

トルコの地質構造発展に対する考察

沢村 孝之助*

Notes on the Tectonic Development of Turkey

By

Kōnosuke SAWAMURA

Abstract

The geosynclinal deposits, Paleozoic and Mesozoic to Tertiary, cover the vast land of Turkey. The Paleozoic geosyncline with symmetric structure develops between the Russian platform and the Arabic platform, and its central volcanic area transforms to glaucophane-schist facies terrane. The metamorphism seems to have occurred before or at the end of Paleozoic. Mesozoic to Tertiary geosyncline conformably overlaps the Paleozoic one in the main part of Turkey and has the broad area of ophiolite series with intense subsidence in its southern half. In the East Pontids of northeast Turkey, the geologic structure is not in harmony with that of the main part. In this area, submarine volcanic rocks of various types accumulated from Mesozoic through Paleogene simultaneously with the intense subsidence in the Kavkaz. The East Pontids strongly resembles the "Green Tuff region" of Japan in its geologic features.

要 約

トルコにはカンブリア紀以降の古生代地向斜と三畳紀以降の中～新生代地向斜の2つの輪廻が認められる。古生代地向斜はロシア台地とアラブ台地とはさまれ、中央に優地向斜、両側に劣地向斜、その台地側の一部に基盤の隆起部をもつ対称的な構造を示す。しかし、火山活動、変成作用は優地向斜の北半よりもロシア台地側に生じ、花崗岩の貫入はさらにその北半部だけに生じている。

トルコの中～新生代地向斜は、トルコ主要部では古生代界の構造に調和的であり、オフィオライト累層は古生代優地向斜にあたる地域の全般に分布するなど、活動は南方に向かい移動している。トルコ北東部の東ポンチード地域はトルコ主要部とは異質で、わが国のグリンタフ地域とよく似ている。これは北側に大コーカサスの非火山性沈降帯をひかえて、アラブ台地側に生じた地向斜性火山活動地帯で、トルコ主要部とは逆方向の地向斜構造をもつ。

ま え が き

中近東アフリカ技術協力の一環として、昭和44年春から2カ年間にわたりトルコ国の黒海沿岸銅鉍探査計画に

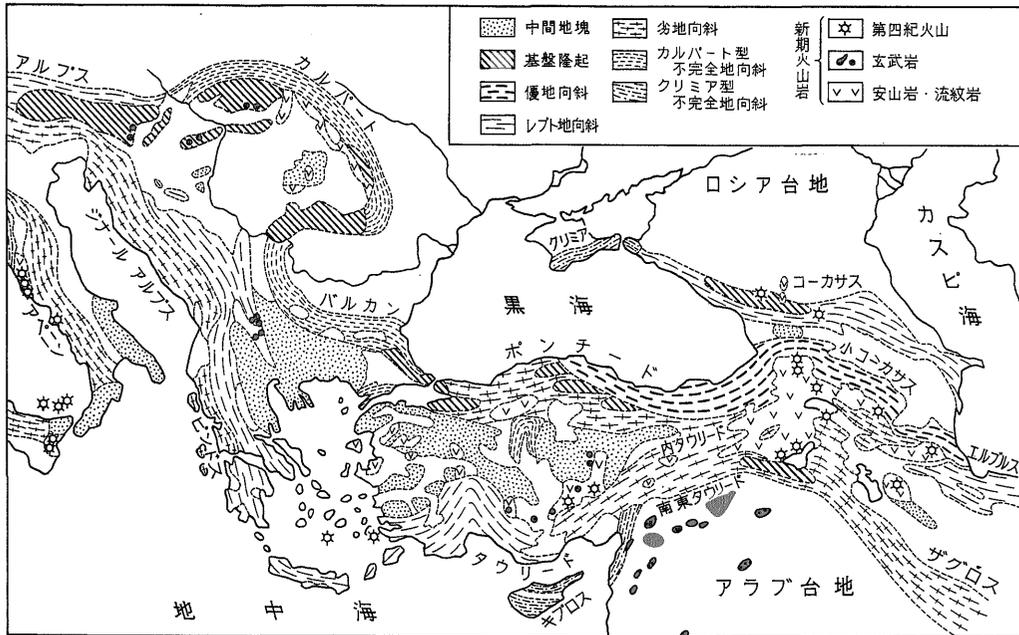
* 地 質 部

協力した際、その地域が中生代から古第三紀の海底火山活動区であり、東北裏日本と同様の鉍化作用を伴い、その性格はグリンタフ地域とみなしうることを知った。わが国のグリンタフ地域はそれ以前の地質構造と不調和に発生しているが、トルコでもその主要部はパリスカン変動ならびに、それに調和的なアルプス変動により形成されているのに対し、黒海沿岸地域はそれと異なる構造区をなすものとみなしうるに至ったのでここに報告する。

