

ヨーロッパの地震地質構造図

by V.V.BELOUSSOV A.A.SORSKY V.T.BUNE

鈴木耐元・関口静嘉**・垣見俊弘*・衣笠善博*・訳

序

地震は現在の造構運動現象のうちもっとも顕著なものである。その特徴は地球上に一樣には起こらず地殻のある限られた地帯すなわち地震帯に集中して起こることにある(第1図)。

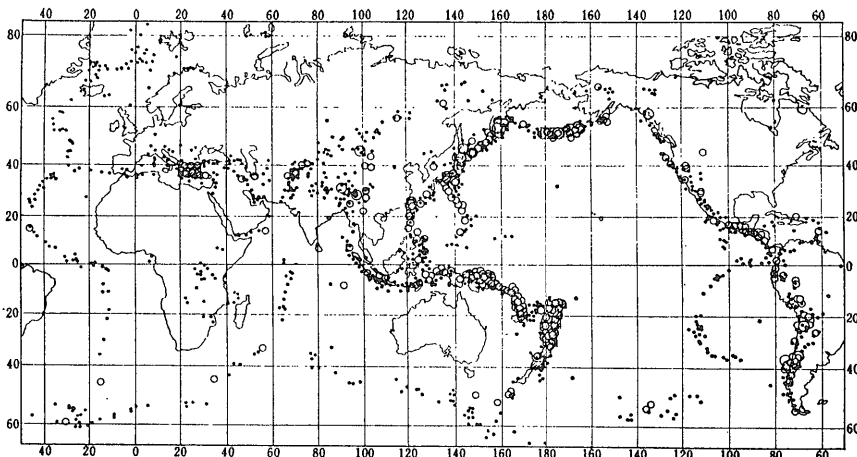
現在まで地震がいつ起こるかを正しく予報する有効な方法は見出されていない。しかしながらある地域についてある限られた最大の強さの地震の集合ならびに地震現象と地表の地質学的状況との関係がわかればその地域に将来起こる最大の地震のマグニチュードを予知する基礎は作られている。いいかえると地震の起こる時刻を前もって知る方法はまだないけれどもある特定の地域に起こる地震の最大の強さを予報する方法は見出されているということである。

将来起こる地震の強度と場所の予報は地震活動分布図(seismic map)の形で表わされる。それは一般に将来起こるであろう地震の最大強度をゾーンで示したものである。このような地図は非常に実用的に重要である。なぜならそれによって地震危険区域に地震が起こる場合に破壊から守るための十分な強さをもった建物を建設することができるからである。しかしながら実用的な観点をはなれてある地域の地震活動と地質構造発達過程との関連の研究は科学的に非常に重要である。というのはわれわれがまだ比較的少しかその原因をしらない造構運動のいろいろな型の分布とその法則を確立することができるからである。

地震活動分布図の編さんにはいくつかの予備作業と多くの中間的な地図や図表を準備する必要がある。それらのうち最も重要なものの一つはいわゆる地震地質構造図(seismotectonic map)である。この図は地震活動とその地域の地殻構造や地質構造発達との基本的関係を示すものである。

提案されたヨーロッパの地震地質構造図はこの地域の地震活動分布図の編さんにさいしての中間的なものとみなすべきであろう。ヨーロッパの地震地質構造図を編さんするという決定は1959年~1960年にアリカンテとヘルシンキにおける国際地学地球物理学連合の中の「欧州地震学委員会(以下ESCと略記)」の会合でとりあげられた。ESCの勧告によって欧州地震地質構造図の編さんはモスクワのソ連科学アカデミー地球物理学研究所で着手された。

各国の構造は広範な記載的資料や地形に関する資料を基礎にして編さんされた。使用した資料の完全なリストをここに述べることは不可能である。次の人々がこの地図の編さんに加わった。M. V. Gzovskiy(ハンガリー関係) A. V. Gorjachev(スペイン・ポルトガル関係) I. V. Kirillova(イタリア・トルコ・コーカサス・クリミア関係) N. N. Leonov(ソ連領のヨーロッパ・ポーランド関係) I. A. Rezanov(オーストリア・スイス関係) G. I. Reisner(アルジェリア・モロッコ関係) E. M. Rudich(英国・アイルランド・アイスランド・ノルウェー・スウェーデン・フィンラ



第1図
1950~1960年間の地震(M≥5)の震央分布
○: M≥8 ○: 7≤M<8
●: 5≤M<7
■: 2°×2°の面積中に5≤M<7の地震が3個以上起こった地域(N. B. COLUBEVAによる)

第1表 おもな震度階の対照表 (gal は加速度の単位で 1 gal=1 cm/sec²)

中央気象台震度階 (1949)	改正メルカリ (M. M. S.) 震度階 (1931)	MSK 震度階 (メドベデフ シュポインホイエル カールニックによる) (1964)
0: 無感 人体に感じないで地震計に記録される程度 加速度 0.8 gal 以下	無感覚: 加速度 0.5 gal 以下 地震計にのみ感ずる地震	I: 無感覚 (a) 地震動は人体感覚を与えるほどではなく、地震計からのみ地震動があったことを知りうる
I: 微震 静止している人や特に地震に注意深い人だけに感ずる程度の地震 0.8~2.5 gal	I: 0.5~1.0 gal 特に感じやすい状態にあるごく少数の人に感ずる II: 1.0~2.1 gal ビルの上層に静止しているような少数の人にのみ感ずる。動きやすつくつられた物体はゆらぐ	II: 微動 (a) 家の中や特に上の階で静かにしていた人だけが感じる III: 弱震 (一部の人が感じる) (a) 屋内のいくらかの人は感じる。特に注意深い人はつるしてあるものがゆれることを認める。振動は軽トラックが通過したような感じである
II: 軽震 大ぜいの人に感ずる程度のもので、戸障子がわずかに動くのがわかるくらいの地震 2.5~8.0 gal	III: 2.1~5.0 gal 特にビルの上層の屋内に著しく感じ、止まっている自動車やわずかにゆらぐが多くのもは地震と思わない IV: 5.0~10.0 gal 日中屋内の多数の人に感じ、皿、窓ガラス、扉などがゆれ、止まっている自動車はかなりゆらぐ V: 10.0~21.0 gal ほとんど全部の人に感じ、多くの人は目がさめる。すわりの悪いものは倒れ、振り時計が止まる	IV: 大多数感じる (a) 屋内では大部分、屋外では少数の人のみが感じる。窓、戸、皿などがガタガタする。器の中の水もわずかに動く。静止した車の中でも振動が感じられる V: 目がさめる程度 (a) 屋内では全部の人、屋外でも多くの人が感じる。眠っている者も多く目ざめ、戸外へ逃げ出すものもある。振り時計も止まるものがあり、一ぱい盛った器の水は多少こぼれる (b) A型建物には少し被害がでることがある
III: 弱震 家屋がゆれ、戸障子がガタガタと鳴動し、電灯のようなつり下げ物は相当ゆれ、器内の水面の動くのがわかる程度の地震 8.0~25.0 gal	IV: 5.0~10.0 gal 日中屋内の多数の人に感じ、皿、窓ガラス、扉などがゆれ、止まっている自動車はかなりゆらぐ V: 10.0~21.0 gal ほとんど全部の人に感じ、多くの人は目がさめる。すわりの悪いものは倒れ、振り時計が止まる	IV: 大多数感じる (a) 屋内では大部分、屋外では少数の人のみが感じる。窓、戸、皿などがガタガタする。器の中の水もわずかに動く。静止した車の中でも振動が感じられる V: 目がさめる程度 (a) 屋内では全部の人、屋外でも多くの人が感じる。眠っている者も多く目ざめ、戸外へ逃げ出すものもある。振り時計も止まるものがあり、一ぱい盛った器の水は多少こぼれる (b) A型建物には少し被害がでることがある
IV: 中震 家屋の動揺が激しく、すわりの悪い花びんなどは倒れ、器内の水はあふれ出る。また歩いている人にも感じられ、多くの人々は戸外に飛び出す程度の地震 25.0~80.0 gal	VI: 21.0~44.0 gal すべての人々に感じ、多くの人々は驚いて戸外に飛び出す VII: 44.0~94.0 gal ほとんどすべての人が戸外に飛び出し、すわりの悪いものや設計のよくないものにはかなりの損害がある	VI: 驚かさされる程度 (a) 屋内でも屋外でも大部分の者が感じる。建物の中の人々は戸外へ走り出る。重い家具がずり動く場合もある (b) A型の建物の多く、およびわずかのB型の建物に小被害が出る。少数のA型建物はかなりの被害を生じる (c) 湿った土地では1 cm ぐらいの幅の割れ目ができる場合もある。山地では崖くずれが生じることもある
V: 強震 壁に割れ目がいり、墓石、石どうろが倒れたり、煙突、石垣などが破損する程度の地震 80.0~250.0 gal	VIII: 94.0~202.0 gal 堅ろうな建物にもかなりの損害があり、煙突、記念碑、壁などが墜落し、家具が転倒する。また砂泥などを多少ふきだし、井戸水に変化がある	VII: 建物に被害がでる (a) 大部分の人は外へ走り出る。運転中の者も振動を感じる。大きなベルも鳴る (b) C型建物の多くに小被害、B型建物の多くはかなりの被害が生じる。A型建物の大部分は大被害を受け、倒壊するものもわずかなる。道路にき裂がいり、パイプラインの継手も被害を受ける (c) 水面に波が見え、井戸の水位が変化し、泉の湧出量が変わる場合もある
VI: 烈震 家屋の倒壊は30%以下で、山くずれが起き、地割れを生じ、多くの人々は立っていることができない程度の地震 250.0~400.0 gal	IX: 202~432 gal 堅ろうな建物にも損害があり、一部つぶれ、地面にき裂が著しく現われる	VIII: 建物が大被害を受ける程度 (a) パニック状態になる。車も運転困難を感じる。木の枝がひきさかれて落ち、重畳家具も動き、傾倒するものもある (b) C型の建物の大部分はかなりの被害、少数のものは大被害を受ける。B型建物の大部分は大被害、A型建物の大部分は倒壊する。パイプの継手が折れ、記念碑、石塔などの台石の上で、すれたり、回転したりする。墓石は転倒し、石壁は崩壊する (c) 急傾斜川面をもつ盛土した道路には地入りが生じる。地面に数 cm の幅の割れ目が生じる
VII: 激震 家屋の倒壊が30%以上に及び、山くずれ、地割れ、断層などを生ずる 400.0 gal 以上	X: 432 gal 以上 石工物の大部分破壊、地面にき裂多量、鉄道線路の彎曲 XI: 残存建物少なく、橋梁破損、大き裂 XII: あらゆるものが破壊、地表に破形がみられ、あるものは空中に投げ出される	IX: 建物に大被害 (a) 全体的にパニック状態になる。(b) C型建物の多くが大被害を受け倒壊するものもある。B型建物の多くは倒壊または全壊する。記念碑や柱などが倒れる。鉄道線路は曲がり、道床も被害を受ける。(c) 平地に水や泥、砂が噴出するのがしばしばみられる。地面の割れ目の幅は10 cm にもなる。岩石が落ちたり、山くずれ、地すべり、水面には波が立つ X: 建物は崩壊する (b) 多くのC型建物は倒壊し全壊するものもある。多くのB型建物は全壊する。大部分のA型建物は完全に崩壊する。ダムや堤防、水路に被害が出て危険になる。橋梁も非常に被害を受ける。地下パイプも破壊したり曲がったりする。 (c) 土地には数10 cm の幅の割れ目が生じ、1 m に及ぶ所もある。井戸の水位は変化し、運河、池、川などの水が地面に溢れ出る XI: 大被害 (b) 施すのよい建物、橋梁、ダムおよび鉄道にさえもひどい被害が生じる。ハイウエーも使用不能となり、地下パイプも破壊される (c) 土地には幅の広い割れ目や裂け目ができ、ひどく破壊される XII: 地形変貌する (b) 地上および地下のすべての構造物は事実上大被害を受けたり、破壊されたりする。 (c) 土地の表面の相貌は全く変わり、地には多数の割れ目ができ、岩石が落下したり、川の築堤が陥没したりということが、広い地域にわたってみられる

