満池谷不整合と六甲変動

——近畿における中期更新世の断層ブロック運動と海水準上昇——¹⁾

藤 田 和 夫²⁾

Manchidani Unconformity and Rokko Movements ——Middle Pleistocene Fault-block Movement and Sea-level Rise in Kinki, Japan¹⁾——

Kazuo HUZITA²⁾

The central part of the Kinki area, Southwest Japan, is characterized by the alternative arrangement of basin and range, which is the topographic expression of the differential movements of the faulted blocks of the basement rocks. These tectonic movements named the "Rokko Movements", started in the Middle Pleistocene, as evidenced by the "Manchidani Unconformity" which is recognized between the Middle and Upper Subgroups of the Quaternary Osaka Group.

The Upper Subgroup not only was deposited in the tectonic basins formed by the Rokko Movements, but also spread over intermontane basins in the wide background mountain areas overlapping various horizons of the Middle and Lower Subgroups. Such an unconformable relationship is considered to show that the large-scale sea-level rise occurred almost contemporaneously with the tectonic movements.

I. は じ め に

日本の第四紀に関する多くの問題は次第に解決のきざしがみえてきたが、なおまったくといってよいほど放置されている大きな問題がある。

1) 日本列島を取り巻く段丘の成因論は、地殻変動と氷河性海面変動との合作という見方で、一段落がつきかけている。そして下末吉段丘あるいは“中位段丘”とよばれる最も広域に分布する典型的な段丘が、後期更新世の幕開けを示すと考えられるようになった。しかし、それらより高位を占める古い段丘が各地にいろいろな状態でみられるが、これらはいつ頃から、どのようにして出現してきた地形面であろうか。“地層の時代”から“段丘の時代”への移り変りに何がおこったのか。

2) 海面下で隠されていた部分を合わせた日本列島像が明らかになるにつれて、第四紀になってからの列島は巨視的にみると隆起の時代であり、とくに中期更新世

になって急速に上昇し、現地形の原形ができたとみられるようになってきた(藤田・太田, 1977; 藤田, 1983; 菊地, 1985)。ところがほとんどの場合、列島内の第四紀の堆積盆は地層形成の場、すなわち沈降の場と片づけられ、山地は相対的に隆起の場とされてきた。この場合の沈降・隆起は何を意味しているのだろうか。おそらく氷河性の海面の脈動を消去した現在の海水準が、無意識のうちに基準面になっていると思われる。それは第四紀を通じて、不変だったのであろうか。

以上の2つの問題に対する私見は、いくつかの論文(藤田, 1976, 1978, 1984, 1986)の一部として言及し、また拙著「日本の山地形成論」(藤田, 1983)の中でも論じたが、まとまったものはないので、ここに要点を述べておきたい。以下、氷河性の海面の脈動を「海面変動」、その平均海面を海水準とよび、その変動を「海水準変動」と使い分けることにする。

1) 1989年7月27日受付。1990年6月23日受理。

2) XXXXXXXXXX

II. 第四紀不整合

第四紀層の中の不整合については、列島各地で多くの論文がある。これらを見ると、層序的欠如あるいは構造的不整合についての記載が主で、その本質的意義についての検討は少ない。初期の日本の第四紀地質学は、私を含め新第三紀地質学研究的伝統の上に立つ研究者によって進められてきたケースが多いので、不整合問題についても新第三紀層中の不整合に関する概念が、そのまま第四紀層にもちこまれてきた傾向が強い。両者の間の相違に関して、次の諸点について慎重に考慮する必要がある。

1) 新第三紀不整合が 10^6 ないし 10^7 年オーダーの時間帯の中での事件を取り扱うのに対して、第四紀不整合は 10^5 ないし 10^6 年オーダーと 1 桁ちがう短い時間帯の中での問題である。したがって第四紀層中の不整合のあらわす時間的な内容も異なるはずである。

2) 新第三紀層に対しても、また第四紀層に対しても、同じ地層区分名が用いられている。したがって同じ「累層」名がついていても、その内容において、大きな相違のある場合が多い。とくに中・後期更新統は「累層」とよばれていても、新第三紀層の「部層」程度のもものが多く、さらに「単層」に関しては、新第三紀層ではあまり問題にならなかったデルタサイクル的な堆積機構の導入が、第四紀層では必要になってくる。

3) 新第三紀層ではその堆積盆の全体像が把握しにくい、第四紀層では後背地を含めて堆積盆全体を考えながら不整合の意義を考察できるし、またそうすることが必要である。すなわち新第三紀層では堆積盆の縁辺相が残存しているケースが少ないが、第四紀とくにその後半の地層では、盆地の縁辺のデルタ相や扇状地相を通じて、さらにこれに流入する河川堆積物まで連続して追跡できる場合がある。

4) 新第三紀層は日本海側でみられるように沿海性の地層が大部分で、瑞浪層群のような内海性の地層はきわめて局地的であるのに対して、第四紀層は瀬戸内区に内海性の地層が第四紀地殻変動の影響を強く受けながら広く分布し、段丘も発達している。したがって上記のような後背地を含めての古地理的考察ができる条件をそなえている。これに対して沿海部では海岸段丘は広く分布するが、それらの構成層は汀線あるいは瀬海性のベニア層が主であって、これらに対応する累積型の地層は沿岸浅海底に潜在するか、あるいは剝削されていて、それらの関係を求めることは困難である。

図 1 六甲山地南東麓、西宮市満池谷付近の地質図

図 4 平面図の枠内に位置を示す。

(藤田, 1983)

III. 満池谷不整合研究の経緯

以上のような視点に立って、私がかねてから主張してきた中期更新世の「満池谷不整合」の意義を検討したい。満池谷不整合は、最初 1959 年に六甲山地南東麓の西宮市満池谷において、藤田によって記載された(藤田ほか, 1959)。それは甲陽断層の南東側に位置するこの地区において、甲陽断層に沿って傾斜する大阪層群の Ma 5 海成粘土層を削り込んで、砂質部の優勢な大阪層群がほぼ水平に堆積していることから発想されたのであった。そして、藤田はこの不整合関係を局地的なものではないかとしながらも、将来の重要性を予測し、上位の地層を「満池谷層」とよんで区分した。満池谷層は寒冷気候を示すラリックス (*Larix*) 層と暖地性のアデク (*Syzygium*) 層をはさみ、気候変化という観点からも重要視されるようになった(図 1)(藤田・筈間, 1982)。