トルコ滞在中に多くの援助を載いた、在トルコ日本大使館の各位、MTA 研究所の所長 Sadreftin Alpan 博士以下の多くの方々、また調査をともにして、多くの教示を得た地質調査所北海道支所の沢俊明技官に、ここで厚く感謝の意を表したい。

1. トルコとアルプス造山帯

トルコは北は黒海に面し、南は地中海に向かい、全体としてほぼ長方形を呈する。東西約 1,500 km、南北約 500 km でその面積はわが国の約2倍、しかし緯度のうえでは北海道の南部と房総半島との間におさまっている。その地形は西方では単純で、黒海沿岸にポンチード山脈、地中海沿岸にタウリード山脈があって、その中間は広大なアナトリア高原となっている。なお、ポンチード山脈は西端では低平となり、イストラングァ丘陵、キョルル山脈、スルジケン山脈などに分散している。ト



第1図 南東ヨーロッパ・南西アジアのアルプス地向斜 (E. E. Мулановский, 1968 による)

ルコの東部の地形は複雑で、タウリド山脈は北上してポントド山脈に接近し、内タウリド山脈となり、起伏に富む高地を形成している。この高地の南縁は南東タウリド山脈としてクルジスタン台地に面している。なお、ポントド山脈の東方は小コーカサス山脈に連続し、その背後に大コーカサス山脈を控えている(第1図)。

トルコはまた、アルプスからヒマラヤにつらなる造山帯の一部を占める。これは屈曲をくりかえしており、東西に伸びるアルプスがバルカン半島で南北方向を示して、トルコで再び東西となりイランで南北に延び、ヒマラヤに連なる。しかし、これらを構成する数帯の地質構造単位は必ずしも単純には延伸していない。アルプス東半部を形成する東アルプス帯とジナルアルプス帯とは、それぞれカルバート、バルカンに、あるいはピンドスに問題なく連続するが、トルコでは複雑となる。これはコーカサスとポントド、タウリドの3構造単位に分かれるためである。通常はコーカサスは別の構造単位とされるが、BUBNOFF (1954) はポントドの東半部のみがカルバートの連続とし、ヨーロッパ構造地質図(国際地質学連合, 1962)ではポントドはイランに連絡し、カルバートはコーカサスにつながるとし、Мулановский (1968) は第1図のように、トルコから西と東とは異なる構造をもち、バルカンの構造とコーカサス・イランの構造とがトルコで接合するように表現してい

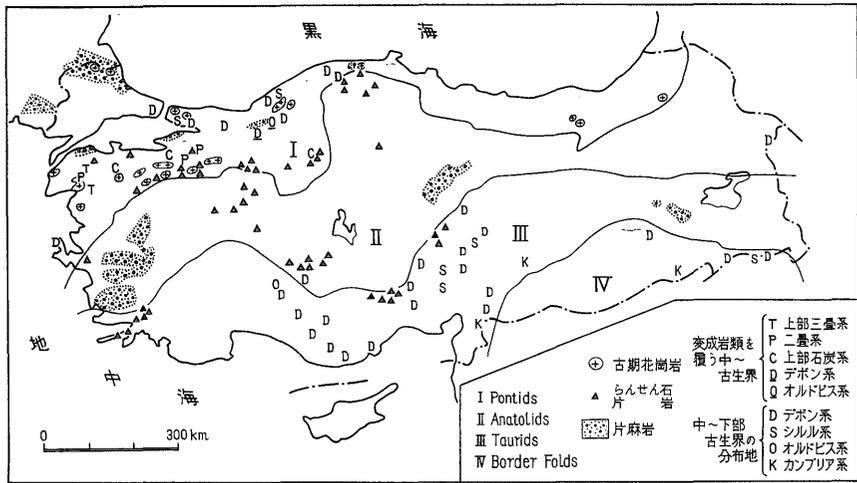
る。このように異説はあるが、すべてアルプス変動の結果としている点では一致している。