ンド関係) B. A. PETRUSHEVSKY (ドイツ民主主義共和国・ドイツ連邦共和国・デンマーク・ベルギー・オランダ・ルクセンブルク・フランス関係) A. A. SORSKY (アルバニア・ギリシア・ユーゴスラビア・コーカサス・クリミア関係) V. V. EZ (ブルガリア・チェコスロバキア・ルーマニア関係).

長年ヨーロッパの地震活動を研究した V. KARNIK はヨーロッパにおける地震の表を編さんした。その表には地殻内に震源をもつ VI, VII, VIII と IX-XI [日本の震度階 (8階級 0-VII) と異なり MSK 震度階 (12階級) を示す。これらと西ヨーロッパ アメリカにおいて用いられている改正メルカリ震度階を第1表に示す (訳者注)] の地震の4つの地図とマグニチュード別に分けられた深発地震の図が付けられている。地図の数の多いことと その震源決定の際の精度による震央の分類がしていないために KARNIK の研究の結果をそのまま使うことは困難であった。このために KARNIK の資料を基礎にして V. I. BUNE が地震の再発を等震線 (isolines) で7段階に分けた図を編さんした。この地図上には 深発地震の震央はもちろんIXからXIまでの震度をもつ地震の震央が記入されている。7段階の地震再発図の編集の際に KARNIK のVIからVIII段階の強度の地震の図や いろいろな震度の地震の再発図が用いられた。

BUNE はまた 次の研究者達によって得られた地震学の資料も用いた。S. S. ANDREEV, A. Ya. LEVITZKAIA, G. D. PANASENKO, E. F. SAVARENSKY, E. D. TZKHAKAIA (ソ連), A. BEN OSMAN (チュニジア), J. BONELLI (スペイン), M. BÅTH (スウェーデン), Ch. Charlier, J. VAN GILS (ベルギー), D. CSOMOR, A. RÉTHLY (ハンガリー), A. GALANOPOULOS (ギリシア), F. GASSMANN (スイス), E. I. GRIGOROVA, K. T. KIROF (ブルガリア), R. MALARODA, M. DE PANFILIS, C. RAIMONDI (イタリア), M. IPEK, M. ÖCAL, S. OMOTE (トルコ), E. PETERSCHMITT, J. P. ROTHE (フランス), G. PETRESCU, C. RADU (ルーマニア), J. G. SCHOLTE (オランダ), A. KVALE, A. SELLEVOLL (ノルウェー), W. SPONHEUER (ドイツ民主共和国), E. TILLOTSON (英国), M. TOPERCZER E. TRAPP (オーストラリア), D. TRAJIC (ユーゴスラビア), E. TRYGGVASON (アイスランド), H. JENSEN (デンマーク), T. OLCZAK (ポーランド), E. PENTTILÄ (フィンランド). V. V. BELOUSSOV と A. A. SORSKY によって その地図は編さんされた。ヨーロッパの地震地質構造図の最初の下図は 1962年9月25日にイエナでの ESC 会議の会期中に提出された。

この説明書付の予察的な地図は ヨーロッパ諸国の全科学機関にコメントをうけるために送られた。

コメントは イギリス ブルガリア ギリシア ドイツ連邦共和国 ドイツ民主主義共和国 デンマーク イタリア アイスランド アイルランド ノルウェー ポーランド ルーマニア トルコ チェコスロバキア スウェーデン フランス フィンランド ユーゴスラビアからよせられた。

イエナでの ESC 会議がひらかれて以来 過去2年間に いくつかの強い地震がヨーロッパに起った。これらの地震は ある程度まで地質構造と地震活動との間の関係を 実験的にチェックする機会を与えた。これらの地震には次のものが含まれる。ユーゴスラビアのマケドニア地方 ($M=6\sim 6.5$) ギリシア ($M=5\frac{1}{4}$) アルバニア ($M=6$) トルコ ($M=5.5\sim 6$) グリーンランド海域 ($M=7$) その他多くのものである。

この2年間に 全部で50以上の地震 ($M=4.5\sim 7$) が記録された。新しい地震の資料と同様に 提出されたすべてのコメントは 改訂版の地図の編集に際して考慮された。

新しい資料に従って地図に入れられた補正は おもに個々の構造帯の輪郭や記号に関するもので 地図を作るものになっている根本的な原則には影響しなかったことを述べておかななくてはならない。

ヨーロッパのこの地震地質構造図の新しい編さん図が 1964年9月に ブタペストで開かれた ESC 会議で V. I. BUNE と A. A. SORSKY によって提出された。この地図の説明に関する討議につづいて委員会は 早く出版することが望ましい ということを表明した。それに従って ソ連科学アカデミー地球物理学研究所は 地図の出版の準備に着手した。

下図の編集と印刷に際して 製図に関する広範な作業がこの研究所の地球力学部門の実験助手たちによってなされた。この機会に筆者らは L. I. AKULOVA, T. A. GORELOVA, V. A. DIATLOVA, E. I. EREMINA と O. V. OSIPOVA に感謝したい。また著者一同この地図の最初の説明にあたられたすべての専門家の皆様に感謝する。