図2 1962年度音波探査記録による大阪湾南半の地質断面図
(藤田・鎌田, 1964)

次いで市原(1960)によって、大阪・明石地域の第四紀層が総括されたが、彼は満池谷地区以外に大阪盆地内の各地でその相当層を認め、これらをまとめて「満池谷累層」と命名して大阪層群から分離し、これが盆地周縁各地で Ma 5 から Ma 8 にわたる種々の層準を覆うとして、大規模な層序の欠如をともなう「満池谷不整合」を設定した(図3参照)。

一方、石田らによって、大阪盆地南部の丘陵地帯の大阪層群の調査が行われていたが、ここでも大阪層群上部と高位段丘層との間を占めて広く分布する満池谷累層の存在が記載され、盆地奥部ではその延長が大阪層群下部までも広くオーバーラップするようになることが指摘された(原田ほか, 1963)。

さらに1962年、大阪湾全域の音波探査が実施された

(藤田・鎌田, 1964)。その結果、とくにその南半部において、広域の不整合関係を示唆する記録がえられた(図2)。湾岸の地質からみると、この不整合は明らかに大阪層群内のものである。そして湾央では整合的であるが、湾岸に近づくにしたがって傾斜不整合を示すパターンが明瞭になり、上位層は傾斜する下位層の上を広くオーバーラップしていることがうかがわれた。したがって藤田(1966)は陸上地質との関連において、上位層を満池谷累層に対応するものとした。

しかしながらその後、前説をくつがえして、市原・横山・石田(1966)による満池谷不整合否定論があらわれた。すなわち、この不整合は盆地縁辺部の局地的不整合現象を結んだだけであって、盆地全域にわたるような不整合はないというのである。その理由は以下のとおりで

ある。すなわち市原（1960）が満池谷累層としたものが、満池谷地区では Ma 5 の上に直接のっているのに、千里地区では Ma 8、枚方地区では Ma 6、泉南地区では Ma 4 を直接覆っているとみたので、彼は下位層との間に大規模な削剝をとともう不整合を想定し、大阪層群から分離したのであった（図 4 参照）。しかしその後、満池谷累層を特徴づけるラリックス層が枚方地区の Ma 6 と Ma 7 の間に、またアデク層が Ma 8 に挿入されているのが発見されたので、満池谷累層は大阪層群の同時異相とみなされ、層序的欠如を想定する必要がなくなったのである。そして満池谷累層は再び大阪層群に編入され、その後の大阪層群の層序学的研究上、この見解が定説的に取り扱われてきた。

層序学的な満池谷不整合問題はこれで一応決着がついたかにみえたが、その後 1980 年代になって、大阪湾の南東部の泉州沖に関西国際新空港建設の計画が実現し（図 2 の泉佐野沖）、その地盤調査が中世古幸次郎らにより地質学的手法を駆使して行われ、先の大阪湾音波探査の記録にあらわれた不整合の実態が明らかになった（災害科学研究所, 1984）。すなわち、この不整合は予想されたとおり、空港予定地で Ma 3 から Ma 5 にわたる削り込みをとともうもので、これこそ満池谷不整合をあらわすものであることが、微化石その他の地質学的手法で明らかとなった。ついで横山（1989）はそのボーリング資料の古地磁気学的研究によって、満池谷不整合が局地的不整合であるとの前説を撤回するとともに、この不整合が大阪湾内全域に広がるものと推定し、その層序的欠如を大規模な氷河性海水面降下で説明しようとしている。

このように満池谷不整合問題は、その存在が確認されるとともに、その解釈について混迷度を加えることになってきたが、私はかねてからこれをテクニクな観点から重視し、その意義の解明に努めてきた。そして満池谷不整合を、層序的間隙が少なく、したがって短い時間帯の中で著しい構造的変化のあったことをあらわす中期更新世の不整合であると考え、氷河性の海水面脈動をとともないながら同時に平均海水準の絶対的上昇があったとの見解を発表した（藤田, 1978）。しかしながら、この見解は層序至上主義の潮流の強い日本では、第四紀層研究者の注目をあまりひかなかったようである。ここにそれら諸説が生まれた原因を探りながら、私の「六甲変動」論（HUZITA, 1962; 藤田, 1968, 1983）との関連において、満池谷不整合の実態にせまりたい。

図 3 大阪港付近の深層ボーリング OD-1 の柱状図と大阪層群の岩相区分

III. 大阪層群の岩相区分

大阪層群の層序区分は詳細をきわめ、各丘陵ごとに累層区分が設定され、多数の累層名が記載されている（市原・市川・山田, 1986）。しかし、それらを一括する区分名には各種のものがあって、統一性がないのが現状である。現在、大区分としては「大阪層群上部」・「大阪層群下部」という分け方が一般的であるが、これは Ma 3 を目安とするメタセコイア植物群の消滅に基づいて区分

したもので、岩相区分ではない。もともと“大阪層群”自体が、上限・下限ともにあいまいであって、最近では“古大阪層群”という呼称も提唱されている(中川ほか, 1982)。

大阪層群は、千里丘陵を模式地として設定されたものである。しかしながら、その最も完全とみられる柱状図は、大阪盆地のほぼ中央部で実施された深層ボーリング OD-1 でえられた(図3)。もともと“層群”という単位は岩相区分単位であって、年代区分単位ではない。前者は岩相の変化に基づいて、年代を考慮しないで区分できる実用的なものである。この柱状図をみて岩相に基づいて区分する場合、まず注目されるのは、Ma であらわされる海成粘土層が最初に出現する層準であろう。最近では Ma 0 の下になお海成粘土層が出現しているが、とにかくまず海成粘土層出現の層準を区分の目安にすることが可能である。

次に Ma 6 あるいは Ma 7 のあたりから、堆積状態の変化することが注目される。それより上は海成粘土層が厚くなり、かつそれらの間にはさまれる砂礫層が粗粒になる。そこで、一応 Ma 6 以上を区分する。そして藤田らはこれら3区分に対して、「亜層群」単位をあてはめ、下位より「下部亜層群」・「中部亜層群」・「上部亜層群」という区分名を提唱した(藤田・笠間, 1982)。「累層」単位は大阪盆地全域を通じての適用が困難であるが、「亜層群」単位では可能であって、使用しやすいという利点がある。さらに Ma 11 以上は丘陵地に露出している明瞭な例がなく、Ma 12 を含めて「上部洪積層」とよび、また Ma 13 を「沖積層」とよんでいるのが実情である。亜層群という名称が使いにくいという専門外の方には、「上部大阪層群」・「中部大阪層群」・「下部大阪層群」でもさしつかえない。ただしこの場合、アズキ火山灰層という良好な鍵層をはさむ Ma 3 を基準とする「大阪層群上部」・「大阪層群下部」という区分との相違をはっきりしておく必要がある(図3)。