2. トルコの地質構造区分

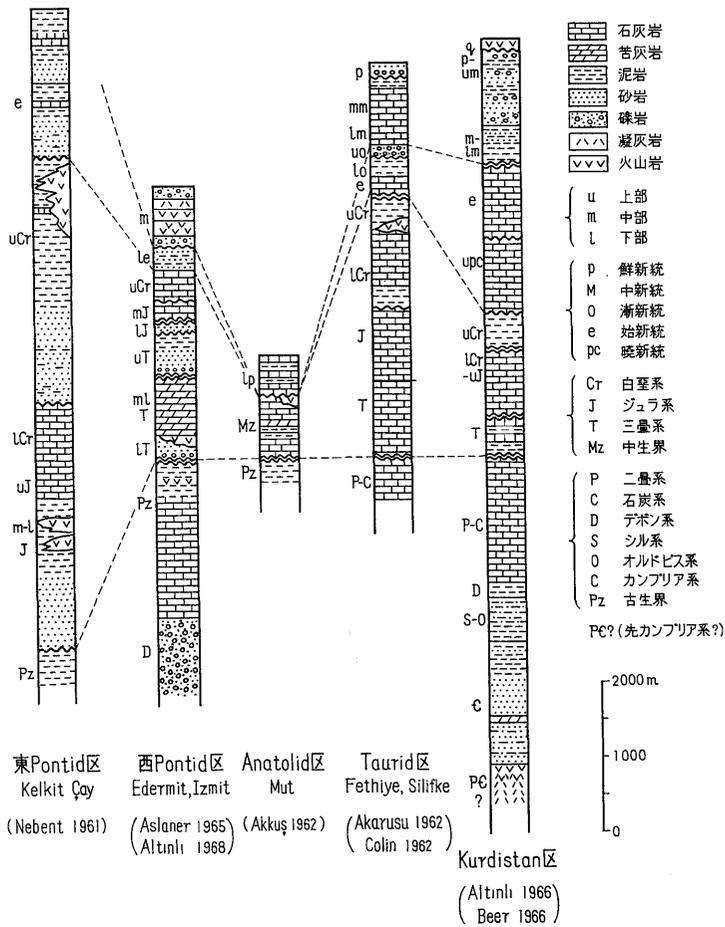
トルコの地質構造については1886年の NAUMANN 以来多くの人に論ぜられてきたが、KETIN (1966a) はこれらを総括して、新しい見解のもとに第2図のような4構造区分を提唱した。北から Pontids, Anatolids, Taurids および Region of Border Folds である。最後の区名は地域によっていないので、ここでは Kurdistan 区と称したい。また、Pontid 区の東と西とは性格に大きな差があり、2分することが好ましいと考えられる。また KETIN (1966a) は、新見解として変成岩の大部分をアルプス変動の産物としたが、この点には問題が多く、後に考察を試みたい。

この4構造区は地史のうえで明瞭な差異のあることが指摘されている。

Kurdistan 区はアラブ台地の縁辺沈降帯であって、カンブリア紀から鮮新世に至るまで継続的に堆積の行なわれたところであるが、その間、全く火成作用も変成作用も生じていないという特質をもつ。北隣区との境は南東アナトリア衝上断層である。これはトルコで最も顕著なもので、中新世に北から南につき上げている。**Taurid** 区ではオールドビス系が最も古く(現在はカンブリア系も



第2図 KETIN (1966a) の構造区分 (Gümüş, 1970 原図) ならびに構造要素の分布



第3図 トルコ各構造区の地質柱状図

みだされている) 中新世末に陸化している。ここでは中生代末に構造運動があり、これに先行して白堊紀後期には塩基性海底火山活動が激しく生じていて、塩基性・超塩基性深成岩の貫入を伴い、オフィオライト累層を形成し、また花崗岩類の小岩体の貫入も認められる。**Anatolid** 区では上部石炭系が時代の明確な最古の地層であって、漸新世からすでに陸化の傾向を示し、海成中新統に乏しい。ここにもオフィオライト累層と中生代末構造運動および花崗岩小岩体の貫入がみられる。**Pontid** 区にはオルドビス紀以降の地層がみられ、漸新世には陸化している。オフィオライト累層と中生代末の運動はみられないが、東 Pontid 区にはジュラ紀から古第三紀にかけて、玄武岩から流紋岩に至る多様な海底火山活動があり、古第三紀花崗岩のやや大規模な貫入が伴われている。西 Pontid 区には古生代のカドニアまたはパリスカン変動期に生じた変成岩が存在し、古生代の花崗岩小岩体を伴っている。なお古期花崗岩は東 Pontid 区にもみられる。

