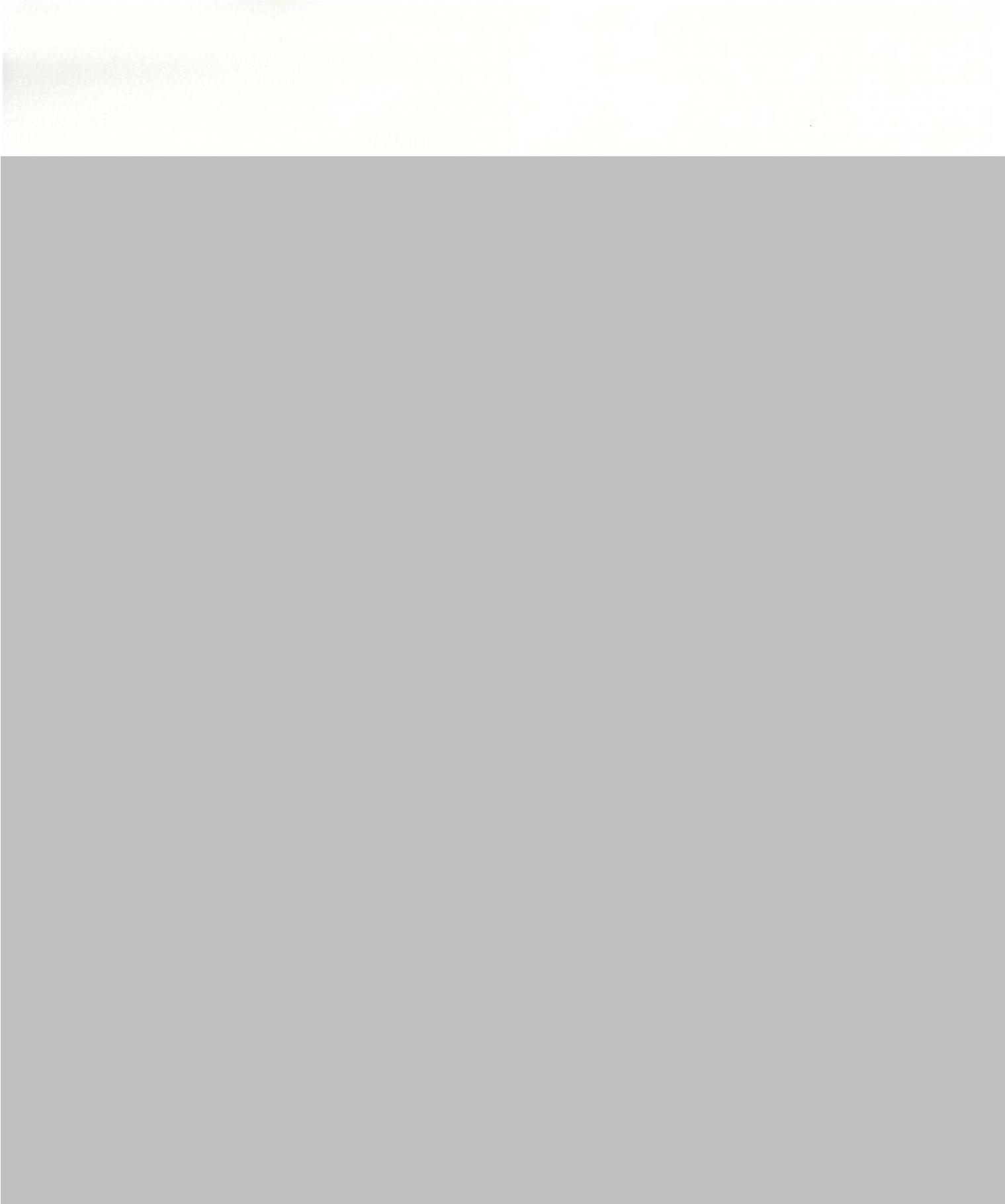


第7回 海外応用地質学調査団報告
(トルコ、ギリシャ、スイス)

平成 10 年 9 月

日本応用地質学会
海外応用地質学調査団







| | | |
|-----|---|------|
| 口絵 | アナトリア断層の衛星写真 | (8) |
| 口絵 | アテネ周辺の地質図 | (9) |
| 目次 | | (10) |
| 1. | はじめに(小島圭二) | 1 |
| 2. | 調査団および本報告書の概要(井上大榮、宇田進一) | 3 |
| 3. | トルコ編 | 15 |
| 3-1 | 北アナトリア断層の活動史 (井上大榮) | 15 |
| 3-2 | 北アナトリア断層スパンカ周辺 (大村一夫、村木輝幸) | 22 |
| 3-3 | 北アナトリア断層ゲレデ周辺 (金山清一、松浦一樹) | 33 |
| 3-4 | 北アナトリア断層イズニック湖畔及びバタデイグ峠 (竹内一郎、太田保) | 38 |
| 3-5 | 隊商宿とカイマクルの地下都市 (中下恵勇) | 43 |
| 3-6 | カッパドキア奇岩地帯その1 (山本 浩之) | 47 |
| 3-7 | カッパドキア奇岩地帯その2 (原田方人) | 51 |
| 3-8 | トルコ番外編 | 53 |
| | (1) トルコの物価事情 (能登谷勇人) | 53 |
| | (2) トルコにおける電気事業の概要 (井上大榮、能登谷勇人) | 54 |
| | (3) The age determination of the marine terrace in the vicinity of Altinova (大村一夫) | 59 |
| 4. | スイス編 | 65 |
| 4-1 | スイス地質巡検総括 (近藤達敏) | 65 |
| 4-2 | ユングフラウの地質と氷河 (村上徹) | 68 |
| 4-3 | ユングフラウヨッホ その2 (西柳良平) | 76 |
| 4-4 | フリムス地すべりとポナドウツ土石流堆積物 (伊熊俊幸、丹波齊) | 82 |
| 4-5 | シルスマリアからチューリッヒ (川地悟、岩崎毅吏) | 90 |
| 4-6 | アルビグナ重力ダム (飯島康夫) | 96 |
| 4-7 | ゴットハルトバシストンネルに関する見学と地質(近藤達敏、山根誠) | 112 |
| 5. | ギリシャ編 | 123 |
| 5-1 | コリンソス運河とデルフィ遺跡(金山清一、松浦一樹) | 123 |
| 5-2 | シンポジウムの風景 | 131 |
| | (1) Protection of historical and architectural heritage (大塚杉夫、緒方信一) | 131 |
| | (2) Environmental aspects of the design and construction of large engineering works and schemes その1 (川地悟) | 136 |
| | (3) Environmental aspects of the design and construction of large engineering works and schemes その2 (岡部幸彦) | 141 |
| | (4) Engineering geology and hydrology for environmental health-Waste disposal(村木輝幸、 大村一夫) | 142 |

(5) Environmental courses in geological and geotechnical education (丹波齊、伊能俊幸)

1.はじめに 小島圭二(第7回海外応用地質学調査団団長、前日本応用地質学会会長、

(6) Geological environment in urban and region planning and management

- (7) I AEGでの展示 CAD地質 (原田方人) 152
5-3 I AEG評議員会報告 (原田円、小島圭二、井上大榮) 153
6. おわりに (太田保) 160

（第7回海外応用地質学調査団）

1.はじめに

小島圭二(第7回海外応用地質学調査団団長、前日本応用地質学会会長、

東京大学名誉教授)

応用地質学調査団も數を加えて、本年で7回目となった。前応用地質学会会長の岡本隆一氏の力を入れた事業の一つである海外との交流も毎年定例の行事となり、これを心待ちにしておられる方から声がかかるようになってきた。この海外調査団は国際応用地質学会のシンポジウムや万国地質学会議などがあるときは、それへの参加と普段なかなかわが国では見られない応用地質学的意義の深いところへの巡検という形で実施してきた。ちなみに第1回はヨーロッパのマルバッセダムとバイヨントダム巡査、第2回はスエーデンとユーロトンネル巡査、第3回はフランスモンペリエでの国際応用地質学会シンポジウム出席とビレネー山脈巡査、第4回は国際応用地質学会の総会に合わせてポルトガル里斯ボンとアフリカ大西洋岸巡査、第5回はアイスランドの火山巡査およびギリスの古生界のタイブロカリティ巡査、第6回は万国地質学会議に合わせて中国へと世界を般にかけた調査団派遣であった。この調査団へは海外調査派遣の提案者で世話を役の宇田氏は全回出席されており、この派遣団が軌道にのつてきたのも宇田氏の努力によるものである。

本年は国際応用地質学会の会長であるマリノス氏のお隣元のギリシャのアテネにおいてシンポジウムを開催するということが、1994年のリスボンでの総会で決まっており、日本応用地質学会員も多数参加されるというとの情報があつたので、このシンポジウムへの参加とこの近くでの応用地質学巡査ということで計画した。ギリシャまで行くなら現在スイスで掘削されている極めて大きいゴットハルトンネルとトルコのアナトリア断層を見たいとの提案があり、ギリシャ、イス、トルコでは期間が長すぎるので2班に分けて、ギリシャ、スイスコースとトルコ、ギリシャコースとしてギリシャのシンポジウムは全員参加するという方式にした。

私自身は所用のために、日本応用地質学会代表として国際応用地質学会執行委員会と一緒にシンドボジウムに参加したのみであるが、6月のぎらぎらとした太陽を受けた地中海で開かれたこのシンポジウムは開会式を歴史のあるアクロポリスの丘のOdeon of Herod Atticusで行われ、子供たちの汚れの無い歌声を聞いたときには、本当に歴史の深い場所であるということを思いこさせるものであった。

この報告でも詳細に述べてあるが、シンポジウムの中間の日にシンポジウム参加者全員をバスツアー組とクルージング組に2分し、中間点のイテアで乗物を取り替えて同じコースをたどり日帰りの巡査が組まれた。古代ローマから懸案で19世紀についに完成したコリンソス運河と古代ローマ時代のデルフィーの遺跡を通るものであった。主催者の準備は十分に尽くされており、船の中でOHPを用いて、地中でコリソス運河の地質まで講義があり、非常に興味深いものがあった。また、船の中でピュッフェ形式の食事が出されるなど、ちょっとしたエーゲ海クルーズを楽しむことができた。

12日本応用地質学会主催の海外調査団は普段会員一人がなかなか毎回参加出来るも

のでは無いが、参加出来た会員はお互いに交流するとともに、海外で得た知識や情報をこのようないい報告書としてとりまとめ、会員の方々へ情報をお知らせすることも大きな意義を持つものと考えています。

2. 調査団および本報告書の概要

井上大榮（電力中央研究所）、宇田進一（ネットワーク・地球）

調査団は表-1に示すように30名の参加を得た。団とは別にギリシャアテネのシンボジウムでは数名の会員の参加が見られた。全体的には調査団は2つの班に分けて、第1班は先発組としてトルコのアナトリア断層巡検後シンボジウムに参加するもの、第2班はシンボジウムに参加後スイスのゴットハルトンネルなどスイスアルプスの巡検への参加ということとした。

全体の総団長として小島圭二日本応用地質学会会長にお引き受けを頂き、アテネでのIAEG評議員会への参加や各国との対応などお骨折りを頂いた。

第1班の行程は表-2に示す通りであるが、チームリーダーとして四国総合研究所の金山清一氏にお願いをした。すでに、事前の文献などの交換会を兼ねた結団式でお互いに知りあいになっており、6月15日に成田空港で和氣あいあいて旅の無事を祈り乾杯して出発した。イスタンブル直行便はないため、ロンドン経由でトルコへ入国した。

6月17日は観光を兼ねてマルマラ海に沿った露頭見学を船で巡検しながら、明日からアナトリア断層調査の時差調整を行った。トルコ国内での行程を図-1に示す。イスタンブルで今回の巡検の案内をしてもらえることになっているイスタンブル工科大学のDr. Ayuta Barkaと落ち合って明日からの行程を打ちあわせた。彼はこの地域のネオテクトニクス研究の第一人者で地質調査所の加藤さんの紹介を受け、快く引き受けもらつたものでこれから数日巡検を共にする。実際、気さくな研究者でトルコには彼のようなネオテクトニクスの研究者はほとんどいないなく、日本からトルコの研究を希望する人がくれば喜んで引き受けると言っていた。彼は現在GPSを用いたテクトニクスの解析に興味をもつていてはこの後の章に詳しく説明されるので、以下にトップ番号に対応

と見学の内容について簡単に記しておく。（番号は図-1のトップ番号に対応）

⑥ 6月18日

- 1.Spanca(Fault morphology and Historical canal)
- 2.Golcuk(Deformed Plio-Quaternary deposits)
- 3.Altinoba(Uplifted marine terraces)
- 4.Iznik(Fault scarps)
- 5.Kaynarca(Fault scarps and trenches)
- 6.Mektece(Fault scarps)
- 7.Bolu mountains(Fault morphology)
- 8.Abant(Fault morphology)
- 6月19日
- 9.Bolu 1(1944 rupture)
- 10.Bolu 2(Quarry and fault plane)
- 11.Ismetpasa(Creeping site)
- 12.Kapakli(Fault morphology)

- 13.Gerede 1(Trench site)
- 14.Gerede 2(1944 rupture zone)
- 15.Gerede 3(Offset stream)
- 16.Gerede 4(Offset scarp)
- 17.Gerede 5(Fault scarp)
- 6月20日
- 18.Ankara salt lake(Tuz Golu)
- 19.Sereflikochisar(Tuz Golu fault)
- 20.Aksaray(Tuz Golu fault)
- 21.Nevşehir-Cappadocia(Stone house)
- 6月21日
- 22.Cappadocia(Pyrocrastic rock erosion)
- 23.Kayseri(Eeemis fault)

- 6月28日
- 巡査箇所は多く設定されており、朝7時半出発後8時過ぎホテル到着などの強行日程となつた日があるが、この間にトルコの継続屋や陶磁器の店などをかけめぐり、また夜にはシシカバブーなどトルコ特有の料理を堪能した。6月21日はカイセリ空港からイスタンブルに戻り6月22日にギリシャ入りをした。
- 一方、第2班のスイス班は表-2、図-2の行程で調査旅行を行った。全行程のうち行程第8日目、調査団はアテネから空路オリンピック航空にてチューリッヒへと向う（所要時間約2時間50分）、チューリッヒは壘り模様、団員は4ペイジの表のように添乗員を含め14名、チームリーダーは近藤達敏氏（応用地質）、最長老は丹波齊氏（開発調査研）、最年少は西柳良平氏（建設技研）、専用バスにてインターラーケンへ向かう。近藤氏は今度のスイスコースのアレンジをお願いしたチューリッヒ工科大学(Swiss Federal Institute of Technology,Zurich, Switzerland)のコバリ(Kovari)教授とは旧知の間柄、インターラーケンの手前（ブリエンツ）でトイレ兼買い物休憩、ムムムムムム、・・・、ここは何処？バスがすらつと並び、歩いているのは日本人ばかり、これぐらいでは驚かないが、（よくある話）、なんと各店の前で”いらっしゃいませ”ではないか、店員の8割はやはり日本女性。聞いてみるとスイスに憧れてのテンボラリーなアルバイトだそうだ。それにしても、、、?この驚愕はインターラーケンに着いて倍加されることとなつた。夕刻間近のストリートを歩いているのはウインドヤッケに身を包んだ若岩男女ぜんぶ日本人、レストランにはウドン、ラーメン、おにぎり、カレーライス、、、何でもありだ。ところが一歩裏通りにはいると、そこは地元の人たちでバブやらビールやらにぎわっていた、よかつたここは間違いなくイスズだ。
- 6月29日
- あこがれのユングフラウヨッホ、名前がよい。3454m、ヨーロ

13. Gerede 1(Trench site)
14. Gerede 2(1944 rupture zone)
15. Gerede 3(Offset stream)
16. Gerede 4(Offset scarp)
17. Gerede 5(Fault scarp)
• 6月20日
18. Ankara salt lake(Tuz Golu)
19. Sereflikochisar(Tuz Golu fault)
20. Aksaray(Tuz Golu fault)
21. Nevşehir-Cappadocia(Stone house)
• 6月21日
22. Cappadocia(Pyrocrastic rock erosion)
23. Kayseri(Eeemis fault)