以上はあくまで岩相に基づいて区分したものであるが、大阪層群の内容からみてその意味は明らかである。中・下部亜層群の境界は中川ほか(1982)の提唱する“芝の不整合”の層準とはほぼ一致する。この不整合については市原(1983)の否定論があるが、藤田らはこれを肯定している(藤田・笠間, 1982)。また中・上部亜層群の境界は満池谷不整合と一致する。岩相区分であっても「層群」の境界ともなれば、不整合で境されるのが普通であることは、地史の反映として当然である。「亜層群」は層群と累層との間のランクであるが、大阪層群内がこのように亜層群で区分されることは、それに応じた

不整合存在の反映ともいえるであろう。なお、下部亜層群を“古大阪層群”と呼称しようとの提案(中川ほか, 1982)には、賛成できない。なぜならそれは大阪層群とは岩相的にきわめて類似していて露頭観察だけでは識別困難なことが多く、上部亜層群と混同されていた例もあるほどである。まして盆地の周縁山地内に孤立して分布する場合には、岩相的には判別できないことが多い。大阪層群として一括するほうが実践的である。

IV. 満池谷不整合と地殻変動(六甲変動)

満池谷不整合に対して、なぜ長期にわたって統一見解が生まれなかったのであろうか。資料そのものに欠陥はない。一言にしていえば、従来の見解があまりにも層序的間隙と時間的間隙のみを重視し、地殻変動に関する視点が欠けていたからである。この時期は近畿の基盤の表層部が、基盤褶曲とよばれるうねり状の波状変形から急速に断層ブロック運動に移過した時期であった(藤田, 1984, 1986)。この認識なくしては満池谷不整合は語れない。それは次の現象から帰納できる。

1) 中部亜層群の海成粘土層、とくに Ma 1, Ma 2 は、現在の近畿中央部の地形とは無関係に、大阪盆地のみならず京都・奈良盆地にも分布している。これは当時生駒・六甲山地などのバリアーが存在していなかったことを意味している。そして上位の粘土層ほど分布範囲が狭くなり、基盤の波状変形が進行してうねり状に盆地と山地の分化が進行していったことがうかがわれる。

2) 中部亜層群以下が断層に沿って著しく変形・変位しているのに対して、上部亜層群は断層に近づくにしたがって変形は受けているが軽微であり、かつその分布は断層の下盤側にとどまっていることが多い。この状況が満池谷での不整合発見の端緒となったのであって、基盤が断層ブロック化し、中・下部亜層群が変形した後に生じた小盆地に上部亜層群が堆積しながら、その後も引続き断層運動の影響を受けてきたことを示している(図1参照)。

3) 大阪盆地周縁の丘陵はほとんどが大阪層群で構成されている。しかしながらこれらの丘陵地は、まわりの山地の隆起にともなって盆地内の大阪層群が引きずり上げられて地表に露出し、その部分が侵食されて丘陵化したという“造盆地運動”といわれるようなメカニズムの産物ではない。基盤の断層ブロックの隆起によって、それを被覆している大阪層群が、その形に対応して盛り上がって丘陵になったのである。これは断層の分布と丘陵の平面的形態との関係をみれば、容易に了解できる。丘陵は被覆層大阪層群の分布地であるが、さまざまな平面

図 4 大阪盆地北部の地質構造図と東西模式地質断面図
白矢印は傾動方向を示す。

形をしていて、その背面もその構成層も必ずしも盆地中央に向かって傾いていない。図 4 の平面図の中の白矢印の方向が、それらの下にある基盤断層ブロックの傾動方向を示している。その中で特異なものが、大阪市街地を細長く南北に延びる上町台地である。この台地を段丘とみる見解もあるが（市原, 1960 ; 古谷, 1978）、構造的な隆起帯であることが、ボーリング資料だけではなく最近の大規模な弾性波探査資料も加わって、ますます確実となってきた（吉川ほか, 1987）。すなわち地下 600 m 付近に存在し、東にゆるく西に急斜し、生駒山地の地形に類似する基盤の傾動ブロックの突き上げによって、地表に盛り上がりができた所が上町台地にあたる（図 4）。

4) 上町隆起帯の形成はその西側を走る上町断層に沿う基盤ブロックの上昇変位によるものであるが、その基盤面の変位量はボーリング資料により 500 m 以上に達することが確かめられている。また、その変形状態も前記の弾性波探査記録によって逆断層型であることが明瞭となった。そこで断層をはさんで存在する同一海成粘土層の変位量（落差）とそれらの形成年代との相関関係をとってみると、Ma 1 から Ma 4 あたりまでは年平均変位速度は 0.2 mm/yr 程度であるが、Ma 6 以降になると急激に速度を早めて、0.6 mm/yr を超えるようになり、その傾向は現在に続いている（藤田・前田, 1985）。明らかに上部亜層群の堆積した中期更新世になって、上町ブロックは急上昇をはじめたのである。しかもこの上昇ブロックの上に、なおも上部亜層群が堆積したという事実注目する必要がある。この問題は次章で海水準変動の資料として検討することにする。

5) したがって断層ブロック化の過程において、急上昇する山地及び丘陵ブロック縁辺部の断層付近では、下部亜層群や中部亜層群が急斜し、著しい傾斜不整合の露頭があらわれる（藤田, 1979）。これに対して盆地内部の安定したブロックでは、類似した堆積環境が持続するため、大阪層群全体が少なくとも構造的には整合的に累積したのである。西宮市満池谷地区は、六甲山地の縁辺部で甲陽断層に接し、ブロックの境界にあたるため不整合関係のあらわれやすい所であった（藤田・笠間, 1982）。また満池谷不整合否定論（市原ほか, 1966）のよりどころとなった枚方その他の地区は、傾動しないで上昇した比較的安定したブロック上であるため、層序的な欠如が少ない地区といえる。大阪湾の中央部は最も安定した大型ブロックであるため、盆地中央ではほぼ全層整合的、そして縁辺部では不整合現象があらわれたのである。関西新空港建設中の地区は、傾動的に東に向かって

