

深部構造研究の歴史的概観と現状について

～第三系堆積盆地の形成機構の研究その2～

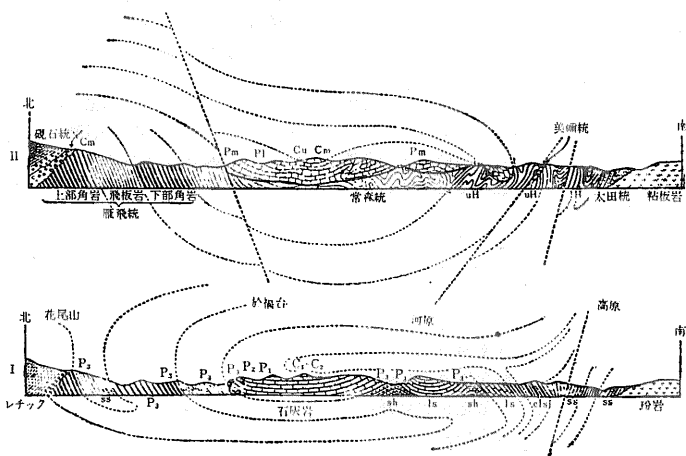
1. アルプスの構造論を受け入れた時代

1.1. わが国の構造地質学者は さきののべたヨーロッパの構造地質学の動向にある程度歩調を合わせてその歩みを進めていった。ヨーロッパにおいて収縮説による地角斜造山論が完成をみた1920年代頃からわが国においてもアルプスの構造地質学を手本にしてデッケン構造やクリッペン構造の発見が相次いで報告された。それは1922年の小沢儀明による「秋吉台におけるおしかぶせ構造」の発見 それと前後して大立目謙一郎による石狩炭田における横臥褶曲ないし根なし地塊の発見に始まる(第1図)。そして中国・四国・近畿 関東山地・房総半島などでも同様の現象が報告され1930年代の終わころまでこのような傾向がつつ

鈴木尉元・三梨昂・影山邦夫・宮下美智夫・小玉喜三郎・島田忠夫いた(第2・3図)。これらを検討してみると地表で観察された(?)逆断層ないし衝上断層に大きな意味を与えそれがそのまま深部に延長するものと考えるか極端な場合には地表付近のそれらが地下深部では低角度になりほとんど水平な断層になると考えた。そしてそのような断層は地表付近の構造とも断層よりも深部の構造ともほとんど関係のないものとして描かれている。

これらはアルプスのHeimらの断面図と同じ考え方によって描いたものであることがきわめて明瞭にみとれるであろう。野外においてアルプスにおける構造を描いた根本的な思想にまで批判の目が向けられずにその結果だけを無批判に受け入れたのがこの時代なのであろう。しかしそれ以前の時代が単にmorphologyから構造の機構を論じていたのであるから具体的な構造を明らかにしてそれをもとに議論する礎を作った点ではある程度積極的な意味をもっていた。

1.2. 一方収縮説批判の論文もこの時期にわが国にも紹介され一部野外の事実にもとづいてそのような批判を行なった論文もあらわれた。たとえば大谷寿雄(1927)は「造山論の史的瞥見とナウマン ジュース リヒトホーフエン」という



第1図 秋吉石灰岩台地地質断面図の二解 1951による)

上図 小林貞一の秋吉台石灰岩は山口層群(太田・雁飛・常森統)上の横移岩塊とする解釈

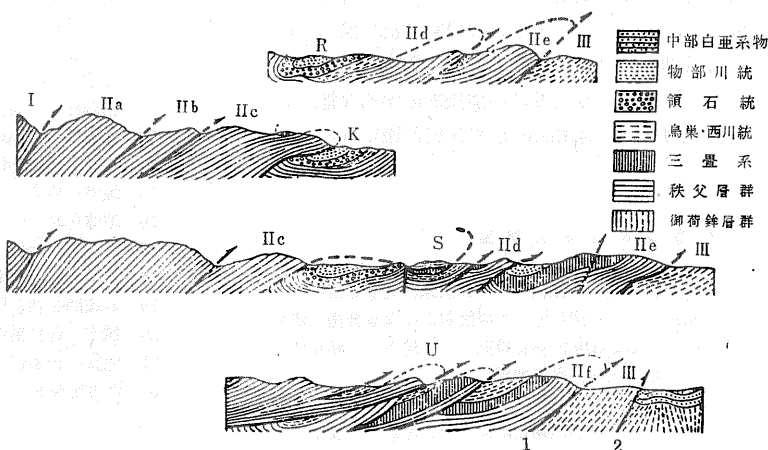
Cm は中部石炭紀層 P1 Pm は部下および中部二疊紀層 IH uH は下部および上部角岩層

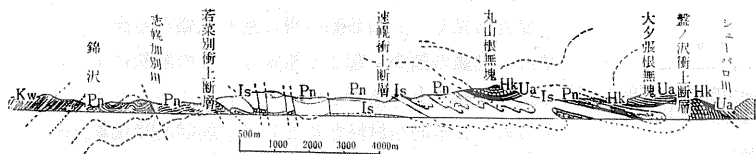
下図 小沢儀明の横臥褶曲説 ch は角岩 sh は頁岩 clsl は粘板岩 ss は砂岩 C1-3 は石炭紀層の下・中・上段 P1-3 は二疊紀層の下・中・上段

第2図 四国中・西部における秩父地帯内の諸衝上帯間の地質構造関係を示す概念図 (小林 1951による)

第1断面図は領石盆地(R)を 第2断面図は高知盆地(K)を 第3断面図は佐川盆地(S)を 第4断面図は魚成盆地(U)をそれぞれよぎる。この最後の断面図は御在所衝上とギリヤーク・浦上統上への御在所衝上の二重衝上を示す

I 御荷鉢地帯 IIa 黒滝衝上帯 IIb 大蔵衝上帯 IIc 小富士衝上帯 IId 佐川衝上帯 IIe 斗賀野衝上帯 II' 御在所衝上帯 III 四万十地帯





第3図 北海道夕張地方の地質断面図(大立目謙一郎 1951)

論文において 造山論を主軸とした 構造地質学の歴史を紹介した。そのような歴史の流れの中で 上記三者の位置づけをし 当時の構造地質学が学説の不統一紛糾当惑の状態にあること 種々の学説があるけれども それらはただ単に作業仮説用の価値を有するにとどまると評価した。これはきわめて大胆で しかも要をえて明快な現状分析であったといえよう。このような分析の上に立って構造地質学が発展していたならば 日本の構造地質学もずいぶん違ったものになっていたのではないだろうか。同年彼は Haarmann の振動説を紹介しているが あまり大きな影響を与えたようには見えない。

「日本の地質構造」(1942)を大谷寿雄に献呈した大塚弥之助が1933年に “Contraction of the Japanese Islands” (日本列島の収縮)を書いていることにも その一端をうかがうことができるであろう。