この構造区分はよく各区の特長をとらえていて、基本的区分といえよう。しかし、ここで他の資料を編集すると、らんせん石片岩・オフィオライト累層の分布(第4図)、また海成中新統の分布(第5図)となり、第5図のように北東-南西に近い方向をとる4帯と、これに斜交する東 Pontid 区とに修正することが妥当と考えられ

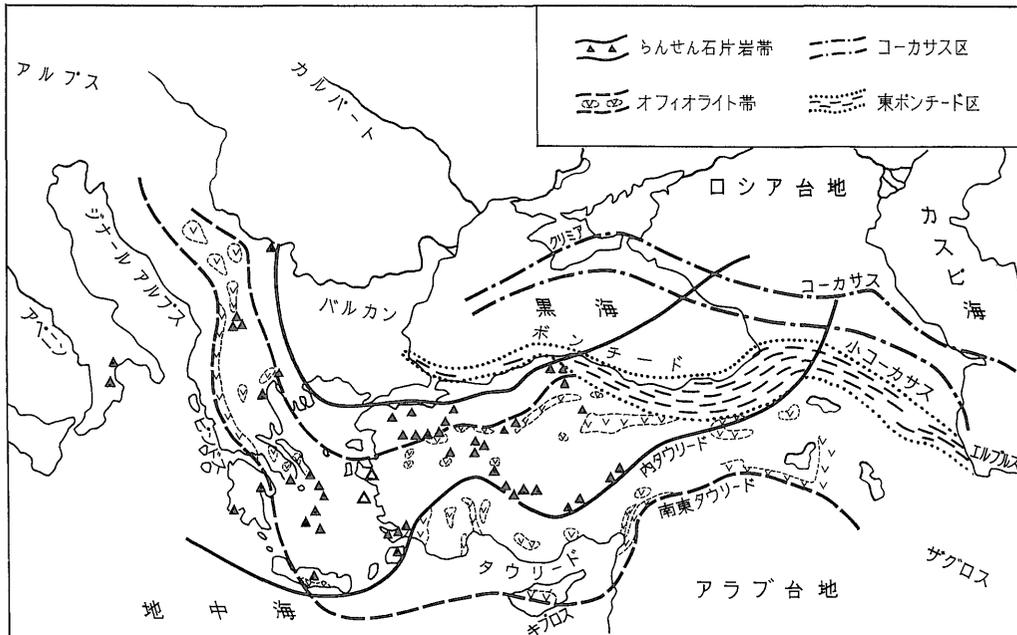
る。

3. トルコの古生代変動

KETIN (1966a) は構造区分の結論として、造山運動の主要期は北から南へと波及して、Pontid 区では古生代の変動により中生代始めにはすでに海面に姿を現わし、南隣 Anatolid 区では中生代末、Taurid 区では古第三紀末、そして Kurdistan 区では鮮新世に造山主要期を迎えたとしている。このときは、古生代変動の影響を Pontid 区のみにも認めたのであるが、その後 KETIN (1968) は、トルコに古生代褶曲山脈と中-新生代褶曲帯とがあり、Pontid 区は前者に相当して三畳系の海進を受け、また Taurid 区の変成岩の一部も古生代に生成したものと考えられる旨述べている。

ところで、古生界と三畳系との傾斜不整合関係は、トルコ西縁においては BRINKMANN (1966), ALTINLI (1968) が、Taurid 区西端では GRACIANSKY (1968), トルコ東部では ALTINLI (1966) が認めており、また Taurid 区の西部では千枚岩化したオルドビス系を直接に覆う (MONOD, 1967) など、広くトルコ全土にわたってその例がみられる。すなわち、古生代変動の影響は広くトルコ全土に及んでいたと考えられる可能性がある。

ここで問題となるのは、トルコにおける、とくに Anatolid 区における変成岩の変成時期である(第2図)。この



第4図 南東ヨーロッパ・南西アジアのらんせん石片岩帯とオフィオライト帯 (G. KAADEN, 1966; H. J. ZWART, 1967; J. AUBOUIN, 1965による)

地域の片麻岩は、古くは先カンブリア系とされ、また結晶片岩も Мулановский (1968) などはアルプス造山帯の基盤岩としているのであるが、KETIN (1966a) はこれらと上部白堊系のオフィオライト累層とは漸移して、その間には基底礫岩のような不整合現象がみられないと主張し、アルプス変成岩と認定している。

