

## 特集「現代構造地質学の課題」

構造地質研究会は1966年春に創立以来、本年で18年を迎えました。創立当時は連絡誌程度のガリ版刷りで出版していた本誌も、その後装丁を一新し、標題も「構造地質」として、第30号を発刊する運びとなりました。これを記念し、本号では、めざましい進展を示した現在の構造地質学の課題について、広く研究会内外の皆様からアンケートを頂き、今後の発展のステップにしたいと特集を企画しました。アンケートの項目は、1. 構造地質学の課題、2. 構造地質研究会への期待、3. その他、です。御寄稿下さいました方々に厚く御礼申し上げます。なお、本誌巻末には第1号（1966年7月）から第29号（1983年7月）までの総目次が集録されていますので御参照下さい。また、本特集は次号でも引きつづき掲載いたしますので奮って御寄稿下さい。30号編集委員会

層位・構造地質研究者への要望 — 地球膨張説のすすめ —

牛 来 正 夫（元東京教育大学）

現在、層位・構造地質研究者は言うに及ばず、多くの地学研究者は、いわゆるプレート造構説に大きな関心をはらっているようである。この学説が多くの研究者にもてはやされるようになったのには、それなりの真実性と体系性を具えているからだと思う。しかし私のみる所では、プレート説は決して“万全”というわけではなく、これまでの地球科学史の流れの中で提唱されてきたあれこれの汎地球的学説と同じく、やがては、より高次の（より真実性のある）学説に席をゆずる運命にあると思う。

これ迄もいろいろの機会にのべてきたように、私は、プレート説を支える一つの支柱である海洋岩圏の新生・拡大（そしてそれに関連したいわゆる大陸移動）の概念には、かなりの真実性があると考えている。しかし、もう一方の柱であるいわゆるサブダクションなるものは幻の概念であって、それはこれ迄のプレート論者が、“地球の大きさは一定”という前提（仮定）に立ってひねり出した論理的幻想に過ぎない、というのが私の立場である。

もっとも私は、周太平洋島弧・陸弧 — 海溝帯などのあたりで、海洋岩圏が隣接大陸岩圏などの下に、ある程度めり込んで（おし込まれて）いる可能性を否定するわけではない。しかしその範囲は、いわゆる和達 — ベニオフ帯に沿って中・深発地震が起っているあたりまでであって、これはプレート説でいう所のサブダクションとは異質の現象である、というのが私の立場である。私は海洋岩圏がはるか数1,000kmやそれ以上の彼方からはるばる移動してきて、やがてマントル中に帰ってゆく、というような“神話”は信じないのである。

私の計算によると、海嶺地帯などで新生された海洋岩圏の島は、島弧・陸弧 — 海溝帯下にめり込んでいる海洋岩圏のそれにくらべて、桁ちがいに大きい。つまりその差だけ海洋底面積（地球表面積）が純増したわけであり、いいかえれば地球はそれだけ膨張してきていると考えるのである。

言うまでもないことだが、地球深部物質のいろいろの規模での体積増大ということを重視する膨張説では、地球表層部での造構過程も、そのような観点からみてゆこうとしている。最も一般の・基本的な造構過程は、地殻・マントルでのいろいろのスケールの上下方向での運動や、張力的伸長・断裂運動であって、圧縮性造構運動はむしろ付随的・局所的なものとしてとらえるのである。

そんなわけで私は、膨張説こそが、プレート説に含まれている発展的な面をとり込んだより高次の学説である、というよりは、そのようなものとして発展させてゆかなければならないと考えてい

るのである。現在、層位・構造地質研究者の多くは、賛否はいつれにせよ、プレート説に大きな関心を向けているように思われ、それはそれとしていい事だと思うが、膨張説の方にも、時には関心をもってもらいたいのである。なお、この説や関連問題についての私の考えは、次の拙著などを参照して頂ければ幸いである。