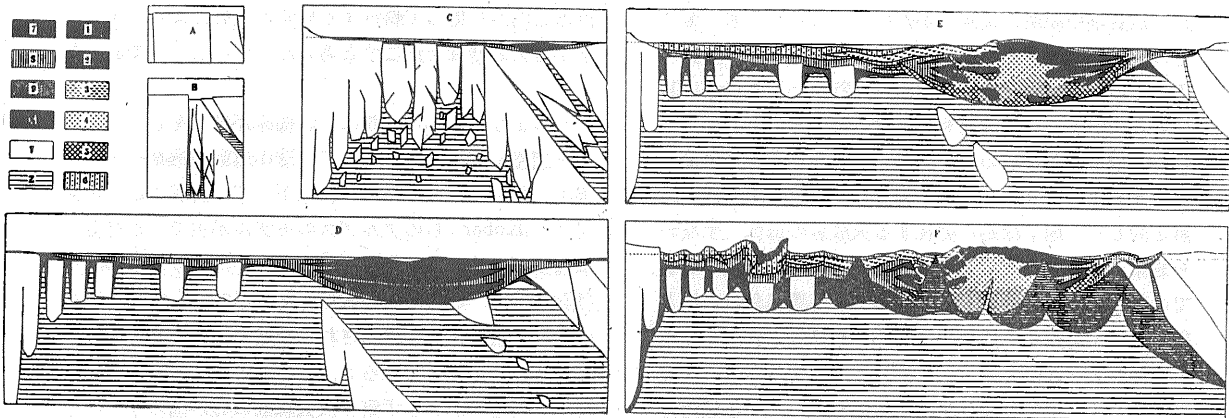
しかし大橋良一(1927)の「褶曲と陸塊運動」という論文には 当時のオーストリア学派の影響が見られる。たとえば 彼が層面滑走と名づけた重力性地すべりの考えはその一例である。彼はまた若い水成岩層とそれを載せている基底地盤の変動を区別しなければならないという 重要な発言をしていることを付け加えておこう。大橋のこの論文は Süss 批判という形をとっているけれども 横圧力を無条件に仮定している点で 収縮

説そのものを批判し それから完全にぬけ出したものではなかった。

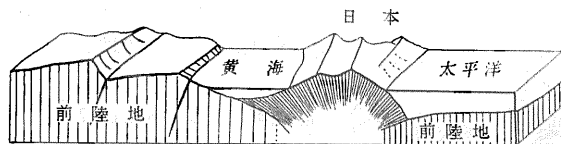
本間不二男は 同じ1927年に非常にユニークな地質誌である「信濃中部地質誌」をあらわした。この書は 信濃中部の層序 構造 火成活動などを 克明に記載した

もので この地域の地質の大綱は今に至るもこれとあまり変わらない程のものであるということである。しかもそのような記載ののって 深部の構造や構造運動の機構論を展開した。彼の構造論と深部の構造についての考え方を見てみよう(第4図)。

彼は 北部フォッサマグナについて 新第三紀より古い地層がほとんど存在しない現象を 北部フォッサマグナが地殻の裂隙で 第三紀層の堆積した海底には 古生層 中生層のような古期岩塊は 小さな岩塊はあるにしても 大きなものは存在しないと考えた。そして 地球内部の岩漿が直接海底に露出し 薄皮を生じてこれを爆破して火山活動が起こったのだと考えた。そのような基盤構造を生ずるには Wegenerの大陸漂移説か Joly のラジウム放射熱による地殻変動説が考えられるが 後者の方が 全体の現象を良く説明できると考えた。すなわち 地球内部の玄武岩帯が融解して体積を膨脹すれば 地殻は決裂し どこかの地帯に岩漿の上昇を促しフォッサマグナのごとき古期岩層の基盤を欠く新堆積地帯が生ずる。その力は水平的なものでなくて 垂直的なものでなければならない。それは フォッサマグナが本州の幅の最も広く したがって最も剛固な部分に起こったから これを横圧力では説明しがたいと考えた。基盤の構造がそのようなものであるとすると 第三紀層



第4図 信濃における新第三紀層堆積の始めより褶曲までの地殻変動を示す模式的断面図(本間 1927による)(大町を貫きWN-ESの方向の断面を仮想したものであるが 向かって右方3分の1は未踏査区である) A 向かって右の小地塊は古く関東山地の北にあった仮想地塊 左の大地塊は飛騨山地 B 大地溝帯の発生 C 新第三紀の海底火山活動開始す D 新第三紀の最大海浸 E 北信層群(小川層 青木層)堆積中岩漿進入し分化して閃緑岩石英閃緑岩となり 一部は海底噴火を行なって流紋岩となる F 複輝石珪岩進入後褶曲運動をおこす 1. 層層 2. 複輝石珪岩 3. 酸性噴出岩 4. 石英閃緑岩 5. 閃緑岩塩基性脈石 6. 北信層群 7. 中信層群海底火山噴出物 8. 中信層群純水成岩 9. 基底礫岩 X. 凝固した岩漿 Y. 古期地塊 Z. 溶融岩漿



第5図 日本列島の模式的断面図 (Kober 1921 による)

は 硬さの異なる基盤の上に堆積したものであるから大きな横圧力を受けることがあれば 岩漿が凝固して生じた薄い地殻は折れて屈曲するから その上の第三紀層も容易に褶曲する。一方 剛固なる小陸片上に乗る堆積層は 隣接する褶曲層よりの影響 すなわち二次的横圧力を受けなければ褶曲しないと考えた。

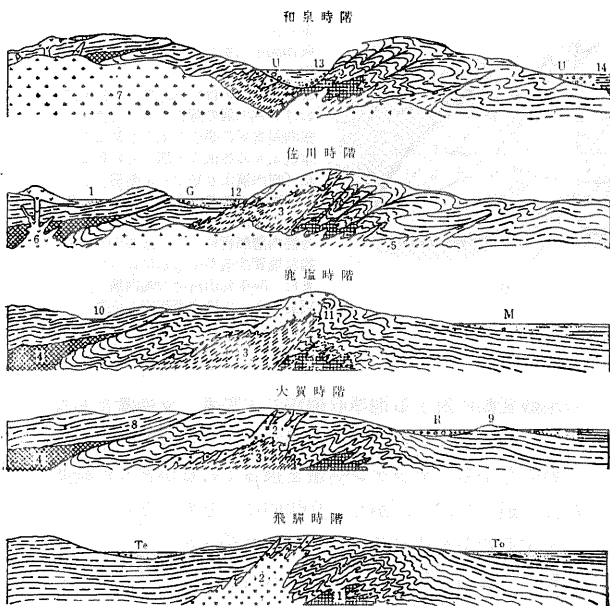
彼の考えたこの地域の地史と機構を要約すると 第三紀層堆積時代は 岩漿帯の融解期で これによって地殻の裂隙 地向斜 海浸 海底火山活動が起こる。次に岩漿帯の凝結が始まると地殻は圧力期に入り 第三紀層は褶曲期に入ると考えた。彼はこの機構を 第4図のごとくに示した。彼のこの考えは上にのべたことからわかるように Joly の放射能説や Daly の説を フォッサマグナに適用したものであった。しかし野外の事実にもとづいて 構造運動や火成活動などを統一的に把握しようとし きわめて大胆に深部の構造を想定した点 高く評価すべきものとする。ただ深部の情報がほとんどなかったために 多少権威主義的・観念的になったことは否定できないところであろう。

この本間不二男の先生である 小川琢治も独自の構造論を展開した。彼もまた当時の国際的な構造地質学の動向とその発展方向を適格に把握していた一人であったと考えられる。彼の考え方は 1929年に出版された「地質現象の新解釈」によく見ることができる。彼は「最近30余年間に日本に起こった地変を通観するに 従来の地質学の説明に満足しがたいところがすくぶる多い。その欠陥は 主として 地殻の深処に行なわれる変動の不明なるがために 表面及び浅処に行なわれる現象に基づいた説明をこれに適用せんとするにある」と考えた。この指摘は 40年前のものであるが 現在もそのままあてはまるであろう。「この秘密を探知する手段は 地震と同じく 地下深処に発現する火成岩の母体 すなわち岩漿について その起源の場処から表面に到達するまでの径路と経過の手続とを研究して 地震現象の本性と結び付けて考察するにある。これを換言すれば 地内力の働き方を地震地質学的に研究するにある…… その結果として 従来互に無関係に取扱われんとする傾向ある造山造陸両運動が 深処に起こる岩漿の上昇運動の結

