

1971年国際オフィオライト研究集会に参加して

番 場 猛 夫

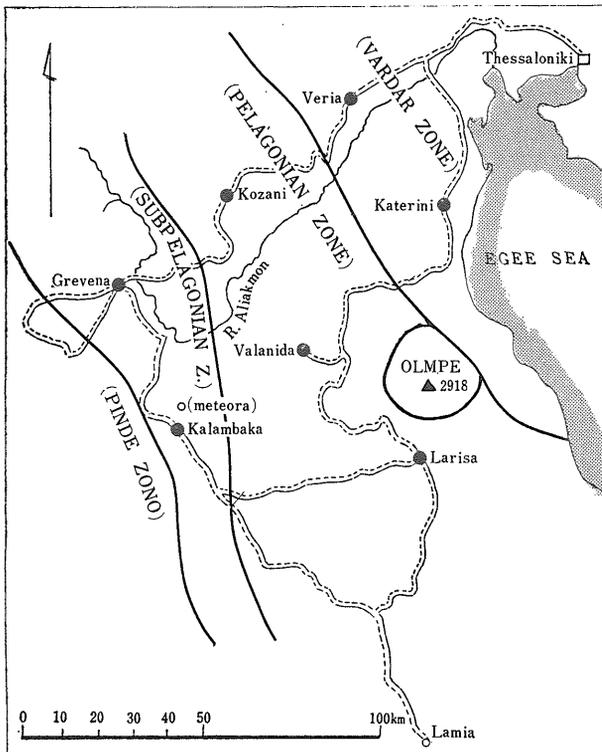
はじめに

International Union of Geological Sciences (IUGS 国際地学連合) が行なう活動の一つとして オフィオライト現地討論会が1970年から行なわれている。初年度はスイスから北部イタリアにかけてのアルプス山脈地域がとりあげられ ここで最初の巡検が行なわれたわけである。オフィオライトとよばれる地向斜緑色岩類は地球上のすべての褶曲山脈にぼう大な量を示して分布するものであり 地質構造論 造山論 岩漿分化論 鉱床成因論など われわれが日常議論しているすべての分野にこの岩石はひっきり有りしている。したがってオフィオライトの問題はどうていないがしるにはすまされぬものなのである。にもかかわらず オフィオライトの成因については問題があまりにも多い。すなわちその対象のとらえがたさから オフィオライトについてのそもその定義や それに対する見解はマチマチの現状である。

オフィオライトについての統一見解がえられぬまでもこの岩石の由来についての手がかりをえようとする試みが このオフィオライト巡検の目的の一つだと思われる。この研究を行なうのに巡検という方法が採用されたことは 何といっても達見であったと思われる。この課題に対して 机上の空論をいくら重ねたところで らちがあかぬことは火をみるより明らかである。その意味でこの企画を進められた スイスの LAUBSCHER 教授には敬意を表さねばなるまい。

さてこの年のオフィオライト巡検は北部ギリシアで行なわれた。これに先立ち わが国でも "オフィオライト研究グループ" (Ophiolite working group) が地質学研究連絡委員会により組織され 15名の専門家研究者がこのしごとを進めることになった。私もその1人であるが たまたまトルコに技術協力計画で派遣されることになりトルコはギリシアの隣国であるし トルコの地質とはきわめて密接なつながりがあるのだから この巡検と討論会にはぜひ参加したいと願っていた。私の出席について 種々お骨折りをいただいた 地質調査所長 小林 勇氏 トルコの鉱物調査開発研究所 (M.T.A.) 総裁ALPAN氏 および東京大学教授木村敏雄氏に感謝する次第である。

9月下旬 全日程を無事に終了してアンカラにもどったので とりあえずその概要を報告して 大方のご参考に供したいと思う。



1 図 北部ギリシアの地質分帯とオフィオライト巡検コース

第1表	ギリシア・オフィオライト巡検参加者リスト(ABC順)
BAMBA, T. Dr.	M.T.A. Enstitüsü Maden Etud. Ankara Turkey (Geological Survey of Japan, Tokyo, Japan.)
BERNOULLI, D. Dr.	Geological Institute of the University, Bernoullianum, 4056 Basel, Switzerland.
BRUNN, J.H. Prof.	Laboratory of Historical Geology, Orsay, France.
CRADDOCK, C. Prof.	Department of Geology, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706, USA.
ELTER, P. Mr.	Instituto di Geologia dell Universita, Via Santa Maria 53, Pisa, Italia.
GANSSER, A. Prof.	Geological Institute, Swiss Federal Institute of Technology, Sonneg-

gstrasse 5, Zurich.