地質構造に関する資料

構造区の特徴

地質構造の解析に用いられるいろいろな方法が 地質と地震活動との関係を研究する際に用いられる。地質構造と地震活動とを比較するための構造図は いろいろの構造要素を反映していなければならない。とくに古いまた新しい断裂の広がり 深さ 時代 そして現在までの構造運動の歴史を反映したものでなければならない。

ソ連の多くの地震活動地域を研究した結果 これらの

地域における個々の部分の地殻の垂直方向の隆起と沈降運動（昇降運動または造陸運動）が現在起こっているがこれは地質学的過去において起こった主要な造構運動の形式であることがわかった。褶曲運動はこの垂直方向の造構運動から派生した二次的な現象である。強い隆起と沈降運動が隣り合っているような対照性の著しい地域では地殻中に地震の直接原因である剪断歪をひきおこす。最大の歪は当然垂直運動の対照性が最大である地域に生ずるのであろう。そのような垂直運動の対照性が最も大きな地帯にはしばしば断裂がみられそのうちでも最も大きなものは深部断裂と呼ばれる。現在のアルプスの地形そのものは最近の隆起運動の結果できたものである。ここでは必ずしも地震活動が活発でないことを強調しなければならない。最近の隆起と沈降の接合部にあたりその対照性の大きな所のみが地震活動の活発な地域なのである。

剪断歪の強さを示す重要な指標のひとつは地殻内の垂直造構運動の勾配である。これは言いかえるとお互いに垂直方向に動く構造単元を分けている境界に直角な方向の水平距離に対する垂直運動の変化率である。

この勾配の大きさを決定するためにはいろいろな方法を用いることができる。たとえば地質学的な時間（100万年、1000万年の単位）にわたる運動に対する勾配の決定は地質学的方法が用いられる（二つの隣接した構造単元の部分のある時代の堆積物の厚さの比較）。第四紀における勾配を決定するためには地形学的方法が用いられる。

現在の勾配に対しては測地学的方法が適用される。地震活動と地質が十分よく知られている地域では地震活動と垂直昇降運動に対する平均勾配の値との量的の比較を行なうことが可能である。

しかしながら地質構造と地震活動とのそのような量的な比較は望ましいけれども最近の造構運動に対する勾配をすべての場所で確立することは不可能である。対照的な運動をする構造の結合部で地震を発生する地帯でありながら地形に現われない場合がある。これはたとえば最近の運動が土地の起伏に影響を与えない場合や運動につづいて削剝や堆積によって平らにされてしまう場合である。そのような場合にはいくつかのより一般的な構造の資料や構造要素と地震活動との質的な比較に目をむける必要がある。

地質学的方法によってある地域が最も古い時代から現在まで時代とともにどのように発展してきたかを明らかにすることができる。構造相の解析法（堆積物の厚さの分布や層相および現在の構造の研究）を用い

て地質時代の長い間にわたる沈降運動と隆起運動のパターンを確立することができる。この結果ある地帯は基本的には安定隆起帯であり他の地帯は広範囲の安定沈降帯であること。またある地域は運動の方向が何度かくりかえし変化したことがわかった。このようにして構造相解析によって地殻の垂直昇降運動の過程の異なった地帯を区分することが可能になった。このような解析の結果わかった一つの重要なことは過去の長い隆起地帯と沈降地帯の接合帯の確立である。これらの接合帯（しばしば深部断裂によって表わされる）には古いものもあり新しいものもあり最近になって再活動したものもある。いくつかの間接的な特徴によって構造相解析が行なわれる場合がある。構造発達過程の異なった地域を境する活動的な接合帯はしばしば現在進行している地形の再配列（たとえば河川の変化）や若い火山活動や重力勾配がかなり大きいことによって特徴づけられる。

ある地域の構造発達史の研究によって構造帯の主要な走向を横切る大きな隆起帯の存在が示された。そのような横断隆起帯は翼にそう深部断裂によってしばしば複雑になっていて火山の噴火物の局地的な中心を伴っている。そのような横断隆起帯はより地震活動が活発であることによって特徴づけられるので注意する必要がある。とくに興味があるのはさまざまな方向の深部断裂の交点である。これらの場所において非常にしばしば分化する造構運動の発生がみられる。

台地を研究するにあたって造構運動の最近活発化した地域に注意する必要がある。台地の造構運動は長く延びた断層によって複雑化した大きなアーチ形の隆起の形をとる。そこでは最も強い地震が起こっている。台地上の若い断層は古い構造方向に従う。すなわちそれらは再活動する。しばしばこれらの場所に新しい火山が出現する。

ある地域の歴史的発展過程の上のべたような構造上の特徴を表現しかつ地域的地震活動とこれらの特徴との比較を示す地図が地震地質構造図である。ヨーロッパの地震地質構造図を編さんするにあたって全地域はアジアや北アフリカの隣接地域を含めて造構運動の型と激しさにしたがって多くの構造発達史のことなる地域または地帯に区分される。

その最も大きな単元は

1. 大陸型の地殻をもつ地域
 2. 海洋型の地殻をもつ地域
- である。

大陸型の地殻をもつ地域（それは狭い意味での大陸だ

けでなく隣接する大陸棚の領域も含んでいる)はまた二つの大きな構造発達史の異なる地帯に区分される。すなわち アルプス地向斜帯とアルプス台地帯である。

地向斜と台地は さらに垂直昇降運動の性格の違いに基づいて細分される。両者とも その中に最近の隆起した地帯と沈降した地帯が区別される。

台地に関していえば われわれの地図上では 隆起の卓越地域および沈降の卓越地域が 褶曲基盤の年代にしたがって区分されている。このようにしてバルティック楕状地の大部分は 先カンブリア界(先リーフェイ?)の褶曲基盤上の隆起の卓越する地帯として表現されている。ウクライナとヴォロネジ楕状地の地域も 同じ隆起帯のはんちゅうに属している。

これらの最古の隆起地域内には より活動的な部分がある。それらは新生代に激しく かつ分化した造構運動を行った地帯である。このような構造単元は スカンジナビア半島南部のオスロ付近やその西側に見られる。ここでは主として 若い断層系の発生と再活動(準子午線方向)の結果 多くのせまい地塁と地溝の形成が行なわれた。

ノルウェーの西海岸の隆起の卓越する地域は 周カレドニア台地に属し それはまた 最近分化した地塊運動をうけている。

時として ヘルシニア褶曲基盤の広大な地域内では ひじょうに分化した隆起地域が見出される。フランス中央台地上のいくつかの地域 アルデンヌとチェコの地塊 ライン盆地中のいくつかの地溝および ピレネー半島の西部などは その典型的な地域である。

沈降の卓越するアルプス台地のいろいろな地域を表現するのに 構造発達概念がいくらか異なった形ではあるが用いられる。地質学的資料によって 時代のことなる次の3群に区分される。

- 1) 中生代と古第三紀中に発生した沈降帯
- 2) 新第三紀—第四紀中に発生した沈降帯
- 3) 最近の激しい沈降帯

隆起の卓越する地域に対するのと同様に これらの地域は 褶曲基盤の年代によって細分することができる。

- 1) 中生代—古第三紀の先カンブリア基盤上の沈降帯は ロシア台地のかかなりの範囲と 中央イングランドのある部分を包含する。この地質時代のカレドニア基盤の沈降帯は アイルランド イングランドおよび デンマークに知られている。中生代および古第三紀中に ヘルシニア褶曲基盤を含む沈降帯は ずっと大きな領域をおおっている。

それらはウラルのヘルシニア褶曲帯に沿うロシア台地の北西縁のみならず 南西・中部フランス 南イングランド ポルトガルのリスボン地域中の広大な地域を含んでいる。

- 2) 先カンブリア基盤上に新第三紀—第四紀の間に発生した沈降帯は 古生代にすでにその沈降を開始したカスピ海凹地を含んでいる。先カンブリア基盤上にある同時代の小規模な沈降帯は 中部および北部ポーランドにもある。先カレドニアとヘルシニア基盤上の新第三紀—第四紀の沈降帯は 中部ルーマニア ドイツ ポーランドおよび 一部にはポルトガルやイングランドに知られている。
- 3) 最古の—先カンブリア系—基盤の中の最近の激しい沈降部はロシア台地の北方の北部ベチョラ凹地 およびロシア台地とカルパチア山脈との南西境界部に沿うドニエスタル沈降盆に存在する。カレドニアおよびヘルシニア基盤は 北部ドイツとポーランドのいくつかの地方の例外はあるが 最近の沈降部には 事実上含まれない。

ヨーロッパにおいて アルプス地向斜の地域は アルプス台地の地域より小さな領域(ほぼ3分の1)を占める。しかしながら この地域内の構造の分化程度は 台地の何倍にも達している。