13. Gerede 1(Trench site)
14. Gerede 2(1944 rupture zone)
15. Gerede 3(Offset stream)
16. Gerede 4(Offset scarp)
17. Gerede 5(Fault scarp)
• 6月20日
18. Ankara salt lake(Tuz Golu)
19. Sereflikochisar(Tuz Golu fault)
20. Aksaray(Tuz Golu fault)
21. Nevşehir-Cappadocia(Stone house)
• 6月21日
22. Cappadocia(Pyrocrastic rock erosion)
23. Kayseri(Eeemis fault)

ツバ最高峰、天気は？雨ではないようだ。登山鉄道会社から案内役のDr. Hans Schluengger氏が、また地質の説明に若いWegmann氏が同行してくれる、登山鉄道はガタンゴトンと音を立てて登つてゆく、かなりの急勾配だ。トンネルは無巻き、遠くの景色はガスのためよく見えないが、アルプスの雰囲気は判る、盛んにシャッターの音が響く、やがてアイガー北壁の中腹に開けられた窓に達する。途中下車、どうやら外は吹雪のようだ。我々の頭は次第に意識朦朧となつてくる。終点、外にでる、やはり吹雪だ。なにも見えない、白一色。ここで岩盤計測現場の見学。ウエッグマン氏のレクチュア、近藤氏の通訳、しかし意識朦朧はますます激しくなる。こんな高山病は初めてだ。帰路、トンネルの中程で列車が止まる。ほかの乗客は何事かと首を出す。花崗岩と変成岩のコンタクトだ。わざわざ止めてくれたのだ。さすがは学会行事。サンプリングをしてまた下る。別ルートを下りグリンデルwaldでバスに乗り換える。この項は村上氏、西柳氏が詳述してくれることとなつている（4-1、4-2章）。

• 6月30日

快晴、Low教授と若いWyss博士と合流してゴットハルトバシリスツンネル予定期と向かう。

予定期全体が見渡せるHuserbergという対岸の小高い所に登つて説明を聞く、分かり易い英語で、ほつとする。例によつて近藤氏の熱心な通訳つき、耳慣れない地層名がでてきて判りずらいが、別に用意してくれた資料(Geological-Geotechnical Excursion, Gotthard Base Tunnel)があり何とか理解できた。どうやらスイスアルプスの下部の地層を横切つていくようだ。対岸から見みると露頭は良さそうだがが岩盤滑りのようにもみえる。ついで資料に従つて各地点を次々と見ていくこととなる。gneissやschist等人種は違つても地質は世界共通、岩を見れば容易に理解できる。破碎帶はやはり破碎帯。

昼食後、トンネルに現して説明を受けた後、説明用の模型を見学する。ユーロトンネルの時もそだつたが、ヨーロッパ人はこういう一般人向けのディスプレイには相当お金をかけているようだ。岩石サンプルもたくさん用意されている、この後作業坑にはいる。濡れるといけないので雨羽羽を貸してくれた。が、ダブルダブだ。岩は堅硬だ。小断層沿いに少し茶色くなっている程度だ。さてこの見学の最後問題が発生した。

Low教授はもつとたくさん見せてくれる予定であったが、バスの運転手によると、残業はユニオンの規定によりできないとのことで、かなり脱得したが結果あきらめることなり、一路次の宿泊地であるシルスマリアへと向かつた。高原の保養地と言う感じの場所だ。ホテルは中程度の、家族的雰囲気のある気持のよいホテルだ。夕食にワインを頼む。よく見るとリストになんどあのシャトーマルゴーの1985があるではないか。それでも日本では考えられないような値段で（勿論安いと言ふ意味です）。

これをオーダーしたら美しいお嬢さんがたくさんでてきてサープしてくれた。香りといい、輝きといい、勿論口に合んだ感じといい、まさに期待に違わぬ一品であった（お嬢さんではなく、ワインのことです）。これだけでも来た甲斐があつたといつものだ（本日分は近藤氏が4-6章で詳述）。

たのだ！？Low教授とはここでお別れだ。教授のアドレスと電話番号を聞く。後日チューリッヒに寄るときのために、昨日サンブルを沢山採取したひとは、郵便局を探して日本に送る仕事を朝飯の後に済ました。昨晩から合流してくれたDr. Peter Zwahlenが本日の案内役だ。氏は一人でコンサルタントをやっていること。Peterさんはと山道を徒步で全体が見えるところへと向かう。高原の空気は澄明で頗りいている。

これがスイスの空気か、胸一杯に吸い込みながら歩く。Filmsの地滑りの全体像が眼前に現れる。これは地滑りと言うよりは巨大な岩盤滑りだ。傾いたテープル状の滑り残つている山体（岩体ではない）もその頂部は、層理面を反映して川側へ約20度傾いており、頂部から切り立った高さ500mの崖がほぼ垂直にそびえている。この崖の足下を滑り面として今にもこの残った山体が滑ってきてきそうな感じがする。ここで Peter 氏のレクチャーを受け、滑り土塊を見にゆく。破碎されたストレートからなる土塊？（岩塊）だ。足下を見ると遙か下方にRhein川が見える。驚くべきことにこの川沿いに鉄道が通つている。この鉄道の山側斜面はこの地滑り土塊だ。メインテンナンスが大変だろうなと思う。（これについては伊熊氏と丹波氏が4・3章で詳述。）

この地を後にしてもバスはアルビガナダムへと向かう。この項はアイ・エヌ・エーの飯島氏の担当だ（4・4章）。詳細はそちらを参照されたい。このダムはいわば滝の上に造られたようなもので遙か下方より仰ぎ見るとダムの全体像がよく見れる。中空式重力ダム、ダムのヒールの部分にクラックがはりこりこれを日本では考えられないような方法でリペアしたこと。ダムへのアクセスはケーブルカーだ。道路はない。案内はチューリッヒ工科大学のRoland Bischoffさん、ダムサイトに到着、見るとダムサイト左岸の岩壁に数人の人が点のように見えるではないか、ロッククライミングの練習場となつているようだ。我々は上ではなく地下（監査廊）へと潜る。なるほど、ジョイントの部分を除き中空だ。アンカーや水圧計を見学してダムのトウへと出た。再びケーブルカーに乗り下山。バスは次の宿泊地であるシルス・マリアは山間の小さな湖畔の村だ。

・7月2日

本日は来た道をひたすら戻りチューリッヒへと向かう。ケーブルカーにてチューリッヒ工科大学の近くに至る。しかし記憶が鮮明でないと地図が不確かなので、道に迷つてしまつた。うろうろしていると、つかつかと背の高い青年が寄ってきて、どうかしましたか、と流ちょうな日本語で話しかけてきた。カクカクシカジカと地質図を探しているのだと話すと、彼はあちこちに電話してくれて、なをかつて、なをかつて、などと云ふ言葉で話してくれたのだ。彼が言うには、大阪大学に留学していたときには日本人にえらく親切にしてもらつたので、その恩返しだ、とのことだ。結局その店にはなくて、店員に地図を書いてもらつて地質博物館のラボを探すこととなつた。しかしながら見つからずレストランでピールを飲みながら作戦を練る。ウエイトレスに聞くが彼女は英語が得意では

ない、彼女が我々のテープルの隣にいた学生たちになにやら聞いていたが、またもやハッピーなことに、この学生たちはラボに至る。が、ここでは買うことはどうできないことでのことで、また地図を書いてもらうこととなつた。結果出发点の近くの駅前通りにある本屋さんだった。この店の地質図は我々が買い占めてしまつた。日本人の団体がくると特定の商品がなくなつてしまつた。世界中に知れ渡つてしまつたーカナ？

・7月3日

チューリッヒからパリへと飛ぶ、シャンゼリゼ通りの近くの地図屋に行く。実に様々な地図やら地質図やらを売っている。特に印象深かったのは、人工衛星から見た夜の景色だった。文明地は黄色く輝いているが、そうでない大部分の所は深い闇となっていた。こんなものを商品として売っているフランスといふ国だ。いくつかの地質図を求めて、ついでにワインを探す、しかし求めるものがない。明日の仕事にしよう。

・7月4日

パリ。再び資料を求めて各自三々五々市内に散る。夜、最後の晩餐。ロートシルト・85にお目にかかる。またもやリーズナブルな手段。しかしこの薬臭いような香りはなんだ？ グラスのサイドと言わず底と言わざオリがへばりついでいる。テイスチングに首を傾げるとウエイトレスの顔が青ざめた。やられたと思った。しかし口にはできなかつた。東洋人はこんな高価なものは飲むなというコトカ？ フランスでは何度かこれと似たようないい出来事だ。何はともあれ全員無事、明日は妻子の待つ日本へ出発だ。

・7月5日 パリ発。

・7月6日 朝成田着。

表-2 トルコギリシャ班行程

| 閣大成ツーリスト | | | | | | | | |
|----------|-------------|-------------------------|----------------|--------------------------|--|----|--------------------------|--|
| 日程表 | | | | | | | | |
| 日次 | 月 日 (曜) | 地名 | 現地時間 | 交通機関 | 行程 | 食事 | | |
| 1 | 6/15 (日) | 成田 ロフト(ヒ-30-) | 13:55 18:25 | BA008 専用車 | 直行便にてロンドンへ 「所要時間：12時間30分」 着後、ホテルへ[7シダト所] ※空港に隣接しているホテルを予定 <ロンドン泊> | | 機内食 2回 | |
| 2 | 6/16 (月) | ロンドン(ヒ-30-) イスタンブール着 | 09:15 15:00 | BA676 専用車 | [所要時間：3時間45分] 着後、ホテルへ[アシタト所] | | 朝：ホ 昼：レ 夕：レ タ：レ | |
| 3 | 6/17 (火) | イスタンブール滞在 | 終日 | 専用車 | イスタンブール市内観察 ◎ブルーモスク、アヤ・ソフィア、 地下宮殿etc | | 朝：ホ 昼：レ 夕：レ タ：レ | |
| 4 | 6/18 (水) | イスタンブール着 | 午前 | 専用車 (8時30分) /80km | 陸路にてイズニッカへ イズニック視察[8時所] | | 朝：ホ 昼：レ 夕：レ タ：レ | |
| 5 | 6/19 (木) | ボルサル ボル | 午前 | 専用車 (1時30分) /170km | ボルガラ断層視察 ボルガラ断層視察 <ボル泊> | | | |
| 6 | 6/20 (金) | アンカラ着 | 午後 | 専用車 (8時30分) /135km | 陸路にてゲレデヘ アナトリア断層視察 ゲレデ視察[8時所] 終了後、イミット(イマ)サルガラヘ 半乾燥地域の地形地質観察 イミットバツサ周辺視察 [8時所] 終了後、アンカラへ <アンカラ泊> | | 朝：ホ 昼：レ 夕：レ タ：レ | |
| 同 | 原田円 | アンカラ発 カッパドキア | 午後 | 専用車 (8時30分) /350km | 陸路にてカッパドキアへ カッパドキア地方 地形 地質 地下都市視察[8時所] ◎ユルギュップ、ギヨレメ、 カイマクルなど <カッパドキア泊> | | 朝：ホ 昼：レ 夕：レ タ：レ | |

| スイスギリシャ班団員構成 | | | | | | | | |
|--------------|-------|-----------------|--------------|------|----------------|--------------|------|----------------|
| 団構成 | 氏名 | 会社名 | 所属 | 会社名 | 所属 | 会社名 | 所属 | 会社名 |
| 団長 | 小島圭二 | 東京大学 | 工学部地球システム工学科 | 小島圭二 | 東京大学 | 工学部地球システム工学科 | 小島圭二 | 東京大学 |
| リーダー | 近藤達敏 | 応用地質(株) | 九州支店技術部 | 飯島泰夫 | (株)アイ・エヌ・エー | 地質研究室 | 飯島泰夫 | (株)アイ・エヌ・エー |
| 団員 | 伊熊俊幸 | (株)ダイヤコンサルタント | 名古屋支店地質部 | 岩崎毅史 | 八千代エンジニアリング(株) | 地質部 | 岩崎毅史 | 八千代エンジニアリング(株) |
| 同 | 大内忠臣 | (財)ダム技術センター | 企画部 | 川地悟 | 同 | 技術第3部 | 川地悟 | 同 |
| 同 | 丹波齊 | (株)開発調査研究所 | 調査設計部 | 外山涼一 | (株)荒谷建設コンサルタント | 地質部 | 西柳良平 | (株)建設技術研究所 |
| 同 | 村上徹 | (株)開発土木コンサルタント | 地質事業部地盤研究室 | 山根誠 | 応用地質(株) | 企画部 | 横田光弘 | スイモンリサーチ(株) |
| 同 | 宇田進一 | ネットワーク・地球 | | | | | | |
| ギリシャトルコ班団員構成 | | | | | | | | |
| 団長 | 小島圭二 | 金山清一 | 四国総合研究所 | 太田保 | (株)復建技術コンサルタント | 企画部 | 大村一夫 | (株)大和地質研究所 |
| リーダー | 井上大榮 | (財)電力中央研究所 | 地質部 | 大塚杉夫 | 日本工営 | 地質部 | 緒方信一 | 中央開発(株) |
| 団員 | 高見智之 | 国際航業(株) | | 竹内一郎 | 日本振興(株) | | 中下恵勇 | (株)建設技術研究所 |
| 同 | 能登谷勇人 | 北電興業(株) | 仙台支店 | 同 | 原田方人 | (有)ハラダ・フィピー | 同 | 原田円 |
| 同 | 松浦一樹 | (株)ダイヤコンサルタント | 地質部 | 同 | 村木輝幸 | (株)大和地質研究所 | 同 | 原田円 |
| 同 | 山崎淳 | 北海道開発コンサルタント(株) | 地質部 | 同 | 山崎淳 | 土木本部技術設計部 | 同 | 原田円 |
| 同 | 山本浩之 | (株)ハザマ | | 同 | | | 同 | 松浦一樹 |

| 日次 | 月 日 (曜) | 地 名 | 現地 時間 | 交通機関 | 行 程 | 食 事 |
|--------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------|---|-------------------|
| 7 | 6/21 (土) | カッパドキア発 カイセリ着 イスタンブル着 | 午 前 午 後 15:50 17:15 | 専用車 専用車 TK235 専用車 | カッパドキア地方視察 ◎ゼルヴェ、カイセリなど [が作所] 陸路にてカイセリ空港へ [が作所] 空路にてイスタンブルへ [所要時間: 1時間25分] 到着後、ホテルへ <イスタンブル泊> | 朝:ホ 昼:レ 夕:レ |
| 8 | 6/22 (日) | イスタンブル発 アテネ着 | 10:05 11:20 午 後 | 専用車 OA322 専用車 | ホテルより空港へ [アシタント所] 空路にてアテネへ [所要時間: 1時間15分] アテネ市内視察 [が作所] <アテネ泊> | 朝:ホ 昼:レ 夕:レ |
| 9 13 | 6/23 (月) 6/27 (金) | アテネ滞在 | 終 日 | | IAEG Symposium <アテネ泊> | 朝:ホ 昼:- 夕:- |
| 14 | 6/28 (土) | アテネ発 ロンドン(ヒースロー)着 ロンドン(ヒースロー)発 | 08:00 10:00 13:25 | 専用車 BA631 BA005 | 出発まで任意視察及び資料整理 ホテルより空港へ [アシタント所] ロンドン乗り継ぎにて成田へ [所要時間: 4時間00分] [所要時間: 11時間45分] <機内泊> | 朝:ホ 昼:- 夕:機 |
| 15 | 6/29 (日) | 成 田着 | 09:10 | | | 昼:機 |