GRINDLEY, G.W. Mr. New Zealand Geological Survey, P. O. Box 30368, Lower Hutt, New Zealand.

JACKSON, E.D. Dr. U.S. Geological Survey, 345 Middlefield Rd. Menlo Park, Calif. 94025, USA.

LAUBSCHER, H.P. Prof. Geological Institute of the University, Bernoullianum, 4056 Basel, Switzerland.

MOORES, E.M. Prof. University of California, Department of Geology, Davis, California 95616.

PARROT, J.F. Dr. SSC ORSTOM, 70, Conta d'Auluag 93 Bondy, France.

SMITH, A.G. Dr. Department of Geology, University of Cambridge, Sedgwick Museum, Downing Street, Cambridge, Great Britain.

巡 検

会期は9月10日から19日までの10日間で 9月9日夜にはギリシア北部の都市 Thessaloniki に参加者12名が集めた。10日の朝になって お互いに初めて合わせる顔もあれば 2回目ということで やあしばらくといった調子の連中もいて ひとまずお互いの紹介が行なわれた。事務局はギリシア国立地質調査所の K. ZACHOS 氏 ギリシア国立工科大学の C.E. TSOUTRELIS 教授および スイスの Bernoullianum 大学の D. BERNOULLI 氏が担当された。この朝事務局からたくさんの資料が一同に手渡され しまつに困るほどであった。そのおもなものは

D. BERNOULLI と H. LAUBSCHER による “The Ralinspastic problem of the Hellenides”

J.H. BRUNN による “Ophiolites and Mesozoic sediments in the Veria area”

“Ophiolites and sedimentary rocks in the Kozani area”

さらに この地域に関して出版された多くの資料の中から 図面だけを抜粋した 30余ページにわたるコピー等である。それらの部厚い資料を開く間も与えられず われわれを乗せた4台のマイクロバスは 10日間の巡検に向けてスタートした。

コースは第1図に示すように Thessaloniki → Veria → Kozani → Grevena → Kalambaka → Larisa → Lamia となっており このコースの中にギリシアの地質構造の骨格ともいえる Pelagonian zone, Subpelagonian zone, Pindos zone が顔を出すことになっている。北方地域での巡検案内をされたのは フランスの J.H. BRUNN 教授である。Pelagonian zone とその東方の Vardar zone との接触地点で最初にくるまが止められ 教授のたくみな解説がはじまった。教授の説明の概要は次のようなものである。

「Vardar zone は Pelagonian zone に対して衝上断層をもって衝上する。ここでは Pelagonian zone は白亜紀石灰岩からなる。この石灰岩に伴って 蛇紋岩を含むオフィオライト岩類 (ophiolite suite) があらわれる。衝上帯付近には大理石礫岩や角礫岩とも称すべきものがあり その延長は20~30 km におよぶ。衝上運動がひき起こされたのは上部白亜紀と推定される。蛇紋岩の貫入は下部白亜紀かと思われるが この運動に伴って蛇紋岩の片状化が進められた。運動の方向は北東から南西方向に向かっている。」

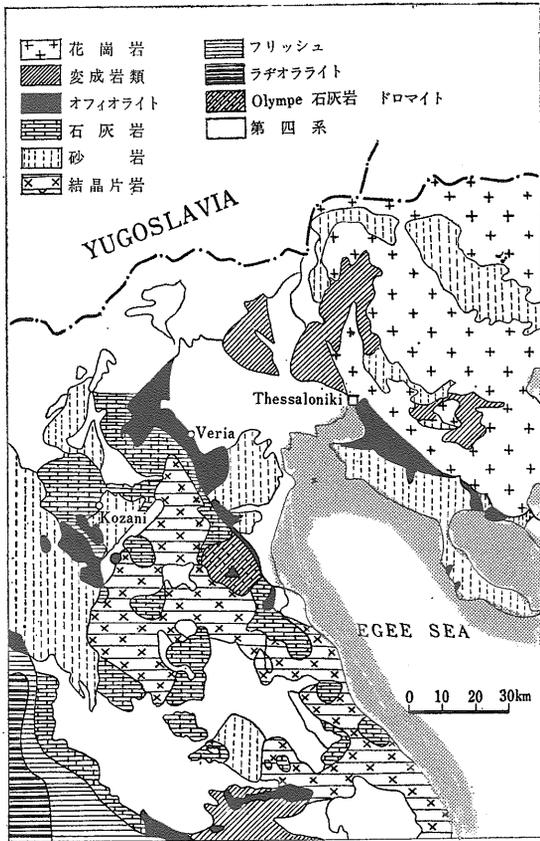
はるかにながめられる山々を指向しながら BRUNN 教



Thessaloniki の 街



Thessaloniki に集し出発を待つ巡検メンバー



2 図 ギリシア北部の地質図 (IVAN GODFRIDIAUX (1968) による)