果の一部であると説明し得ることとなり 地震現象もまた 火山作用の深処における発動に伴うものとみなすのが妥当と見え 火山活動の現に最も旺盛なる環太平洋地帯に 地震の頻繁に起こる事実は この解釈により初めて理解されると 信ずるに至った」このように 彼はきわめて日本的な材料を基として 地学的諸現象を統一的に説明しようと試みたわけである。彼がこのような大胆な構想を抱いた裏には 当時のヨーロッパにおける構造地質の学説が 諸説紛々の暗中摸索の段階にあることを適格に見抜いていたことはもちろんであるが それと同時に 志田順による深発地震の発見とゆう刺激が一方にあったと考えられる。この深発地震は 当時考えられていた構造運動の根をずっと引き下げてしまった。たとえば 地殻均衡論では 地下100ないし200kmで静力学的な平衡状態にあり それ以下には 構造運動はないと考えられていたのであるから この現象に 地学的諸現象を解く鍵があると 小川は考えたわけである。彼の構造運動の機構論は 次のようなものである。

「震源から及ぼす変動の限界を 震源を一点と考えれば 限界の四十五度の頂角を有する円錐形の限界面となり 震源が点の連続により生じた線をなす場合には 之を交差線とした 平面に近い両辺に含まれる地殻の部分が 楔状となる訳である」そして「過大の内部に対して 表層殻の下層に割裂が出来る結果として 搾り出される高圧の岩漿が 裂罅を充填するために 側圧力が生ずる。この際「岩漿噴出に伴う等地熱線の上昇が深処物質の擬剛性を打破して 側圧力に屈従し得る状態を生じ造山運動の前提となる」と考えた。彼の考えは「フンボルト等の 地心から放射状に垂直に働く岩漿の上昇で山嶽の隆起を説明せんとしたのと ジウス等の 褶曲せる弧状の山嶽を 水平に働く圧力により説明せんとしたのとの中間に行くもので 地表からある深さに於て 垂直の方向から偏って斜行する岩漿の上昇によって生ずる水平分力が褶曲を起こすと考へんとするもの」であった。

このように 小川の説は 収縮説が破綻をきたしたことを適格に見抜き その上で 造山運動の機構モデルを提出したものであった。したがって 説明するべき素材は Kober らのアルプスのモデルが主で 素材自体は無批判に取り入れられてしまっていたように思われる(第5図)。この小川の説は 石本己四雄 松沢武雄らの地震学者によって継承され 発展していったことはよく知られたことであろう。このような傾向が一方にあったにもかかわらず第2次大戦前のわが国の学界の主流は 収縮説に終始し 大谷 本間 小川らの考え方は



第6図 西南日本における佐川輪廻中の諸地殻変動を示す模式図(小林1951による)

- 1. 別子塩基性岩類 2. 先領石深成・半深成岩類 3. 領家侵入岩類
- 4. 夜久野火成岩類 5. 横倉火成岩類 6. 硯石半深成岩・火山岩類
- 7. 中国底盤花崗岩 8. 大賀衝上帯 9. 領石陸棚 10. 鹿野湖 11. 鹿嶋時階の中央構造線
- 12. 中九州の赤色盆地 13. 和泉地向斜 14. 中村地向斜
- To. 鳥巢統 Te. 手取統 R. 領石統 M. 物部川統 G. ギリヤーク統 I. 硯石統 U. 浦川統

あまり大きな影響を与えていないように思われる。新生代の地史的な総括をした大塚弥之助(1939)日本の地史的な総括をした小林貞一(1941)の論文はその代表的なものである(第6図)。

1.3. このような傾向は第2次大戦後にまでつづく。たとえば1952年にまとめられた田代修一の石狩炭田の地質構造の解釈に一つの典型を見ることができるであろう。「石狩炭田の地質構造を通観すれば造山運動による地質構造の極致である逆断層 推し被せ構造 転倒褶曲若しくは逆転構造 クリッペン構造等は主として石狩炭田の東縁地帯乃至東部に顕著であっておおむね南北に近い方向に発達する。これらの構造について見れば造山運動の横圧はおもに東方若しくは東南方より西に向かって働いたことが明らかである」このように上記の如き構造を見てこれをただちに横圧力に結び付けている。

「以上の如く 東縁地帯乃至東部に著しいきわめて複雑な地質構造も西部地帯にいたるに従い 漸次に比較的単純な地質構造に移化する。このように東部程地質構造複雑にして 西部程簡単なのは思うに造山運動の横圧

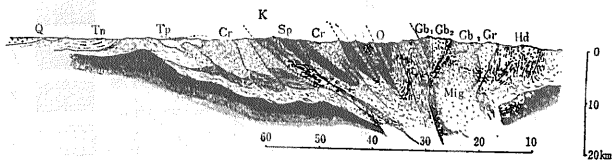
が東乃至東南から働いた事と 且つ沈積堆積盆地縁辺の基盤岩層に接する境界付近に当ることに起因するものであろう」

この田代のような議論の仕方は この当時までに書かれた論文の造山運動の項の典型であり どの論文においても 同様の形式的な議論が見られる。

戦後 大立目謙一郎の仕事が継承され 日高山脈が典型的なアルプス型造山帯であることが明らかにされ その実体が精力的にあらわされていった。この成果はいろいろな雑誌に発表されているが その一つに 日高帯研究グループ(1954)による日高帯の断面図があげられるであろう(第7図)。彼らの構造論を見てみよう。

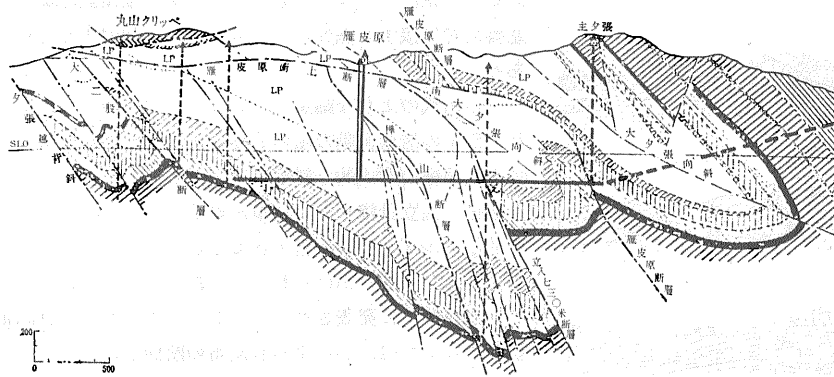
「日高山脈の)はんれい岩・片麻岩・ミグマタイトのくわしい記載が行なわれ 東側にたおれた 横臥褶曲構造をあきらかにした。そして 西側の片麻岩の東落しの構造を考えあわせ それは 扇形にひらいた構造をしているものだと考えた……それから 西側に 日高層群の粘板岩に接して 巨大な衝上断層が 北から南までつづいていることがわかった」 その結果 次のように結論した「さきの夕張地方の炭田の構造と同じ性質の(第7図)東から西への強大な力がはたらいたことを物語るものにほかならない……これらの堆積褶曲をとおしてははっきりしたことは 構造運動が 東から西にむかっている点である。だから いくつかの階程に図を区分するばあいには 当然 現在の日高山脈の位置は運動のはじめころには はるか東方にあったにちがいない ということになる」この日高帯の断面図は わが国において数少ない具体的な資料の分析にもとづいて造山帯の深部まで 大胆に描いた断面図で 貴重な労作である。しかし その基調になっている構造論は上の引用からもわかるように 収縮説ないしはその亜流の考え方であったように思われる。

この断面図が Bubnoff のひきうつしであると批判されたがこの論文に書いているが それは上にのべたような理由によるのであろう。



第7図 日高帯神居古潭帯とそれらの西縁の地域の断面図

- O: 鬼刺層; 輝緑凝灰岩・輝緑岩 それに關係する珪質岩からなっている
- Cr: 白亜系
- Tp: 古第三系 白亜系は石狩統の上につきあげられクリッペンをつくる
- Tn: 新第三系
- Q: 第四系