アルプス地向斜の地域は アルプス台地の地域を区分したのと同じ原理で 多くのより小さな地帯(ゾーンおよびサブゾーン)に区分されている。ここでもわれわれは 垂直昇降運動の方向の違いによって 二つの異なった地域に区分できる。それは 隆起の卓越する地域と沈降の卓越する地域とである。地図を見るとこれらの地域の隆起部と沈降部が いかに近接して複雑にモザイク状にいくんでいるかがわかる。

構造発達過程によって 隆起の卓越する地域を 次の二つの主要なグループに分けることができる。

- 1) 先アルプス構造輪廻からひきつづいて安定な隆起部
- 2) アルプス輪廻の間に発生した新しい隆起部

第1のグループをさらに次の三つに細分できる。

- a) 新第三紀—第四紀には分化した地塊運動を全く経験しなかった隆起部
- b) 新第三紀—第四紀の間に分化した地塊運動をこうむった隆起部
- c) 一般的なあまりめだたない沈降運動を経験した隆起部

第2のはんちゅうに入る隆起部 — 新しく形成されたもの — は 時代(中生代と新生代)と 発生の場所(地向斜の中か その周辺地帯か)によって分けられる。

これらの地域には 最近の時代にどんな分化地塊運動

も経験しなかったか または事実上経験しなかった 安定な先アルプス隆起帯がある。 それらには たぶんモロッコのメセタ地域とギリシアのある部分が入るであろう。

古い安定した隆起帯の圧倒的多くのものは 新第三紀一第四紀の間に 一連の断層群によって裂かれ また差動的地塊運動を経験した。 アフリカの北海岸(アルジェリアからチュニジアまで)や イタリアの南部 ギリシアのパレゴニアおよびロドペ(セルビア-マケドニア)地塊やユーゴスラビアと南ブルガリア トルコのメンデレス地塊と大コーカサスの中央部は この例である。 これらの地塊は異なった地史を有し また新第三紀から第四紀にかけても それぞれ異なった変動をこうむった。 こうして たとえば パレゴニアおよびロドペ結晶質地塊は 多くの横断断層および縦走断層により分裂し それにそって分かれた地塊は差動運動を行ってきた。 その結果として その上に多くの沈降帯が形成され この沈降帯をふちどるわれ目は しばしば若い火山活動の産物の上昇をもたらした。

さらに南東へいくと 疑いもなく地質時代的に若いエーグ海内に 古い地塊の分化のとくに著しいあらわれが見られる。 ここには これらの地塊の断片だけが見られる。 それらはギリシアとトルコの間の多島海を形成し 深部断裂のかたちと一致している弧と それに沿う島々の位置が特徴的な形態を形づくっている。

さらに東にいくとわれわれはトルコ(メンデレスとガラチ)の古い地塊の地帯に入る。 そこは 新第三紀に激しい分割をうけ 各々異なる垂直昇降運動を経験した。 これらの運動の結果として 地塊上に多くの沈降盆が形成された。

コーカサスの中央部は 古い(ヘルシニアと多分カレドニア)隆起地域である。 新第三紀から第四紀にかけ

て それは再び高く隆起し たくさんの地塁と地溝に分割された。 この地域と 前述の地域との違いは この地域が最近の時代に比較的活動がゆるやかである事にある。

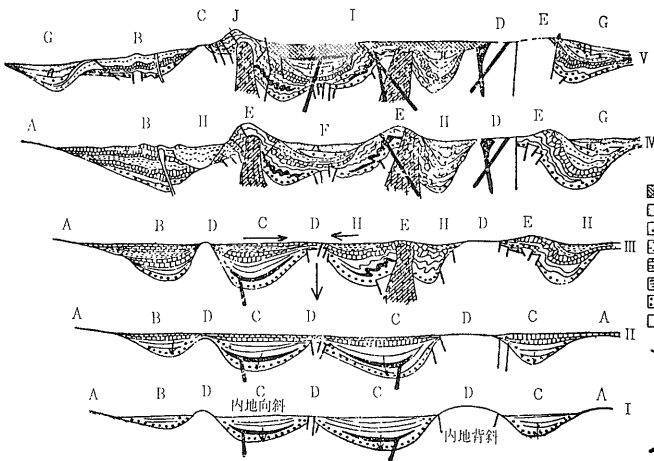
新しく形成されたアルプス輪廻の地向斜の隆起部の間に 著しい沈降帯が中生代に発生した。 それは 新生代全期間にわたって上昇をつづけた。 非常にしばしばそれらは まわりを取りまくより若い新生代の隆起部および内部凹地や 山間沈降部の形をとって現われている もっとも最近の激しい沈降帯から 深部断裂によって分けられている(第2図)。

新生代に発生した隆起部は 中生代の隆起部よりも 地向斜地域内では より広い地域を占めている。 それらはしばしば深部断裂によってふちどられている。 深部断裂の多くは今も存在している。 非常にしばしばこれらの断層は 最近の時代に酸性および塩基性の熔岩が上昇する通路となった。 時に中心噴火の火山がそれらの断層の上に位置する。 たとえば アルメニアやトルコの火山台地や孤立した火山 シシリーと南イタリアの活火山がそれにあたっている。

アルプス地向斜内で 沈降の卓越する地域は散在的に見られる。 それらは年代によって次のように区分される。

- a) 中新世に完成された沈降帯
- b) 鮮新世一第四紀に形成された沈降帯
- c) 現在の沈降帯

これら年代の異なる三つの沈降帯は 成因の異なる沈降運動の型を表わしている。 前縁沈降部 山間沈降部 および重複沈降帯である(第2図)。 パンノニア沈降帯



第2図

輪廻における地向斜の発展の模式図

- I, II……Vは、各発展段階、A:台地
- B:半地向斜 C:内地向斜 D:内地背斜
- E:中央隆起 F:山間沈降部 G:前凹地
- H:周辺沈降部 I:内部凹地 J:周辺隆起部
- ①-内部凹地の累層 ②-モラッセ累層 ③-湧成累層(岩塩、石膏) ④-上部の近海成層 ⑤-石灰岩累層 ⑥-下部の近海成層 ⑦-礫岩層 ⑧-先行する堆積
- 輪廻に属する地層群 ⑨-火山 ⑩-噴出岩
- ⑪-侵入岩床 ⑫-裂つか岩脈 ⑬-底盤 ⑭-小規模な侵入岩 ⑮-ダイアピル ⑯-構造線(V. V. BELOUSSOV 1954による)

は一つの大きな複雑な沈降帯である。その主部は鮮新世から第四紀の地層からなり現在沈降している地域であるが中新世の沈降帯はその周辺部（ブダペストの東と西）を占める。パンノニア沈降帯の北西および南東部に鮮新世から第四紀にかけて形成された重複沈降帯はアルプスおよびカルパチアの中生代から新生代に褶曲した隆起帯を含んでいるのが特徴である。北イタリアのポー川の谷は新第三紀～第四紀からはじまった非常に激しい沈降帯である。この沈降帯は対照的な運動をするアルプスの中生代—新生代隆起帯との間に接合部をもっている。同様な前縁沈降帯と山間沈降帯は大コーカサスを縁取っている。それらはトルコ アルジェリア その他多くの地域にも発達している。

その他の地帯の中でもっとも重要なのはより古い隆起帯のもっとも変化した部分の中に発生した最近の重複沈降帯である。マケドニアとギリシアバルカン半島の南東部の沈降帯の形成過程はとくに注意すべきである。そこでは若い重複沈降帯は子午線方向と緯度線方向に近い走向をもっている。非常にしばしば重複沈降帯は断層群によって縁取られ地溝的性格をもっている。

地図の凡例は台地と地向斜の両者共通のマークで示してある。それらは次のものを含んでいる。深部断裂型の巨大な広域的な断層。新第三紀—第四紀に活動した巨大な断裂。多くの場合沈降と隆起との対照的な運動をする接合帯は若い断層群と一致している。新第三紀—第四紀のとくに激しい沈降帯は特別な印で示してある。新第三紀—第四紀火山地域は別に示した。この点でもっとも興味深いのはアイスランドである。そこは中心噴火型火山に加えて割れ目噴火が広く発達している。ヨーロッパをとり囲む海洋地域は次の5つの主要な地帯に区分できる。

- 1) 海面上に出ている海膨
- 2) 海膨の海面下の部分
- 3) 構造的には未決定の大陸棚と大陸斜面
- 4) 新第三紀—第四紀に激しい差動的な地塊運動をこうむった大陸棚と大陸斜面
- 5) 海洋地殻や漸移型の地殻をもっている海洋や縁海中の深海沈降帯