隆起する湾岸丘陵ブロックと、西に向かって沈降する大阪湾ブロックとの境界部にあたるため、隆起部が侵食されその上に上部亜層群がオーバーラップしながら堆積したので、層序的な欠如がおこったのである（災害科学研究所, 1984 ; 藤田, 1986）。

6) 断層ブロック運動によって山地・丘陵・盆地の分化がはじまり、近畿中央部の現地形の原形ができてきたのであるが、この運動はきわめて急速に進行したとみられる。その間に安定ブロック上ではほとんど連続層群がみられるが、次章で述べるようにそれらが約 10^5 年単位の高成粘土層と砂礫層のユニットの繰り返しであることから、断層ブロック運動の開始は 10^5 年以内のオーダーの時間間隙の間におこったものとみてよいであろう。この現象は、それまでうねり状の塑性変形をしてきた基盤表層部が、破断の段階に入って剪断性の断層が発生したこととあらわれとみられるが、これは破壊実験において、剪断面の発生が急激におこることからも類推できよう。断層がいったん発生すると山地ブロックは断層面に沿って滑動して急上昇し、その侵食碎屑物が隣接する盆地に流入し堆積した。上部亜層群が粗粒になり“モラッセ”的であることは、このように説明できる。

7) 以後このブロック運動は累積的に継続してきたとみられる。その平均変位速度は 0.1 ないし 1.0 mm/yr と算定され、この値は活断層の変位速度とも一致し、現在の山地の隆起を説明するに足る合理的な値である。一方、これらの断層発生の原因となった水平圧縮応力場は、現在にいたるまで大きな変化はなく、このことは地震の発震機構や測地学的資料からも実証されている（藤田, 1983, 1986）。したがって中期更新世以降の地殻変動は、不可逆的にまた累積的に進行したといえる。この認識が以下の満池谷不整合論の基礎になる。この問題に関する列島の展望は藤田・太田（1977）にまとめられているので、参照されたい。

8) ごの大阪層群内の満池谷不整合であらわされる地殻変動が、私がかねがね追及してきた「六甲変動」の実態であると考えようになったが、その定義にはいろいろなものが流布されているので、この際その経緯を明らかにしておきたい。最初にこの言葉を使ったのは IKEBE（1956）で、第一瀬戸内期末期、すなわち中新世末期から現在にいたる瀬戸内区の断層・褶曲的性格をもつ変動を六甲変動（Rokko Movements）とよんだのであるが、当時はまだ鮮新世から第四紀にかけての変動の実態はほとんどわかっていなかった。しかし、その後の研究で第四紀になってからの地殻変動の詳細が明らかになるにつれて、このような六甲変動の内容はあまりにも

包括的で、意味が少ないように思われるようになった (HUZITA, 1962). そこで私は池辺と共に、瀬戸内区の新生代の変動のうち、より後期にあらわれる南北性の構造軸をもつ変動を六甲変動とよぶと再定義した (IKEBE and HUZITA, 1966; 藤田, 1968). それは実質的には現在の意味合いに近いが、なお不明瞭との批判をまぬがれないであろう。そこで、この際次のように「六甲変動」を定義しておく。

「近畿内帯において、前期更新世からはじまった東西圧縮性の基盤褶曲が進行して、中期更新世にいたって逆断層をともなう断層ブロック (地塊) 運動に発展、現地形の原形をつくり、現在も進行中の一連の地殻変動を六甲変動という。それは地形的には六甲山地の形成に模式的にあらわれているが、堆積盆地内では満池谷不整合で表現されている。」

六甲変動が近畿内帯にとどまらず、南海トラフと外帯の間に配列する海底盆地列にもあらわれていることが最近明瞭になってきた (岡村, 1990)。

V. 大阪層群の堆積機構と海水準変動

それではこの地殻変動は大阪層群の堆積機構の中に、どのようにあらわれているのであろうか。大阪層群の中・上部亜層群は海成粘土層と砂礫層の互層で特徴づけられているが、その堆積機構についてみると、海成粘土層にはじまり砂礫層に終わる 1 組の堆積ユニットは、比較的急速な海進による粘土層の堆積 (底置層) と、比較的ゆるやかな海退につれて前進する砂礫質のデルタ堆積物 (前置層) との組合わせであると考えられる (石田, 1970; 藤田, 1978). そして、これには水河性海水面変動との対応が認められるが、ここではこの問題には立ち入らないが、とくに上部亜層群は寒・暖系の特徴ある植物遺体層を含有し、気候変化の影響を強く受けていることは推測にかたくな (福岡・藤田, 1986). したがって、それには上記の堆積機構がよりよく適用されるであろう。この機構を考えると、堆積の間隙 (ダイアステム) は粘土層の下底にあるのであって、礫層の下底ではないことに注意する必要がある。

問題は基盤の断層ブロック化によって分化した近畿トライアングル内の盆地に、なぜまたどのように上部亜層群が堆積したかである。ところで地層が累積するのは、山地が隆起し、そこから生産される碎屑物で沈降する盆地が埋め立てられてゆくからであるというのが、一般的な図式である。しかしながらこの場合、はたしてこれらの盆地が絶対的な沈降を続けてきたであろうか。それはあくまで現在の海水準を基準面としての錯覚ではなから

図 5 近畿における中部更新統の分布
(藤田・笠間, 1982)

うか。私はこれに対して、沈降を全面的に否定するものではないが、海水準自体の絶対の上昇によって盆地が沈水したのであると主張したいのである。その理由を次にまとめよう。

1) 大阪湾の音波探査記録によれば、中・下部亜層群の変形によって発生し大阪湾盆地の原形となった構造盆地を埋積するように上部亜層群が堆積し、さらにそれはその構造盆地をはみだして、広く中・下部亜層群の侵食面上にオーバーラップしている (図 2 参照). このような堆積形態はユースタティックな運動を意味するが、既述のように、この時期はモザイク的な起伏を生じる断層ブロック化運動をともないながら巨視的には隆起の継続している時期であって、地層がオーバーラップして堆積したからといって、ここで急に広域の沈降運動に転じ沈水したとは考えにくい。海水準の上昇による堆積とみる方が合理的である。

2) 中部亜層群が近畿中央部の盆地内に限定されて分布しているのに対して、上部亜層群は一挙に周辺の山間盆地にも拡大して広く分布する。最も典型的な山間盆地である福知山盆地では、50 m 以上に及ぶ上部亜層群相当層が基盤の侵食盆地を直接埋めていて、その堆積面が高位段丘面となっている (福岡・藤田, 1986). それを