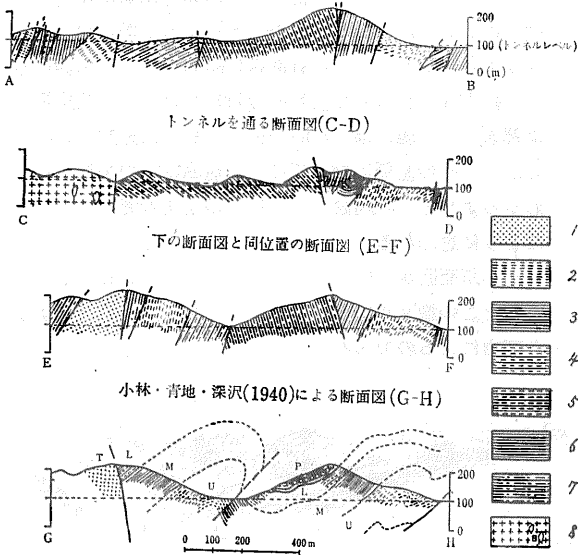
第8図
昭和36年～現在 丸山～主夕張断面図
雁皮原地区に行なった多くの試掘における幌内層の解析によって南大夕張向斜層部の構造が明らかになり本坑よりの奥部立入開さくに役立った(幌内層より推定した断層および目的炭層の逢着地点の誤差は10m以内であった)その後立入坑壁における幌内層解析によって図のような複雑な地質構造が明らかになった。また 34年丸山南部の幌内層の地表調査によって雁皮原断層の位置が明らかになった。
(大西ほか1963による)

このように 造山帯の構造が形成される機構の問題について かなり根本的な反省が一方にありながらも 大勢は 収縮説ないしはその亜流の影響下に この頃まであったことがわかるであろう。

2. アルプスの構造論からの脱却

しかしながら 第2次大戦後になって そのような考え方に根本的な批判がなされ また 具体的な成果が提出されていった。そして アルプスの構造論の影響からの脱脚がはじまるのである。

松本達郎 (1949) は 「デッケン構造をとくに重視する派は よく批判してみると Kober 氏や Stille 氏など
総合断面図(A-B)



第9図 佐川盆地北縁の地質断面図 (甲藤ら1956による) 1. 鳥巢層群 2. 上部河内ヶ谷亜層群 3. 下部河内ヶ谷亜層群上部層 4. 下部河内ヶ谷亜層群下部層 5. 市ノ瀬層群 6. 立野層群 7. 未命名古生界 8. 三滝火成岩類 (Sはシルリア系) 最下段の断面図 U. 河内ヶ谷層群上部層 M. 河内ヶ谷層群中部層 L. 河内ヶ谷層群下部層 T. 鳥巢一領石層群 P. 古生界

の地殻変動に対する地球収縮説の主唱者 支持者たちなのだ。日本の場合こういう根本のところまでつきつめて考えながら デッケン構造を扱っているかどうか疑問だ」と述べた。しかし 具体的に どのようにアプローチするのかを述べるまではいかなかった。

また 横山次郎も 従来日本の構造地質学のあり方に批判を加えた。次に引用するものは わが国において数少ない構造地質学の教科書 (1956) の中のものである。「もはやアルプスの構造論の大局は定説である。しかるに日本の地体構造論は完全な分析結果を合成したのではない。何がしかの局所観察から誘い出した考案で 大きい地質構造の発達を 世界の類型にあてはめてみるところで低迷している…… かつては「押し被せ」という術語が流行した。これはナップの意味らしくもあり 単なるスラストのようでもあり またすべての逆断層まで含めた意味に使った人もあるようである…… ナップとしても アルプスの最小のナップと比ぶべくもなく小さい。これらも仮説であって まだ本当のナップだと証明されたわけではないから あまり重きをおく必要はないかもしれない…… その多くは比較的傾斜の低い断層であって その本態が褶曲運動の破綻であるか 表面的な後発ストレスの影響であるか あるいは異質岩石境界面に集中したシアの跡であるかは判別がつかない」とのべている。しかし 小沢儀明によって発見された秋吉台と 藤本によって発見された埼玉県下のナップ構造は 本物らしいと考えた。ただし 上にのべた横山の日本の低角度の衝上断層の批判は 先見の明があったことが後に証明されるが アルプスの構造地質学の批判にまで あるいは日本の構造地質学の発展方向までも 指し示したものでなかった。横山は 日本の地質構造はアルプスの構造と異なっていると考え それに対して日本型という名称を与えた。彼は 両者の違いは 後者が石灰質であるのに対して 前者が非石灰質であること クラトンの間にはさまれた地向斜と クラ

トンと太平洋シマに挟まれた地向斜との違いに求めた。そして構造運動の機構については横圧力を無条件に仮定して彼のホームフィールドである掛川地方の褶曲構造を解釈しているがその原動力をマントル対流に求めた。

一方 井尻正二 (1949) の批判はもっと根本的なものであった。彼の構造論に関する所を多少長くなるが引用してみよう。「これまでの地質学的な考えかたによれば地層の褶曲構造および断層構造にたいしてはただちに地層に対して水平方向に働いた力学的な外力を考え地層の上昇および沈降を見てはそれに働らく主として鉛直方向の力学的外力を推定するのが普通である。しかしながら水成岩系の自己運動という見地にたつならば地層の生成(水成岩の堆積または水成岩系の成長)という運動には褶曲断層上昇沈降という現象が必然的にふくまれてきて水成岩系それ自体のうちにこの種の現象をひきおこす力(必然性)がふくまれてくることになるのであって別に外力を想定する必要が全然なくなってくるのである。すなわち地層の堆積の現象(水成岩系の成長運動)と地層の褶曲断層上昇沈降などの現象とは同一運動を歴史的に統一的に本質的に理解したものであるかあるいはこれを視角をかえて一つ一つばらばらに理解したものであるかそのいずれかに帰するのである。このような見解のもとではことさらに力学的外力を仮定しなくとも地層の褶曲と上昇等に関する地質学的な法則をつかみだすことができるとともに褶曲や断層などをひきおこした力をさらに理化学的に探求することもできるのである」

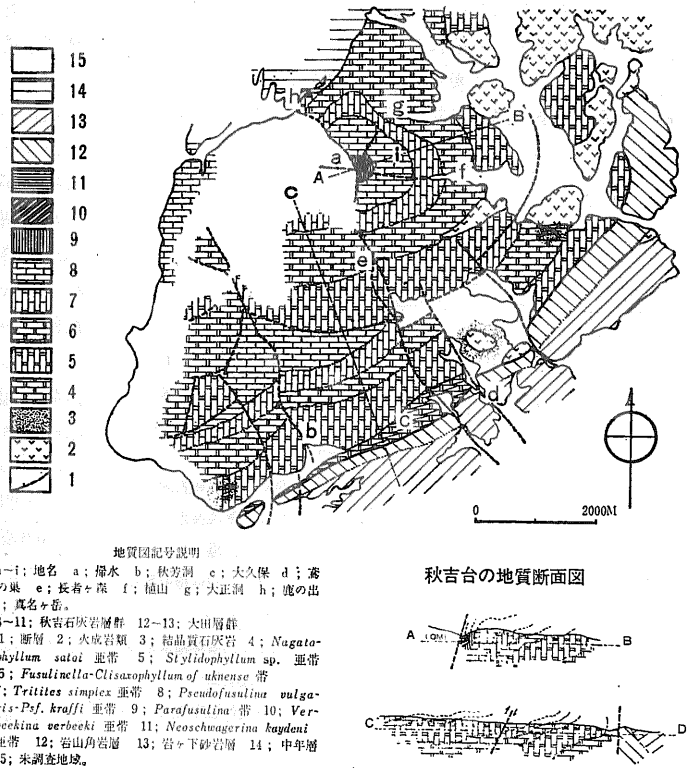
このような風潮の下にあって野外の具体的な事実にもとづいて従来の諸説に対する批判が行なわれるようになってきた。それはデッケン構造やクリッペン構造を極端に重視してそれを造山帯の典型とする考え方からの脱脚を示すものであった。