現在のところ海洋型地殻と漸移型地殻とを明確に区分することは不可能である。

地震学的資料 資料の性質と表現法

1901—1955年のヨーロッパの地震活動の基礎的資料は

V. KARNIK によって集められ震央の分布を示す5つの地図とカタログとしてまとめられている。地殻内の地震は震央における地震動の強さによってVI度 ($M=4\sim 4\frac{3}{4}$) VII度 ($M=4.8\sim 5.4$) VIII度 ($M=5.5\sim 6.2$) と (IX—XI度) ($M=6.3\sim 8.3$) に分けられ各々の地図上に表現されている。

第5番目の地図上には深発地震の震央が深さによって60—300 km と300 km 以上の二つに区分され記入されている。深発地震は地殻内地震のようにマグニチュードによってグループ分けがなされている。

ヨーロッパの地震地質構造図は複雑な地質学的凡例をもつ縮尺250万分の1で編さんされた。多数の地震をこの地図上に単純に転写すると図がひどくこみいってしまう。それはもっとも地震活動の活発な地域においては記載する震央が多いためにこのスケールの白地図の上さえすべてを示すことは不可能であるからである。これらの資料をヨーロッパの地質構造図に記入する際にその強さと深さを考慮して多数の震央を表現するじゅうぶんに単純でかつ客観的な方法を用いることが必要だった。非常に多くの地震の位置(座標)決定の精度が比較的低いことも考慮しなければならぬ ($\pm 0.3^\circ$ をこえていない)。この問題を解決するために等値線の形で震央の分布を表わすという方法をとった。この方法は地震活動分布図の編集に際して RIZNICHENKO (1959) が最初に示したものである。数が多いがあまり精度の高くない $I_0=6-8$ の地震発生地域の相対的な性質を示すためにこの方法を用いることは当をえているように思われる。地殻内に震源をもつ比較的小数のもっとも強い地震 ($I_0=IX-XI$) の震央 深発地震と地震活動の不活発な地域内の弱い地震は地図上にすべてプロットするのが良い。この方法は地震活動と地質構造の資料をあわせて検討する際に便利な形で資料を全部役立てることができる。

強度 $I_0=VI-VIII$ の震央とこれらの資料に基づく $I_0=VII$ の地震の再発の等震線の概要を第3, 4, 5図に示す。再発の等震線は $I_0=VII$ の地震を基準にする。より弱い地震 [$I_0=VI$] およびより強い地震 [$I_0=VII$] のデータの再計算と $I_0=VII$ の地震の古い時代の再発のデータの再計算のために $I_0=VI-XII$ の地震の再発の図が編集されている。この図は1901—1955年の期間の KARNIK の表と地図をもとに作られた。 $I_0=VII-XI$ の地震の数の対数値に対応する図の上の点は角係数 $\gamma=0.48$ の直線によく合う。このようにして震央におけるVII—XI度の強度をもつ地震の数 N_I を決定することができる。

$$\lg N_{VI} = \lg N_{VII} - r (I_0 - VII) \quad (1)$$

$I_0 = VI$ の地震の数は 図を直線的に外挿することによって期待される数の約 2 分の 1 であることが証明された。これはひじょうに多くの地震が カタログの編集の際に除かれたことを示しているように思われる。再発の図表に基づいて次式が導かれる。

$$N_{VII} = \frac{1}{3} (0.5 N_{VI} + N_{VII} + 3 N_{VIII}) \quad (2)$$

この式の係数は再発図から次のようにして決定される

$$\frac{N_{VII}}{N_{VIII}} = \frac{N_{VIII}}{N_{IX}} = \frac{N_{IX}}{N_X} = \frac{N_X}{N_{IX}} \approx 3$$

$I_0 = VI$ の地震に対しては この比は当てはまらない。したがって 係数を 0.3 でなく 0.5 とする。すでに述べた作業をさらに進める便宜上 三つのグループ [$I_0 = VI \sim VIII$] の地震が図にひきうつされている (第 3, 4, 5 図)。同じ地図上に 0.1 度間隔の網を描きすべての網目の交点に 1000 平方 km の面積のまるい透明なパレットを一致させる。このパレットのワク内にある震央の数を数え (2) 式によって N_{VII} を決定した。そして同じ N_{VII} 値を持つ地点を通る等値線がひかれた。地震資料は 55 年間集められているが 最終的な図は 50 年間にあわせる方が便利だと思われる。等値線上の値は 1000 平方 km の範囲で 50 年間に生じた VII 度の強さの地震の数を表わしている。これらの数字は實際上 $I_0 = VIII$ の地震には大体 $\frac{1}{3}$ 程度 $I_0 = VI$ の地震に対しては二倍くらいの数に相当することになる。

1000 平方 km の範囲はときとして VII—VIII 度の地震の面積を越えてしまう。標準地震を小さくすると 震央位置決定の精度が低いから地図の編集に際しては 現実的でないと思われる。震央位置決定の平均の精度は ± 30 km を超えない。言い変えるならば 震央の大多数は 1000 平方 km の円内をかなり動く可能性がある。このために地図を編集する際に 非常な正確さを期待するのは不可能であった。いくつかの地域 たえばクリミアのような地域では 位置決定の精度はひじょうに高い。そしてこの地域に対しては より正確な地図を編集することができるであろう。しかし すべての場合に 資料を解釈する一つの方法をもつことの方がより便利である。このことは より正確な情報が利用できる場合 より研究された地域の解析は さらに改良された地図ができる可能性のあることを意味している。あらゆる場合に 上に述べた地域内で震央が移動する可能性を仮定して われわれは地殻内に VII または VIII 度の地震の

起こる可能性のある地域をえた。この結果は 地震の地域区分図の編集の中間段階のものである。

地震再発の資料は より細かくする必要がある。まずトルコとアルジェリアで起きた VI 度 VII 度 多分 VIII 度の地震の資料すべてがカタログに含められ KARNIK によって編集された対応する地図上にプロットされている保証がないことを 明記しておく必要がある。たとえば N. ÖCAL によると トルコで一年間に起きた地震の数は 1940 年からは 1900—1939 年に比べて 3 倍に増えている。これはたぶん 地震への興味が増大したことといかなる国においても国民の一般的な文化水準が上昇したことによって 説明されるであろう。このためにヨーロッパの地震活動の資料は 注意深く解析する必要があり この地図の説明は 予察的な試みとみなされる。

地質構造図上に地震学的資料を表現する場合に 今後の両方の関係の分析に便利のように考慮がはらわれなければならない。この見地からみると もっともよく研究されている地震の資料を 等値線の数字で示すことは得策ではないように思われる。震央が高い精度で知られている場合には それらを強度を表わす大きさの異なる円で表わす方が より便利である。すべての震央が地図上にプロットできるように ヨーロッパのすべての地方にあてはまる一定のエネルギー水準をえらぶのが適当であろう。VIII 度以上の強度をもった地震は マクロな地震資料によって震央が決定できる。震央は 等震度線図 (isoseist maps) が有効なときにのみ マクロな地震資料によって決定できる。KARNIK の資料によれば ヨーロッパには 1901 年から 1955 年にわたる時期に VIII 度以上の強さの地震が 542 あった (小アジア 北アフリカとアイスランドを含む) [第 2 表参照]。

KARNIK のカタログの中には 余震は独立した地震として扱われている。したがって個々の破壊的地震はより少ない。すべての地震のより細かな特徴を示す等震度線図や記載を集めることは 不可能だとわかった。取り急いだ分析でさえもが 20 世紀中の $I_0 = VIII$ の地震の等震度線図に関して集められた資料が 決して完全なものではないことを確証している (第 3 表参照)。

非常に多くの破壊的地震は ギリシアで起きた (第 3 表参照)。G. P. GORSHKOV は その期間の 11 の破壊的地震に対する等震度線図を集めることに成功した。次に破壊的地震の数の多いのはユーゴスラビアである。ユーゴスラビアにおける文献の資料によって 等震度線図が 大多数の地震に対して編集されている。しかしながら それらはすべての地震の等震度線の集積地図と

第2表 1901年から1955年にわたる時期の震度 $I_0=VIII-XII$ の地震の数

I_0	N	I_0	N
VIII	356	XI	17
IX	128	XII	1
X	40	Σ	542

して出版されており 個々の地震の等震度線の資料を抜粋することがほとんど不可能であるようなケースをも含んでいる。

これら5ヵ国(ギリシア ユーゴスラビア トルコ アルバニア イタリア)の247の破壊的地震($I_0=VIII$ の大部分)に対する等震度線図はない。他の国々においては その状況はより良く いくらかの努力によって等震度線図はたぶん集められるであろう。