*発着時間、交通機関等は変更になる場合がございます。

【利用予定航空会社】 BA : 英国航空 OA : オリンピック航空 TK : トルコ航空

【食 事 条 件】 ホ: ホテル内レストラン レ: 市内レストラン 機: 機内食 -: 各自

表一3 ギリシャスイス班行程

日 程 表

備大成ツーリスト

| 日次 | 月 日 (曜) | 地 名 | 現 地 時 間 | 交 通 機 関 | 行 程 | 食 事 |
|----|---------------------------------|--|-------------------------------------|---|---|-------------------|
| 1 | 6/21 (土) | 成 田 発 | 2 1 : 5 5 | A F 2 7 3 | パリ乗り継ぎにてアテネへ [所要時間：13時間30分] <機内泊> | 機内食 2回 |
| 2 | 6/22 (日) | パリ(ド・ゴル) 着 パリ(ド・ゴル) 発 ア テ ネ 着 | 0 4 : 2 5 0 9 : 4 5 1 4 : 0 0 | A F 2 5 5 6 専 用 車 | 到着後、空港内のシェラトン・ホテル にて仮眠 空路にてアテネへ [所要時間：3時間15分] 着後、ホテルへ [アシスタント所] <アテネ泊> | 朝：木 昼：機 夕：- |
| 3 | 6/23 (月) 6/27 (金) | ア テ ネ | 終 日 | | A E G S y m p o s i u m 参加 <アテネ泊> | 朝：木 昼：- 夕：- |
| 8 | 6/28 (土) | ア テ ネ 発 チューリッヒ 着 チューリッヒ 発 インター-ラ-ケン 着 | 1 1 : 0 0 1 2 : 5 0 | 専 用 車 O A 1 3 1 専 用 車 (約2時間 /130km) | ホテルより空港へ [アシスタント所] 空路にてチューリッヒへ [所要時間：2時間50分] 到着後、陸路にてインター-ラ-ケンへ [アシスタント所] <インター-ラ-ケン泊> | 朝：木 昼：レ 夕：レ |
| 9 | 6/29 (日) | インター-ラ-ケン 発 ユングフラウ インター-ラ-ケン 経由 ルツェルン 着 | 午 前 夕 刻 | 登 山 列 車 専 用 車 (約1時間30分/ 74km) | 列車を乗り継ぎユングフラウへ スイスアルプス地質構造等視察調査 ユングフラウ・ヨッホ視察 [ガイド所] 着後、専用車に乗り換えルツェルンへ <ルツェルン泊> | 朝：木 昼：レ 夕：レ |
| 10 | 6/30 (月) | ルツェルン 発 ※シュピーゲル フ リ ム ス 着 | 午 前 夕 刻 | 専 用 車 (約3時間30分 /166km) | 陸路にてフリムスへ (Erstfeld, Amsteg, Sedrun経由) ゴットハルトバシス・トンネル視察 [ガイド所] <フリムス泊> | 朝：木 昼：レ 夕：木 |
| 11 | 7/ 1 (火) | フ リ ム ス 発 シルス・マリア 着 | 午 前 夕 刻 | 専 用 車 (約 2時間 /100km) | 陸路にてシルス・マリアへ アルビグナダム視察 [ガイド所] <シルス・マリア泊> | 朝：木 昼：レ 夕：木 |

| 日次 | 月 日 (曜) | 地 名 | 現 地 時 間 | 交 通 機 関 | 行 程 | 食 事 |
|----|------------|---------------------|-----------------------|------------------------------|--|-------------------|
| 12 | 7/2 (水) | シルス・マリア発 チューリッヒ着 | 午 前 午 後 | 専 用 車 (約3時間30分 /206km) | 陸路にてチューリッヒへ チューリッヒ工科大学訪問 昼食後、自由行動 ＜チューリッヒ泊＞ | 朝：ホ 昼：レ 夕：レ |
| 13 | 7/3 (木) | チューリッヒ発 パ リ着 | 10:15 11:30 午 後 | 専 用 車 AF 2885 専 用 車 | ホテルより空港へ [アシスタント所] 空路にてパリへ [所要時間：1時間15分] 到着後、パリ市内視察 [ガイド所] ＜パリ泊＞ | 朝：ホ 昼：レ 夕：レ |
| 14 | 7/4 (金) | パ リ滞在 | 終 日 | | 国際応用地質学会 (IAEG) 本部訪問 任意視察及び資料整理 ＜パリ泊＞ | 朝：ホ 昼：一 夕：レ |
| 15 | 7/5 (土) | パ リ 発 | 13:30 | 専 用 車 AF 276 | 出発まで任意視察及び帰国準備 ホテルより空港へ [アシスタント所] 直行便にて成田へ [所要時間：11時間45分] ＜機中泊＞ | 朝：ホ 昼：一 夕：機 |
| 16 | 7/6 (日) | 成 田 着 | 08:15 | | | 朝：機 |

※発着時間、交通機関等は変更となる場合がございます。

【利用予定航空会社】 AF : エールフランス OA : オリンピック航空

【食 事 条 件】 ホ : ホテル内レストラン レ : 市内レストラン 機 : 機内食 自 : 各自

【利用予定ホテル】 ア テ ネ : アテネ・ヒルトン (シンポジウム会場ホテル)
 インターラーケン : ホテル・メトロポール
 ルツェルン : フローラ・ホテル
 フリムス : シュヴァイツァー・ホフ・ホテル
 シルス・マリア : エーデルワイス
 チューリッヒ : ソフィテル・チューリッヒ
 パ リ : ホテル・ロッティ



3. トルコ編

3-1 北アナトリア断層の活動史

ナゴイ

井上大榮（電力中央研究所）

（1）はじめに

北アナトリア断層は世界でも最も有名な活断層の一つといつても過言では無い。それはその長さはいくつかのセグメントをあわせても 1500 km を越える長い断層であること、またこの断層の西側のセグメントが 1930 年代から 1960 年代にかけて西の Erzincan から次々と西の Mudurnu までの 900 km にわたって順次活動して地震を起こしていること、一回の活動で 350 km の長さの地震断層が現れたことなどで有名であるが、まだその活動の詳細な歴史やセグメント問題なども未解明なところが多く非常に興味深い断層である。

ここではアナトリア断層の分布や活動性について文献から簡単に紹介する。Barka(1992)が *Annales tectonicae* に The Anatolian fault zone という論文を出しているが、それにアナトリア断層を総説的に述べているので、大部分はそれから引用して紹介するためこの論文からの引用は特に引用個所として記さない。

（2）北アナトリア断層の位置とテクトニクス

トルコは北に黒海、南に地中海、西にエーゲ海にはさまれているが、トルコが位置する半島そのものはアナトリア半島と呼ばれている。Barka and Kandinsky-Cade, 1988によれば、アナトリア半島には正断層、逆断層、横ずれ断層いずれも活断層として分布しており、アクテブな地域である。（図-1）この地域には大局的に見ると北側のユーラシアプレートと南側のアフリカプレートとアラビアプレートに挟まれている。アナトリア断層はユーラシアプレートとアフリカプレート、アラビアプレートを境しているプレート境界の断層であるという考え方とユーラシアプレートとアフリカプレートに挟まれたアナトリア半島そのものが一つのマイクロプレートとする考え方がある。

アナトリア断層は北アナトリア断層とその東側の北東アナトリア断層、南側の東アナトリア断層と呼ばれるものがあるが、北アナトリア断層は右ずれ、北東アナトリア断層は左ずれ、東アナトリア断層は左ずれとして図示してある。

北アナトリア断層は東側ではほぼ一本の断層として図示できるが、西側のイスタンブルの近くに来ると 3 本のほぼ平行なセグメントに別れてくる。（口絵衛星写真参照）

（3）アナトリア断層の変位量

ここ 30 年間にアナトリア断層に沿った全体の変位量については二つの異なる考え方方が議論されている。

アナトリア断層の活動が始まった時代は後期中新世と前期鮮新世の間と言われている。Sengor(1985), Sengor et al(1985)は後期中新世の始まりの頃 (13 Ma) でその直後にアラビアプレートとユーラシアプレートの衝突が東アナトリアで起こったとしている。一方 Barka and Hancock(1984), Barka(1985), Barka and Gulen(1989) はアナトリア断層は鮮新世の初期に活動を開始したとしている。

Pavoni(1961)はアナトリア断層を挙んだジュラ紀から白亜紀の地層を対比し、350一本の断層トレスのうちの1本の値であるとしている。同様にKargi-Kamli地区での変位量は 2.6 ± 2 kmであるとした。Saroglu(1988)はGeredeとYenicagaの間では始新世の火山岩をマーカーとしてその変位量を 2.5 kmとした。

また、西側のアナトリア断層は3本に分かれると、それぞれの変位量も推定されている。中央のセグメントについて、KocayigitはGeyve盆地ではSakayallıの変位から 2.2 kmとしている。Sipahioglu and Matsuhashi(1986)はİznikとMekteceの間の中央のセグメントにおいて新第三紀初期から 2.5 kmの変位があるとした。ブルアパートベイズンである、Karamursel地域において反射法によって 8 kmの変位が推定されている。Kopp et al.(1969)は北のセグメントではTekirdağ背斜の変位が晚新世の地層を 8 kmの右横ずれさせていたとしている。

以上詳細に変位量について述べてきたが、これらをまとめると東側では 4.0 ± 5 km、西側では 2.5 ± 5 kmの値となる。この西側に行くにしたがって変位が減少するのはアナトリアブロックの内部変形でまかねわれているとされている。実際、マルマラ海地域ではエーゲ海や西トルコのエックスステーションによつて 3.0 ± 5 km程度らしい。スリットプレイトに換算すると、KarlıovaとErzincanでは年間に 1 cm、ErzincanとNiksarの間では年間に $0.7 - 0.8$ cm、NiksarとBoluの間は年間に $0.5 - 0.6$ cmとなる。Marumara海付近では少しこれらの値より再び大きくなるものと推定されている。

(4) アナトリア断層の地形的特徴

アナトリア断層の活潻としての地形的特徴が良く現されている場所は、断層の東側のKanlıoba、Yedisu地域でそこは1949年に地震断層が地表に現れた所であるが、河川や尾根のオフセット、断層崖、直線状の谷、バルジなどが顕著である。CaykomuとTanyeriでもよく見られる。Erzincanの北西のKeklik valleyでは断層露頭がみられる。Bahık村の西 4.0 mには川にはプレッシャーリッジ、引張割れ目、断層面などの断層変形地形が見られる。Refahiyeの北 5 kmでは河川のオフセットなどの様々な活構造の変形が見られる。Resadiyeの西数kmの所のKeklik valleyでも断層露頭が見られる。

NiksarとHayzaの間の特にAyanとTepekista villageの間、Tasova、Desice、Ladikの北、Havzaなどでは活断層地形がよく見られる。Havaの東 1.0 kmのYenice村より 1 km東では断層露頭が見られ、そこでは上位ボンタス層と下位ボンタス層の断層変位が見られる。それより西側になると断層は東西に方向を変え、Toysaの北で断層の走向が曲がってくる。この辺ではBercin村で沢山のオフセット地形が見られる。Iğazからİsmepasaにかけてはアナトリア断層で唯一見られるクリープの場所である。İsmepasa, Gerede, Boluまでの点で、断層は鮮明になる。東Marumara地域で3本のセグメントに分かれ、それぞのすべては鮮明に解る訳ではない。İznik湖の近くに来るトリニアメントはよく解るようになる。また西Marmara地域のBiga半島では1912年の地震断層はオフセットや断層崖などこれまでに述べてきた主断層と似た地形を示すようになる。ここでは断層の種類は正断層が卓抜してくるがあまりはつきりとしない。Marumara地域では断層セグメントは短く、連続性は良くなく、ステップするため大小の盆地を作っている。

5. アナトリア断層の地震活動

Pavoni(1961)はアナトリア断層を挙んだジュラ紀から白亜紀の地層を対比し、350一本の断層トレスのうちの1本の値であるとしている。同様にKargi-Kamli地区での変位量は 2.6 ± 2 kmであるとした。Saroglu(1988)はGeredeとYenicagaの間では始新世の火

山岩をマーカーとしてその変位量を 2.5 kmとした。

また、西側のアナトリア断層は3本に分かれると、それぞれの変位量も推定されている。中央のセグメントについて、KocayigitはGeyve盆地ではSakayallıの変位から 2.2 kmとしている。Sipahioglu and Matsuhashi(1986)はİznikとMekteceの間の中央のセグメントにおいて新第三紀初期から 2.5 kmの変位があるとした。ブルアパートベイズンである、Karamursel地域において反射法によって 8 kmの変位が推定されている。Kopp et al.(1969)は北のセグメントではTekirdağ背斜の変位が晚新世の地層を 8 kmの右横ずれさせていたとしている。

以上詳細に変位量について述べてきたが、これらをまとめると東側では 4.0 ± 5 km、西側では 2.5 ± 5 kmの値となる。この西側に行くにしたがって変位が減少するのはアナトリアブロックの内部変形でまかねわれているとされている。実際、マルマラ海地域ではエーゲ海や西トルコのエックスステーションによつて 3.0 ± 5 km程度らしい。スリットプレイトに換算すると、KarlıovaとErzincanでは年間に 1 cm、ErzincanとNiksarの間では年間に $0.7 - 0.8$ cm、NiksarとBoluの間は年間に $0.5 - 0.6$ cmとなる。Marumara海付近では少しこれらの値より再び大きくなるものと推定されている。

(4) アナトリア断層の地形的特徴

アナトリア断層の活潑としての地形的特徴が良く現されている場所は、断層の東側のKanlıoba、Yedisu地域でそこは1949年に地震断層が地表に現れた所であるが、河川や尾根のオフセット、断層崖、直線状の谷、バルジなどが顕著である。CaykomuとTanyeriでもよく見られる。Erzincanの北西のKeklik valleyでは断層露頭がみられる。Bahık村の西 4.0 mには川にはプレッシャーリッジ、引張割れ目、断層面などの断層変形地形が見られる。Refahiyeの北 5 kmでは河川のオフセットなどの様々な活構造の変形が見られる。Resadiyeの西数kmの所のKeklik valleyでも断層露頭が見られる。

NiksarとHayzaの間の特にAyanとTepekista villageの間、Tasova、Desice、Ladikの北、Havzaなどでは活断層地形がよく見られる。Havaの東 1.0 kmのYenice村より 1 km東では断層露頭が見られ、そこでは上位ボンタス層と下位ボンタス層の断層変位が見られる。それより西側になると断層は東西に方向を変え、Toysaの北で断層の走向が曲がってくる。この辺ではBercin村で沢山のオフセット地形が見られる。Iğazからİsmepasaにかけてはアナトリア断層で唯一見られるクリープの場所である。İsmepasa, Gerede, Boluまでの点で、断層は鮮明になる。東Marumara地域で3本のセグメントに分かれ、それぞのすべては鮮明に解る訳ではない。İznik湖の近くに来るトリニアメントはよく解るようになる。また西Marmara地域のBiga半島では1912年の地震断層はオフセットや断層崖などこれまでに述べてきた主断層と似た地形を示すようになる。ここでは断層の種類は正断層が卓抜してくるがあまりはつきりとしない。Marumara地域では断層セグメントは短く、連続性は良くなく、ステップするため大小の盆地を作っている。

北アナトリア断層は1939年12月にマグニチュード8のエルジンジャンド8の地震が発生し、有名になった。この地震によって死者4万人、倒壊家屋14万戸の被害があったとされている。これ以降1942、1943、1944年と続いて地震が起こり、Erzincan盆地からAbant湖までの総計900kmにわたって地表地帯断層が現れた。(図-1)その後1957、1967年に西に進みSpanca湖までに及んだ。さらにMarmara地域でも1912、1953、1964年に東側でも1949、1966年に地震が発生している。特にセグメントのうちで地震がない場所についての将来的地震の発生が危惧されている。1881-1990のマグニチュード4.5以上の地震をプロットしてみると、アナトリア断層が1976年から始まっているが、マグニチュード2.5以上の地震分布を見てみると、北のセグメントが活動的となつており、ブルアパートベイズンをつなぐ横ずれ断層系はあまり活潑ではない。(図-2)