1956年には甲藤次郎らは小林貞一ら(1940)によって研究された高知県佐川盆地の秩父累帯の研究結果を発表した(第9図)。それは三疊系が逆転しその上に古生界がクリッペンとして乗っているとされていた構造がそのような大規模な逆転やクリッペン構造は認められないという

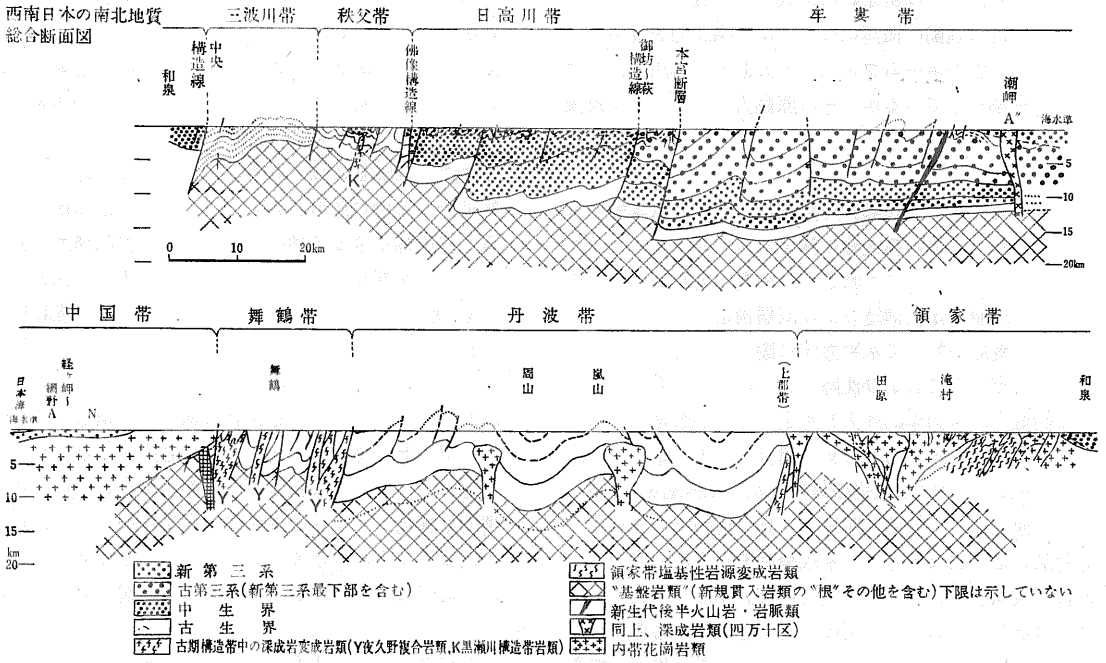
ものであった。小林はこのような構造が秩父累帯に広く発達していることを主張しそれが白亜紀中頃の変動であると考えそれを佐川造山運動の重要な一造山時相によると称してきたのであるからその影響するところは小さくなかった(第2図)。

また1958年にはわが国における横臥褶曲構造の発祥地である山口県の秋吉台の構造は上部石炭系と二疊系の石灰岩がゆるく傾いてドームや盆状構造が発達しているにすぎないことが長谷川美行によって発表された(第10図)。そして小沢儀明によって逆転構造の発見された帰り水ドリーネにしてもその東側のスロープでは地質構造がそれ程複雑でないことが明らかにされた。このように造山帯の典型的な構造とされていたデッケンやクリッペン構造が各所に否定されてくるに至った。ここに至って上記の構造が造山帯の典型的な構造であるかどうか大きな疑問が持たれるようになってきたわけである。このような考え方の変化は最近において描かれた地質断面図に見ることができる。

第11図はそのような例の一つである。この図はUMP(上部マントル開発計画)のCゾーンである西南日本を縦断するもので市川浩一郎(1967)によって描かれたものである。ここでは大規模なデッケンやク



第10図 秋吉台の地質図(長谷川美行 1958による)

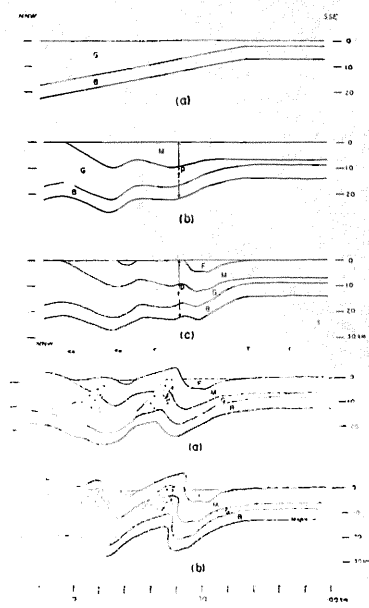


第11図 西南日本の南北地質断面図(市川1967による)

リップンの発達は見られない。その代りに垂直に近い断裂をきわめて重視していることがよみとれるであろう。そしてその断面が Schatskii らによって描かれたコーカサスの断面にむしろ近いことが読みとれるであろう。ここに至ってこれまでに行なわれてきたわが国の構造地質学に対する批判が具体的な結果と

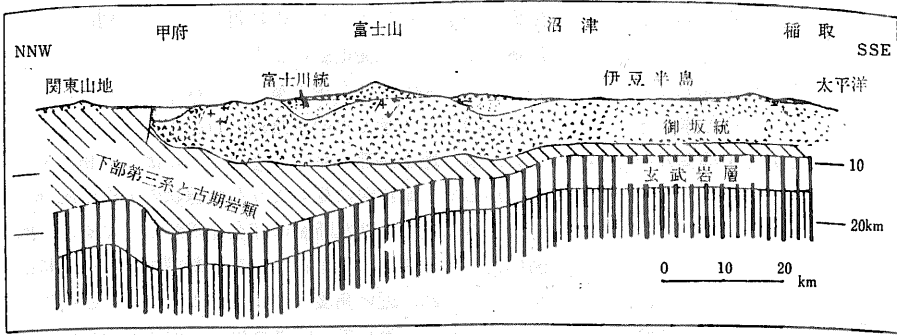
して示され始めるに至ったと見ることができる。同様の断面図は UMPのAゾーンやBゾーンについても示されている。そしてそれらの地域においても垂直に近い断裂に最も大きな意味を与えている。

戦後の構造地質学的な業績で深部の構造をさぐる上に重要なものの一つとして将棋倒し構造(藤田1953)の発見があげられるであろう。これは地層の堆積状態が「将棋倒し」のようにになっていることを示すもので地層の堆積する沈降部がある方向性をもって位置の移動を行なうというものである。そして早期に沈降した部分からしだいに上昇・陸化していくことを示す。すなわちこの沈降部の移動の方向は隆起部と反対の方向に起こるということである。堆積盆地の移動の現象はさきにものべたように Haarmannやvan Bemmelen ではきわめて明瞭に意識され図示されているがこのように明確に規則性として定式化されていない。この堆積運動の様式は各段階の堆積物がどのように分布するか(その層厚・層相分布)を解析する指針となる点で深部の構造を研究するためにもさらに発展させなければならない問題と考える。



第12図
南部フォッサマグナの層序構造断面図(松田1962による)
図の上から
(a)御坂層堆積初期
(b)御坂層堆積末期
(c)富士川層の堆積末期
(d)富士川層堆積中期の構造断面
(e)富士川層堆積末期の構造断面
(a)(b)(c)は層序断面

3. 地殻・上部マンツルの構造および運動に関する地質学者の発言



第13図
南部フォッサマグナの模式的な地質断面図

1950年頃から 浅発地震の走時 重力のブーゲー異常地震の表面波 大爆破人工地震などを用いて 地殻の構造が明らかにされてきた。このような状況を反映して松田時彦 (1962) は 南部フォッサマグナの地殻断面を作製した (第11 12図)。これは 玉城逸夫 (1956 1957) の浅発地震の走時から求められた地殻の構造と 松田自身の地質学的調査による地質断面とを 結びつけたものであった。その結果を 坪井忠二の重力のブーゲー異常とを比較して その断面の正否をチェックしている。この種の断面としては きわめて早い時期に描かれた 先駆的なものとして 評価すべきであろう。