主要地震活動帯の地震の特性

$I_0 \geq IX$ の地震の再発する最大の地帯は バルカン半島にある(ユーゴスラビア ブルガリア アルバニア ギリシア)。第2の地帯は トルコの西岸とエーゲ海の島々を含む地域である。第3の地帯は アペニン半島(イタリア)に位置する。その他の地帯は より小さい。 $I_0 \geq IX$ の地震の圧倒的多数は $N_{VII} \geq 0.1$ の7度の地震再発帯中に起る。北西—南東方向の線に沿う主要地震帯の一般的性格は 次のようなものである。

アイスランド アイスランドにおいては 三つの小さな地震活動地域が識別されるが それらはたぶんより大きな大西洋中央海嶺の地震活動帯の一部である。 $I_0=IX, X$ の地震が記録されている。

スカンジナビア スカンジナビアの多くの弱い地震は 主として半島の周囲に沿って位置している。長い間強い地震($I_0=IX$)は記録されていない。

英国と中央ヨーロッパ 英国と中央ヨーロッパの各国の領土内に いくつかの比較的小さな地震活動地帯がある。これまでこの地域には $I_0 \geq IX$ の大地震は記録されていない。

ピレネー半島と北アフリカ リスボン周辺の半島の西岸に 非常に強い地震を伴う一つの地震活動帯がある(たとえば1755年9月1日の大震災)。ピレネーとカタロニアの地震活動は より小さな地震によっ

第3表 1901年から1955年にわたる KARNIK のカタログによる国別破壊地震($I_0 \geq VIII$)の分布と 利用できる震度分布図の数に関する資料

国名	KARNIKのカタログによる震度 $I_0=VIII$ 以上の地震の数	利用できる震度分布図の数	国名	KARNIKのカタログによる震度 $I_0=VIII$ 以上の地震の数	利用できる震度分布図の数
アルバニア	61*	3	クリミア	3**	2
アルジェリア	24	12	トルコ	58	10
ブルガリア	14	8	フランス	17	7
ハンガリー	6	1	チェコスロバキア	6	3
ギリシア	99	11	ユーゴスラビア	64	2
イタリア	39	29	アイスランド	13	—
スペイン・ポルトガル	25	13	英国	2	1
レバノン・シリア・イスラエル	21	5	ノルウェー・ベルギー・ドイツ連邦共和国・ドイツ民主主義共和国・オーストリア	1	—
ルーマニア	17	2	海	3	2
ソ連・コーカサス	10	7	洋	20	—
			計	503***	118

* 22の明瞭な余震を含む
 ** 3番目の地震は 余震である
 *** KARNIK によると $I_0 \geq VIII$ の542の震災がある。その違いは カタログ中の多くの疑問のある地震の存在による。

て特徴づけられる。この地域においては $I_0 > VIII$ の地震は 従来経験されたことがなく $I_0 \geq VI$ である。半島の南東には はっきりした地震活動帯がある(地図上では3つの部分に区分されている)。それは浅い地震と深発地震の両方を伴う点で興味深い地震活動帯である。ピレネー半島の南東地帯は 北アフリカの地震活動にひじょうに近接している。北アフリカの地震帯は タンガニアからチュニスにのびている。この地帯のアルジェリア部分は 最も活動的である。北アフリカの地震活動帯は タンジールからチュニスへのび アルジェリア地域で最も活動的である。ここには $I_0 \geq IX$ の9つの地震が記録されている。

西部アルプス 地震活動帯はベルンからマルセルにまで広がっている。この地震活動帯の地中海の部分に強い地震($I_0=IX-X$)が記録されている。

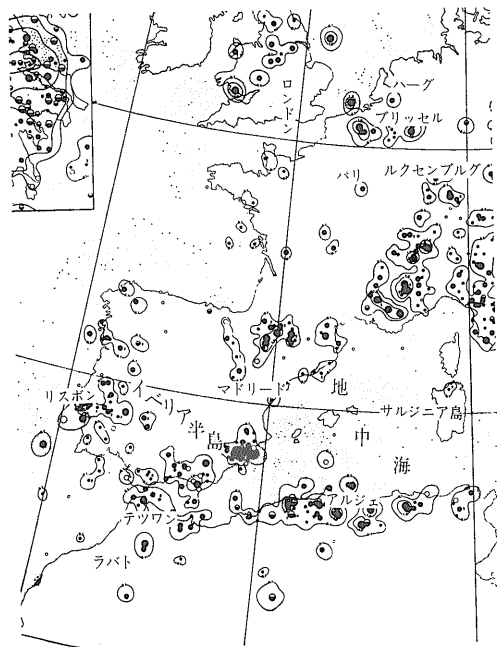
アペニン半島とシシリー この地域は 地震活動が活発であることによって特徴づけられる。ほぼ全地域が $N_{VII} \geq 0.1$ の等値線で囲まれている。 $N_{VII} \geq 1$ の6つの地帯が区分できる。1908年のメッシナ地震のような大震災を含む $I_0 \geq IX$ の20を越える地震が記録されている。深発地震のつながりが シシリーの北に広がっている。



第3図 アイスランド地域における地震の震央
9, 10, 11は MSK 震度階
実線は 1,000km² の地域に50年間に震度
VII の地震の等再発線



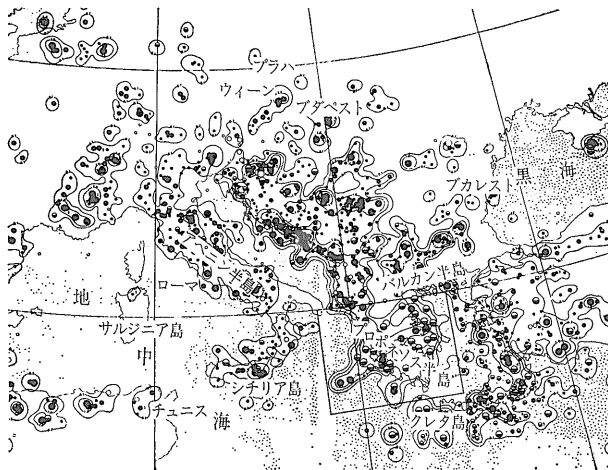
第4図
スカンジナビア半島地域における地震の震央
地震は震度階VI以下のもの
実線は 1,000km² の地域に50年間の震度VII
の等再発線



第5図の1 地中海地震帯における震度 I = VI-VIII の地震の震央と
等地震活動度 (N_{VII}) 線図。震央は 決定位置の精度によ
って 次のように区分している 震度階VI, VII, VIIIは各々円の大き
きで示した
1-Aクラス (±30km)
2-Bクラス (±50km)
3-Cクラス (±100km)
4-1000km² の地域に50年間で震度VIIの地震の等再発線
5-海洋地域

バルカン半島とペロポネソス半島 ここは最大の地震活動帯であり 非常に多くの地震 ($I_0 \geq IX$) がこの地帯に集中している。この地帯は アドリア海岸から東方へのびていて その東の境界は大体 ベオグラード ソフィアやアテネを通過している。アドリア海の岸に沿ってのびる比較的せまい範囲が最も活動的である ($N_{VII} \geq 3$)。ティラナからプロブディブにかけて 一連の強い地震が 海岸地帯に直交した線にそって起こっている。1963年スコピエ地震の震央はこの範囲内にある。同様の しかしかなり小さな地震活動地域が コリント湾を横切つてのびている。第3のしかしあまり著しくはない横断する地震活動地域が北方に広がっている。この活動帯内へ ベオグラードの南の地震活動のより高い陸の地域が入り込んでいる。そして東の端は ヴランジェ深発地震帯 (ブカレストの北) である。深発地震の震源はこの地震帯の南端部にも見られる (ペロポネソス エーゲ海)。

クレタ島-小アジア西岸 この地帯は 地震活動の不活発な地帯によって バルカン半島の地帯から分かれている。クレタ島 ペロポネソス半島の周りの南東端のある部分 北東のいくつかの部分 コンゴス半島 レスポス島の地域は バルカン半島の地震帯と事



第5図の2 説明は前頁の第5図の1と同じ

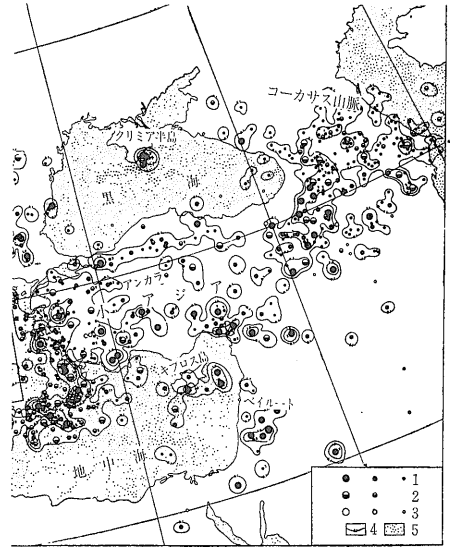
実上つながっている。この地震帯はクレタ島から地中海の東部や小アジアの半島部を横切って黒海にまで広がっている。この地震帯の大きさと地震活動はバルカン半島のそれに次ぐものである。深発地震帯はクレタ島から小アジアにいたる地帯の南部をかなり広く横切って通っている。