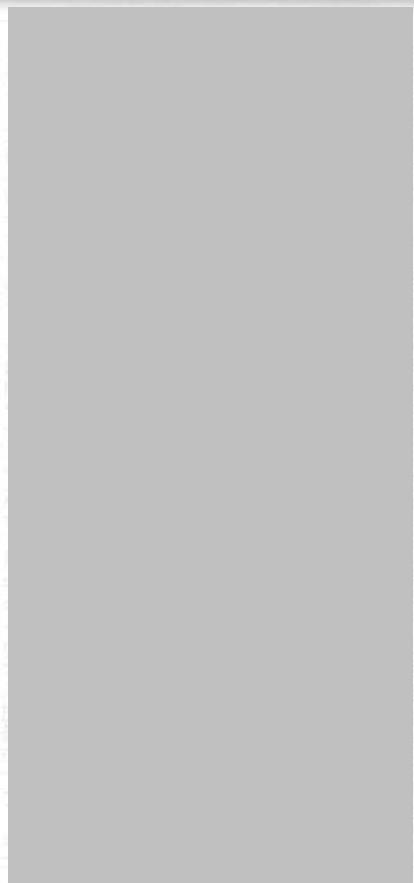


図-2 アナトリア地域の地震分布 (1963-1988) (Barka and Reilinger,1997)

1957年の地震の変位量は1.6m、1967年の地震の変位量は1.9mであった。西に行くにしたがつて、変位量が小さくなつていくのはサイズミックギャップがそこにあるのではないかと考えられている。ここでは少なくとも二つのサイズミックギャップがあり、一つはSusehriとTosyaの間、もう一つはMudurnu valley(変位量が3.5mから1.9mに減ずる)とされている。1944年の地震の変位量が小さな地域では1.951年のマグニチュード6.9の地震で補完されている。Ismepasaでのクリープの部分は1944年地震のスリップがまだ残つていると考えられている。

(7) トレーニング調査によるアナトリア断層の活動性
Ikeda et al.(1991)は1967年のMudurnu地震のトレーニングを行つていている。場所はMudurnu valleyに沿つたBekdubuという村の近くで、1967年の地震で幅5m、高さ1.650±2.00cmの焼出崖が出来たところである。この結果1967年の1回前の地震は1月17日に記録されていることから、トレーニング結果はこの地震に対応する可能性が高いとしている。その結果300年の活動間隔が推定された。一方、KuscuはGeredeで1994年の地震跡を掘削したトレーニングでは1944年に発生した程度の大きさの地震の平均活動間隔が2.50年程度であるとしている。

一方Iznik東部におけるトレーニングではHonkura and Isikara(1992)はトレーニング結果から200-500年前に地震活動があつたとしたが、歴史地震や考古学調査の結果ではこれにあうものが無いとし、500年前よりもっと古い時代に地震活動があつたのではないかとも言われている。

Yoshioka(1994)はアナトリア断層の西側のIznik湖の東側のIznikの町の南側に当たる場所である。ここでは過去の地震の活動を紀元前3-4世紀およびそれより後に1回としている。
(8) アナトリア断層によるひずみの量
アナトリア断層は後期中新世に南北方向の圧縮の時代と鮮新世初期の今のような変形が始まつた時期の二つの時期に分けられる。変位量は東側では 4.0 ± 5.0 kmで西側では 2.5 ± 5.0 kmと変化していく。より西へ行くと、変位量は再び増える傾向にある。地質学的データからスリップレイトは0.5-1cm/yearでトレーニング調査結果の0.6-1.6cm/yearと調和的である。地震活動から 3 cm/year と計算されるが、それよりも小さな値を示す。GPSによる地表変形からは $2.5 \pm 0.9 \text{ cm/year}$ の値が得られており、これは地盤データとは調和的である。1939年の地震の最大変位量7.5mで活動間隔900年(歴史地震の1045と1939年)から計算するとスリップレイトは 0.8 cm/year となる。

(6) 地震断層の変位量
1939年のErzincan地震は3.60kmに亘つて活動しているが、その横ずれ変位量は最大で7-7.5mである。それはErzincanの北で断層の走向が約20度屈曲している所で記録されている。Keklikセグメントでは4-4.5m、Ezinepazarセグメントでは2-2.5mの横ずれ変位があつた。

1942年の地震の変位量は最大1.7mであつた。これは1939年のErzincan地震でも動いた場所と重なつた場所でも記録されている。

1943年の地震の中央部と東部では1.75-2.5mの変位量であつた。西側では4-4.5mであつた。

1944年の地震では西側半分では3.5m、東側のGeredeで1-2m以下となつてい

- Ayutun(1980)Creep measurements in the Ismetpasa region of the North Anatolian fault zone,
symp.Multidisciplinary approach to earthquake prediction,279-292
- Barka and Kandinsky-Cade (1988) Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on
earthquake activity, Tectonics,7,3,663-684
- Barka(1992)The north Anatolian fault zone, Annales Tectonicae , Specdial Issue, 164-195
- Hancock and Barka(1980)Plio-Pleistocene reversal of displacement on the north Anatolian fault
zone, nature, 286,591-594
- Barka and Hancock(1984)Neotectonic deformation patterns in the conve-northwards arc of the
North Anatolian fault, Spec Plubl Geol SOC. Londo,763-773
- Barka(1985)Geology and tectonic evolution of some Neogen-Quaternary basins in the north
Anatolian fault zone, Special Issue, Publ. Geol. Soc. Turkey, 209-227
- Barka and Gulen(1989)Complex evolution of the Erzincan basin (Eastern Turkey) and its
pull-apart and continental escape origin. Jour. Structur. Geol. 11,3,275-283
- Barka and Gulen(1988)New constraints on age and total offset of the North Anatolian fault zone :
Implications for tectonics of the Eastern Mediterranean region, Spec. Pub. Middle-east
Techn.Univr. Ankara,Turkey, 39-65
- Barka and Reilinger(1997) Active tectonics of the Eastern Mediterranean : Deduced from GPS,
neotectonic and seismicity data, Annali Di Deofisica, 11,3
- Hancock and Barka(1981)Opposed shear senses inferred from neotectonic mesofracture systems
in the North Anatolian Fault zone, Jour. Structural Geol. 3,4,383,392
- Hancock and Barka(1983)Tectonic interpretations of enigmatic structures in the North
Anatolian fault,St.Jou.Structural Geolo. 5,2,217-220
- Hempson(1982)The North Anatolian fault and complexities of continental escape,Jour. Structural
Geol. 4,4,5020-504
- Hercet(1990)The Yenice-Gonen earthquake of 1953 and some examples of recent tectonic events
in the Biga peninsula of northwest TURKEY, Bull. Mineral. Res. Explor. Inst of TURKey 111
- Honkura and Isikara(1991)Multidisciplinary research on fault activity in the western part of the
North Anatolian fault zone, Tectonophysics,193,347-357
- Ikeda at al.(1991)Geological evidence for the last two faulting events on the North Anatolian
fault zone in the Mudurnu Valley, western TURKEY, Tectonophysics,193,335-345
- 池田 (1 9 9 7) トルコの断層地形、世界の地形、東大出版会 1 6 - 2 8
- Ketin(1966)Tectonic units of Anatolia(Asia minor), MTA Bull.66,23-34
- 加藤磧一 (1 9 8 3) 北アナトリア地殻縫合行、地質ニュース、342、1 3 - 2 9
- 加藤磧一 (1 9 8 6) 北アナトリア地殻縫合(純)、地質ニュース、387、3 8 - 5 3
- Ketin(1969)Über die nordanatolische horizontalverschiebung , Bull. Mineral. Res. Explor. Inst.
Turkey, 72,1-28
- Kocigit(1989) Susebri Basin;An active fault wedge basin, Tectonophysics,167,13-29
- Kopp et al.(1969)Geologie Trakiens 4:das Eugene Becken. Beih. Geol. Jb.76,1-136
- Pavon(1961)Die Nordanatolische Horizontal-verschiebung, Geol. Rdsch.,51,122-139

3-2 北アナトリア断層スパンカ周辺

村木輝幸, 大村一夫(大和地質研究所)

(1) はじめに

6月18日朝、快晴。満を持していた北アナトリア断層の巡検がいよいよ始まった。

8時20分、本巡検の案内役イスタンブル工科大学教授のDr.Barka教授が到着。クーラーの利いた大型バスに乗り込み8時35分出発。

Dr.Barkaの作成による分厚い巡検案内と北アナトリア断層についてのご自分の論文コピーが配布された。団員各位がこれら資料に目を通し始めたので、車内はシーンとなる。

運転助手からは500cc入りのミネラルウォーターが1本づつ配られた。日本出発前にツーリストの係員から幾度となく聞かされた「炎天下の乾燥地帯での脱水症状」対策の切り札である。一瞬緊張が走り、話が現実味をおびてきた。

8時45分、ヨーロッパとアジアを分かつボスポラス海峡に懸かる2本の橋の内の1本である第一橋にさしかかった。ガイドのアブニさんの説明では、橋は水面より65mの高さにあり、これまで200人を超える投げ自殺者が出ていたため、現在は歩行禁止になっているという。また、投げ自殺者の内2人は助かったともいう。通行料はバスの場合は1台200円。

橋上でバスの窓から海峡を眺める。前日のボスポラス海峡クルージングで話題となっただ海成段丘が存在しないことが確認でき、改めて奇異な感じを受けた。黒海と地中海（エーゲ海）を境する陸地は東西にのびる隆起帯であり、それを南北方向に切り込むボスポラス海峡には隆起に伴う海成段丘が認められると思い込んでいたがどうもそうではないらしい。思考はここでストップし、窓の外に展開する風景に目をうばわれる。

バスは第一橋のアジア側ゲートを8時47分に通過して、Stop-1のSapancaを目指して疾走を開始した（図-1）。反対車線はアジア側よりヨーロッパ側へ向かう車の列が延々と続く。いわゆる通勤ラッシュである。イスタンブルの人口の大半は土地の安いアジア側に住んでいるというアブニさんの説明が納得できるに十分な光景であった。アジアの東端に住み、通勤を痛勤と自嘲している我々にとっては、アジアの西端に住む人々も又同じ難儀に耐えていることに同情を禁じ得なかった。ところが、ものの5分も走ると車の列は突然無くなってしまった。やっぱり日本とは違うのだと妙な安心感に浸った。

(2) 北アナトリア断層

9時過ぎより、Dr.Barkaによる行程及び下車・見学箇所の見所の説明が開始された。見学する北アナトリア断層はその西半分であり、下車・見学地点は6月18日、19日の2日間で17箇所（図-1参照）が予定されていることが明らかにされた。また、北アナトリア断層については、空中写真・図表を用いて熱の籠もった説明がなされた。井上さんがDr.Barkaの説明に解説を加えて要点を述べてくれたので、理解を助けてくれた。要点は以下の通りであった。

・北アナトリア断層は北部・中部・南部の3つに区分され、それぞれ、雁行状に配列した細かいセグメントの集合から成る。

・断層活動の再来期間は、北アナトリア断層の本体は数百年、西側は2,000年弱と見積もられている。

・断層の水平方向の平均変位速度は2cm/年程度だが、調査方法によって1cm/年（地質学的調査に基づく）、2cm未満/年（GPS測量に基づく）、3.7cm/年（地震学的調査に基づく）と多少の差異が認められる。妥当などころは1.5cm/年程度であろう。

・1988年から10年間の予定で黒海周辺各国と共同のGPS測量が行われている。この調査で黒海が縮小する傾向にあることがわかるのではないか。

・1988年～1994年までのGPS測量の結果から、アナトリアブロックがエジプト付近を軸にして時計回りに移動し、北アナトリアブロックは北に移動していることが判明した。さらに、1994年～1996年までのデータを加味すると、アナトリアブロックの中部がNE-SW方向の断層に沿って年間平均変位速度1.5cmで移動し、北アナトリアブロックはNE方向に移動していることがわかった。

(3) 露頭の観察

Stop-1への途中、バスがスピードをゆるめ、Izmit湾を見下ろす地点に停車。Izmit湾はブルアパートベーツンとして形成されたとする説と正断層による落ち込みにより形成されたとする説があるとの説明があった。団員の視点は、右側車窓より見下ろすIzmit湾の南岸の直線上の断層面上に集中するが、目標は遠くに霞み判然としない。

A)Stop-1 Sapancacayif近郊のTepetarla

北アナトリア断層はSapancacayifとIzmit湾の南岸を結んだ低地内に雁行して分布しているという（図-2、写真Stop-1参照）。Dr.Barkaは空中写真判読により、古代の運河跡を発見したという。その詳細は1997年秋にドイツの学会時に発表されるとのことであり、我々はその発見箇所に案内される初めての外国人であるらしい。

Dr.Barkaはこの運河は幅約50m、深さ20mと推定しており、2箇所（長さ5km、2.5km：図-2下図参照）に認められるとしている。

SapancacayifのTepetarlaで下車し、運河跡とされている低地を見学するのだ。下車地点は鉄道切りの直前で、全員が下車した時、高速で列車が通過した。Tepetarlaは1912年にブルガリアから移住してきた人々の入植地であるという。

我々は列車通過後、線路内に立ち入り、Dr.Barkaの説明を受けた（写真Stop-1参照）。線路は運河跡と考えられている構造の低地を盛土で横断している。軌道幅は日本の基準では広軌であり、コンクリート枕木を使用し、電化させていた。

運河の深さ20mというものは人家の並ぶ高台と低地との高さの差であり、幅50mといいのは人家の並ぶ高台と、運河を掘った時の残土を捨てたあとそれが分かつた。しかし、（いずれも線路基盤とほぼ同一高度）との距離であるということが分かった。しかし、高台と低地を境する“切り土斜面”はあまりに緩傾斜であり、遠目ではあつたが、低地の底面は幅10m未満に見えたので、水面の高さ差が3mというSapancacayifとIzmit湾を結ぶ運河としては掘削断面が大きすぎる様に感じられた。この低地底が本当に運河底なのであるか、もし運河があつたとしても、低地底下に埋設している分だけが運河であり、

目の前に広がっている大断面の地形は自然地形ではないのか、鉄道の建設年代は分からぬないが、北アナトリア断層西部に於いても1900年代にはいくつかの地震が生じているので、その時、軌道上に何か変状を生じなかつただろうか、などなど疑問が広がってきた。この場所が北アナトリア断層箇所に選ばれたにしても、同じく断層と地形の係わりが明瞭ではなくつた。典型的な右横ずれ断層であるとされている活断層なのに、人工改変が進んでいない所なのに、こんなものなのかというのが実感であった。

B)Stop-2 Golcuk近郊

ここでの見所は北アナトリア断層で変形した鮮新・更新統であるという。バスから降りると目前に直線状の北向きの崖が認められた。これがIzmit湾南岸に沿う北アナトリア断層の存在を示唆しているらしい（図-3、写真Stop-2参照）。直線状崖の縦に現れているのは崩土であり、この崖が断層崖である事を示唆するものでは無かつた。断層はもつと北側にあるのかも知れない。この崖にはほぼ直交する様に存在する鮮新・更新統露頭は、人家（鉄工場）の敷地境界としてほぼ垂直に切り取られた切土法面である。よつて、日本同様、乱雑に置かれた資材の間を縫つて露頭に接近した。変形しているという鮮新・更新統は南へ緩く傾斜している様だが、典型的な右横ずれであるは北アナトリア断層による変形とは信じられない程、おだやかなものであつた。

道路に飛び出し、右横ずれを示唆する地形を探して周辺を眺め回したが、崖地形の前面（北側）はIzmit湾に緩く傾斜して沖積面（多分）が拡がつており、右横ずれの相方が見当たらない。この崖は段丘崖では無いのか、右横ずれの相方は沖積面下に埋没しているのか（縦ずれ要素はないのか）。断層崖が後退したとする証拠は何かなどの疑問が広がるが、自分なりに納得できる現象が見当たらず、失望感が増大する。Izmit湾～Sapancacayifへ伸びる低地に沿う鮮新・更新統の年代はどうすれば決定できるのだろうか、狭く深い湾入の先端においては公海の海生微化石層序は後に立つのだろうか。他にどんな方法があるのであるのだろうか、疑問はつきず、勉強不足を痛感した。

C)Stop-3 Altinova近郊

ここで見所は正断層露頭と海成段丘堆積物である（図-2、写真Stop-3参照）。バスを降り、建設途中で放棄されている（?）としか思えない2階建の住宅の敷地境界の切り取り法面に向かう。法面には、カキの貝殻を多量に含む堆積物が露出しており、そこにはN86E/64Nを示す北落ち3mの正断層が認められた。Dr.Barkaによると、この堆積物は海成段丘層であり、その年代は25万年前であるという。正断層は北アトラリア断層との関係は不明ながら、その直近に存在する。火山岩やテフラも無さそうだし、サンゴ化石も無さそうである。14C年代測定を用いるには古すぎる。何を用いて25万年前という年代を出したのであろうか、アラゴナイトの貝殻があれば、ESR法の測定対象にはなるが、ここにあるのはカキの貝殻であり、これはカルサイトから成るため、Th生長法やESR法の測定対象とはなり得ない。TL法で