また 中村一明 (1969) は 地震学的諸事実から想定された日本列島付近の対流によって 新第三紀以降の地質学的諸現象を統一的に説明しようと試みた。

彼は日本列島下に Holmes (1965) (前号第15図参照) のような対流が存在すると考えた すなわち 中・深発地震面は 太平洋側からのマントル対流の下降する上面に相当する。それにともなってその上位のマントルに二次的な流れがむく 日本海やグリーンタフ地域の発生発展が説明できるのだと考えた。

従来 中・深発地震面に関連させて 多くの人によって対流が考えられたが それらと 地表付近の諸現象とを結びつける努力が 地質学者からなされなかった。したがって 対流説による地質構造運動論の問題点が明確にされえなかった。そしてただ一部の地質学者が直観的にマントル対流批判を口にしていたにすぎなかったから その意味で 中村のこの論文は価値あるといえよう。

4. 筆者らの考え

4.1. 地殻・上部マントルの構造

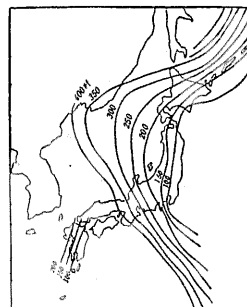
筆者らは 現在は 構造地質学のいろいろな面に残っている アルプスないしはヨーロッパを中心に発展してきた構造論が 批判されなければならない時代であると 考えている。それは それらの構造論のあやまった面が地質学者の頭の中に 深く巣を食っていると考えるか

らである。この問題は これまで論じてきた深部の構造の問題にとどまらず 造山運動・造陸運動の問題や大陸の成長の問題なども 含まれねばならないと考えている。実際に 造山運動が世界各地で同時に起こるといふ考え方や 大陸がその核のまわりの造山帯を吸収して成長するという考え方が 一部批判の対象になってきているのが 現状であろう (Schatzki and Bogdanoff, 1957 湊 井尻 1958) ただし ヨーロッパに発展した構造地質学の正しい面は 積極的に発展させなければならないことは論をまたない。その意味で 造山運動造陸運動という運動区分は 正しい面をもっていると考ええる。この意味で たえば造山時相の概念までも否定して 構造運動がすべて漸新的な発展だけとする考え方が一部にあるけれども それには賛成できない。

筆者らは 地表付近の構造についての考え方のみならず 上部マントルの構造 (特に島弧) の考え方の問題にも アルプスの構造論の影響下にあるか あったと考えていることは 前号でのべた通りである。

それでは 筆者らが 地殻から上部マントルの構造をどのように考えているか。これからその問題に対してどのように研究を進めていくか 書いてみることにしよう

島弧の地殻から上部マントルには 海溝付近から大陸側に向かって 傾いている衝上断層ないしはマントル対流下向流の上面があると 考えられている。さきにもちよっとふれたように この説はアルプスなど造山帯の



第14図
深い地震の震源の等深線
(K. Wadati 1935による)

構造論に影響されてきた説ないし解釈と考える。
 筆者らは 島弧の地殻や上部マントルは 垂直の断裂によってモザイク状になっていると考える。そして 地表付近で見られる複背斜 複向斜などの構造単元は 一般に上部マントルのかかりの深さにまで その根を下ろしていると考えている。 そのように考える根拠のいくつかを 次にあげよう。

九州の火山列と震源分布の様式

九州には 北東部から中央部にかけての地域と 西部地域および南部に 第四紀火山が分布している(第15図)。最初の地域には ほぼ中央に阿蘇山が位置し 北々東方向に九重山 由布岳 両子岳などの諸火山が直線的にならび 中国地方西部にまでびている。北西部には 多良岳と雲仙岳が北西—南東方向に並んでいる。一方九州南部の地域には 霧島山 桜島 開聞岳などの諸火山が 南北方向に並んでいる。

第15図には これら火山の分布と同時に この地域の1926年から1968年までの震源の分布をも示してある。この図によると 上にのべた阿蘇山から北々東にのびる火山列を境にして それより西側と東側とで震源の分布様式が異なり 火山列付近で両者が不連続的に移りかわっているのが わかるであろう。すなわち 火山列以西の地域には 40km未満の地震しか起こらないのに対して それ以东の地域には 80kmないしそれ以上の最も深いものは120km以上にも達する地震が発生する。一方霧島山から桜島へ南北にのびる地域についてみてみると

火山列以西の地域にも それ以东の地域にも 大体40km未満の地震しか起こらないのに対して 火山列にそった地域には 中・深発地震が発生する。そして 最も深いものは 300kmにも達する。これらの関係を模式的に断面図として示したのが第16 17図である。

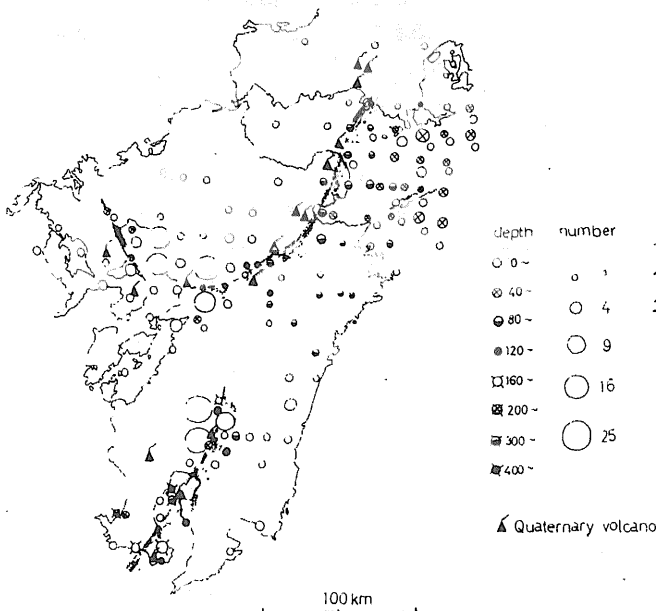
火山は 地下深部で発生したマグマの出口に相当する。したがって 第15図に見るような直線状の火山の配列はそこに直線状にのびた断裂の存在を暗示している。同図に見られる震源分布様式は この断裂が地下深部に垂直ないしそれに近い角度でのびているとして 説明できるであろう。そして マグマは このような垂直の割れ目を通して上昇してくるにちがいない。

従来 九州においては 中・深発地震の震源の深さは 東から西に次第に深くなるような面上に分布すると考えられていた(第14図)。上にのべた事実は これが見掛けのものであることを示していると考える。

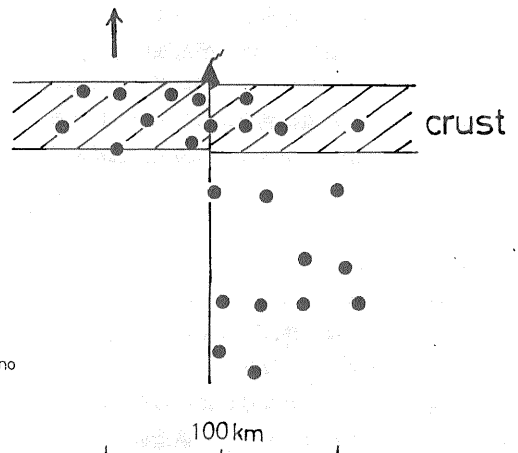
越後山脈周辺地域

東北日本のグリーンタフ地域は 30ないし40kmよりも浅い地震と 100kmよりも深い地震とが 中間にほとんど地震の発生を見ない層準をはさんで 層状の分布を呈する。それらの地震の震央は 新第三系ないし第四系分布地域に集中し いわゆる先第三系の基盤岩分布地域には 比較的少ない。このグリーンタフ地域は 一般に地震活動が活発でないが このうち 新潟 福島 栃木の三県にまたがる越後山脈は この地域としては比較的地震発生頻度が高く 地震活動と地質構造との関係を知るのに都合がよい。