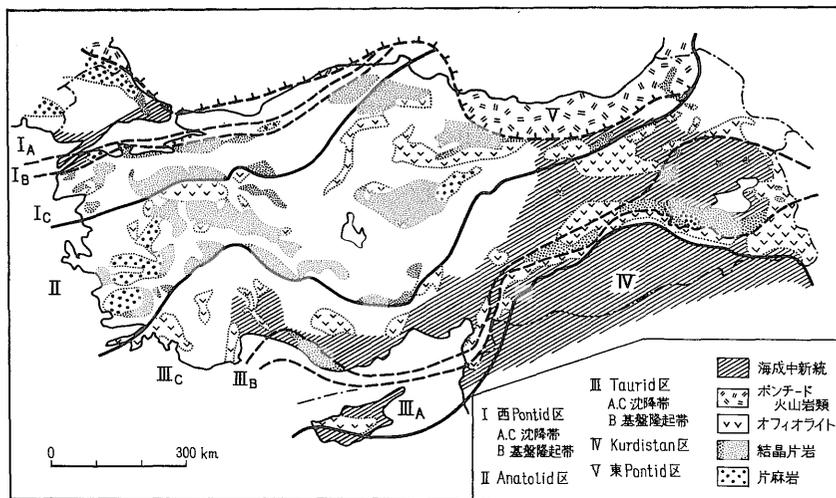
ところが一方、KAADEN (1966) はらんせん石片岩が礫となってジュラ系基底礫岩に含まれることをアンカラ北方でみだしてあり、ジュラ紀以前の変成作用の存在は確実である。KAADEN はトルコ西部におけるらんせん石片岩の分布を示し (第2図)、Anatolid 区西端のメンデレス地域では黒雲母片麻岩を核としてこれをざくろ石黒雲母片岩が取巻き、その外周にらんせん石片岩が広く分布すること、アンカラ東方クルシェヒール地域でも同様な状況を示すことを述べている。AUBOUIN (1965) によれば (第4図)、これはさらにギリシアにも分布しており、変成岩の大部分はジュラ紀以前おそらく古生代末には生成していたものとするのが妥当と考える。Taurid 区西端からロードス島、クレタ島のらんせん石片岩など、ごく一部はあるいはアルプス変動に際して生じたものの可能性も考えられるが、それもごく局地的なものであろう。

4. トルコの古生代地相

ここでトルコ付近の地質構造を大観すると HOLMES (1944) などに示されているように、ロシア台地の南側にパリスカン造山帯、その南がアルプス造山帯となってアラビア台地に接するものとされている。アナトリア高原

の変成岩の大部分がアルプス変動以前の変成作用によるものと考え、以下に述べるように先カンブリア紀変成岩、あるいはカレドニア変成岩の存在する可能性もあって、ロシア台地とアラブ台地とに挟まれる地帯は、古生代に数次の変成作用を蒙っている疑いが強い。すなわち、このトルコ地域は繰返して、何回も造山運動を蒙っているものと考えべきである。その解析は今後の重要課題であろう。その大勢を知るためトルコ内での古生層の分布をみると、これは一つの典型的な地向斜の様相を示している。その構造区分は第5図に示した。

BRINKMAN (1966) および KETIN (1966a) に基づいて変成岩を不整合に覆う古生層の分布、およびトルコの中～下部古生界の分布を第2図に示した。これをみると、西 Pontid 区北半に分布する片麻岩はオルドビス系あるいはデボン系に覆われており、BRINKMAN はそれをカレドニア変動初期の変成相としている。また南半のらんせん石片岩を含む結晶片岩は上部石炭系、二畳系ないし上部三畳系に覆われるのでパリスカン変動期の変成としている。ところで、未変成層は、北半区域にはオルドビス系ないしデボン系が発達するが、南半区域にはそれらがなく、石炭系、二畳系のみで、この上部古生界は、南隣 Anatolid 区を含めトルコ全土に広く分布しているものである。石炭系の一部は黒海沿岸では含炭層となり、有名な Zongldak 炭田を形成している。これは西 Pontid 区片麻岩帯の北側に位置している。また、石炭系の湖成層はトルコの南東端 Balkşehir 付近にもみられる (AGRAL and AKYOL, (1967) が、これは Taurid 区南縁の結晶片岩帯の南側に位置している。