はカルサイトを測定対象とするが、カルサイトは化学的沈殿作用でも形成される。特に、この様な乾燥気候下では化学的沈殿作用は促進されるであろうから、カルサイトの扱いには慎重さが必要であるなどと考える。正断層は、その位置から見て重力性の断層である可能性も否定できないが、目の前に見えるものだけで断定するのは早すぎようだが、こんなものしか見られないと思わなかつた。

これまで見た物全てが、隔離強度の感をまぬがれないと、北アナトリア断層はまたベルの中にあると感じる。期待が大きかったので失望感が強くなる。今日の午後又は明日に期待する他ないのか、残念。

D)Stop-3' Altinova近郊

バスは発車したが、間もなく停車、予定外ながら Stop-3 の海成段丘層の続き（典型的な堆積物）を見学させようということでアラゴナイト（写真 Stop-3 参照）。なるほど、層相の変化が明確に読み取れる。カキ以外にもアラゴナイトから成る大型二枚貝や石灰藻と思われる化石が層をなして含有されている。ESR年代測定を試みることにし、大型二枚貝のサンプリングを行う。3-8 章にその結果を示す。

E)屋 食 Izmir

バスは山越をし、一路 Izmir に向け疾走する。途中、峠で下車。Izmir 湾を見下ろす。空腹に耐え、写真を撮る。午後2時45分、待望の昼食が用意されているはずの Izmir 湾畔のレストラン着。午後3時過ぎより、戸外に並べられたテーブルで Izmir 湾産のウナギのフライをメインディッシュとする昼食が始まる。ウナギのフライ（見て、食べて、初めて、フライと天ぷらとをどう区別するのかが分からなくなつた。パン粉がついていない。）は少々混臭かつたが四分の一に切り分けられたレモンを絞つてかけると泥臭さが消えた。暑さと空腹で皆グッタリしていたのに、冷たいビールを喉に流し込むと元氣も食欲も回復し、食事を楽しむ。

図-1 北アナトリア断層位置図及び下車見学箇所位置図
(出典: Dr. Barkaiによる巡査案内書)

写真 Stop-1

空中写真判読により自分が発見した
という運河跡について説明するDr.
Barka。我々は外国人として初めて
現地に案内された。



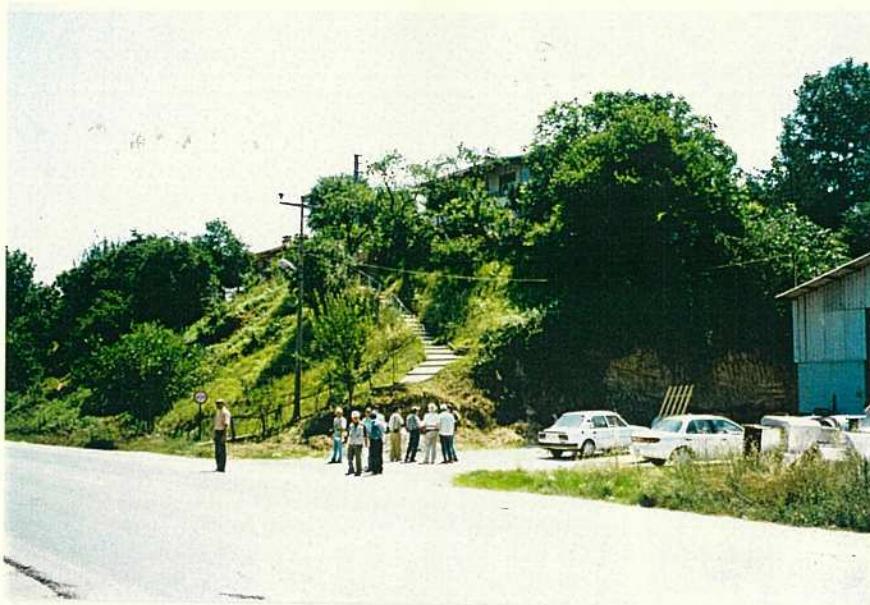
運河の剛壁をなす緩斜面(傾)と191
年以降に入植した人々の家(赤い屋
根)。低地底面から人家設置面まで
の比高が運河の深さと考えられてい
る。



図-2 下車見学箇所Stop-1位置図
Stop-1は図-1の1及び表-1の1と同じ
(出典: Dr. Barkatによる巡査案内書)

図-3 下車見学箇所 Stop 2,3位置図
Stop -2,3は図-1の2,3及び表
-1の2,3に同じ (出典:Dr.
Barkaによる巡検案内書)

写真 Stop-2



北アナトリア断層を示唆する北向きの崖地形と崖地形に直交方向に形成された切土法面。



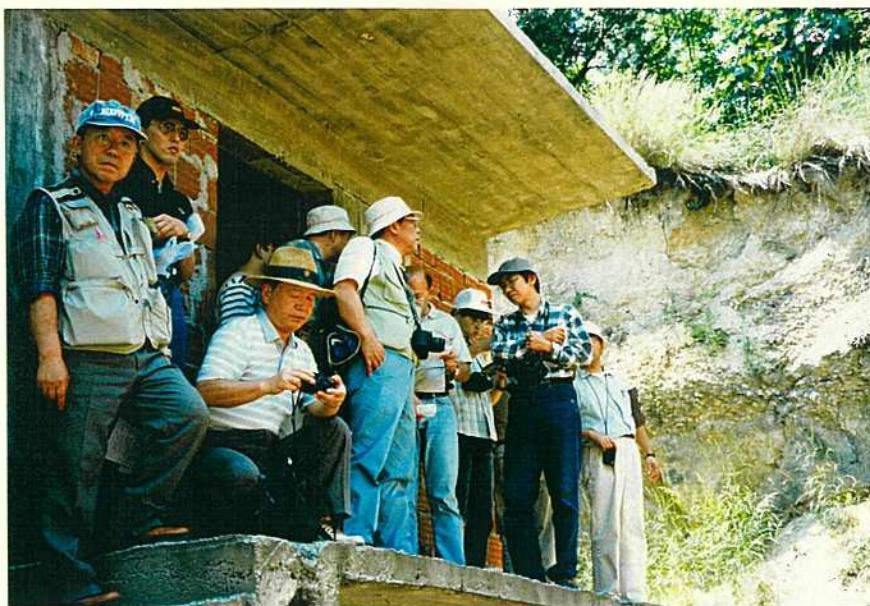
同上法面部分の近写。鉄工場の脇の切り取り法面に露出する“変形した鮮新・更新統”とされている地層と法面に迫る団員。



同上法面前。Dr. Barkaと井上氏との質疑応答に聞き入る団員。

写真 Stop-3

海成段丘(約25万年前)を切る“正断層”露頭を説明するDr. Barkaとそれに聞き入る団員。



“正断層”（右下のハンマーと中央部のハンマーを結び中央上部の木へ伸びる）はN86E・64Nを示し、カキ貝層を3m北落ちに変位させている。走向方向は北アナトリア断層の伸び方向を示すが、重力性断層の可能性も考えられる。



写真 Stop-3'

Stop-3の近傍の海成段丘堆積層
(約25万年前)。



Dr. Barkaの説明を解説する井上氏。



Iznik湖畔での昼食。
目の前のIznik湖でとれたというウナギのフライ(天ぷら?)をメインティッシュとする昼食。時刻が15時を回っている。黙々と胃袋に送り込む

3-3 アナトリア断層ゲレデ周辺巡検

松浦一樹（株）ダイヤコンサルタント）、金山清一（株）四国総合研究所

（1）はじめに

北アナトリア断層は、トルコ北西部にはほぼ東西の走向で分布する総延長1,000km以上に及ぶ大規模な右横ずれ断層で、大局的には北側のユーラシアプレートと南側のアフリカ及びアラビアプレート（アナトリアマイクロプレート）の北縁を限るトランシスフォーム断層と考えられている。北アナトリア断層は、1939年のエルジンジャン(Erzincan)地震以降、1967年のムドゥルヌ(Mudurnu)地震まで、震源区間を東から西に移動させながら地震を発生させたことで注目を集めた（図-1）。

巡査地点はゲレデ東方に位置し、1944年2月1日のボルーゲレデ地震断層の変位区間に相当する。ボルーゲレデ地震はM=7.2~7.6、震源深さ10km、長さ160~190kmのセグメントが活動し、変位量は、鉛直変位が北落ち2.0m、水平変位が右ずれ3.5~3.6mとされている。平均変位速度は、元地質調査所の奥村氏（現広島大）によるトレーンチ調査では17mm／年、また、GPSでは20mm／年の値が得られている。

当日は時間の関係上、STOP代を中心とした調査し、補足的にSTOP代及び⑯を観察した（図-2及び3参照）。この付近の植生は、日本と異なり低木及び草原となっており、また、自然改変がほとんど行われていないため、変位地形の観察には非常に都合が良い地点であった。

（2）露頭観察

STOP代（カパクル(Kapaklı)）では、非常に明瞭な変動凸地(tectonic bulge)を観察した（写真-1）。変動凸地は、主として始新世の安山岩から構成されており、部分的に鮮新世と思われる泥岩が分布している（図-3参照）。変動凸地は、大小2列認められることから（写真-2）、この付近の北アナトリア断層は、地表部では数条に分岐あるいは雁行して発達しているものと判断される。地表部で数条に分岐していると判断される北アナトリア断層のうち、1944年の地震断層は、大きい変動凸地の数10m北側に出現している。この地震断層の延長上では、地表部の植生が乱れており、また、柵及び水路に数mの右ずれが認められる（写真-3）。鉛直方向の変位は認められない。この地震断層を横断する河川には、右ずれを示す地形は認められないが、変動凸地の延長上では数10mの明瞭な右横ずれ谷が形成されている（写真-4）。大小2列認められる変動凸地の間には、断層のクリープ変位を測定するため、イスメットパシャ(Ismetpasa)と同様、トルコ鉱物調査開発研究所（MTA）によりクリープメータが仕掛けられていたが、ここでは設置位置が断層からはずれているのか、クリープ現象が発生していないのか、クリープ変位は観測されていなかった。

STOP代では、1944年の地震断層の通過地点を遠望した。変動凸地の南側に断層が出現したことであった。

STOP⑯では、小河川の右横ずれを観察した。1944年の地震断層による変位を含めて、小河川が10m程度右ずれを示す地点である。現状では、植生により小河川の遠望が効かないため、蛇行との区別が難しい状況となっていたが、小河川左岸の扇状地面には、

10m程度の右ずれ変位を示す地形が残されていた（写真-5）。

（写真-5）また、ゲレテの町の西入り口付近には、明瞭な変動凹地(tec tonic depression)が発達していた（写真-6）。付近におり、断層谷(fault valley)及び断層池(sag pond)が発達していた（写真-6）。付近には羊が放牧されており、非常に静かでのどかな風景であった。

（写真-6）ゲレテの町の西入り口付近では、明瞭な変動凹地(tec tonic depression)が発達していた。付近には羊が放牧されている。ゲレテの町の西入り口付近では、明瞭な変動凹地(tec tonic depression)が発達している。付近には羊が放牧されている。ゲレテの町の西入り口付近では、明瞭な変動凹地(tec tonic depression)が発達している。付近には羊が放牧されている。

（写真-7）（写真-8）ゲレテの町の西入り口付近では、明瞭な変動凹地(tec tonic depression)が発達している。付近には羊が放牧されている。ゲレテの町の西入り口付近では、明瞭な変動凹地(tec tonic depression)が発達している。付近には羊が放牧されている。ゲレテの町の西入り口付近では、明瞭な変動凹地(tec tonic depression)が発達している。付近には羊が放牧されている。

（写真-9）（写真-10）ゲレテの町の西入り口付近では、明瞭な変動凹地(tec tonic depression)が発達している。付近には羊が放牧されている。ゲレテの町の西入り口付近では、明瞭な変動凹地(tec tonic depression)が発達している。付近には羊が放牧されている。ゲレテの町の西入り口付近では、明瞭な変動凹地(tec tonic depression)が発達している。付近には羊が放牧されている。

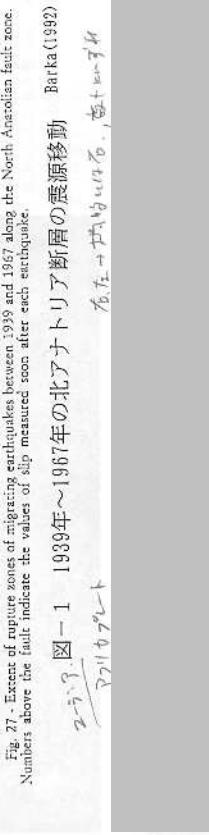


図-2 北アナトリア断層の震源移動

Geological map of the North Anatolian Fault, in the Gerede area 1. Arkodag Melange (Maastrichtian-Paleocene); 2. Detritics (Eocene); 3. Volcanics (Eocene); 4. Kizicahamam volcanics (Miocene); 5. Sediments (Pliocene); 6. Sediments (Plio-Quaternary); 7. Alluvium (Quaternary); 8. Travertine (Plio-Quaternary); 9. Contact and 10. North Anatolian Fault.

図-3 ゲレテ付近の地質図

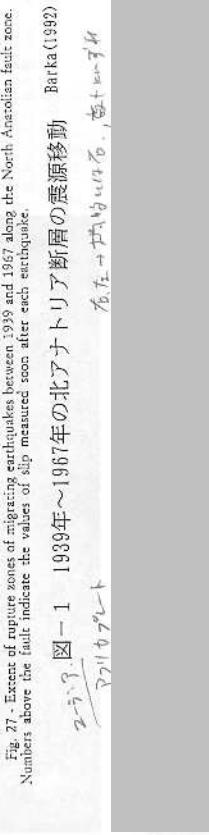


図-2 北アナトリア断層の震源移動



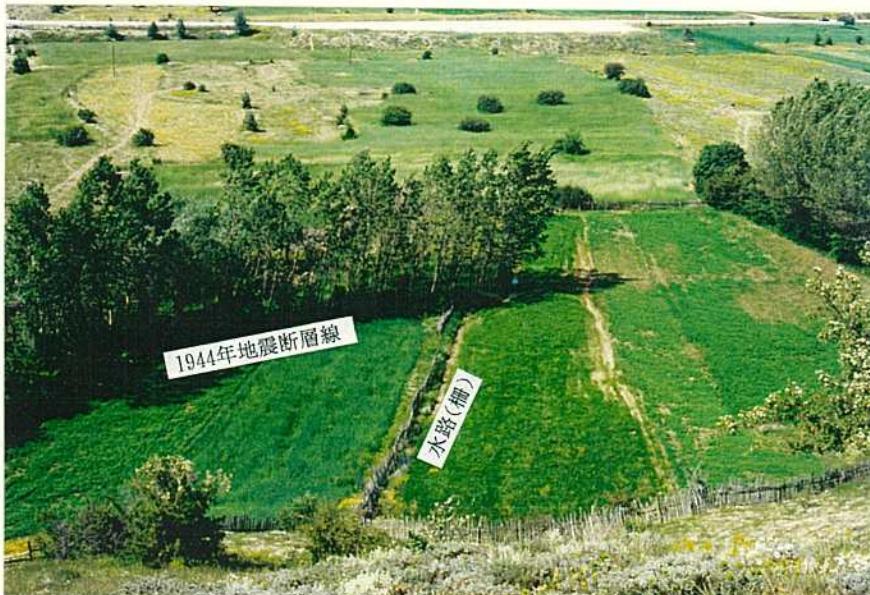
北アナトリア断層の断層
変位地形(1)

写真－1
変動凸地は高さ数10m、幅数
10~100m、長さ数100~1km程
度の規模を示す。



北アナトリア断層の断層
変位地形(2)