南に追うと、由良川支流一氷上盆地一加古川本流をへて播磨盆地に入り、明美丘陵に広がり、下部亜層群を直接不整合に覆うようになる(藤田・笠間, 1983; 藤田・前田, 1985)。このような現象は、中期更新世になって分化した近畿中央部の盆地だけではなく、周囲の山地内にも水域が広がったことを意味する。しかも山間盆地内でも50 m以上に達する地層を累積したことは、テクトニックな面からの全般的な沈降が考えられない以上、海水準の上昇によって、まるでフィヨルドのようになった幅広い谷間をつたって内陸山間盆地内部にまで浸水し、堆積の場を拡大していったものとみられる(図5)。この時期に大阪盆地・京都盆地南部には海水が侵入し、上部亜層群にみられるような海成粘土層をともなう互層をつくったのであるから、氷河性海水面変動をともないがらの海水準上昇とみたい。

3) 広義の大阪盆地の中央部を南北に延びる既述の上町隆起帯では、上町断層に沿って傾斜する中部亜層群の侵食面上を、海成粘土層をはさみ上部亜層群が不整合に被覆しているとみられる。上町断層の変位速度の変化からみて(藤田・前田, 1985)、この隆起帯は中期更新世に入ってから急上昇をはじめたにちがいないから、この部分の上部亜層群は、隆起帯の上に堆積し、さらに続く基盤ブロックの上昇によって隆起し、地表に台地としてあらわれたことになる(IV章, 4)項参照)(図4)。この現象も中期更新世の海水準上昇を示唆するものといえよう。

VI. 段丘の出現

日本列島の海岸段丘の研究は進展し、最も普遍的に分布する下末吉段丘は、後期更新世のはじまりをあらわすものと位置づけされた。これに対して、内陸部の段丘面の位置づけはなお不確定である。しかしながら瀬戸内区についてみると、段丘を高位・中位・低位段丘に大別することはほぼ定着してきた。その特徴を巨視的にとらえると、高位段丘面は大阪層群やその相当層よりなる丘陵の背面に密接して、丘陵の前縁に広い面積を占めて分布するのに対して、中位段丘はこれらの丘陵を開析する現在の河川に沿って河岸段丘として分布するのが特徴的であり、また内海の沿岸を海岸段丘として取り巻く。高位段丘にはこのような性質は少ない。低位段丘についてはここではふれない。

これら内陸型の段丘のもうひとつの特徴は、山麓扇状地あるいはデルタの地形的特徴を残しているものが多いことである。六甲山地の周辺にはその例が多くみられるが、その後の断層運動によって変形・変位し、原形が破

壊されているものも多い。それは古い高位段丘面ほど著しく、その成因を不明瞭にしている原因でもある(藤田・笠間, 1982, 1983)。しかしそれらは大阪層群の時代から段丘時代に移る問題の鍵を握っているといえるであろう。

1) 中期更新世になって山地と盆地が分化したが、地形的な盆地だけでは地層形成の受け皿にはならない。それには盆地内に停滞水の存在することが必要であり、しかもその中に堆積した地層が累積してゆくためには、地殻変動としての沈降が期待できないならば、海水準が累積的に上昇してゆくことが必要である。この条件は氷河性の海水面変動では満たされず、絶対的な海水準上昇によって満たされる。

2) 海水準の上昇量が地殻変動量を上回っている間は、盆地内は地層堆積の場となり、隆起部には段丘がつかない。しかしそれが逆転すると盆地は離水し、最後の地層はその堆積面を露出するであろう。近畿中央部の場合、山地ブロックと盆地ブロックは逆断層で分離され、山地ブロックは断層面に沿って急上昇してゆく。したがって山麓部に付着した堆積面を残す扇状地性の地層が山地高所にもち上げられ、標高500 mに達しているところもある。堆積を終わった盆地ブロックもまた、奈良盆地にみられるように絶対的にはゆるやかに上昇している。盆地は絶対的な沈降の場ではないのである。上昇する盆地の内部は堆積の場から河川による侵食の場に転じ、それらに沿って、次の氷河性海水面変動に応じて河岸段丘ができるはずである。山地との境界部では、それは山麓扇状地につながることになる。海水準の停滞あるいは低下の場合も同様の現象がおこる。

3) 内陸型の高位段丘のもうひとつの特徴は、その表面に赤色の泥質層をのせていることが多いことである。その成因については古土壌学的見地からの研究も多いが、ここではふれない。ここでの問題は、この段丘面の構成層である赤色泥質層をともなう薄層と下位層との関係である。多くの場合、両者は不整合関係として片付けられている。そうだとすればその間にどのような運動を考えればよいのであろうか。市原(1960)はかつてこの不整合は列島に広くみられるとし、日本列島の全般的な隆起と沈降をあらわすものと考え、これを“六甲変動の最盛期”と位置づけたが、既述のようにテクトニックな観点から容認できない。

4) この赤色泥質層は色鮮やかで、数メートルの厚さがあるところもあり、一見下位層と明瞭に分離できるようにみえるが、さて不整合面を指摘するとなると困難なのである。この問題に対して私は、最初に述べたよう

図 6 大阪湾から関西新空港をへて泉州丘陵にいたる東西の模式地質断面図
(藤田・前田, 1985)

に、この時期の地層は単層・部層・累層というような地層区分でみるのではなく、底置層・前置層・頂置層のセットからなるデルタサイクルの観点を導入すべきであると考えている。上部亜層群堆積の最終段階において、山地からこれに隣接する盆地に流入する碎屑物は、山麓扇状地をつくるとともに、その先端は水中にデルタを前進させていった。そしてその状態で離水すると、頂置層である薄い泥質層の堆積面があらわれるであろう。この下には厚い砂礫質の前置層がくるが、六甲山地西側の例では厚さ 20 m に達し、大規模な偽層が発達している。そしてその下には底置層としての海成粘土層がくることがある。(藤田・前田, 1984)。こうしてみると段丘面をつくるベニア層の下に不整合面を求めるべきではなく、これをデルタの頂置層の堆積面とみるべきであることがわかる。したがって内陸の広大な高位段丘面は、中期更新世の最後の段階において、水域が最も拡大した時に発達したデルタの面、すなわち上部亜層群の堆積面ということになる。高位段丘面は一般の段丘面のカテゴリーに入るものではなく、露出した地層面というべきものである。次いで地殻変動と氷河性海水面変動の合作である中位段丘の時代に入るから、“高位段丘”は大阪層群時代から段丘時代に移る過渡期における高海水準を表現していることになる(藤田, 1983)。