第5図 トルコ地質構造図

このような事実からは、西 Pontid 区の片麻岩帯 (第5図の I_B帯) はカレドニア変成岩からなり古生代の地相斜中の一つの隆起帯として存在していたものとみなしうる。また Taurid 区南半の結晶片岩・片麻岩帯 (第5図の III_B帯) も隆起帯である。これを直接に覆う地層は上部ジュラ系ないし白堊系 (KETTIN, 1966a. b) であるが、III_B帯に接近してカンブリア系、シルルデボン系がよく発達しているところから、ALTINLI (1966) が指摘しているように、変成岩は先カンブリア系の可能性もある。この III_B帯の北側の III_C帯にはオールドビス系、シルル系およびデボン系の発達著しい。Anatolid 区、すなわち II 帯はまったくこの時期の化石を産出せず、代わって大理石を伴う緑色片岩が分布して、古生代における海底火山活動の場であったことが示されている。南の Kurdistan 区、すなわち IV 帯は、カンブリア紀以来の沈降域でありながら火成作用を欠き、ALTINLI (1966) のいうように劣地向斜の性格を示している。

このようにみると、トルコは古生代における地相斜の一典型である。ロシア・アラブ台地に接して劣地向斜 (I_A帯, IV 帯)、次いで基盤隆起部 (I_B帯, III_B帯)、その間は優地向斜であるが、海底火山活動に富む I_C帯, II 帯とそれを欠く III_C帯からなっている。造山末期の花崗岩の貫入は、小規模ではあるが、I_C帯に生じている。これら各帯は北東-南西に近い方向に伸びており、遠くコーカサスの中軸部に連続するものとみられる (第4図)。また II 帯中には変成作用の高温部を示すメンデレス片麻岩、クルシヒール片麻岩が存在し、これらと東 Pontid 区中の古生代花崗岩小岩体とを結べば、これも北東-南西方向を示している。変成時期についてはたびたび述べたように、今後の課題であるが、I_B帯の片麻岩はカレドニア変成岩の一部であり、I_C帯の結晶片岩はパリスカン変成岩でロシア台地南縁の変成岩の一部、II 帯の結晶片岩はおそらくパリスカン変成岩であろうが、古生代末の変成の可能性も考えられる。大陸生長説の検討のよいフィールドであろう。この構造はバルカンに連続して、全体としては南西に凸面を向ける弧状をなしているもので南東ヨーロッパにおける構造の一単位と考えられる。

5. トルコの中一新生地相斜

トルコの中一新生地相斜、すなわちアルプス地相斜はおおむね古生代末に完成した地質構造に支配されているが、東ポンチード区、すなわち V 帯のみはこれと異質である。古生代末までに変成作用を蒙った I, II 帯は中生代以降、陸棚様の堆積の場となり、III, IV 帯はこれと

対照的に沈降を続けた。しかし、白堊紀後期に至っては、古生代の優地向斜にあたる II, III 帯に広く塩基性火山活動が発生し、オフィオライト累層が形成された。活動の場は古生代に較べ南西に移動している。次いで II, III 帯は隆起し、中生代末構造運動を蒙り、花崗岩小岩体の貫入が各所に、しかし散点的に生じている。この間 I, IV 帯は堆積を継続している。始新世の大規模な海進にトルコ全域は再び海底となったが、漸新世に入って II 帯は再び隆起の傾向を示し、逐次両側に波及して中新世の海域は I の一部および III, IV 帯と狭まり、鮮新世には IV 帯のみが海域となるに至った。この間、中新世には、III, IV 帯を形成した大規模な衝上運動が生じている。つまり、アルプス地相斜の構造運動は古生代地相斜に較べて南西側に移動はしているものの、よく各帯の性格は保存されているといえよう。

東 Pontid 区すなわち V 帯はこれと異質であって、II 帯の延長と考えられる古生層および古生代花崗岩を基盤として、ジュラ系、白堊系および始新統が堆積しており、しかもこれに各種各様の火山岩類が伴われている。中生代末の構造運動は、少なくともその北半にはみられず、また漸新世には隆起して上っている。この帯は II 帯に斜交し、その西方延長は黒海沿岸沿いに散在し、バルカンにまでその痕跡がのびているようである (第4, 5図)。この火山活動はオフィオライト累層と同時期の白堊紀後期に激しかったが、その構成岩石には石英安山岩、流紋岩も少なくなく、超塩基性岩を全く伴わぬという特質を示す。またここでは始新統を貫いて、やや規模の大きな花崗岩体が発達している。この地域は断層による地塊構造といわれていたが、実は褶曲構造もまた広く存在している。