写真－2
変動凸地は大小2列認められ、
断層は地表部で数状に分岐して
いると判断される。



1944年の地震断層による変位(1)

写真－3
1944年の地震断層により、柵
及び水路に数mの右ずれが認め
られる。



北アナトリア断層による変位

河川

写真－4

変動凸地の延長上では、河川が数10mの右ずれを示している。写真右上の植生が少し乱れた部分が1944年の断層線。



1944年の地震断層による変位(2)

写真－5

小河川が10m程度の右ずれを示す地点。人物のいる手前の崖が断層崖。断層は人の列と平行に連続する。写真右側が小河川。



北アナトリア断層の断層:

変位地形(3)

写真－6

ゲレデ市街地西入口付近の変動凹地。断層谷、断層池が発達している。

3-4 北アナトリア断層イズニック湖畔及びバタデイグ峠

竹内一郎（日本振興）、太田保（復建技術コンサルタント）

(1) はじめに

6月18日 午後 イズニック湖畔及びバタデイグ峠(ポイント4、5、7)を観察した。この視察は北アナトリア断層の南側に枝分かれした断層の通る部分2箇所と本断層との合流点部分1箇所である。アナトリア断層との関係を図一1に、ポイント5の平面図及び近接箇所のトレーニングの結果について図一2、図一3(バルカ教授の資料による)に示す。各ポイントごとに写真を添えて説明を加える。

(2) 露頭観察

A) ポイント4 地点

汽水からなるイズニック湖南東側湖畔の小丘からマルマラ海沿いに東に延びる北アナトリア断層の南側の北アナトリア断層にほぼ平行する分岐断層の断層地形を遠望した。この地形は写真一1に示すように尾根が比較的急な三角末端面を形成し、雁行した断層を反映してステップしている様子が見えた。遠望地点の丘は安山岩で構成されており、日本の中新世の時代の安山岩の地形に似ていた。空中写真では明瞭に分かるが地表からの遠望では直線上の地形がはっきりしなかった。

B) ポイント5 地点

この地点はポイント4からほぼ東に約10km程度行った道路沿いの平坦地で、詳細な地形判読の結果を踏まえてバルカ先生達がトレーニングを実施した箇所である。詳細な位置や周辺の地形区分については図一2を参照されたい。

この箇所はポイント4の断層の延長方向に相当し、トレーニングによる成果が期待されたが、掘削時までは不明であったローマ街道の延長方向と一致したため、地震断層の詳細は不明との事であった。

C) ポイント7 地点

この地点は北アナトリア断層本体と分岐部の合流箇所である。イスタンブールと首都アンカラを結ぶ主要国道の曲がりくねった峠の北側谷部に計画された高速道路の建設地点でもある。この北アナトリア断層がほぼ直線的に通る谷部に沿って延々と橋梁の橋脚が並ぶ。この延長上で写真一3に示すような大規模な地すべり(緩い尾根地形)が発見され、縦断計画の見直しと約3kmのトンネルが計画され現在施工中である。このトンネルは断層方向にあるため、不良な岩盤の連続で大幅に工費と工期がかかっている。

この付近の空中写真ではこの北アナトリア断層は全く直線として見られる。日本の中央構造線の恵那山トンネルと同様と考えられる。ルート変更は考えなかったのかとの質問に対してバルカ先生はどこの国でも決定したルートの変更は難しいとのお答えであった。

どこの国でも難しい施工箇所は最後まで残るとの現実をトルコでも見た思いがした。

(3) エピソード

視察の結果報告はこのくらいにし、この時間に発生したエピソードについて述べたい。

その1、イズニック湖の水とウナギの昼食

ここトルコでの昼食は普通2時、この日は前半の視察が長引いたため、午後3時にこの湖畔の屋外レストラン(?)でウナギのムニエル風を食べた。ウナギ自体油っぽいのにさらに油で焼いたもので閉口した。日本なら蒲焼きか白焼きなのだろうが、食後、この汽水湖の水を舐めて、しようばいかうか確かめようとの話しへなったが、ゴミなどもあり勇気のいる事であった。結果は少しょっぱいようを感じたと言う事であったが、この湖はなぜ汽水性なのか、昔の海のなごりか、乾燥か、迷うところである。

その2、5つ星と3つ星ホテルの違いと珍事件

ホテルの格は星の数で決まっている事は知っていたが、実際経験して見て、違いがが歴然として存在する事を経験した。詳細な格づけ規準については不明だが、イスタンブルは5つ星、この日の宿泊地ボルは3つ星ホテルでした。

経験から判明した違いのいくつかを述べると

- ・ ホテルのロビーが狭く難然とし、フロントマンは英語が通じない。
- ・ トイレにはビデが無く、バスタブの無いシャワールームのみ。
- ・ 部屋はエキソチックで清潔であるが狭く、シングルである。
- ・ 鍵はカードではなく、大きな飾りのついた普通の鍵でなかなか掛からない。
- ・ 食堂には大きな扇風機が回り、冷房慣れした我々には物足りない。
- ・ 食事の時に出る水が必ずしもミネラルウォーターでは無い。
- ・ ホテルのエレベーターは半自動でとても変わっている。

その3、3つ星ホテルでの珍事件

・ボーアの指示で狭いエレベーターに3人が乗り、4階に着いたがドアが開かず内部の電気が消えて真っ暗。どうしたものかと思案していると自然に又1階に戻り、不信そうなボーアの姿が見えると又、4階に上がる、こんな事を3回も繰り返す。やっと事態が飲み込め、4階ついで自分でドアを開けて出る事になっているらしい。自動的に開くエレベーターには理解出来なかったが鉱山のエレベーターを考えると理解出来る。1階で待っていたメンバーは上から降りてくる我々の足を3回も見た事になる。

・こんな珍事の後、部屋のドアを開けるべく鍵を入れてもスムーズに鍵が回らずドアが開かない。いろいろ調整して苦闘する事5分、やっとカチャヒドアが開く。どの隊員も同様であったようだ。ボーアがトランクを部屋に運んでドアをノックするが、今度は内部からのドアの開け方が分からぬ、ドアの開いている我々にボーアが実地指導し、それを困っている他の隊員に日本語で通訳する。

・トイレの中央に細い棒が突き出していたが、何に使うのか結局分からない。水の出し方も違つており、引いたり、押したりして実践して初めて理解する。



図-1 1939年から1967年の北アナトリア断層の震源移動
(Barka, 1992に現地観察地点を加筆)

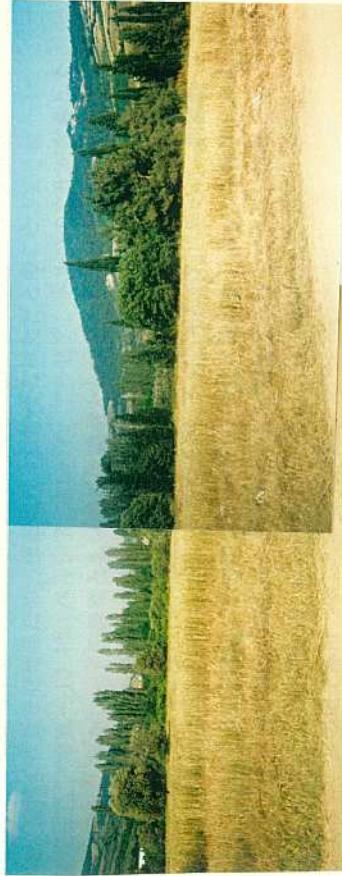


写真-1 イズニック湖からの東側の断層地形全景

図-2 Stop5地点付近の地質図 (Barka教授巡査資料より)



写真-2 レンチ個所の全景（東側に向かって）

図-3 Stop5地点におけるレンチ断面のスケッチ (Barka教授巡査資料より)

写真-3 大地すべり地（写真中央部）とトンネル計画地（写真右側）

3-5 隊商宿とカイマクルの地下都市

中下惠勇 (株)建設技術研究所

(1) はじめに

6月20日午後の行程の前半は、アクサライにて「アウズカラハンの隊商宿」と「カイマクルの地下都市」を見学した。

(2) アクサライの隊商宿（アウズカラハン）

アクサライ市は、ハサン山（標高3,268m, トルコの“富士山”）の北、テュズ湖（前述の塩湖）の東南に位置し、南-北の幹線道路アンカラーアダナ線と東-西の幹線道路カイセリーコンヤ線の交差部にあたり、交通の要所とされていたところである。視察した隊商宿（アウズカラハン）は、セルジュク・トルコ時代の1231～1237年に建造されたもので、らくだで1年半もの旅程となるシルクロード13,000kmの中の要所々々につくられた約50ヶ所の隊商（キャラバン）宿の一つである。宿泊者（らくだなどの動物も含めて）は、交易の税金を収めるため、宿泊代は3日間まではただとのこと。

門の石細工（写真-1）は、ペルシア、ローマ、アラビア、トルコの文化が融合したものであり、シルクロードの象徴ともいえる。建材として使われている石は、この地方に広く産する新第三紀の凝灰岩であり（写真-2）、関東地方の大谷石、仙台なら秋保石と同じようなもので、非常に加工しやすいようであった。しかし、門の彫刻といい、中央のクサビ状に石を組合せたモスクといい日本ではお目にかかれぬるものに一同感動。ここでの視察は13：20頃終了、その後シルクロードを東へ向かい、カッパドキアの中心都市、ネヴシェヒールを14時頃ぬけ、この南約20kmに位置するカイマクルに向かった。

(3) カイマクルの地下都市

カイマクルは、一見なんの変哲もない小さな村であるが、地中には地下8階まで掘られているという巨大都市がある。各戸を中心として、集会場、居室、炊事場、貯蔵庫、ワイナリー（写真-3）、家畜小屋、教会、墓地などがあり、約15,000人が生活していたそうである。1964年に羊飼いにより発見され、現在も発掘調査中で、公開は地下4階までであるが、それだけでもこの地下都市の大きさが十分に実感できた。最近、この地下都市と南約9km離れたデリンクユの地下都市とをつなぐトンネルが発見されたそうで、またびっくり。

地層は第三紀火山噴出物よりなり、人力による掘削は比較的容易であったと思われるが、この火山噴出物中には火山ガラスが多く含まれており、掘削作業をした人々は肌にかゆい（痛い）思いをしながら大変だったろうなあという意見があった。

各フロアの高さは1.8m程度、床の厚さは30cm程度（薄いところは抜けている）で、各階を人がかがんでやっと通れるほどの斜路（写真-4）で結ばれている。敵からの侵入を防ぐためのドアとして、凝灰岩の硬い部分が使用されており（写真-5）、また、火山碎屑物に含まれている巨礫（火山礫）は、台所のすり鉢に利用されていた（写真-6）。特に台所は、ここでは1ヶ所しか確認されていないそうで、すり鉢として使用している巨礫は外から持ち込まれたものではないとのことであるため、巨礫の存在した

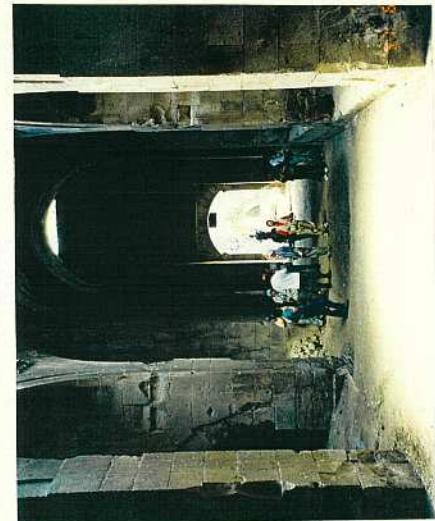


写真-1 アウズカラハン隊商宿の門。
かなり広く天井も高い。柱に利用
している石は凝灰岩のブロック。



写真-2 隊商宿内部。
かなり広く天井も高い。柱に利用
している石は凝灰岩のブロック。

部分を、すり鉢（牧事場）として利用したという点で地質を考慮した建築設計("応用地質学")の最たるものか。

現地ガイドドック（文献3）によると、地下都市内部の岩の強度は14～18（単位の表記はないが、たぶん引張強度と思われ、kgf/cm²）、ドアに使われている石の強度は30～35とされている。ところどころ抜け落ちているところがあるから、引張強度が推定できることではないかとの意見があつたので、ざつと計算してみよう。抜け落ちている部分は、フロアーの中央ではなく端部に多い。したがって、中央の剪断ではなく曲げモーメントによる端部への応力集中が原因ではないかと考えられる。5m四方のスラブに対し、端部に厚さ10cmのたまたま薄いところがあり中央に(1,000kg)の荷重がかかったとすると、引張強度約11.2kgf/cm²程度、一軸圧縮強度ならその10倍として100～150kgf/cm²程度であり、みた感じや文献ともオーダーは一致する。

地下都市の発祥等については不明な部分も多いが、B.C.4世紀の記録にもこの都市の存在が書かれている。①宗教的迫害が地下都市を発展させた、②核戦争を想定した核シェルター都市であった（文献4）など諸説があるが、夏と冬の温度差が大きい内陸性気候では、一定の温度・湿度が保たれる地下は比較的過ごしやすかつたのも大きな要因と推察される。現在の私たちにも多いに応用地質学的に学ぶところがある。

(参考文献)

1. ハンティガイドドック トルコ・イスラエル（近畿日本ツーリスト）1995
2. CAP PADOCAIA (NET) 現地で購入したガイドブック
3. 口カッパドキア口(オマルデミル) 現地で購入したガイドブック
4. 神々の記憶－古代を襲った核戦争の痕跡（岡田英男）1996

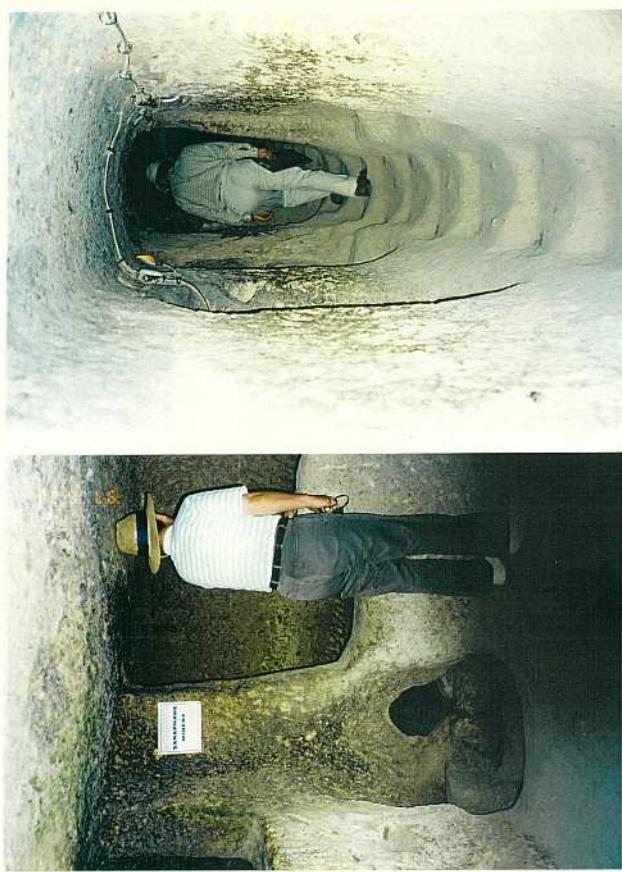
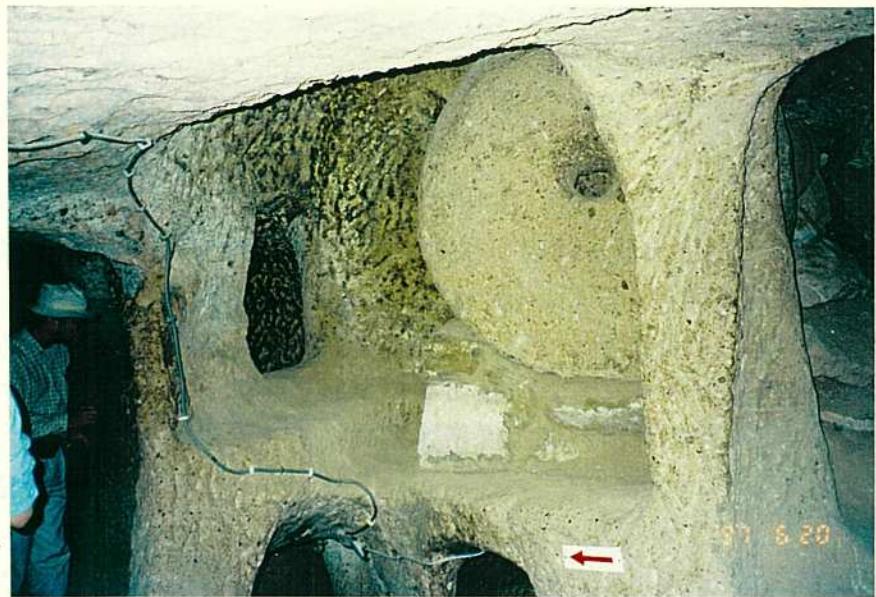