5) このような関係を示す好例が大阪湾の音波探査結果で(図 2 参照)(藤田・鎌田, 1964)。湾の西寄りに中・下部亜層群の顕著なフレクチャーが認められる。これは藤田(1966)により沖の瀬フレクチャーと名づけられたものであるが、その上に上部亜層群がオーバーラップしている。さらに音波探査・ボーリング及び地表調査資料を総合して、大阪湾内から関西新空港を経て、大阪南部の丘陵を結ぶ断面を図 6 に示す。湾央においては、全層が少なくとも構造的には整合的であると考えられる。そして音波探査によると、関西新空港あたりから上部亜層群と中部亜層群との間の構造的なオーバーラップ不整合関係が明瞭となってくるが、これはボーリング

によって層序的不整合も確かめられた(災害科学研究所, 1984)。湾岸線はきわめて直線的で、構造支配を受けている可能性が大きく、傍証もある。この推定構造線が沈降する大阪湾ブロックと隆起する湾岸丘陵ブロックの相対傾動運動の境界となっている。隆起地塊の縁辺は中位段丘と低位段丘とによって縁どられ、一時大阪層群はそれらによって被覆されてしまう。その後背地は丘陵となるが、まずその前縁に広範囲にわたって赤色泥質層で特徴づけられる高位段丘が発達し、それに接する丘陵背面には、大阪湾方向に傾斜する大阪層群の中部及び下部亜層群が露出し、この背面がそれらの侵食面であることを示している。このような地質構成の中で、上部亜層群は新空港あたりから、傾斜する中部亜層群の侵食面をゆるやかにオーバーラップしながら堆積し、海岸線に向かって層厚を減じ収れんしながら延長して、いったん中・低位段丘下に姿をかくす。そしてさらに高位段丘面下にあらわれるが薄層となり、また湾内の地層とは層相が著しく変化しているため、一見別の地層にみえるのである。高位面を堆積面とする上部亜層群は、丘陵の奥地では幅広い河岸段丘層となる。以上を巨視的にみると、後背山地から流れ出た中期更新世の川は、既に隆起のはじまっていた中・下部亜層群よりなる原野を開析しながら、当時現在の高位面分布地域にまで拡大していた古大阪湾に流入し、広大な扇状地をつくった。それがその後の海水準の低下、あるいは湾岸丘陵ブロックの隆起によって離水し、扇状地の泥質頂置層があらわれたのが高位面である。赤色泥質層の問題はここでは取り上げないが、中期更新世は気候変化が著しく、アデク層やサビア層の存在で示されるような暖熱帯気候下での紅土化作用によって形成された赤色物質が流入して、扇状地の頂置層として沈殿し、離水後再び沈水することはなかったとみれば、説明はつく(藤田, 1983)。

6) 高位段丘面は何段かに区分される場合があり、それらの年代についても未確定の要素が多い。中期更新世から後期更新世への推移の中で、海水面変動と海水準変

動との関連についてなお多くの課題が残されている。これを解く鍵として加古川河口にみられる高位段丘から海岸段丘的な中位段丘に移過する多段式段丘が注目されていたが、田中（1989）によって、気候変化との対応が検討されている。

VII. 各地からの情報

以上、主として近畿中央部地域について満池谷不整合を考察し、それが急激な断層ブロック運動の発生と、引続く氷河性海面変動をともしないながらの海水準の上昇を意味するものであることを知った。しかし後者については局地的なものではないはずである。これに関する情報はまだきわめて少ないが、現在得られている列島内の報告をまとめておく。

1) 赤松（1988）によって、きわめて有力な報告が石狩地溝帯からもたらされた。彼はその中の丘陵を構成する更新統から温暖水種属が20%を占める貝化石群集を発見記載し、当時の表層海中温度は、現在の化石産地と同一緯度の海況より、夏期で約7°C、冬期で約12°C、年平均にして約8°Cも高温であったことを推定し、その年代を0.8 Ma~0.4 Ma 前後の中期更新世であるとした。これはまさに、近畿における満池谷期に一致する。さらに彼は化石層の層準の検討から、この地域の中部更新統が地殻変動による沈降に支配されているのではなく、むしろ海水準上昇に帰すべきであると論じ、ベーリング海峡地域にも同様の現象があることを見出した。これは列島の北端地域であるから、最も意義のある発見といえよう。

2) 東北日本の北上川流域は南北に細長く延びる構造盆地で、広大な高位段丘面が発達しているが、私の予察によれば、これらも西側の脊梁山地から盆地に押し出した中期更新世の大規模な扇状地の堆積面の複合である。その下位には下部重層群相当層が不整合関係で分布する。その状況は播磨盆地東部に酷似していて、仙台盆地との関係は、大阪盆地との関係を思わせる。日本海側では、新潟盆地の小国層や矢代田層が、満池谷期のものとであると推定される（藤田，1983）。

3) 関東地方は、海成中部更新統が最も広く厚く発達している地域であるが、研究史が古いだけに異論も多く、まとまった見解がなかった。しかしながら楡井ほか（1975）による東京湾不整合の発見によって、陸上地質と合わせて上総層群と下総層群の関係が明瞭になり、菊地ほか（1988）により急速にまとめられつつある。すなわち下総層群の下底は東京湾不整合で示される。下総層群が海進・海退にともなう浅海型の手成層の累積よりな

る中部更新統であることは確定的であり、大阪層群上部重層群に対応する。問題は形成機構であって、種々の見解の中で、菊地（1982）は上総層群が深海平坦面を構成する堆積物が隆起して離水したものであるという見解の上に立って、その上を不整合に被覆する下総層群が、その堆積形態から考えても、沈降によるものとするよりも、海水準の絶対的上昇に帰する方が合理的であると論じている（菊地，1985）。