Мулановский (1968) は第1図のように、東 Pontid を小コーカサスとともに優地向斜、これに対応するコーカサスをレプト地向斜とシトルコ主要部とは区別している。またイランのザクロスは始新世の火山岩類にきわめて富んでおり、この点からは、トルコの主要部とは異質の構造要素とみなすべきである。トルコでは東 Pontid (V 帯) の火山岩類と、主要部に分布するオフィオライト累層とに岩質の差があり、また前者では始新世まで火山活動が連続し、以後に陸化するが、オフィオライト累層はその生成直後、中生代末に隆起侵食を蒙っている。またその分布をみるとオフィオライト累層はロシア台地の発展とみなされる古生代変成帯 (II 帯) からその南の沈降帯にかけて存在するのに対して、V 帯の火山活動は、大局的にはアラブ台地の周辺に生じたものであり、その北方にコーカサスの非火山性沈降帯を随伴している。す

なわち、トルコ主要部では沈降帯は南側に、東 Pontid ではその北側に沈降帯を伴っている。

6. トルコのオフィオライトと海洋底拡大説

オフィオライト累層は塩基性ないし超塩基性岩の複合岩体で、チャート・石灰岩を伴いトルコでは白堊紀後期の有孔虫を産するが、バルカン半島ではその大部分がジュラ紀で、トルコとは時代が異なっている。これに対して、近年の海洋地質の発展とともにみだされた中央海嶺の活動を比較する試みが行なわれるようになった。

GASS (1968) は、トルコ南隣のキプロス島で、中央部は塩基性岩からなり、岩脈群に取囲まれ、その外側に枕状熔岩などの塩基性火山岩類が分布し、上部白堊系に覆われており、その北側では上部白堊系から中新統に至る一連の地層が顕著な褶曲帯を構成していることを知り、その岩石化学、また現在の重力分布などを考慮して、この地域が当時のテーチス海の中央海嶺としている。テーチス海は古生代後半には現在の大西洋に較べられる規模のものであって、白堊紀にも東方に開口した海域と考えている。この観点をトルコに適用すると、白堊紀後期には大陸地殻を欠いて、海洋型の地殻のみが存在し、結晶片岩は海嶺下に生じた変成作用によるものとなり、KETIN (1966a) が述べたオフィオライト累層と変成岩の漸移が支持されることとなる。

MOORES (1970) はさらに、アルプスおよびトルコはロシア台地とアラブ台地の移動接近とその衝突によるとしている。アルプス造山帯下にパリスカン変成岩の存在は認めつつ、当時の海域は現在のトルコより広大で、その中央に海底火山活動が発生しつつ、海域は縮小していったものとしている。これらは KETIN (1966) の造山期は北から南へ波及し、ロシア台地がアラブ台地に向かい逐次生長したとする思考に大きく対立するものである。

前節までに述べたように、トルコの主要部に対しては KETIN の考えが適切と考えられ、トルコ地域は、ロシア台地とアラブ台地に挟まれた擾乱帯であって、古生代を通じ中生代に至るまで、繰返し地殻変動を蒙ったところであり、それに伴う変成作用も顕著であって、常に大陸型の基盤をもっていたとすることが妥当であろう。また構造区分がよく古生代および中生代を通じて保たれているところから、この区分は本質的なものであって、中央海嶺に発生した海洋底地殻、つまり海嶺から時代とともに離れてゆく海洋底の表層とは考えることができないものである。すなわち、トルコ地域をはさんで、北方のロシア台地と南方のアラブ台地とはほぼ固定した相対的位置を古生代はじめから現在に至るまで保持しており、ロ

シア台地側が主導的立場で、繰返し構造運動が発生したものと認められる。これに対して、中生代のコーカサス・イラン地域では、アラブ台地側に主導性があり、これに近く火山活動、花崗岩貫入の場が発生して、ロシア台地側にコーカサスの沈降の場が生じている。この差は現在でも明らかで、第1図にみられるようにコーカサスからアラブ台地にかけて第四紀火山が多数存在し、またコーカサスから黒海にかけては、激しい地表活動の場となっているのに対して、バルカン半島からトルコにかけては、その南部にサントリン島のほか数個の第四紀火山がみられ、またこの付近が地震活動地域および地熱地帯となっていることに、明瞭な対照となって現われている。