小アジアの北部地震帯 この地帯は比較的地震活動が不活発なことによって特徴づけられるけれども7つの非常に強い地震 ($I_0 \geq X$) が起こった。トルコの地震の詳しいカタログはないのでこの特徴が事実であるのか20世紀初めの40年間の弱い地震 ($I_0 \geq VIII$) の資料の欠除からくる結果なのかまったく明らかではない。

キプロス 地中海の東岸 キプロスの地震活動帯は東経20度からバイルートにかけての地中海の東の部分全体をよこぎりひろがっている。この地域の第2の地震活動帯は地中海の北東端と小アジア周辺に位置する。現在までのところここには $I_0 \geq XI$ の地震は起こっていない。第3の地震活動帯はアラビア半島の西部(死海地域)に位置する。ここには非常に強い地震 ($I_0 = X$) が記録されている。

クリミア この地域の地震活動帯は小さな広がりであり陸域の地震活動地域であることによって他の地帯と分けられている。

コーカサス コーカサスの地震活動帯はいろいろな地震活動レベルをもつ地帯が交差していることによって特徴づけられる。 $N_{VII} \geq 0.1$ の地震帯は 大コー



第5図の3 説明は前頁の第5図の1と同じ

カサスの走向に一致する北西方向をもつが $N_{VII} = 0.3$ の2つの地震帯は他の方向を持っている。西部では大きな横断帯がコーカサスを横切り小アジアと分けている。

さらに東方では北北西の方向をもつ $N_{VII} = 0.3$ の4つの地震帯がある。この地帯では強い地震もまた主としてより高い地震活動帯中に起こった。

地震学的資料の今後の収集と分析のための勧告

これらの地図の編集に際して全有史時代の $I_0 \geq IX$ の強さの地震の情報が表現されていることが望ましいことである。不幸なことにそのような地震の資料はじゅうぶんに集められてはいずしたがって1900年以前にヨーロッパで起きたすべての地震を地図上に表現することは全く不可能である。弱い地震についての全地域の報告を集めることはほとんど期待できない。なぜなら20世紀においてさえVIII度かそれ以上の強さの地震の約5分の1に対してのみ等震度線図があるだけなのであるから(第3表参照)。等震度線図の発行とくに強い地震 $I_0 \geq VIII$ に対するものはひじょうに重要である。

これらの資料は地震の regime の研究および最大震度予想図 (seismic regionalization map) の編集に必要である。地震計資料による強さによって地震を統一的に区分することはきわめて重要である。KARNIK のカタログは各国のカタログを基礎として編集されたのであるが強さによって統一的に分類されたヨーロッパの地震のカタログを作製する方向への第一歩である。地震の分類に対する統一的な尺度によるさらに進んだ仕

事が 早急に必要とされる。それなしではヨーロッパのさまざまな国々における 相対的な地震の危険性に関する概念を形成することは 困難となる。

地震学と 構造地質学的資料を結合して解析するために 発震機構の資料を分析することに注意を払うことも将来必要である。

ヨーロッパの地質構造と地震との関係

地質構造区と地震活動との関係を分析すると まず第1に 地震活動のより高い地帯とアルプス地向斜地域との一般的な関係が認められる。アルプス台地の地域は本来 より少ない地震活動によって特徴づけられ 強い地震はここには事実上ない。このような地震の分布はアルプス地向斜に属する構造区が現在 活発に発展をつづけており また 上に示したように多くの場所における造構運動が ここでは非常に分化した性格のものであることで完全に説明することできる。

しかしながら 地震活動の現われは 地向斜地域内でも一様でないことは 強調すべきである。全体として最大の地震活動地域は 小コーカサス トルコ ギリシア ユーゴスラビア 中央および南部イタリアやアルジェリアのような 地向斜の内帯に典型的であり 一方台地と接する地向斜外帯は地震活動がめだって少ないことによって特徴づけられる。

地震現象は アルプス型の褶曲構造と直接関係を持っていないくて 大きなまた小さな地殻のブロックの差別的な垂直運動によって決定されることが特徴的である。国によっては地震地質構造に関する資料が異なるけれども 地震地質構造の概要から 地質構造と地震活動との関係のある種の一般的規則性の概要を描くことは可能である。

アルプス地向斜中では 最大の地震活動は 地質構造のパターンの再配列が新第三紀—第四紀に起こった(現在も進行している)地帯に特徴的である。また アルプス輪廻の始まりには安定した隆起帯で 最近の時代に若い交差する断層帯に沿う局地的な沈降帯に転化したのが活発な地帯として特徴づけられる。この過程で一部火山噴出をともなう古い断層群の再活動があった。エーゲ海や ギリシア トルコの隣接部を含む古い隆起帯のバックグラウンド上の本来の沈降帯地域では 破壊的地震が有史以来記録されている。ソビエトの海洋学者の最近の調査によって エーゲ海が若い時代に形成されたことが明確になった。それは明らかに古生代の褶曲帯や 古生代隆起部に中・鮮新世の間に形成されたのである。古生代の地帯は はるか南部に位置するアルプス構造帯と深部断裂によって境されている。その深部断

裂は ミロス諸島 ニシロスやサントリンの若い火山をともなっている。

深発地震は エーゲ海 主としてキプロスの北に特徴的に発生する。それらの深さは 60 km から300 km まで変化し マグニチュードは4から7.5までである。このような深さで地震が起こるという事実は 上部マントル内に活発な造構過程がおこっていることを示している。震央の位置と深部断裂の走向との間には 良い相関関係が認められる。それは地質学的資料によって確立されている。深部断裂はギリシアの海岸からトルコ海岸にひろがる弧に沿って走る。地震の震央は これらの線と一致している。バルカン半島の地震活動の活発な地帯は 交差する断層帯に沿う若い時代に分化した造構運動地帯とよく一致する。

たとえば 浅発の地震であるスコピエ地震は 新第三紀—第四紀に再活動した 古い安定した隆起地帯であるベラゴニア地塊と 新生代の沈降帯であるヴァルデ帯との接合部に位置する。時代の異なった構造帯の交点に形成されたスコピエ盆地は 両方の性格を持っており それをとりまく隆起帯と対照的な性格をもっている。

同じ型の若い重複盆地は ギリシア(テサリア) コーカサス(アラザ)やその他の地域にも見られる。これらの盆地を縁どる断層は どこでも非常に地震活動が活発である。これらのすべての場所でマグニチュード7~7.5におよぶ地震が発生しⅦ度の地震が再発することが特徴的であることは第5図に示した。古い隆起帯が分裂 分解した地帯におけるより弱い地震は 異なる型の構造の接合帯に伴っている。たとえば このような地帯はアルプス地向斜地域と台地との境界部に見られる。それらは強い また深い地震によって特徴づけられる。

このようなものは ロシア台地とワラキア台地の接合部や カルパチア隆起帯の外縁部に見られる。これらの地帯は カルパチア山脈内の隆起帯と 縁辺沈降帯内の沈降部とが最も近接した所にあたる。ここではヴァンジェ山脈の深発地震が知られている。深発地震は周ヘルシニア台地と ビレネー帯やイベリア高原のアルプス地向斜との境界部にも発生する。

アルプス地向斜とアフリカ台地の境界をなす深部断裂帯中にもまた 地震活動帯が記録されている。この地帯では多くの浅発地震が記録されている。1960年3月1日のアガディール地震 $M=5\frac{1}{4}$ はその例である。

もうひとつの地震活動をともなう深部断裂のグループは アルプス地向斜地域の内部にある。そこでは そ

れらが第2級の異なった構造帯を分けている。たとえばコーカサスにおいては多くの震央は大・小のコーカサスの大複背斜帯をその中間に位置するクラリオン山間沈降部から分けている深い断裂部に集中している。その縁辺部は最近の時代の激しい沈降をこうむった。上述の沈降部と主コーカサス山脈の接合部に沿って走る深部断裂帯では地震活動の活発な地域がある。

多くのトルコの地震の震源は緯線に大体平行する方向の内地向斜の深部断裂にもなっている。最近の数十年間のいくつかの強い地震も北アナトリア衝上断層にそって記録された。これらの地震にもなって同断層の南側は西方への走向ずれを行う。