授は大声で解説をする。それが終わると質問はないかと一同を見渡し 2・3の質問に答えるとすぐ上衣もシャツもぬぎすてて目的地に向かって谷を駆け下りてゆく。とても59歳とは思えぬ元気さである。

教授は自分で設計したという白塗りのミニバス型フォルクスワーゲンをみずから運転してパリからやって来た

のである。食事机 ベッド 机 炊事具一式をそなえてあり 奥さんと犬をつれてきていて いかにも得意のおもちである。私も一日このくるまのせてもらったがまことに快適であった。そして博士はそのくるまの欠点を2・3指摘して これさえ改良されれば鬼に金棒であるから 日本に帰ったら「TOYOTA」に命じて完ぺきなものを造るとよろしい とこちらのふところぐあいかまわず親切にいつてくださるのであった。

昼食が午後3時 事務局の用意したコップパンとブドウ酒 チーズ くだものはすき腹の一同の胃のふにしみた。フランスの若手研究者 PARRAT 博士が腹がへって歩けないぞと事務局に文句をつけていたのが印象的である。昼食後 午前中に観察したものと同じ衝上帯の露出を2・3追跡し 谷を下り やぶをはい Veria のホテルについたのは暮色せまる午後7時である。ひとふるあびてから町のレストランで夕食会がはじまる。

BRUNN 教授夫妻を中央において 今日の観察結果をあきることなく話し続ける。まことに熱心なものである。夜の11時にホテルにもどったが その道すがらアメリカからきている連中は小さい声で 「この調子で10日間をすぐすと殺される目にありますよ」とわたしたにささやくのであった。皆が同じ思いだったにちがいない。初日にドギモをぬかれたといったところである。翌日も同じペースで巡検は進行した。

第3日目の9月12日になると 案内はカリフォルニア大学の E.M. MOORES教授が担当した。同教授はKozani 地域を最近数年間研究しているとのことで ここでその論文“The Troodes Massif, Cyprus and other ophiolites as oceanic crust”が一同に手渡された。教授は岩石学者で とくに超塩基性岩の研究に重点をおいて研究を