- 1972 大陸移動と火成活動. 地球科学, 26, 111-119.
- 1975 火成論 — その地球進化論的序説 —. 358p. 共立出版.
- 1977 大陸移動が大陸放散か MAGMA, No 51, 1-4.
- 1978a 地溝・海溝・地向斜. 地質雑, 84, 531-537.
- 1978b 地球の進化 — 膨張する地球 —. 224p., 大月書店.
- 1979 海水量の地史的変遷についての一提言 地質雑, 85, 541-542.
- 1980a 月と地球膨張説. MAGMA, No 59, 31-34.
- 1980b 地球膨張論からみた二, 三の造構的問題. 地震 (杉山隆二他編), 189-194, 東海大出版.
- 1981 地球の“古半径”と膨張説. MAGMA, No 60, 11-13.
- 1982a 日本海深海域, 海洋型地殻の成因についての再考. 日本海の地質 (星野通平他編), 33-36, 東海大出版.
- 1982b 地球膨張の物理的機構をめぐって. MAGMA, No 65, 38-42.
- 1982c 地殻・岩石・鉱物 (第2版, 周藤賢治と共著). 254p., 共立出版.
- 1983 A consideration of the primordial size of the earth. S.W. Carey (ed.): Expanding Earth Symposium (ed. S.W. CAREY), Sydney 1981, 105-107, Earth Res. Foundation, Univ. of Sydney.

## 露頭の観察から

羽田 忍 (応用地質調査事務所)

構造地質研究会の会誌30号の出版をお祝いして一言申しあげます。

かつて、大塚弥之助先生は“地学的資料”(地理学, 2, 1934)に地学者の推定・推論は一部の学者からは「小説」として取扱われているように確実性に乏しいことがあると述べておられる。

現在もこのような見解を表明する人が少なくない点において余り進歩があったとは見えない。このことは、何に起因するのであろうか?。地質学者は野外において露頭の観察をおこない、それらの露頭の意味するところを読んで地質構造や地層の成因について推論をくだすわけであるが、そのさい合理的な観察と合理的推理がともなわないと万人の理解は得られない。また計測による資料は説得力があるが、そのような資料は少ない。

神奈川県三浦市の油壺と城ヶ島の海岸には、第三紀中新世の三崎層および初声層のあいだの不整合が観察される(図-1, 図-2)。油壺では地層は傾斜が10度程度で緩く、不整合面は起伏に富むが堆積当時と大きく傾きが変化したようすはない。いっぽう城ヶ島の海岸の海食台に見られる不整合面では地層は直立し、下位の三崎層は逆転している。したがって城ヶ島の不整合面は堆積当時からみると90度近く傾斜しており、水平な海食台では不整合面の断面が観察されるのである。

基底面の礫の重なり具合から当時の水流は西から東のように見え、基盤は西が高かったようである。

構造地質研究会の諸兄には、単なる推論や学説にそった見解の表明にとどまらず、地道なひとつひとつの露頭の観察の積み重ねこそ結果的に貴重な結論にいたる近道であると信じ、そのなかにも