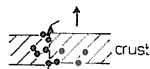
第18図は この越後山脈とその周辺地域に1926年から1960年までに起こった地震について その深さ 発生年月を示したものであ



第15図 九州地方の火山の分布と震源分布様式との関係を示す図 灰色にぬられた地域ないしその外側(東部)には40km以上の深さの地震が発生する

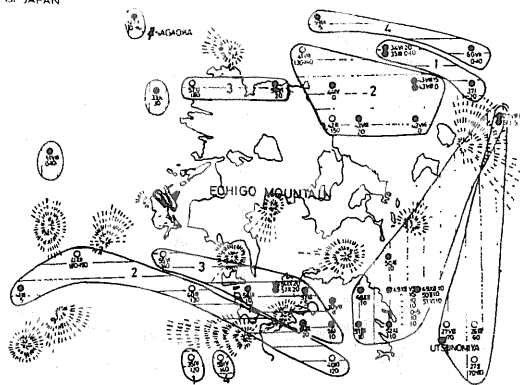


第16図 九州北東部の火山列を横切る模式的断面図 山印は第四紀火山 黒丸は震源(阿蘇型)



第17図
九州南部の火山列を横切る模式的断面図
山印は第四紀火山
黒丸は震源（桜島型）
白丸は震源（深部型）

SEA OF JAPAN



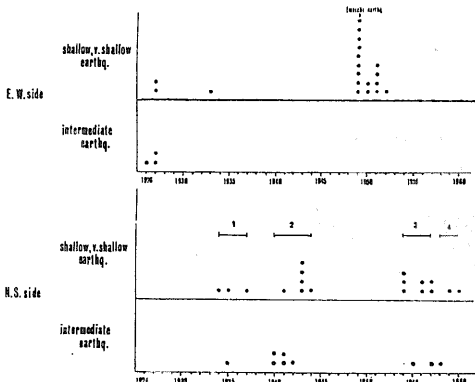
第18図
越後山脈とその周辺地域における地震活動様式を示す図 黒丸は50kmよりも浅い地震 白丸は60kmよりも深い地震の震央 54×120 という数字はこの地震が1954年11月に深さ120kmに起こったことを示す 一つにくらべた地震は一定の活動期に活動したもの その中の大きな数字は活動期（第20図に対応）菊のような模様は 第四紀火山を示す

る。第19図は これらの地震を 北側と南側 東側と西側とに分けて 年毎の地震発生の推移を示したものである。この表では それらをさらに 上段に浅い地震を 下段に深い地震というように 分けて示してある。この表から 東と西側 北と南側とで地震の活動が交互に行なわれること。南北両側の地域についてみると、この活動期には 深い地震も浅い地震もともに活動することがわかるであろう。さらにそれらの震央の位置は越後山脈に対して規則的に移動する。しかも この移動の様式は 深い地震 浅い地震に共通したものであることが 読みとれるであろう。すなわち 1934年から1937年の活動は 1の領域で行なわれ 1940年から1943年までは その内側の2の領域で 1954年から1957年までは 3の領域とさらに内側に移動するが 1958年から1960年に至ると 1の領域ないしその近くの4の領域に活動地域が移動する。このような活動様式は 100kmよりも深い地震と 40kmよりも浅い地震とが独立して活動しているのではなくて 垂直方向の何らかのつながりをもって活動していることを示していると考え。そ

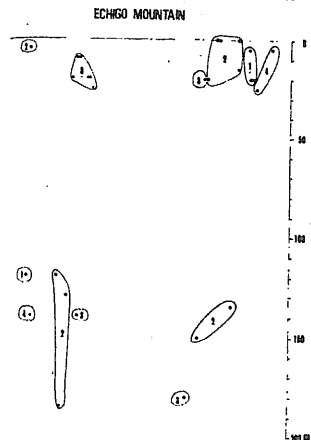
して第21図に示したようなモデルを考えることによって一応の説明ができるであろう。第18図にも示したようにこの地域には多くの第三紀火山が分布しているが それらの火山のマグマは 上に示したような深部にまで垂直ないしそれに近い傾きの断裂にそって 上昇して行くのであろう。

上には 代表的な二つの例だけを示したが 同様の地震活動様式が 飛騨山脈周辺地域 朝日山地西方の新潟地震（1964）の起こった地域 北上山地西の「盛岡—白河線」地域 伊豆諸島などに見出されている。

これらの事実から 島弧の地殻から上部マントルは垂直ないしそれに近い断裂によって モザイクになっていると考える。したがって 筆者らは Holmes の図（前号第15図）に代表される対流は存在しないと考える。そのような対流が存在するならば 上にのべた垂直の断裂は 存在しえなくなるからである。（この項は 鈴木の個人的な意見であることをことうわすしておく なお詳細は別に発表の予定）

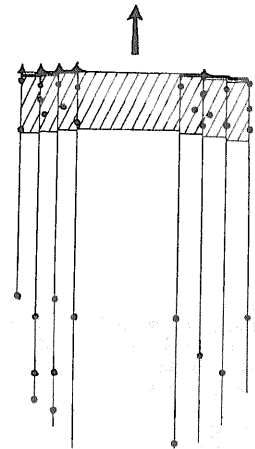
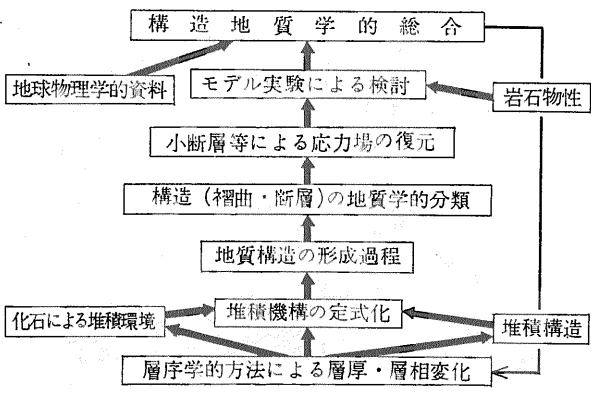


第19図
越後山脈とその周辺地域の地震活動の時間的変化を示す図
上の図は山脈の東西両側に起こった地震を 下の図は南北両側に起こった地震を示す 各点は一つの地震に対応する 各図の上段は50kmよりも浅い地震 下段には60kmよりも深い地震の活動を示す 数字（1 2 3 4）は各活動期



第20図
越後山脈とその周辺地域における地震活動の様式を示す断面図 中の数字は活動期（第19図と対応）

第 1 表



第21図
越後山脈の推定南北断面図
斜線は地殻 その下は上部マントル
最上部の点を付した部分は新
第三系 縦線は深部断裂 山型の
記号は第四紀火山 大きな点は震
源 矢印は隆起運動を示す(越後
山脈型)

4.2. 地殻表層の構造

前項には 地殻から上部マントルにかけての構造を地震活動様式から推定した。この項では もう少しこまかい 一つの堆積盆地 その中の背斜・向斜構造の深部の地質構造について 野外地質学的事実から推定してみることにしよう