7. 結 語

トルコはアルプス造山帯に属して、造山帯の複雑な発展史を解明するのに最も興味深い地域の一つである。とくに白堊紀後半の Anatolia 高原のオフィオライト累層と東 Pontid 山脈の火山岩類の対立から推定される、トルコ西半と東半の造山帯の性格の差異、またその相互作用の検討は造山運動の本質を解く鍵の一つとさえ考えられる次第である。

さらには、ロシア・アラブ両台地にはさまれたトルコと、シナ大陸と太平洋にはさまれたわが国とが、同じアルプス造山帯に属してともに繰返し変動を蒙った点で類似するので、その差異の本質を解明することもまた重大な課題であり、興味深い問題と考える次第である。

文 献

- AGRALI, B. & AKYOL, E. (1967): Etude palynologique des carbons de Hazro. *MTA Bull.*, no. 68, p. 1-26.
- AKARUSU, I. (1962): Geology of the Mut region. *MTA Bull.*, no. 58, p. 38-43.
- AKKUS, M. F. (1962): The geology of the area between Kütaya and Gediz. *MTA Bull.*, no. 58, p. 21-30.
- ALTINLI, I. E. (1966): Geology of eastern and south-eastern Anatolia. *MTA Bull.*, no. 66, p. 35-76.
- ALTINLI, I. E. (1968): Geologic investigation of the Izmit-Herke-Kurcadag area. *MTA Bull.*, no. 71, p. 1-28.
- ASLANER, M. (1965): Etude géologique et pétrographique de la région d' Edremit-Havran. *MTA Publ.*, 119.

- AUBOUIN, J. (1965): *Geosynclines*. 335p., Elsevier Amsterdam.
- BEER, H. (1966): Geologie der Phosphatführenden Schichtfolges. *MTA Bull.*, no. 66, p. 106-123.
- BRINKMANN, R. (1966): Geotektonische Gliederung von Westanatolien. *N. Jb. Geol. Paleont. Mh.*, no. 10, p. 603-618.
- COLIN, H. J. (1962): Geologische Untersuchungen in Raume Fethiye-Antalya-Kaş-Finike. *MTA Bull.*, no. 59, p. 19-61.
- ERENTÖZ, C. (1966): Contribution á la stratigraphie de la Turquie. *MTA Bull.*, no. 66, p. 1-22.
- GASS, I. G. (1968): Is the Troodos Massif of Cyprus a fragment of Mesozoic ocean floor? *Nature* no. 220, p. 39-42.
- GRACIANSKY, P. Ch. de. (1968): Stratigraphic des unités superposées dans la Taurus Lycien. *MTA Bull.*, no. 71, p. 42-62.
- GÜMÜŞ, A. (1970): *Türkiye Metalojenisi*. MTA Publ.
- HOLMES, A. (1944): *Principles of physical geology*. 532p., Thomas Nelson and Sons, New York.
- KAADEN, G. v. d. (1966): The significance and distribution of glaucophane rocks in Turkey. *MTA Bull.*, no. 67, p. 36-67.
- KETIN, I. (1961): Über die magmatische Erscheinungen in der Türkei. *Bull. Geol. Soc. Turk.*, vol. 7, no. 2, p. 1-33.
- KETIN, I. (1966a): Tectonic units of Anatolia. *MTA Bull.*, no. 66, p. 23-34.
- KETIN, I. (1966b): Cambrian outcrops in Southeastern Turkey. *MTA Bull.*, no. 66, p. 77-89.
- KETIN, I. (1968): Relation between general tectonic features and the main earthquake regions of Turkey. *MTA Bull.*, no. 71, p. 63-67.
- MOORES, E. (1970): Ultramafics and orogeny, with models of the US Cordillera and the Tethys. *Nature* no. 228, p. 837-842.
- MONOD, O. (1967): Presence d' une faune ordovicienne dans les schistes de Seydişehir. *MTA Bull.*, no. 69, p. 78-89.
- Милдновскии, Е.Е. (1968): Новейшая Тектоника Кавказа. 483 p., Недра., Москва.
- NEBERT, N. (1961): Der geologische Bau der Einzugsgebiete Kelkit Çay und Kizilmak. *MTA Bull.*, no. 57, p. 1-56.
- ZWART, H. J. (1967): Orogenesis and metamorphic facies series in Europe. *Medd. fra. Dansk Geol. Forening Kbenhavn.*, vol. 17, p. 504-516.