まず下総層群下底の東京湾不整合、すなわち“かんな削り”とよばれる特異な不整合面に注目したい。これを私は、浅海底面下で発生した平坦な侵食面上に、下総層群が広汎にオーバーラップした現象とみる。そうするとこれは、大阪湾内において大阪層群中部重層群上に上部重層群がオーバーラップしている状況と同様である。次に海底侵食が沿岸浅海部で行われるためには、やはり隆起条件が必要であろう。中期更新世になって再び沈降に転じて下総層群が堆積し、それが再度隆起して地表に姿をあらわすというような地殻変動は、既述の第四紀後半の地殻変動からは考えにくいのである。やはり菊地と同じく下総層群は海水準上昇の産物とみたい。その分布地域に海成段丘が分布しないということは、この地域が他地域に比して比較的深い海底にあり、地殻変動量が海水準上昇量を上回る時期がくれ、中位段丘期以降になったと考えられるのである。

4) 東海地方は関東と近畿を結ぶ中間地域と位置づけられる。私はかねてより、厚い鮮新—更新統が発達する掛川地域は、外縁隆起帯の内側の深海平坦面が隆起して地表にあらわれたところであり、それが伊豆半島をめぐって関東平野にあらわれた所が上総層群分布地域であると考えてきた（藤田・太田，1977；藤田，1978）。そして浜松以西が近畿中央部と同じような要素をもつようになる。このような観点からみると、小笠原丘陵が両者を結ぶものであり、そこには掛川層群に引き続きながら、大阪層群に対応する多数の手成粘土層をはさむ砂礫の厚層が発達している。これらは急速に深くなる沿海に後背隆起山地から大量に供給された礫が堆積したもので、その中に満池谷不整合に対応するものはまだ認められていないが、上部重層群相当層の存在は確かめられている（石田ほか，1980）。

5) 伊勢湾周辺の中部更新統は、大阪層群との類似性が著しい。これらについては桑原（1980）の詳しいまとめがあるが、その層序学的区分はそのまま近畿中央部にあてはまる。すなわち濃尾平野下の弥富・海部累層などは更新世中期の手成層であり、知多半島の武豊層や渥美半島の渥美累層もこれに入る。濃尾平野下の250 m 以

上の深所に分布する第3礫層は、満池谷不整合の層準を示すものであろう。ここでも、中期更新世の海水準上昇を設定することには、なんら矛盾はない。

6) 琵琶湖も大阪湾と類似した東西圧縮テクトニクスの産物で、現在の深い湖盆が生じたのは中期更新世になってからであるが、海水の侵入がなかったので、海水準上昇に結びつく直接の証拠はないが、瀬田―城陽のチャンネルを通じて、海水準上昇の影響を受けたことは、推定にかたくな（藤田, 1983）。

7) 中国地方には大阪層群の下部・中部亜層群相当層がなく、西条層のような上部亜層群相当層が山間盆地を埋めて分布しているのが特徴である。私の予察によれば、朝鮮半島南部の南原・居昌などの山間盆地も条件が酷似し、それらの表面が高位段丘面となっている。このような広汎な山間盆地内の中部更新統の堆積も地殻変動だけでは説明しにくい。

8) さらに列島南端の琉球においても、河名（1988）によって、海水準上昇の可能性が報告された。すなわち島尻層群で示される隆起運動のあと、サンゴ礁堆積物よりなる琉球層群であらわされる中期更新世の大規模な海進の原因を何に求めるべきかという問題の提起である。そしてその原因の一つとして、満池谷期の海水準上昇の可能性があげられている。

9) 南海トラフの北側の海段に沿って分布する熊野海盆・室戸海盆などは、第四紀層によって埋積され、深海平坦面をつくっているが、その最上部の堆積・構造形態は満池谷不整合と一致し、それは微化石によっても裏づけられている（岡村, 1990）。問題は前記のように深海平坦面が関東・東海で陸上にあらわれているのに、ここでは1,000 m以上の深海に存在することである。これを地殻変動による沈降だけのかたづけは困難で、海水準の上昇を加味することによって解決の可能性がでてくるであろう（藤田, 1978）。

10) 海水準の上昇量に関して、星野（1972）は列島の第四紀不整合を総括して、1,000 mに及ぶ大規模な海水準上昇があったとする見解をまとめている。その先見性に敬意を表するものであるが、地殻変動に関する考え方が、私とまったく違っている点を指摘しておきたい。菊地（1985）は関東盆地の研究から、藤田（1978）と共通性の多い見解を述べているが、ともに数100 mていどの上昇を予想している。この問題は方法論も含めて今後の課題としたい。

VIII. ま と め

1) 近畿の代表的な第四紀層である大阪層群は、2つ

の不整合によって、下位より下部亜層群・中部亜層群・上部亜層群に分けられる。そのうち中・上部亜層群に分ける満池谷不整合について論じた。

2) 満池谷不整合は中期更新世にあらわれたが、層序的間隙がきわめて少ないにもかかわらず、局地的な傾斜不整合現象の著しい特異な不整合である。

3) その原因は、前期更新世から進行してきた基盤表層部のうねり状の変形（基盤褶曲）が、中期更新世に入ってから破断の段階に突入、急激な断層ブロック運動があったことにある。この一連の変動を六甲変動とよぶ。この変動によって山地・丘陵地・盆地が分化し、近畿中央部の現在の地形の原形ができたのであるが、それにとまって中部亜層群以下は、基盤ブロックの境界部では断層変位にとまって極端に変形・変位したけれども、ひとつのブロックの内部では安定した状態を維持してきた。

4) このようにしてできた構造起伏の盆地部を埋め立てて上部亜層群が堆積したが、それは盆地の構造的な沈降によるものではなく、海水準の上昇に起因するものとみられる。したがって盆地部の埋め立てが終わると、地層はブロックの境界を越えて周辺ブロック上にオーバーラップしていった。したがって、安定ブロック上では、上部亜層群は中部亜層群の上に整合的に堆積したが、ブロック境界部では傾斜不整合となり、また広域的には上部亜層群が下部亜層群をも直接に覆うことになった。上部亜層群は山地ブロックの急上昇の反映として著しく粗粒化するが、大阪盆地を中心とする地域では中部亜層群と同じく海成粘土層をはさんでいるから、氷河性の海水面の脈動をともないながらの海水準上昇であったにちがいない。

5) この海水準上昇の最盛期においては、水域は盆地ブロックを越えて、広く丘陵ブロックや山間盆地にまで及んだ。そしてこの水域を埋め立てた最後のデルタが離水した際の頂置層の堆積面が、丘陵背面に接して高位段丘面として残された。