初日の案内をつとめ説明をするフランスの BRUNN 教授



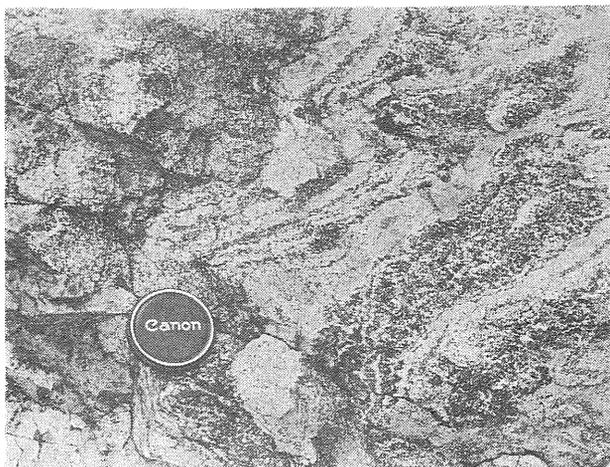
Veria から Kozani にぬける山間に住むギリシア人たち



Veria から Kozani にぬける山間に住むギリシア人たち



Kozani 付近のダンかんらん岩にみとめられる縞状クロム鉱床



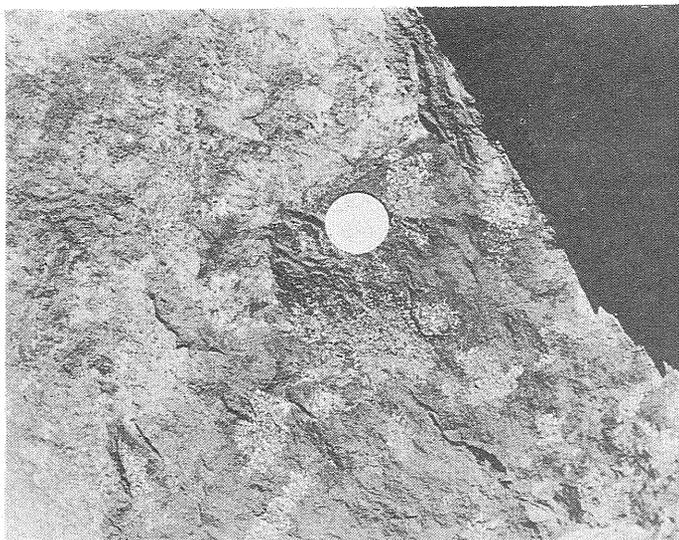
Kozani 付近のダンかんらん岩にみとめられる縞状クロム鉱床



Kozani クロム 鉱床 胚胎 地域の 景観



Kozani の 町 の 景 観



Grevena 付近の超塩基性岩とそれに伴われるはんれい岩のパッチ

進めてきた人である。

Kozani 南西地域に発達するかんらん岩を主とし、ダンかんらん岩を伴う大きい超塩基性岩体が一同によって検討された。またとくにダンかんらん岩相の中には縞状クロム鉱床が発達しており、その数およそ200におよぶということである。わたしたちは Skoumtsa 鉱山の第25号クロム鉱床を見学する機会を得た。同教授の説明によるとこのかんらん岩体は2つのドーム構造を示しており、クロム鉱床はその構造の頂部の位置にあたるので、ほぼ水平になっているとのことであった。また、蛇紋岩化作用は一般に低度であるが、網状に進行しているときに角礫状を呈するところがあり、これを“serpentine breccia”と名づけているとのことであった。さらに岩体の周辺部に輝岩、斑輝岩がみとめられる。これらはかんらん岩を切る多数の岩脈として発達し、一般に細粒のものは流理構造が顕著で、粗粒のものは塊状を呈するが、これらの岩脈がかんらん岩の周辺にのみ現われるので、この地帯を“transitional zone”（漸移帯）とよんでいるとのことである。

翌日はフランスの J.F. PARROT 博士が案内に立った。博士は最近2年間 Grevena 付近の塩基性岩の研究を行っている若手研究者で、今はシリアの地質調査をしているよしであるが、解説者になってくれるよう LAUBSCHER 教授から呼び出されて、アラビア人の衣装をまとうて急ぎよ馳せ参じたということである。

Sub-Pelagonian に属するこの塩基性岩は主として斑輝岩からなるが、その一部にはかんらん岩、輝岩のような超苦鉄質岩もみとめられる。とくにわれわれの興味をひいたのは、かんらん岩相の中に斑輝岩の5~10 cm のパッチが著しく発達していることであった。この点について解説者 PARROT の説明は、みかけの分類ではかんらん岩であるが、成因的観点からは斑輝岩にすべきだということである。日本の日高山脈の“幌満かんらん岩”の場合は斑輝岩相を伴うとしているが、これをかんらん岩塊とよんでいるのであって、ここにも1つの混乱のあることを知った次第である。

その日の午後は、この斑輝岩からほど近いところに発達するすばらしい枕状溶岩の露出を見学した。重なり合うように発達する球状の玄武岩の単位枕は50~100 cm で、それらの間隙は凝灰質角礫岩で充てんされ、さらにこの枕状溶岩を切って発達する輝緑岩がある。PARROT はこの輝緑岩は造山運動の末期産物で、チタン輝石が主要な構成物になっていると説明してくれた。私が日高

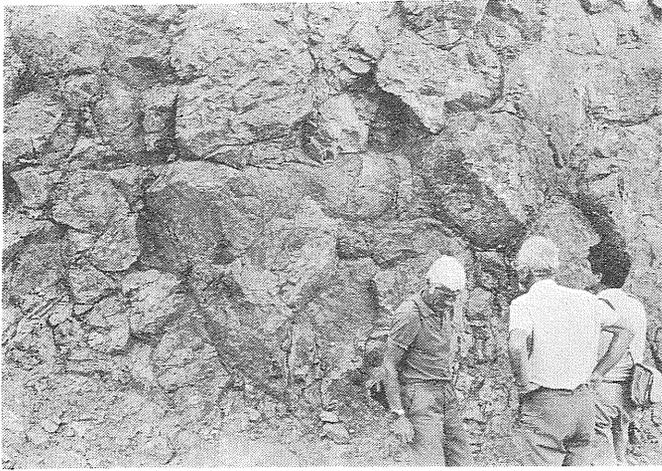
地向斜地帯で研究した、枕状溶岩とそれを切るアルカリ輝緑岩との関係と全く同一の現象を、はるかに離れたギリシアのアルプス造山帯でみる事ができたのは、ひじょうな感激であった。日高の場合はこのような環境下にある枕状溶岩は、多くの場合スピライト化している例を、ベスピライト化とアルカリ輝緑岩は密接な関係にあるはずだから、そのような観点からその岩質を検討するようにすすめてみた。