ヒラメキのある研究と見解を望みたい。

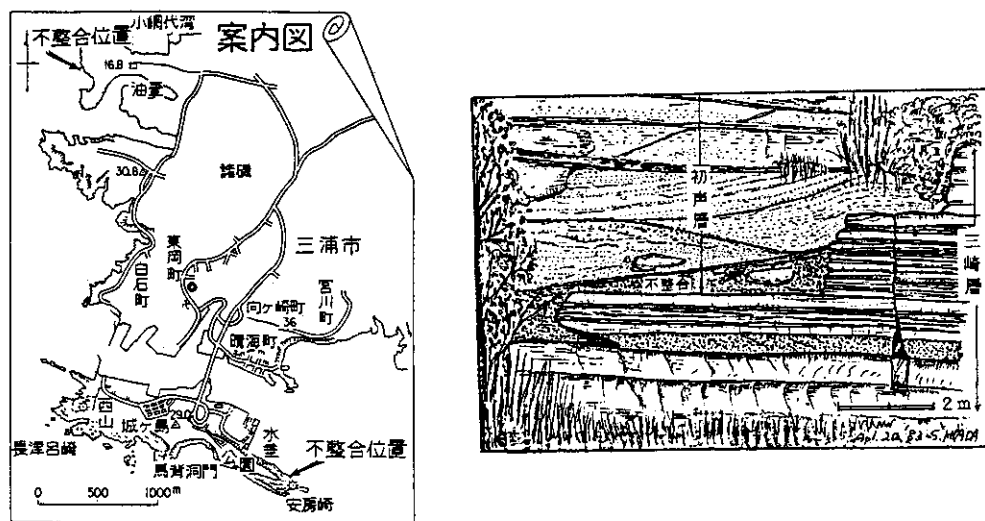


図-1 油壺における中新世三崎層と初声層との不整合

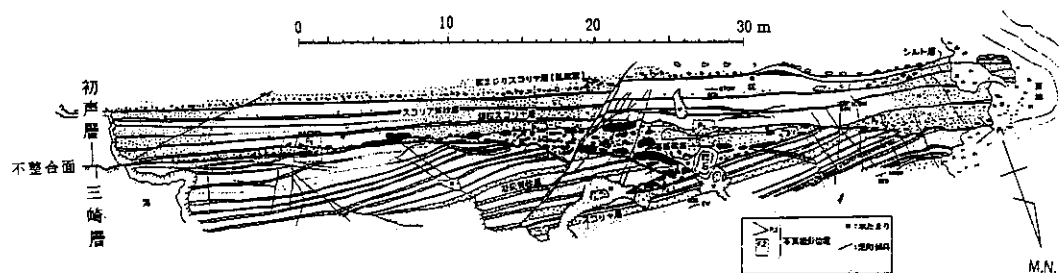


図-2 城ヶ島における中新世三崎層と初声層との不整合

## 現代構造地質学の課題

鈴木 尉元 (地質調査所)

1. 島弧の地殻・マントル構造を、大きな地質構造单元から小さな单元にまでわたって明らかにすること。宇津モデルは第一近似であって、走時曲線や深発地震の震度分布などをかならずしも十分に説明できない。これは、地殻・マントルが地質構造单元に対応した複雑な構造をもっていることによるものと予想される。

2. 島弧の最近の地殻変動を三次元的に明らかにすること。三角点の変動によって明らかにされる水平的な変動と、水準点の変動によって明らかにされる垂直的な変動とを統一して、日本列島の最近数十年間の変形像を明らかにする。

3. 深発地震面の形成機構を、東アジア・太平洋の地質構造発達史との関連で明らかにすること。深発地震面は、太平洋と周辺大陸ないし島弧との境界に形成されていることから、太平洋や大陸といった第一級の構造単元の形成とも関係をもつ重要な現象である。その意味で、太平洋からアジアを横断するできるだけ深部までの断面を、国際的な協力で明らかにすることを期待したい。

4. 褶曲の形成機構を明らかにすること。褶曲は、地層の堆積過程から形成されはじめる。したがって、正確な地質調査によって褶曲に参加している地層の層相・層厚変化を明らかにし、褶曲の形成過程を復元し、さらに褶曲各部の応力・歪の変化過程、重力・地震探鉱などの手法によって基盤の形状を明らかにし、総合的に形成機構を明らかにする。

以上、主として私が手がけている研究の中から現代の課題と思われるものを書きだしてみた。しかし、4にも書いたように、構造地質学においてもっとも重要なことは、正確な地質図・地質断面図をつくり、地質発展過程を復元するというオーソドックスな手続きをふむことであるが、近年このことが軽視されているように思われる。

## 現代構造地質学の課題

角田 史雄（埼玉大）

### 1. 日本の構造地質観の「歴史的な制約」

日本地質学会の歴史も、本年（1984年）で100年をむかえる。この間、日本列島は50万分の1くらいの精度なら、その地質構造を概観できるまでになった。5万分の1の地質図幅もかなり作成されて、詳細な地域地質構造発達史も論じられるようになった。しかし、未だに、一つの堆積盆を1万分の1程度のスケールで調べつくし、その発生から消滅までの発達史を立体的に復元した例は余り多くない。断層や褶曲のような構造要素も、解析的に個別的に研究された例はあるが、その結果を堆積盆の構造発達史を復元していく過程でチェックするという研究方法は余りとられていない。ましてや、断層などが現在発生する地震時にどのような運動をおこない、いわゆる断層地塊がいかなる挙動を示すかを、実際観測・測量して確かめるという研究方法はほとんど進められていない。