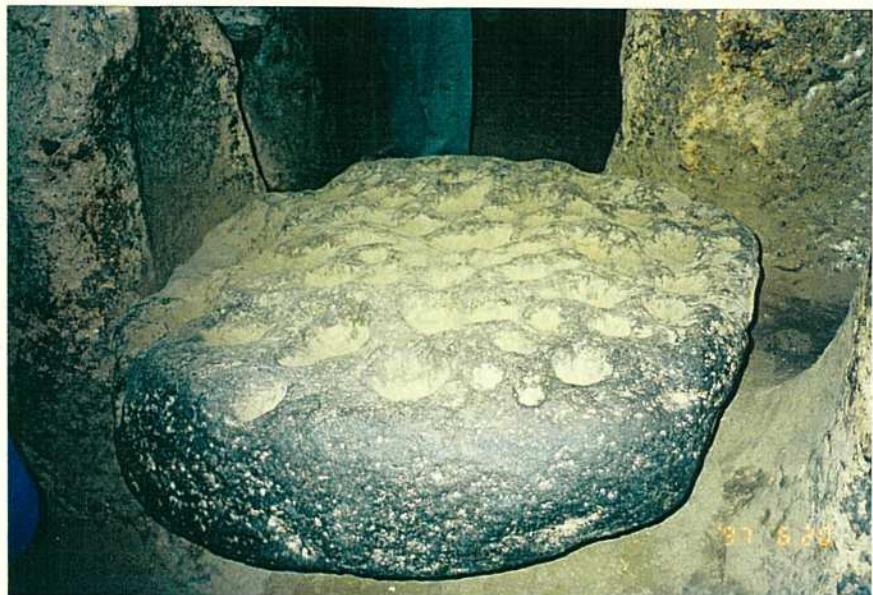
写真-3 地下都市内のワイナリー。ワイン醸造所。
適度の温度・湿度が保たれ、ワインを作ることは最適。



写真-4 カイマクル地下都市。
各階をつなぐ斜路。敵の侵入を防ぐため人ひとりがやっと通れる大きさ。



写真－5
地下都市内の通路の扉
(中央の円形のもの)。
材質は壁と同じ凝灰岩。



写真－6
炊事場ですり鉢に利用
されていた巨礫（火山
礫）。この巨礫があつ
たからここが炊事場に
なった？



写真－7
天井の接写。軽石質
凝灰岩。軽石（矢印）
はかなり引き延ばさ
れた状態（bubble-
all-type）あり、
火山の大爆発を想起
させるとの意見があ
った。

3-6 カッパドキア奇岩地帯その1 西平地 東山岳地

山本 浩之(株)間組

(1) はじめに

6月20日午後から、アナトリア高原の中心に広がる奇岩地帯・カッパドキアへと向かった。カッパドキア(きれいな馬の国という意味)とは町の名前ではなく、エルジェス山(標高3917m)のふもと、標高1200m程度のギョレメをほぼ中心とした半径50~70kmほどの地域を指す名称である。この地域はネヴシェヒールとユルギュップを結ぶ道路を境に南北に分けられ、北側は尖塔状・キノコ状の奇岩地帯、南側は前章で述べられている地下都市が有名である(図-1)。

(2) ウチヒサール、ギョレメの奇岩地帯

アクサライの隊商宿、カイマルクの地下都市を見学した私達は、15時過ぎからウチヒサール、ギョレメの奇岩地帯へ向かった。この付近一帯は、第三紀の火山活動により噴出した火山灰、火山礫、玄武岩溶岩等から構成されており、これらが差別浸食により、岩峰群を形成している。

ウチヒサールとはトルコ語で「尖った砦」という意味で、その言葉通り岩峰群が一帯に広がっている(写真-1)。これらの岩峰群の大きいものは、岩穴や洞窟を掘り、地下都市同様に教会・住居等として利用されている。ドイツの建築歴史家である、ルドルフ＝シュタイナーの著書「建築家なしの建築(Architecture without architect)」等に紹介されており、建築学的にも非常に重要なものとなっている。岩峰の上部には、鳩の巣用の窓が幾つも開けられており、鳩の糞をブドウ畠の肥料として利用していたそうである(写真-2)。

ギョレメ(「見てはならないもの」という意味)は、いくつもの岩窟教会があることで有名な場所である。入口に付けられた模様によって、各教会に名前が付けられている。私達はその中の一つ「へびの教会」を見学することができた(写真-3)。残念ながら、教会内部の壁画は写真撮影ができなかったが、当時は彩色豊かな壁画であつただろうと容易に想像される。

現在ユネスコにより、教会内部の壁画、落盤した教会等の補修が行なわれている。しかし教会内部の柱等に楔状クラックが入り、いつ落ちてもおかしくない状態のものも見られたが、予算の関係上、これらの補修については予定がないことである(写真-4、5)。

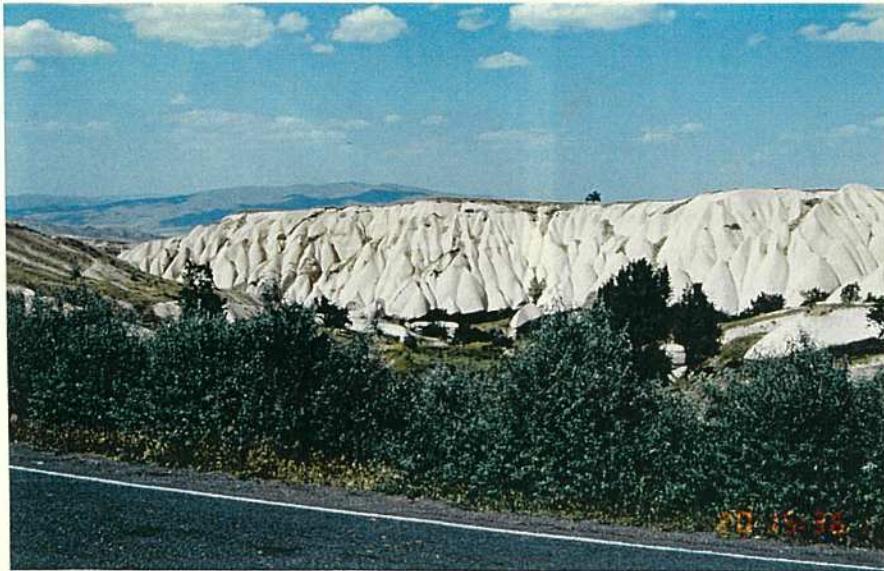
(3) キノコ状奇岩地帯

一行はギョレメよりアヴァノスへとバスで移動した。バスより、キノコ状奇岩地帯が見られた。玄武岩溶岩が上部に残るものはキノコ状となり、浸食作用等により最上層の玄武岩層のないものは尖塔状となるのである(写真-6、7)。私達は翌日の午前中まで、これら奇岩地帯を廻ったが、規模の大きさ、地質・地形をうまく利用した人間の知恵には非常に強烈な印象があり、興味深いものであった。



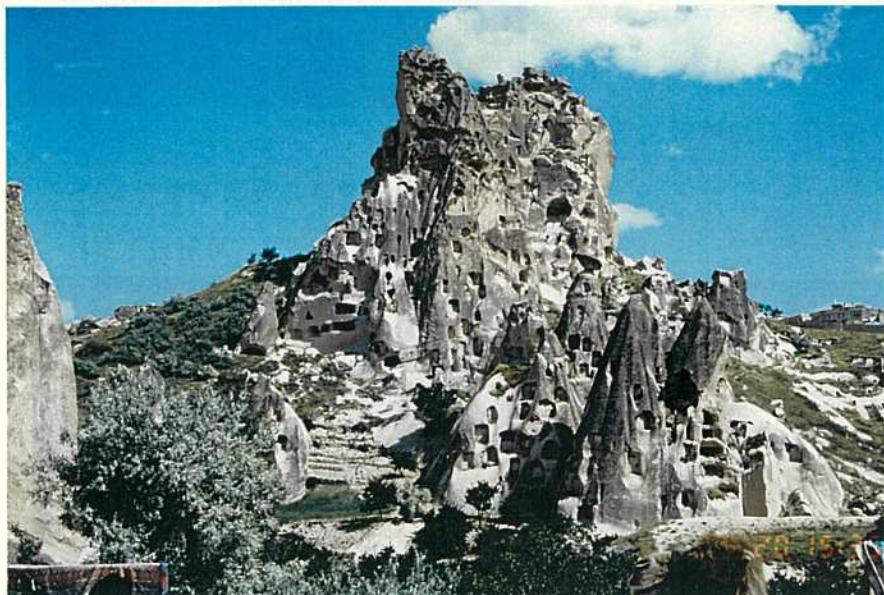
図-1 カッパドキア地域

出典:「NET TURISTIK YAYINLAR(現地ガイドブック)」より



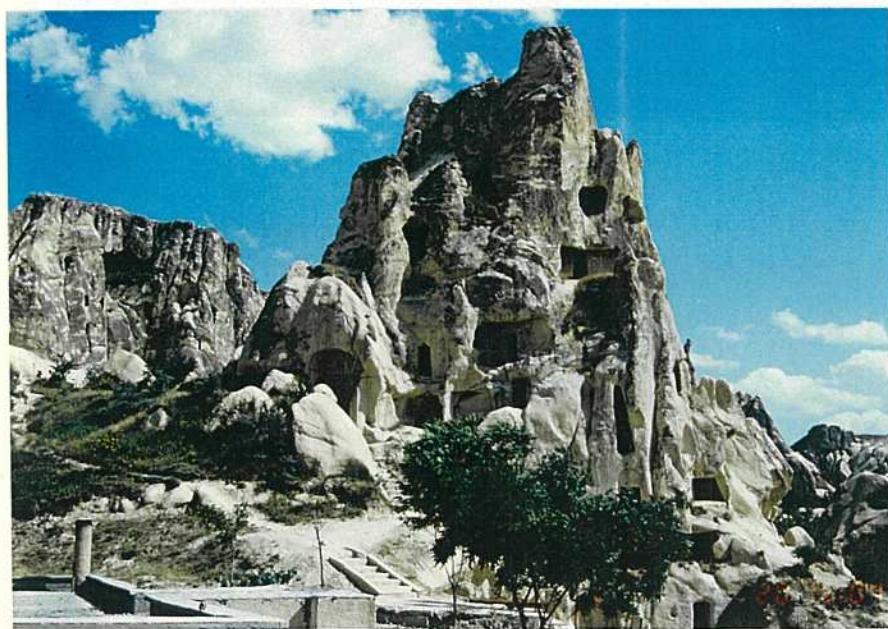
写真－1

ウチヒサール・岩峰群。



写真－2

ウチヒサール・住居跡。
上部に鳩の巣用の窓が幾
くつも開けられており、
鳩の糞を畑の肥料として
利用したそうである。



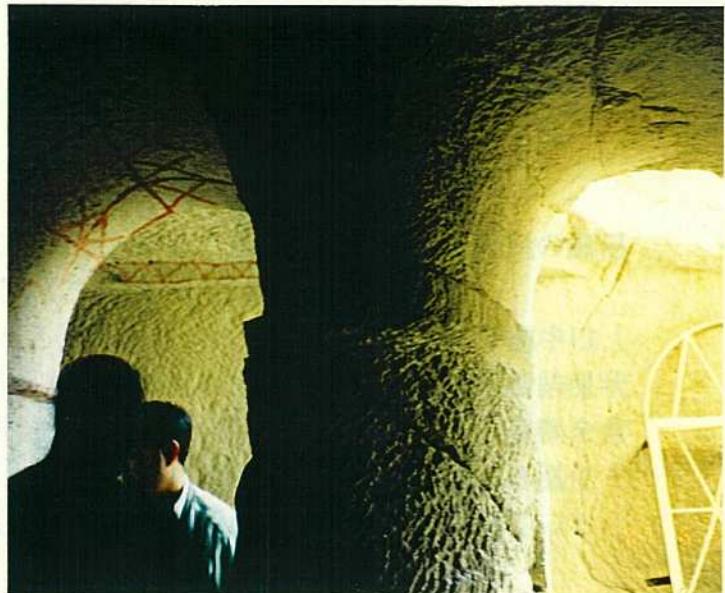
写真－3

ギョレメ・屋外博物館の外
観。この中の一つに「へび
の教会」がある。



写真－4

教会外部に見られるクラック
(中下氏提供)。



写真－5

ギョレメ・「へびの教会」の内部。円柱にクラックがありズレが生じている(中下氏提供)。



写真－6

ギョレメ～アヴァノス間。
差別浸食によるキノコ状
尖塔が見られる。
キノコの頭にあたる部分
が玄武岩熔岩。



写真－7

キノコ状尖塔のできる過
程。

3-7 カッパドキア奇岩地帯その2

原田方人（原田フィピー）

6月25日 カッパドキア・ロッジ発 9:00

当地には快適なホテルはないと覚悟していたが、中庭にはプールがあり、部屋の風呂にはバスタブもついていて、食事も多彩で申し分なかった。

昨夜は日本の秋空に見られるような薄いうろこ雲があったが、本日は快晴。午前中は、乾燥気候地帯における火山岩類からなる特異な地形の巡査である。地質は、未固結塊状の粗粒凝灰岩を主とする第三紀の火山碎屑岩からなり、部分的に径5cm以下の角礫を含む幾分固結した地層（層厚2m程度以下）が介在している。これらが風雨による風化・浸食作用を受けて、比高10～20m、径数mのキノコ状の特異な形状を呈している。

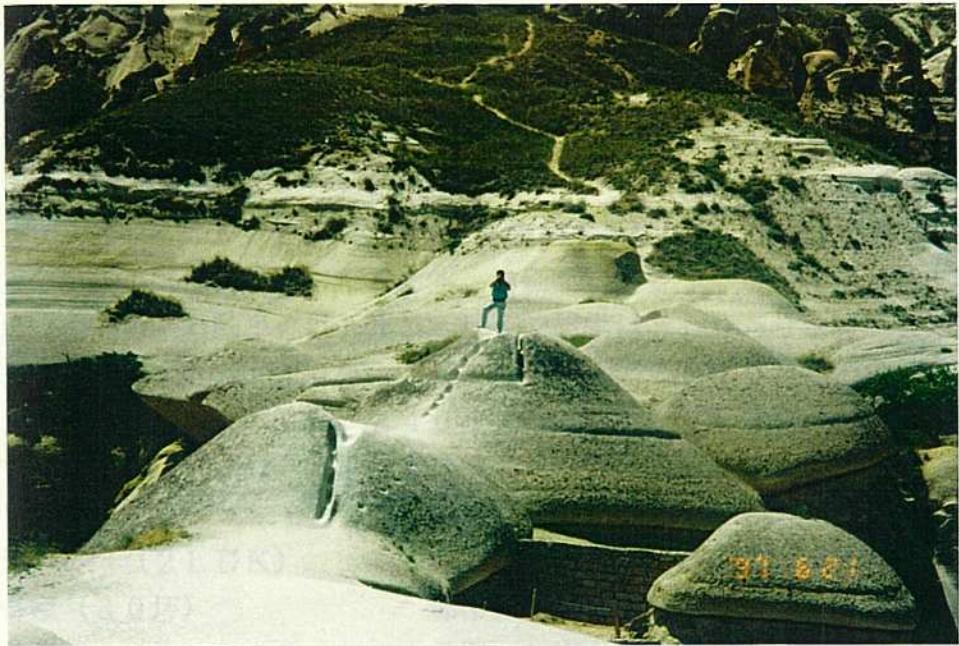
（写真-1、2、3）

キノコ状の岩体は、部分的に介在する固結部をキャップとして、下の円柱部が未固結の凝灰岩からなっている。この固結部からなるキャップ群は、ほぼ水平な地質構造を反映して、大半はほぼ同じ高さにある。（写真-1、2）しかし、まれにこれらより数m低いキャップも認められる。これは、固結部が浸食されて転石となった後、未固結凝灰岩のキャップとなったものと見られる。（写真-3）