15日には Grevena と Kalambaka の間を流れる Aliakmon 川に露出する Pelagonian 大理石（三疊紀）と、その中に夾在してくる無数の緑色片岩の観察が行なわれた。緑色片岩に認められるリニエーションを試みに測定してみたら、N40°W方向を示すものばかりで、リニエーションをつくりあげた運動の方向が、衝上運動の方向と完全に一致していることを知った。さらに私の興味をひいたのは、緑色片岩の一部に比較的原岩の状態をよく残している枕状溶岩の存在であった。これは多くの方解石脈で切られて亀甲状の構造を示しているとはいえ、たいへん新鮮なものと思われた。

日本で古くから問題になっているところの「変成帯の緑色片岩の原岩の化学組成を知ることは、きわめて困難である」という1つの課題に対して、ある手がかりがえられるものと信じている。片岩化したものとこの原岩の新鮮な部分との双方をたいせつな試料として採取したことはいうまでもない。

その日の午後は Meteora に近いところに発達する蛇紋岩と、その中に発達する無数の白~灰色岩塊の性質が検討された。あるものは私の見なれたロジン岩であった。ロジン岩に不慣れの者は方解石の玉だと主張した。私はその主構成鉱物が灰ばんざくろ石であることを強調すると共に、ロジン岩の命名の歴史までも解説した。しかしながら別の岩塊は明らかに堆積岩で、細粒の砂岩であり、その岩塊は一部変成をうけて反応暈（うん）らしきものを生じている。ここで超塩基性岩の温度・圧力条件について、さかんに議論が行なわれた。はたしてそれが超塩基性岩によるところの変成現象であるのか、皆が岩塊の中心部と外側皮殻部の試料を採集するのに余念がなかった。この日は比較的作業が早目に終わったので、ギリシアの名所の1つである Meteora の景勝地にくるまをまわし、皆でカメラの腕自慢にはなをさかせた。

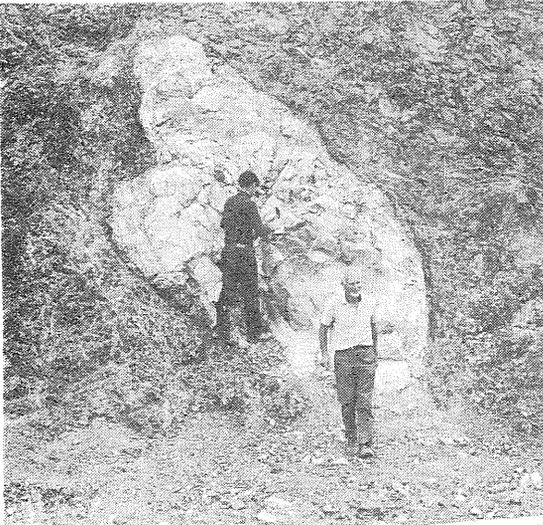
16日はギリシアの最高峰といわれる Olympe 山のふもとに発達する Pelagonian zone といわれる“Olympe window”とよばれる上昇地塊との接触地を構造地質学