こうした事情をみるならば、現代の日本の構造地質学は、全体的にみれば、地質構造現象を個別的・解析的・形態学的に研究している段階にあるといえる。堆積盆を発生から消滅に至るまで総合的・生態学的・系統発生的に研究するまでに至っていないと思われる。したがって、日本の数多い構造地質観も、上に述べたような「歴史的な制約」を、多かれ少なかれ、受けているものと考えられる。

### 2. 近代的な地域地質研究の推進

上のように、構造地質学者が「歴史的な制約」を受けてはいても、日本列島の自然環境条件と日本の科学技術のレベルとを考えれば、日本から地殻運動のモデルがつつぎと発表されないのが不思議なくらいである。つまり、テフラによって第四紀の鍵層がこれほどまでに追跡され、それによって、その時代の造構史が日本ほど精緻に解析されている国はないと思われる。また、断層をきり拓いて重要建造物をたてたり、埋没断層や超軟弱地盤の上に町をつくったりしている国もほとんどない。これらのこと自体が、壮大な「構造地質学的実験」かもしれないのであるから、無言のうちに、構造地質学者はその『実験』の予測を早くだすように迫られているのかもしれない。

そこで、微力ながら、筆者らのグループでは、平野部における地域的な構造地質学的研究をすすめようとしている。ここならば、断層の両側には、断層形成以後の地層が保存されていて、ボーリング技術を修得し、テフラを徹底的に活用し、測量技術を磨きさえすれば、そこでの断層の活動史を編むことができる。また、幸か不幸か、関東地方には地震が多く、地震時の断層近傍の震動特

性も地震計でキャッチできる。しかも、島弧変動の発生期にできたと思われる断裂も、こうした調査の対象にできる場所である。場合によっては、グリーンタフ変動発生期の断裂もふくめられそうである。

筆者は、こうした研究方針で、少しでも、グリーンタフ変動と島弧変動の質的な差の問題に迫ってみたいと考えている。したがって、筆者のみるところでは、現代構造地質の課題としては、「頭とハンマーですすめる地学」を「頭と近代測定器ですすめる地学」へと早目に切りかえをはかり、地質構造現象のモデルの現代化をすすめることだと思われる。このためには、測定用具の近代化をすすめるだけではだめで、研究テーマを次々と複雑で高度なものに組みかえていくことや、組織的な研究方法の近代化をはかることなどがうまく統一されなければ、次の世代でも通用する構造地質学的成果はのぞめないと考えられる。

### “堆積岩の変形と間隙水” 雑感

中村 和善 (京大・理)

四万十帯の海岸を歩くと、いかにも軟かい堆積物が変形してできたような褶曲などの変形構造に遭遇する。スランピングのような堆積時の変形構造であれば、このような未固結様の変形は納得がいく。しかし、堆積時のものだけではなさそうである。しかも、それらの構造には、節理・断層が発達する。つまり、未固結様のダクタイルな変形様式とブリットルな変形様式が共存するわけである。このような現象を見るにつけ、何とか造構変形時の堆積岩の固結状態と間隙水の変形作用における役割をつかみたいものだと思うようになってきた。

そもそも、堆積岩は累進的かつ不可逆的な続成作用をこうむり、堆積岩の固結度は、埋積深度に関係して時間の経過とともに変化するものである。したがって、どの程度の続成段階—固結状態—で変形作用をこうむったかという問題が常につきまってくる。言いかえるなら、同じ堆積岩であったとしても、固結状態によって変形作用に対する反応が大きく異なってくる。すなわち、砂岩・泥岩の例をとるなら、未固結段階では、砂と泥の初生間隙率の違いのために、砂の方が密度が大きいことになる。このため、ロードキャストやシュードノジュールのような、重力変形が起こりうる。また、砂の液化化、泥のチキソトロピックフロウによって、岩脈やダイアピル現象をひき起こす。続成作用の進行にともなって、砂岩・泥岩のコンピーテンシーの逆転も起こる。