6) それ以後、山地の上昇量が海水準の変動量を上回るようになり、海水面変動に応じて中位段丘が形成される後期更新世の時代に入った。

引用文献

- 赤松守雄（1988）石狩低地帯周辺丘陵の更新世温暖水系貝化石群集の層準とその特性。地質学雑誌, **93**, p. 809-821.
福岡敏夫・藤田和夫（1986）福知山盆地の中部更新統。第四紀研究, **24**, p. 263-282.
古谷正和（1978）大阪平野西部の上部更新統。地質学雑誌

- 誌, **84**, p. 341-358.
- 原田哲朗・石田志朗・大西郁夫・徳岡隆夫(1963)近畿地方の新期新生代層の研究 III. 大阪南方和泉地域の大阪層群. 地球科学, **66**, p. 1-8.
- 星野通平(1972)海岸平野の形成と第三紀末期以降の海水準変動. 地質学論集, no. 7, p. 181-188.
- HUZITA, K. (1962) Tectonic development of the median zone (Setouti) of Southwest Japan since Miocene. *Jour. Geosciences Osaka City Univ.*, **6**, p. 103-144.
- 藤田和夫(1966)大阪湾の地質構造的意義. 松下 進教授記念論文集, p. 131-141.
- 藤田和夫(1968)六甲変動, その発生前後—西南日本の交差構造と第四紀地殻変動—. 第四紀研究, **7**, p. 248-260.
- 藤田和夫(1976)日本の山地形形成論. 今西錦司博士古稀記念論文集, p. 85-140.
- 藤田和夫(1978)西南日本における中新世以降の地殻変動と海水準変動. 藤田和夫ほか編「日本の新生代地質」, 池田展生教授記念論文集, p. 169-185.
- 藤田和夫(1979)近畿地方における活断層の活動期判定の基準. 月刊地球, **1**, p. 538-591.
- 藤田和夫(1983)「日本の山地形形成論」. 466 p., 蒼樹書房.
- 藤田和夫(1984)西南日本準大陸. 藤田和夫編「アジアの変動帯」, p. 67-88, 海文堂.
- 藤田和夫(1986)中期更新世の断層地塊運動と海水準変動. 月刊地球, **8**, p. 725-728.
- 藤田和夫・笠間太郎・市原 実・粉川昭平(1959)西宮地方の地質と構造—その自然史—. 「西宮市史」, **1**, p. 174-316.
- 藤田和夫・鎌田清吉(1964)大阪湾の地質. 62 p., 大阪湾音波探査委員会.
- 藤田和夫・太田陽子(1977)第四紀地殻変動. 日本第四紀学会編「日本の第四紀研究」, p. 127-152, 東京大学出版会.
- 藤田和夫・笠間太郎(1982)大阪西北部地域の地質. 「地域地質研究報告」(5万分の1図幅), 112 p., 地質調査所.
- 藤田和夫・笠間太郎(1983)神戸地域の地質. 「地域地質研究報告」(5万分の1図幅), 115 p., 地質調査所.
- 藤田和夫・前田保夫(1984)須磨地域の地質. 「地域地質研究報告」(5万分の1図幅), 101 p., 地質調査所.
- 藤田和夫・前田保夫(1985)大阪西南部地域の地質. 「地域地質研究報告」(5万分の1図幅), 103 p., 地質調査所.
- IKEBE, N. (1956) Cenozoic geohistory of Japan. *VIII Pacific Science Congress (Philippine)*, *Proc.*, p. 446-454.
- IKEBE, N. and HUZITA, K. (1966) The Rokko Movements, the Pliocene—Pleistocene crustal movements in Japan. *Quaternaria*, **8**, p. 277-287.
- 石田志朗(1970)大阪層群—淡水・内海成互層の下部洪積統. 第四紀研究, **9**, p. 101-112.
- 石田志朗・牧野内 猛・西村 昭・竹村恵二・檀原 徹・西山幸治・竹田 明(1980)掛川地方の中期更新統. 第四紀研究, **19**, p. 133-148.
- 市原 実(1960)大阪・明石地域の第四紀層に関する諸問題. 地球科学, **49**, p. 15-25.
- 市原 実(1983)大阪層群の研究における現在の問題点—いわゆる“芝の不整合”の問題及び大阪層群と高位段丘層の関係について—. 地団研専報, no. 25, p. 1-11.
- 市原 実・横山卓雄・石田志朗(1966)満池谷累層について. 第四紀研究, **5**, p. 65-72.
- 市原 実・市川浩一郎・山田直利(1986)岸和田地域の地質. 「地域地質研究報告」(5万分の1図幅), 148 p., 地質調査所.
- 河名俊男(1988)「琉球列島の地形」. 115 p., 新星図書出版.
- 菊地隆男(1982)上総層群の堆積構造と関東構造盆地の烏弧における位置. 藤田至則ほか編「島弧変動」, 地団研専報, no. 24, p. 67-78.
- 菊地隆男(1985)関東構造盆地の形成に関する一見解. 関東平野, no. 2, p. 29-40.
- 菊地隆男・楡井 久・楠田 隆(1988)上総・下総両層群の層序に関する2・3の問題. 地質学論集, no. 30, p. 51-65.
- 桑原 徹(1980)伊勢湾周辺の中部更新統—その分布と断層地塊運動—. 第四紀研究, **19**, p. 149-162.
- 中川要之助・中世古幸次郎・横山卓雄(1982)芝の不整合(II)—特に千里山丘陵の鮮新・更新統の層序と「古大阪層群(新称)」について. 九十九地学, **17**, p. 52-63.
- 楡井 久・樋口茂生・原 雄・古野邦雄(1975)東京湾東岸地下における上総層群中の不整合現象について. 地質学雑誌, **81**, p. 559-565.
- 岡村行信(1990)四国沖の海底地質構造と西南日本外帯の第四紀地殻変動. 地質学雑誌, **96**, p. 223-237.
- 災害科学研究所(1984)関西国際空港地盤地質調査. 災害科学研究所報告, 285 p.
- 田中真吾(1989)兵庫県「いなのみ」台地の地形区分と日射量変動曲線. 地形, **10**, p. 135-146.
- 横山卓雄(1989)大阪府泉佐野市沖の海底ボーリング・コアの残留磁気測定および火山灰分析結果から知られる更新統の層序と年代. 地質学雑誌, **95**, p. 277-295.
- 吉川宗治・岩崎好規・田居 優(1987)大阪地域の地震防災とボーリングデータベースによる大阪地盤のサイスミックゾーニング. 「都市防災シンポジウム講演集」, p. 81., 土木学会関西支部.