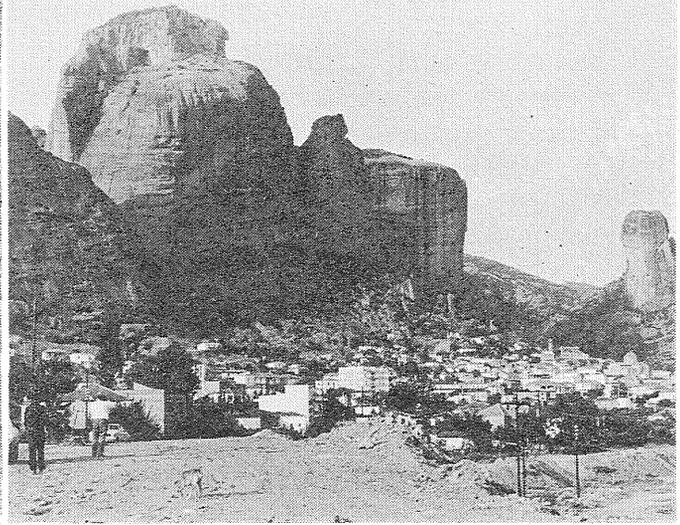
Grevena 付近のみごとな枕状溶岩



白亜紀泥岩と蛇紋岩の接しよく Meteora 付近



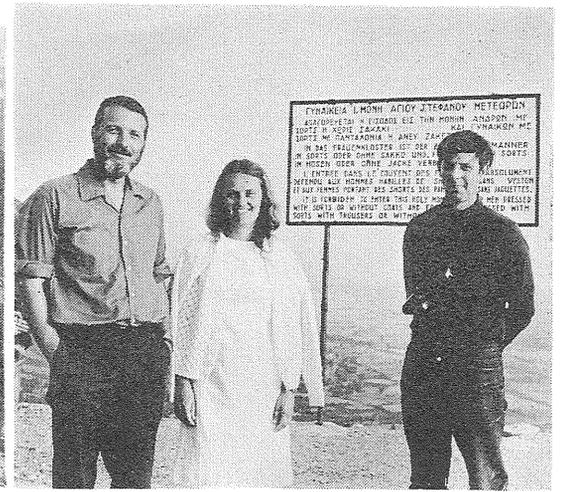
蛇紋岩の中に現われる灰白色岩塊 Meteora 付近



Meteora 景勝地



Meteora 景勝地に立つ U.S.G.S. の JACKSON 博士(左)と筆者(右)



Meteora 景勝地案内板の前に立つ CRADDOCK 教授夫妻と GRINDLEY 教授



Vergina の部落で中食をとる一行 左からアラビアの服装をしている
フランス Dr. PARROT アメリカ Dr. JACKSON イギリス Dr.
SMITH アメリカ MOORES 教授

的見地から見に出かけた。ここはフランス Lill 大学の
IVAN GODFRIAUX (1968) が学位論文のために非常によい
しごとを行なったところである。Olympe window
は主として大理石 ドロマイトからなるが、そのまわり
を緑色片岩やマイロナイト (Mylonite) などの変成岩が
とり巻いているのを見ることができた。途中から雨に
降られて早々にカテリナ (Katerina) のホテルに向かっ
たが LAUBSCHER 教授をはじめ数名が下痢をおこして
明日の旅行が危ぶまれるほどであった。昼食にとった
オリーブの実が悪かったらしく、オリーブの嫌いな連中
だけが元気であった。明日の昼食は事務局で用意しな
いから各自で好きなものを用意するようにとの通告が
出された。事務局は用意した食事にかなり責任を感じ

てしまったようである。

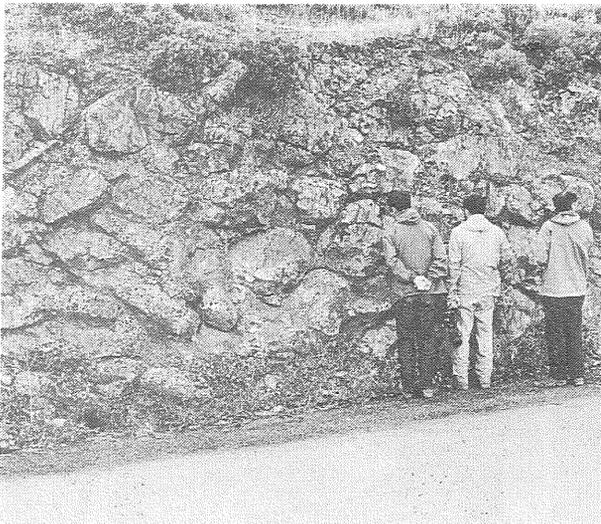
17日病人にはくるまの中で横になってもらっ
てカテリナを発ち イギリスのスミス博士の案
内で Vergina 付近の剪断帯の観察をした。剪
断帯に沿って無数の輝緑岩が貫入してきている
のが興味をひいた。午後からはここでいわゆ
る“オフィオライト”といっている 蛇紋岩と
枕状溶岩とからなる緑色岩を不整合におおっ
ている基底礫岩層をみた。この礫岩は上部白亜
系という説明があったが ここにも輝緑岩の岩
脈を見ることができた。