一方、堆積岩の続成作用において、間隙水は重要な役割を演じる。すなわち、全圧力から間隙水圧を差し引いた分の有効圧力が、堆積物の圧密を進行させる。間隙水圧が静水圧より大きい場合には、埋没深度に相当する圧密まで達せず非平衡の状態のままである。さらに、間隙水圧が全圧力に等しい状態のときは、圧密はまったく進行しないということになる。このような異常間隙水圧の状態は、各地の堆積体にかなり普遍的に存在しているらしい。過剰間隙水圧による未固結堆積物帯の存在は、重力不安定性を生じ、ダイアピルなどの重力変形をひき起こす。また、その帯にそってデコルマとなり大規模なスラストを容易に生じさせる。また、堆積物がかなりの埋没深度であっても、過剰間隙水圧帯が存在するなら、未固結堆積物が造構変形をこうむることになる。これまで、スランピングあるいはマスマーブメント堆積物とされてきたものの中には、上述の条件下での造構変形がかなり含まれていると思われる。さらに、過剰間隙水圧帯での堆積物が未固結のまま保持されているとすれば、堆積体全体としても埋没深度に対応する圧密の平衡状態に達していない状態であり、未固結～半固結状態で造構変形を受けることになる。活動的縁辺域の堆積体の造構変形では、このような事態が一般的ではないかと思われる。この見方からすると、褶曲のようなダクタイルな構造を何もこれまで一般的に思われていたように、固結した堆積岩が非常に遅いひずみ速度で、かつか

なりの封圧下で塑性流動して形成されたものと考えする必要はない。

未固結～半固結の堆積体が、造構変形をこうむるといことになる、造構変形が逆に堆積岩の固結状態に影響を与えるという事態が起こってくる。すなわち、造構変形によって堆積岩中には、断裂が発生しそれにそって間隙水は急速に脱水され、過剰間隙水圧は緩和されていく。また、荷重圧に加えて造構応力が作用することによって、一層、堆積岩の圧密の進行が速くなるはずである。変形作用の期間が短いにもかかわらず、変形過程の各段階で堆積岩の固結の程度が変わってくるということになる。言い換えるなら、造構変形の進行が堆積岩の物性を変化させ、逆に変化させられた堆積岩が変形様式を変えさせるという造構変形と堆積岩の物性の相互作用をかもしたるのである。

次に、間隙水が影響を与えたと考えられる諸現象について概観してみよう。先に触れたように、未固結堆積物では様々なものがある。第1に、砂の液状化によるものである。砂岩岩脈のうちで、堆積時のものを除く多くのものは砂の液状化によって形成される。また、偽礫状の泥岩片を含む砂岩層（多くはスランプ堆積物とされてきた）は、液状化した砂が泥岩をとり込んで形成されたものがある。他に、砂の液状化現象としては、皿状構造、砂火山、コンポリュートラミナ等がある。第2には、チキソトロピックフローによる現象があげられる。上述の含偽礫砂岩とは逆に泥岩中に偽礫状の砂岩片を含むものである。また、泥岩岩脈や泥火山も、泥のチキソトロピックフローによる産物である。以上の含水率の高い未固結堆積物の諸現象は、それらの形成時の物性・環境条件を知る重要な手がかりとなるものである。

次に断裂の生成・発展における間隙水圧の役割をみってみる。有効応力則で明らかのように、間隙水圧が全圧力（最小主応力）よりも大きく、かつ岩石の引張強度と等しくなるまで上昇すると、岩石は引張破壊を起こす。いわゆる水圧破壊という現象である。間隙水圧が全圧力よりも小さいとしても、有効封圧が著しく小さい場合には、断裂はかなりの深部でも形成しうることになる。ダクタイルな変形をこうむっている堆積岩・変成岩の中でさえ、ベインが発達しているのは、間隙水圧が高かったためであろう。また、地震断層の活動は、地下の間隙水圧の上昇と密接に関係している。間隙水圧の上昇により有効垂直応力が低下し剪断応力の低下によって、滑動が起こるわけである。