いいかえればこの断層地域内の変位中に走向方向の横ずれがあったということである。ブルガリアユーゴスラビアおよびハンガリーでの多くの地震の発生は内地向斜の深部断裂に沿う運動と関連している。

北アフリカにおいては強い地震の大多数は鮮新世—第四紀の撓曲に沿う構造運動に限定されている。その撓曲は地向斜内の地帯を分けている深い断層の地表での表われである。

以上に述べた断層のすべては地向斜の構造に関しては縦方向を持っている。地震活動のあらわれにおいての重要な役割はまた地向斜の構造の一般走向を横切る断層にもある。このようなゾーン内で強い地震の最大の等震度線は横断々層の方向に従う。

多くの場合横断々層は大きな横断方向の隆起帯や沈降帯の翼部に沿って走る。それらはアルプス褶曲地域から隣接する台地にまでのびている。複雑な横断深部断裂を伴うそのような隆起帯はコーカサス（主要なものひとつにスタヴロポリ台地から北方ではドリルスク地塊を横切りトルコのパンウルミグ湖の境界にまで走っている）小アジアパルカン半島アルプスアペニン山脈やその他の場所に知られている。非常にしばしばこれらの断層の走向はⅦ度の地震の再発を表わす等震度線の延びに従う。そしてとくにアルバニアアドリア海南部やギリシア西部で明白である。アドリア海と隣接する褶曲帯を分ける横断断層は海底の等深線に明瞭に表わされている。このことはこれらの断層に沿う地殻運動の若いことを示すものである。

ギリシアにおいては等再発線が横断方向に延びている地域はコリント地溝の湾の延長上にある。

方向の異なる深部断裂の交差する地域は地震活動度の活発なことで特徴づけられる。それらの強さは分裂した古い隆起帯の地震活動度に近い。

たとえばコーカサスのアゼルバイジャン（シェムカ地域）グルジア（アカルカル上昇帯）アルメニア（レリナカン地域）等の最も強い地震はそのような地震発生場の中心と関連している。同様にトルコの北アナトリア帯の最も強い地震は北アナトリア深部断裂と横断する深部断裂との交点に発生している。

考えられるすべての場合の一般的な特徴として地震は若い隆起帯あるいは大沈降帯の中心にはめったに起こらずほとんどが垂直方向の構造運動の異なる大きな構造単元の接合する狭い地域と関係している。

アルプス台地の地震構造上の情況は全く独特である。弱い地震の震央の大多数は新第三紀—第四紀に隆起したフェノスカンジヤ循環地に特徴的である。震源の大部分はここでは最近差別的な地塊運動をこうむった地帯にもなっている。これらの運動の結果古い褶曲帯はオスロ型の地溝を形成した一群の割れ目によって分解したことが認められる。そこではⅦ度の地震の再発が1の等震度線によって表わされている。北大西洋の沈降部をノルウェー海岸の分化した隆起帯から分けている深部断裂帯にはひじょうに多数の弱い地震が記録されている。

北スコットランド（ここではⅦ度の強さの地震が起っている）の地震活動の表われは古い構造の中の同様の北東の走向をもつ深部断裂にもなっている。

ヨーロッパの周ヘルシニア台地内では弱い地震現象はほとんど隆起の優勢な地帯あるいは沈降帯と連なる隆起帯の縁辺部に記録されている。一方地震は隆起帯のうち新生代に差別的な地塊の変位をこうむった部分にもしばしば発生している。たとえばローヌ地溝の南部の経線方向に近い方向にのびて位置する浅発地震はそのような性格のものである。下部および上部ライン地溝の地域の地震はまた断裂帯に沿う垂直運動にもなっている。

台地上のⅦ度の地震の再発等震度線はふつう同じくらいの大きさで孤立した卵型とまれに多少のはっきりした延びを示す外形をとる。

海洋地域についてみると最近のアイスランドで起こった垂直方向の造構運動が若い火山活動の広く発達していることと個々の地震の強さがⅨ度におよぶかなり激しい地震活動の両方に現われている。よく知られているようにアイスランドは中央大西洋海嶺内に位置しその軸部は経線方向の地溝によって変形している。それらを限っている断裂帯は無数の弱い地震をともなっている。ポルトガルの地震の震源は大陸と海洋の境界における隆起帯と沈降帯の接合帯に発生している。

このように おおざっぱにさまざまな地震活動域の地質学的発展過程や 地質構造と地震活動度の資料を比較すると 個々の構造帯で確立された多くの関係のほかに 一般的な規則性の存在することがわかる。

その一つは 最大級の地震活動が 現在急速に地質構造の再配列のなされている地域に特徴的であることである。そこでは古い安定隆起帯が かなりの期間にわたって分裂と破壊をこうむっている。

大きなまた局部的な地質構造帯が 明瞭な差異をもって接合している地域が その次に活動が活発である。ここでは横断地帯とそれともなう断層群が 特別の役わりをはたしている。

構造地質学的分析によって 地殻の大構造単元の長い発展史をもつ接合部や それらの接合帯の存在を決定することができる。それらは非常にしばしば過去において また現在もおお垂直方向の構造運動が顕著な対照を示すことによって識別される。多くの場合 激しい地震の震源は これら深部断裂の接合部に起っている。深い断裂帯は 地震活動の解析において 最も重要な要素であるが そのような断裂の形成は非常に興味がある。それらは岩相の分析や 厚さの分析に基づいて また多くの間接的な特徴によって見分けられる。すなわち

- 1) 一般的な また時に最近における垂直方向の構造運動の分化と対照性
- 2) 若い火山活動
- 3) 地形の再配列
- 4) 重力の測定値の分析

などである。

地質学的資料を概観する際に 大きな横断隆起帯 — その縁辺部が 深部断裂によって非常にしばしば複雑化している — に 注意を払うべきである。いくつかの場所では 新しい火山噴出物の中心が断層ともなうて

いる。最大級の地震活動帯は 広域的スケールの深部断裂と これらの断層との交点にみられる。

台地上での地震現象の解析に際しては 地質学的な方法によって 深部断裂に縁どられた大きなアーチ状の隆起帯として現われる 最近活動した構造運動帯の存在を確立することが必要である。

次のようなことが結論としていえるであろう。

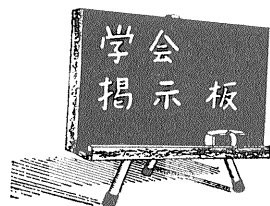
もし同じような型の断層や同種の地質学的環境にそって 垂直方向の地殻運動の勾配がある一定の値をもつ地帯のどこかで ある一定の最大エネルギーに到達した地震が記録されているならば 同じ最大の強さの地震がこの地帯の全長に沿って将来起こり得る可能性があるといえることができる。

これまで述べてきたような地質学的単位と 地震活動に関する資料とを比較する時には ある地域全体にわたって地震の分布に注意を払うことが必要である。地震活動の活発な地域の研究から得られた経験から 最も高い地震活動地域においては 造構運動過程が次第に活発化する地質学的な指標を確立することが可能であることがわかった。たとえば 運動の方向の異なった大きな深部裂つかの交点 最近の差別的な地殻運動が大きい勾配を示す所 水系の再配列した所 重力勾配の大きな所 若い火山活動地域等である。

地震活動の弱い地域における地質学的な基準は少ない。このような地域は 全体として造構運動の分化や対照性が あまりないことによって特徴づけられる。

(注) ここに翻訳は 関口が東京教育大学の卒業論文の演習として行なったもので 他の3名のものが 加筆・修正し 図表を追加して完成したものである。直接御指導いただいた同大学藤田至則先生に 感謝する。

(訳者らは燃料部 *地質部 **元東教大)



・日本地下水学会

1. 昭和48年10月18日 (木) (講演会) 19日(金) (巡検)
2. 昭和48年度日本地下水学会秋季講演会
3. 静岡県民会館 (静岡市)
4. 日本地下水学会・静

・第10回自然災害科学総合シンポジウム

1. 昭和48年10月13日(土)~14日(日) 9時~17時
2. 第10回自然災害科学総合シンポジウム
3. 九州大学工学部 (福岡市東区箱崎町)
4. 文部省科学研究費 「自然災害科学総合研究班」
5. 福岡市東区箱崎町 九州大学工学部水工土木学教室 篠原謹爾 気付 ☎ (092) 64-1101 (内線 3402)

岡山鑿井組合連合会

5. 地質調査所水資源課内 日本地下水学会事務局 213 川崎市高津区久本135 ☎ (044) 86-3171

[注] 1. 開催年月 2. 会合名 3. 会場 4. 主催者 5. 連絡先 (掲載順位は原稿到着順)