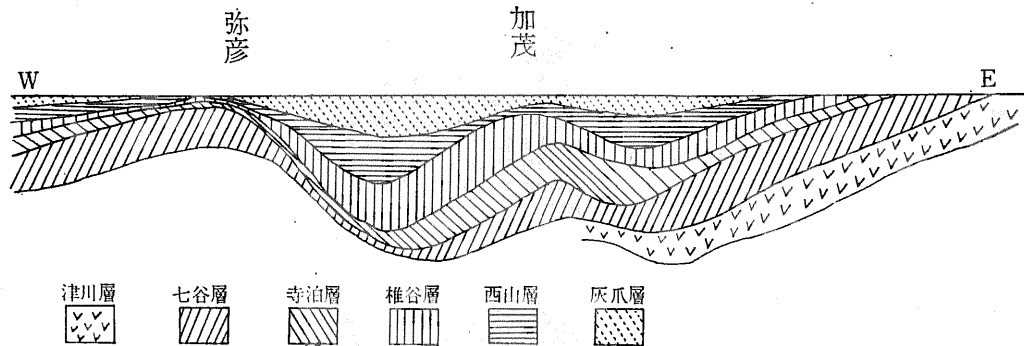
私達の研究しているホームフィールドは 新潟の第三系堆積盆地である。これからのべる地殻表層の構造についての考察も 主として この新潟堆積盆地の地質学的資料にもとづくものである。したがって 現在まだ島弧の地殻から上部マントルにかけての基本的構造について 一般的な像を描ける程の資料を持ち合わせていない。前の項にのべたきわめて大まかな地殻から上部マントルにかけての構造についての考察と この項でのべる地殻表層の構造についての考察との間には 未だ大きなギャップが存在する。もちろん これからのべる新潟堆積盆地の構造は その盆地特有の性質をもっている。しかし同時にこれからのべるいろいろな結論は グリーンタフ地域の他の第三系堆積盆地にもあてはまるものが 少なくないと考えられる。

新潟堆積盆地の構造の特性

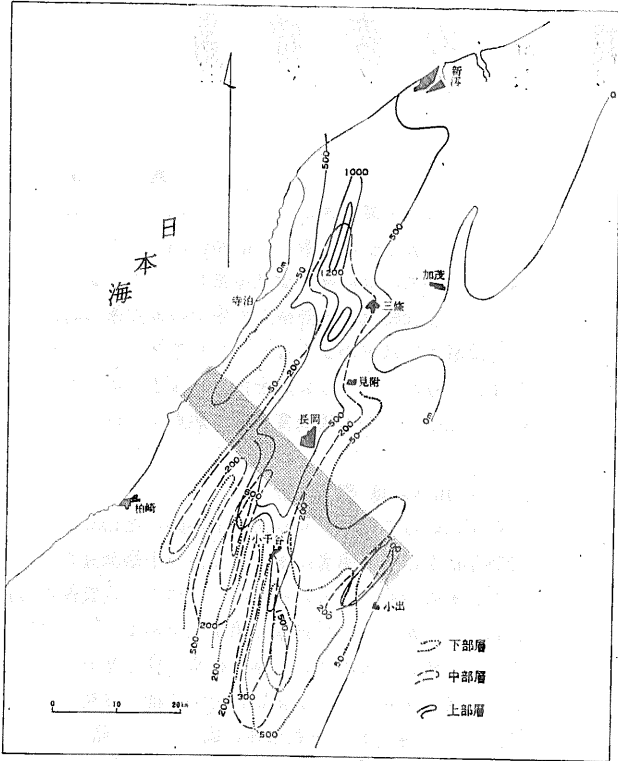
さききのべたように 堆積運動に関する将棋倒し構造は 地下深部の地層の層相 層厚を予想する 大きな手掛りを与えてくれる。私達の研究している新潟堆積盆地においては 七谷層以上の層準に関しては 越後平野の西縁付近を境にして二つの単元に分けられるが いずれも 最大層厚部が東から西に移動することが予想されている(第22図)。ただし 後椎谷一先西山期の堆積盆地の分化の現象や 東側でのオーバー・ラップ現象が見られるが 上にのべた基本的な運動方向を変えるようなものではない。

第四紀の魚沼層(層厚約3,000m)の堆積運動の様式は 全体として 東から西へ堆積の中心が移動するという一般的な規則性のほかに 油田褶曲構造を横ぎる方向での 基盤のブロック運動の反映とみられるような 堆積形態を示している(第23図)。この地層の層厚変化の様式は さらに1オーダーさがった個々の褶曲構造とも関係をもっている(第24図)。そして 地層の層厚によって示される隆起・沈降運動の履歴が 褶曲形態と密接な関係をもっていることが 明らかにされた。

これら新第三系や第四系などの上部構造の下には 古

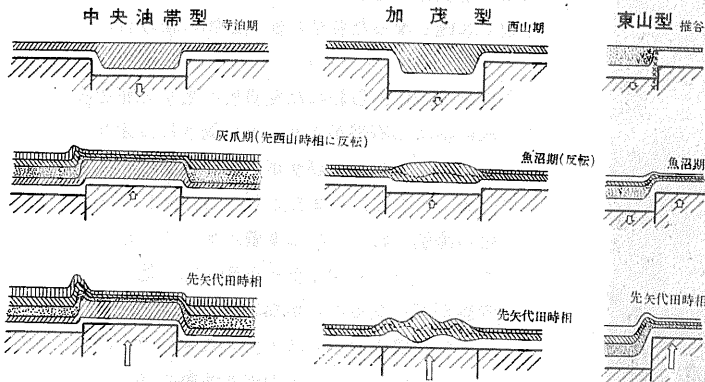


第 22 図 新潟堆積盆地中央部の東西層序断面図



第23図 魚沼層(上 中 下部層)の等層厚線図

生層や花崗岩などがある。これら古期岩類は新第三系堆積以前にすでに褶曲作用や一部変成作用などを受けている。したがって新しい褶曲運動に際しては“固い”地塊として反応するだけで上部の構造のような褶曲は受けないであろうと考える。実際に野外でまた坑井において古期岩類に直接の第三系は比較的ゆるく傾くだけであることはこの考え方を支持する事実であろう。したがって褶曲形態と垂直昇降運動との密接な関係を示す上にのべた事実ともあわせて新潟堆積盆地の褶曲はその基盤になっている古期岩類



第24図 褶曲形成過程のモデル

の地塊の差別的昇降運動によって形成されるのだと考える。この地塊の境界は垂直ないしそれに近い断裂によって境されているであろうと考える。それは地塊の相対的な運動が個々に逆転しうる性格のものだからである。

この地塊の境界の典型はいわゆる箱型褶曲の翼部である。そこが火成活動の場になることが多いことは基盤の断裂の存在を示す有力な事実と考える。さきにもべた地殻から上部マントルの構造についての情報ともあわせて島弧は大小さまざまなオーダーの垂直の断裂によってモザイク状の構造をもっているのではないかと考えている。

上にのべたような褶曲形成機構モデルを裏付ける資料をうるためにわれわれは小断層解析を行なっている。しかし褶曲機構を解く鍵としての小断層解析は方法論が確立していない状態でさしあたっては系統的に割れ目を記載している段階にある。また今春から室内でのモデル実験によって上にのべた褶曲形成機構モデルを検討したいと考えている。

しかし材料の問題やモデルそのものについても未解決の多くの問題を抱えている。それらについては具体的な問題にあたって一步一步解決していきたいと考えている。私達はさきにもべたように島弧の地殻から上部マントルは大・小の垂直の断裂によって切られていると考えている。このようなモデルを作業仮説にしてこれからの研究を進めていきたい。

以上でわれわれの深部の構造についての現段階での考え方とその研究方法についてふれてきた。われわれは未だ具体的な深部までの断面を提示できるまでに至っていない。それは解決すべき多くの問題を抱えているからである。しかしわれわれは具体的な歴史的な規則性と前項(4.2.)でのべた地球物理学的な観測結果の解析による大きな単元での問題を1オーダー下げて検討したものと結合することをさしあたっての目標としている。その結合によって構造運動に対するより客観的な規則性が生れるものと考えている。そのような結果と構造地質学的方法によってえられた成果から深部の具体的な構造を提示できるよう努力する積りである。

(筆者らは 第三系堆積盆地研究グループ)