以上のように、我々が地質現象の中で見慣れているものが、間隙水に関係して形成されている。堆積岩の変形は、間隙水の役割を見過しては理解できないといっても過言ではないと思われる。

## 揺籃の頃と、未来のこと

垣見 俊弘（地質調査所）

「構造研の初代会長だった」というのが、私の過去最大の勲章だと思っています。今後も、恐らくは生涯を通じて、この想いは変わらないでしょう。もし構造研がツブれるようなことがなければ…。

構造研が1965年に旗挙げたときは、会員数は多分30人程度だったと思いますが、構造地質の最前線を切り開くのだという意気込みだけは盛んで、自分のレベルを上げるために、他人のことはかまっていられないといった厳しい雰囲気があったと思います。その年の暮に逗子海岸に合宿して一夜を語り明かしたと、熊沢肇夫さんから、クラペイロン-クラウジウスの式とやらの意義を眼をシロクロさせながら聞いたこと、原郁夫さんから、顕微鏡サイズでの応力-歪解析の話聞いて興奮したこと、等々が今もあざやかに思い出されます。

会員が200名以上にもなった現在では、揺籃期のような奔放な運営ではやはりだめでしょう。キチンとした学会として発展していくことを望みます。ただ、学界の最前線を切り開くのだという発足当時の意気込みと、自由な発想を大事にする伝統は失いたくないと思います。ひと頃あった、卒

論の発表会のような集会は、どうか別な集会でやって貰いたいものです。

今後の構造地質学の方向については、最近不勉強でよく判りません。よく言われるように、岩石の変形-破壊過程における流体の挙動や熱の役割りなどの研究が重要視されることは間違いないでしょう。もっと長い将来を考えるなら、また少くともグローバルなテクトニクスを論ずるうえでは、構造地質学に地球化学の素養が必要になってくると思われます。たとえば日本列島の構造発達史やその機構を論ずる場合、地質体形成の化学的側面を無視することはできないでしょう。また、金属鉱床や炭化水素鉱床の探査の指標も構造地質学と地球化学の間から、あるいは総合から、生れてくるように思われます。

これと同じ趣旨のことは、20年近くもまえに、牛来正夫さんが構造研会誌の第1号に寄せられたメッセージの中に述べています。牛来さんに改めて敬意を表すると共に、構造研においても、岩石学者や地球化学者との交流が進められるように希望するものです。

## 現代構造地質学の課題

小玉 喜三郎 (地質調査所)

構造地質学の課題として、すぐにでも取りかかれる意味で、堆積盆地の沈降機構を明らかにしたい。もちろん方法的にはオーソドックスな層相・層厚の解析にもとづく、発展過程の復元が中心となるが、それに加えて、実験構造地質的方法、地殻変形情報を得るための測量・観測手法を導入する必要がある。逆にこれら3つの研究情報(地質構造発達史の情報、運動機構に関する情報、深部で進行中の運動に関する情報)を総合できる研究テーマとして、第四紀後期から現在にかけて進行中の生きている堆積盆地を取り上げたい。現在試論的に解析している Fore-Arc Basin では、その沈降に密接に係わる場の条件としては後背隆起地域から海洋沈降域に至る水平 500 km、深さ 100 km に及ぶ系が取り扱われるべきだと考えている。このような括りにわたる地球科学情報は新しい構造運動でこそ収集可能である。そしてこれらの系について変形の大きさ、状態量の変化などの情報を定量的に解析することが必要である。従来とかく個別的・記載的に解析されてきた地表地質の様々な情報、岩石学的資料がもたらす地殻深部情報などは、これらの系においては、発展過程を裏づける唯一の情報として、一層その重要性が認識されると思われる。

三位一体の新しい調査システムは現在進行中の地質構造に適用され易いが、このような解析で裏づけられた地球科学系の認識は、あらゆる地質現象の機構を推論する上で重要なヒントを与えるだろう。