18日 Lamia を朝8時に発ち 北方のジュラ
紀とみられるチャート 枕状溶岩 石灰岩など
からなる地層の示すげい微褶曲の状態を観

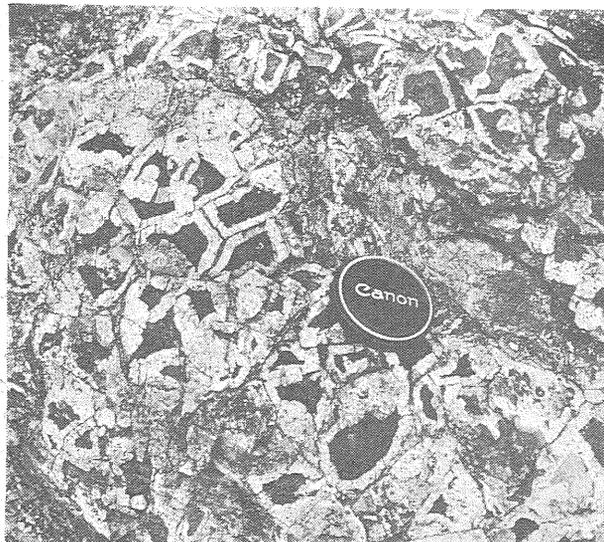
察し この造構運動の性質がどのようなものであったか
が議論された。ここで示されたスミスの地質図 (未完
成) は ドーム状をなす三畳紀層を中心として そのま
わりに次々と新しい地層が発達する絵がかかれていた。
三畳紀層地塊の上昇に伴ってまわりの地層が異常に擾乱
をおこしたものと推定され この擾乱によって上述微褶
曲が生じたということであった。

いよいよ今日で巡検は終わるのである。風が吹きは
じめてきたが スミス博士は自分のフィールドに世界の
学者が集まってくれたことに感激して あそこもここ
も案内に立ち 古枯しのような冷い風の中で一生懸命
に説明をくり返した。同博士からはきわめて熱心 謙
虚な英国地質学者という印象をうけた。

以上のような次第で最終日の巡検を午後6時に終了し
バスの中に散乱している皆の石の整理が始まった。私



Lamia 近くに発達する枕状溶岩



Lamia 付近の枕状溶岩に示される風化による亀甲模様

は飛行機で持ち帰らなくてはならぬことをはじめから考慮して 数は多く 量は少なくという方針をとったが それでもズシリと肩にくいこむ目方になっていた。隣りで石を整理している米国地質調査所の JACKSON 博士をみたら なんと彼の採集した石はいずれも特大である。持って帰れるのかと聞いたら 米国地質調査所が責任をもつのだという回答だった。

討 論 会

いよいよ19日最終討論会の日である。連日のしごきで 配布された資料に目を通し得た者は1人としていないにちがいない。ただフィールドの観察事項だけが討論の対象になるはずであった。ラミアの静かなレストランを借りて 会は朝8時からじまった。スイスの GANSSE 教授が LAUBSCHER 教授を座長に推挙し 同教授がいすについた。

多くの質問事項がすでに整理されていて まず Brinos オフィオライトの岩石学的特徴についてのべて欲しいと提案があり 米国のムーア(MOORES)が輝緑岩の化学組成と 大洋底での溶岩としての厚さと規模などについて彼の意見の開陳があった。さらにダンかんらん岩は んれい岩等深成岩の Mg/Fe 比率の問題 かんらん岩の貫入温度とマグマ溜りの中での温度等について彼の意見が出された。結論として オフィオライトの最大の特徴は 徐々に冷却する過程を経てきたものであることに注目したいと結んだ。

座長はさらに 底層におけるこれら岩石の状態を明らかにしたいと提案し 海洋地帯の温度・圧力条件について 米国地質調査所の JACKSON 博士を指名した。



アテネ アクロポリスの景観

JACKSON は超塩基性岩は海洋マグマともいうべきものから なかば固体の状態で貫入してきたものと思われるが オフィオライトが岩漿活動の直接産物であることを証明する材料をあまり知らないというのが現状ではないかと 1つの問題を提案した。

第2の問題として 変成岩 とくに角閃岩の生成される条件および石灰岩が 大理石化する過程についての論議が行なわれた。これはナツペ構造の形成過程の中で 交代作用の進んだ可能性があるという点で一同の賛成が得られた。Pindos ナツペの形成期 すなわち上部の白亜紀～下部第三紀に これらの変成岩化が進行したものと結論された。座長から「Pelagonian zone に2つの造構運動の時期を設定したい。それぞれに蛇紋岩が活動したと思われるがどうであろうか。またこの2つの造構運動がオフィオライトとどのような関係にあるであろうか」との問題の提案が行なわれた。

