
 ス P.215—220.
 福田理・高橋博・大八木規夫・鈴木宏芳(1974):地質ニュー
 ス 234号 P.8—17.
 萩原尊礼(1972):地雲予知連絡会報 7巻 P.27—31.
 畠山勉(1964):物理探鉱 17巻 P.50—71.
 堀口万吉(1974):「関東地方の地震と地殻変動」ラテイ
 ス P.119—127.
 石井基裕(1962):石油技術協会誌 27巻 P.615—640.
 貝塚爽平(1957):第四紀研究 1巻 P.22—30.
 貝塚爽平(1974):「関東地方の地震と地殻変動」ラテイ
 ス P.99—118.
 貝塚爽平(1975):「東京直下型地震に関する調査(その2)」
 東京都防災会議 P.43—65.
 垣見俊弘(1974):「関東地方の地震と地殻変動」ラテイ
 ス P.51—70.
 垣見俊弘・衣笠善博・木村政昭(1973):後期新生代地質構造
 図「東京」地質調査所.
 神沼克伊・岩田孝行・茅野一郎・大竹政和(1973):図説 日
 本の地震 地震研究所 136P.
 神林幸夫・勝又護(1975):「東京直下型地震に関する調査研究
 (その3)」東京都防災会議 P.53—103.
 勝又護(1974):「関東地方の地震と地殻変動」ラテイ
 ス P.251—256.
 河井興三(1961):石油技術協会誌 26巻 P.212—266.
 KAWASUMI, H. (1951):地震研究所彙報 29巻 P.469—482.
 城戸秀夫(1972):地質学会79年大会演旨 P.72.
 菊地隆男(1974):「関東地方の地震と地殻変動」ラテイ
 ス P.129—146.
 菊地隆男(1975):「東京直下型地震に関する調査(その2)」
 東京都防災会議 P.66—74.
 菊地隆男・貝塚爽平(1974):「地盤と地下水に関する公啓」
 地質学会79年大会資料 P.99—110.
 町田洋(1973):地学雑誌 82巻 P.53—76.
 町田洋・新井房夫・村田明美・袴田和夫(1974):地学雑誌
 83巻 P.302—338.
 松田博幸・星基田尚(1974):第28回建設省技術研究会講演概
 要 P.7—10.
 松田時彦(1974):「東京直下型地震に関する調査(その1)」
 東京都防災会議 P.59—61.
 松田時彦・山崎晴雄・金子史朗(1975):「東京直下型地震に
 関する調査(その2)」東京都防災会議 P.79—108.
 森和雄(1969):地質調査所報告 233号 P.1—13.
 森川六郎(1967):「埼玉県南東部の地盤沈下と地質」埼玉
 大紀要理工学部編 P.49—58.
 中川久夫・新妻信明・早坂功(1969):地質学雑誌 75巻
 P.267—281.
 楢井久・樋口茂生・原 雄・古野邦雄(1975):地質学雑誌
 81巻 P.559—565.
 坂本亨(1975):磯浜地域の地質 地質調査所 55P.
 鈴木尉元(1974):「関東地方の地震と地殻変動」ラテイ
 ス P.257—268.
 東京都防災会議(1975):人工地震による地層構造解析調査研
 究 25P.
 辻浦賢(1973):地震(ii) 26巻 P.370—375.
 津村建四朗(1974):「関東地方の地震と地殻変動」ラテイ
 ス P.227—249.
 宇佐美龍夫(1974):資料 日本被害地震総覧 東大出版会
 宇佐美龍夫・久本壮一(1970):地震研究所彙報 48巻
 P.331—340.