ここで私は指名をうけたので 大要次のことを発言した。

「私は日本のとくに北海道のジュラ紀のオフィオライトについて研究をしてきたが この時代の枕状溶岩はソレイト岩系に属するものが多いことが明らかにされている。中にはスピライト化して アルカリとくにソーダにとむものがあるが 私はそれをスピライト岩漿からもたらされたものとは思っていない。本源的にはいずれもソレイト岩漿から由来したもので スピライトは低度変成作用の産物として2次的に生成されたものとみている。したがって ジュラ紀の主要な地相斜火成活動は 大洋地殻の玄武岩層の中でも比較的上位の部分から発生したものと考えたい。



アテネ アクロポリスの景観

次に Pelagonian の蛇紋岩に2つの時期を考えることには同意できない。その理由は塊状の蛇紋岩体と片状化した帯状の蛇紋岩とは実は同じものであって前者が貫入後の造構運動によって変形 変位したものが後者であると考えたい。ここでも観察したように 塊状蛇紋岩の中のクロム鉱床が縞状鉱からなっていて 母岩変質をほとんどみることができないのに 一方片状蛇紋岩の中のクロム鉱床はほとんどが不規則塊状鉱からなり まわりは緑泥石化を強く受けているという事実がある。私はそれをクロム鉱床の2次鉱化としているが 蛇紋岩を取り扱う場合にはこのような見方が必要だと考える。

以上で午前中の討議をひとまず終了し 昼食後再び会議は続けられた。ここでは第三紀におけるオフィオライトの分化の問題がとりあげられた。さすがに皆疲れが出たようで 午前中ほど活発な議論はなく 造構運動の方向や 海進海退の状態についての問題が主となり 岩石屋は沈黙してしまった。ここで座長は午前中からの討議で得られた資料を整理していちおうのまとめを試み それについての一人一人の Yes か No かを確認し 会議の終了を宣言した。時に午後3時である。

ギリシア国立地質調査所を訪ねて

討論会は終わったが その日はもうひとつ予定がくまれている。ギリシア国立地質調査所が私どもの労をねぎらって夕食会を用意しているということである。われわれは討論会場から ミニバスを連ねて一路ギリシアの首都アテネに向かって南下した。途中の美しい海岸とエーゲ海にうかぶ数々の島々が 疲れた頭脳とからだを十分にいやしてくれた。

アテネについてホテルで旅装を解くと間もなく 地質調査所から案内がきて 私どもは夕刻7時に地質調査所に出向いた。地質調査所は都心のビルに間借りしている小規模なもので 人員は40名ということである。ここには所長の YANNETAKIS 氏が待機されさっそく会議室に招かれた。会議室には討論会形式に机といすが並べられており 所長の歓迎のあいさつのあと 今回のオフィオライト巡検の問題点 成果といったものを わがギリシア地質調査所の所員に披露していただきたい旨のことばがあり 再び LAUBSCHER は座長のいすにかけさせられてしまった。

JACKSON BRUNN MOORES 各教授がギリシア巡検の印象といったものを述べたが ここではギリシア語への通訳が必要とあって 2倍の時間を費やすことになった。ひとわり儀式がすむと 今度はギリシア国立地質調査所でもっとも力を注いでいるボーキサイト資源の話を開いていただきたいという提案があって 長い長いギリシア語の講演を聞かされた。夜もふけて時計はすでに10時をまわっている。フランスの PARROT はここでも腹がへったぞとさわざたてたが まさしく彼の言うとおりで あちこちから苦笑が洩れはじめた。

10時半から海岸にある美しいレストランに用意されたギリシア国立地質調査所心づくしの夕食にありつき 先ほどからの空腹もみたされ 最後の夜は歓談つきところがなく 深夜の1時になって閉会が宣せられた。あちらでもこちらでも別れを惜しむあいさつがかわされていた。10日間の長きにわたっていっしょに山を歩き討論をした仲間はいつのもにか別れが辛いほどの友だちになっていたことをしみじみ感じたしだいである。



ア テ ネ 市 街

(付記)

来年の計画はどうなっているかと LAUBSCHER 教授に伺ったところ 今は何ともいえないということであった。責任のない一般参加者の話では 順序としてトルコに移る可能性が大きいから 事務局をおしつけられますよとおどかさされた。日本とトルコの2国の代表という顔をもっていた私にとって これはかなりの難題であった。ところで会議では英語とフランス語とが用いられ 時としてスペイン語もゆるされたことを付しておく。

(筆者は北海道支所 現在トルコ M.T.A.の研究 所において技術協力事業に従事)