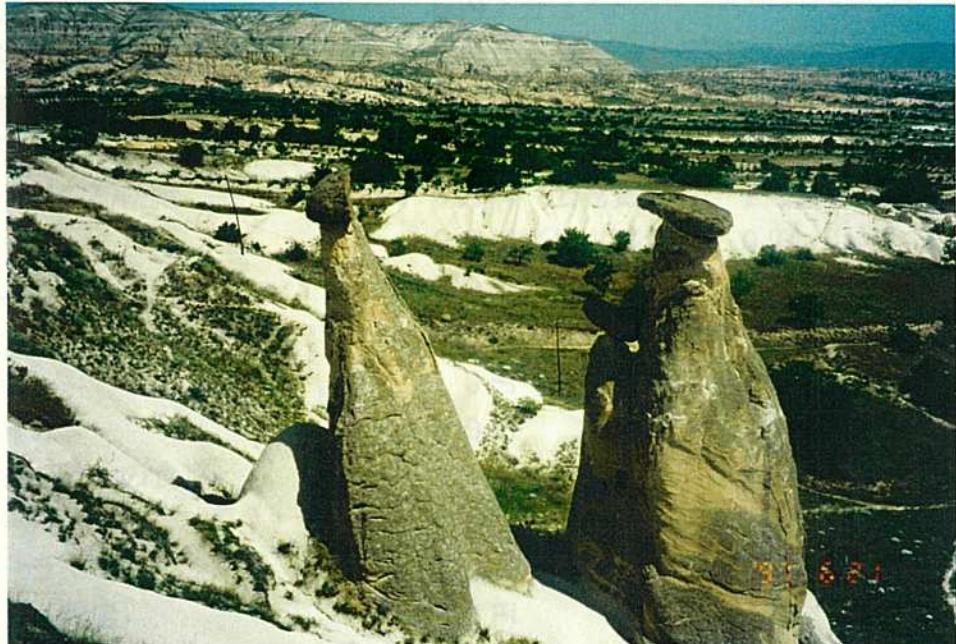
固結層のない所では、ルーズな地層が浸食されて準平原化していて、その下位の地層も特異な浸食形態を示す。（写真-4）



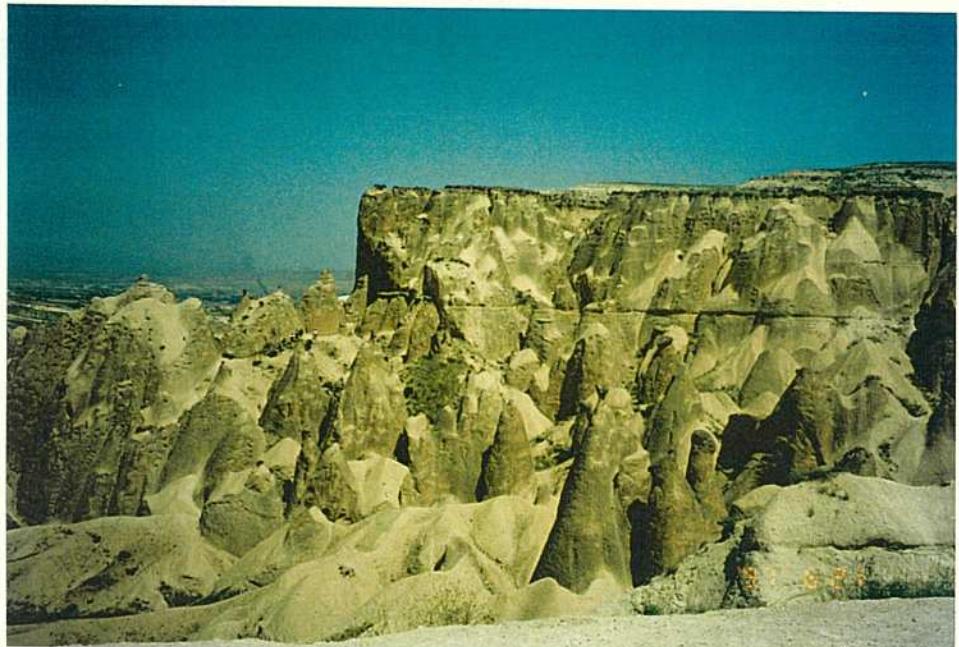
写真-1 凝灰岩の上の玄武岩が残された侵食形態



写真一2
凝灰岩
の侵食状況



写真一3
帽子を被った
凝灰岩



写真一4
堅い岩石が無い
場合の侵食形態

3-8 トルコ番外編 通貨・事業の概要

(1) トルコの物価事情

能登谷勇人（北電興業）

A 1997年6月17日イスタンブル市内を視察して、トルコの物価事情を調査した。トルコは経済的には安定しておらず、物価や換算レイトが日々変わるという国である。また、通貨の基本的単位はトルコ・リラで紙幣は500万リラ札から始まって、100万、50万、25万、10万、5万、2万、1万、5千リラがある。コインは25000、10000、5000、2400、1000、500リラがある。日本の物価と比較するには、1/1000を目安に換算すると良いといわれている。

| | |
|--------------|----------------------|
| 家賃 (2LDK) | 都市 5~6万円、田舎 1~2万円 |
| 一軒家 (30坪) | 都市 1000万円、田舎 200万円 |
| 電気代 | 5円/kW |
| 電話代 | 5円/分 |
| 自動車 (カローラ) | 250万円 |
| 冷蔵庫 | 5万円 |
| エアコン | 3万円 |
| 大学出の初任給 | 6万円 (公務員) 10万円 (私企業) |
| ガソリン | 90円/L (軽油 70円/L) |
| バスの一区間 | 40円 |
| タクシー | 60円+50円/km |
| 鉛筆 | 10円 |
| ノート | 50円 |
| レストランの食事 | 1000円 (一般的なコース) |
| ビール | 150円、但しレストランでは350円 |
| コーラ | 100円、但しレストランでは250円 |
| パン (露店) | 20円 |
| タバコ (キャメル) | 100円 |
| 新聞 | 50円~100円/部 |
| ホテルのチップ | 100円 |
| トイレ使用料 (チップ) | 20円 |

(2) トルコにおける電気事業の概要

能登谷勇人（北電興業（株））井上大榮（（財）電力中央研究所）

A) 企業の形態

トルコの電気事業には地方公共団体や民間企業が古くから関わってきたが、農業国から工業国へと脱皮を図る中（例えば1963年からの3次の経済5ヶ年計画）、政府は電気事業も強力に推進していくため、1970年にトルコ電力庁（TEK：Turkiye Elektrik Kurumu）を設置し、ほぼ全ての発送配電を担当するようにした。

1984年以降からは法律（第3096号）により再度、民間企業が発電・送電・配電を営むことが出来るようになったが、Cukulova Elektrik A.S., Aksu Elektrik A.S.などの民間企業の供給区域はごく限られたものに留まっている。

表－1 電気事業における政府機関の分担

| | |
|--------------|----------------|
| ・電力調査庁（EIE） | 電力開発計画の調査、策定 |
| ・国家水利庁（DSI） | 水力発電所の建設 |
| ・トルコ電力庁（TEK） | 水力発電所の運転、保守 |
| | 火力発電所の建設、運転、保守 |
| | 送電線の建設、保守 |

*なお、TEKは政府の「国営企業民営化政策」により、1994年5月より、トルコ発送電公社（TEGT）とトルコ配電公社（TED）に分割されている。

B) 発電電力量

1992年のTEKによるレポートによれば、トルコの総発電電力量は673億4,200万kWhであり、その構成は火力407億7,400万kWh（60.5%）、水力265億6,800万kWh（39.5%）となっている。表－2に1988年から1992年の5年間における電源別発電電力量の推移を示す。

表－2 電源別発電電力量の推移

| 年 | 石炭 | 褐炭 | 石油 | 天然ガス | 地熱 | 水力 | 計 |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|----------|
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (百万 kWh) |
| 1988 | 0.7 | 25.3 | 6.9 | 6.7 | 0.1 | 60.3 | 48,049 |
| 1989 | 0.6 | 38.3 | 8.2 | 18.3 | 0.1 | 34.5 | 52,043 |
| 1990 | 1.1 | 4.0 | 6.8 | 17.7 | 0.1 | 40.2 | 57,543 |
| 1991 | 1.7 | 34.1 | 5.5 | 20.9 | 0.1 | 37.7 | 60,246 |
| 1992 | 2.7 | 33.8 | 7.8 | 16.1 | 0.1 | 39.5 | 67,342 |

これを見ると、1989年から急に天然ガス火力の比重が高まっていることがわかる。これは従来、エネルギー不足のほとんどを石油、石炭の輸入により補ってきていたが、近年では住宅用燃料、暖房の需要増とともに天然ガスの輸入が増加したため、火力発電用としても天然ガスを利用することが多くなったためである。

表-3には発電設備利用率を示すが、1992年で58.2%と低く、発電設備容量にはまだ十分な余裕があると言える。

表-3 発電設備利用率

| 年 | 総発電電力量 | 総設備容量 | 最大電力 | 設備利用率 | 負荷率 |
|------|----------|----------|----------|-------|------|
| | 百万kWh | MW | MW | % | % |
| 1988 | 48,049.0 | 14,518.1 | 7,679.4 | 52.4 | 71.2 |
| 1989 | 52,042.0 | 15,805.7 | 8,556.3 | 53.8 | 69.4 |
| 1990 | 57,543.0 | 16,315.1 | 9,180.4 | 58.1 | 71.6 |
| 1991 | 60,246.0 | 17,296.6 | 9,965.0 | 57.9 | 69.0 |
| 1992 | 67,342.7 | 18,713.6 | 11,133.0 | 58.2 | 69.0 |

C) 電力消費量

1992年の国内における電力消費量は540億kWhであり、その内訳は工業用が58.4%、住宅用が21.3%、商業用が6.1%、オフィス用が3.7%、その他が10.5%となっている。これらを10年前の1982年と比較すると電力消費量は約2.3倍となっており、内訳では住宅用が5%上昇しているが、工業用は6%低下している。

表-4 電力消費の内訳（1982年と1992年の比較）

| 用 途 | 1 9 8 2 年 | | 1 9 9 2 年 | |
|-----------|-------------|---------|-------------|---------|
| | 電力量 (百万kWh) | 比 率 (%) | 電力量 (百万kWh) | 比 率 (%) |
| 住 宅 用 | 3846.0 | 16.3 | 11,481.7 | 21.3 |
| 商 業 用 | 1375.8 | 5.8 | 3,270.3 | 6.1 |
| オ フ ィ ス 用 | 596.1 | 2.5 | 2,008.6 | 3.7 |
| 工 業 用 | 15,197.7 | 64.4 | 31,535.6 | 58.4 |
| そ の 他 | 2,571.2 | 11.0 | 5,688.5 | 10.5 |

地域別にみると、63州のうち、イスタンブール（96億kWh）、イズミール（61億kWh）、コカエリ（35億kWh）、ブルサ（96億kWh）、アンカラ（96億kWh）の5州で国内電力消費量のほぼ半分（46%）を占めている。

ちなみに、我が国の場合、1995年度の国内電力消費量（10社実績）は7,570億kWhであり、トルコの十数倍となっている。

D) 電力需要

1993年にTEKにより作成された2010年までの電力需要想定によると、2010年の最大電力は4,339万kW、最大電力量は2,714億5,000万kWhと推定されており、これらは1992年に比較して約4倍もの大きな需要規模（年平均増加率8%）となっている。なお、この想定は負荷率、電力需要構造は現状を維持することを前提として算出されている。表-5に1995年～2010年の15年間の需要想定を示す。

表-5 電力需要想定

| | 年 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 最大電力 (MW) | 14,065 | 15,235 | 17,890 | 18,633 | 19,376 | 20,990 | |
| 発電電力量 (百万kWh) | 火力 | 63,348 | 71,023 | 75,430 | 87,208 | 97,998 | 104,368 |
| | 水力 | 28,958 | 29,798 | 30,767 | 30,767 | 33,453 | |
| 年 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | |
| 最大電力 (MW) | 22,610 | 24,360 | 26,240 | 28,260 | 30,445 | 32,710 | |
| 発電電力量 (百万kWh) | 火力 | 113,208 | 119,838 | 128,678 | 136,283 | 150,758 | 166,098 |
| | 水力 | 35,619 | 38,291 | 40,795 | 43,745 | 44,631 | 45,385 |
| 年 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | | | |
| 最大電力 (MW) | 35,145 | 37,760 | 40,570 | 43,590 | | | |
| 発電電力量 (百万kWh) | 火力 | 182,413 | 202,758 | 217,838 | 236,558 | | |
| | 水力 | 35,994 | 46,134 | 49,938 | 52,219 | | |

表-6 電源開発計画

| 電源種別 | 建設中 | 着工準備中 | 1996年 | | | 2001年 | | |
|--------|-------|-------|--------------|-----|--------------|-----------|--------------|-----------|
| | | | 設備容量 (MW) | 地点数 | 設備容量 (MW) | 比率 (%) | 設備容量 (MW) | 比率 (%) |
| 水力 | 3,840 | | 2,980 | 9 | 10,960 | 47.3 | 15,100 | 44.6 |
| 石炭 | 1,000 | | 1,130 | 5 | 6,300 | 27.2 | 10,150 | 29.9 |
| LNG | | | 1,350 | 3 | 3,900 | 16.8 | 6,600 | 19.5 |
| 地熱 | | | | | 20 | 0.1 | 20 | 0.1 |
| 石油・その他 | | | — | — | 1,990 | 8.6 | 1,990 | 5.9 |
| 計 | | | 1,000 | 5 | 2,480 | 8 | 12,210 | 52.7 |
| 原子力 | | | — | — | — | — | — | — |
| 合計 | | | 4,840 | 64 | 5,460 | 17 | 23,170 | 100.0 |
| | | | | | | | 33,860 | 100.0 |

TEKが作成した電源開発計画によると、2010年の設備出力は合計60,056MWとなり、その内訳は火力および原子力が396,970MW（61.6%）、水力が23,086MW（38.4%）である。電源構成は今後、水力の比率が減少するのに対して、石炭火力の比率が高まるものとされており、2005年からは原子力発電所の開発も予定されている（詳細は不明）。

F) 電気料金

表-7に1984年～1994年までの電気料金の推移を示すが、1994年における税込み料金単価は、住宅用で1,500TL、工業用で1,517TLであった。なお、電力諸費に係る税率は付加価値税（15%）と売上税（工業用1%、住宅用5%）が課せられる。

ここ数年、国内のインフレの高進を反映して、電力料金は毎年増加するほどの料金値上げが続いている。

G) 電気料金

表-7に1984年～1994年における税込み料金単価は、電力料金の年々の上昇率を示す。

H) 電源開発計画

トルコにおいて近年発電を開始した、あるいは開始が予定されている大規模発電所にはElbistan火力（4,200MW）、Karakaya水力（1,800MW）、Ataturk水力（2,400MW）等がある。また、至近年に着工が予定されている発電所にはIlisu水力（1,200MW）、Birecik火力（670MW）、Boyabat水力（510MW）等がある。

表-6に建設中および着工準備中の電源設備の概要を示す。

表-7 平均単価

(単位 : TWh)

| 年 | 住宅用 税込み | 工業用 税込み | 税 | 税 |
|------|------------|------------|----------|--------|
| 1984 | 15.12 | 0.72 | 18.82 | 0.19 |
| 1985 | 19.45 | 0.93 | 25.30 | 0.26 |
| 1986 | 29.89 | 4.05 | 46.97 | 4.76 |
| 1987 | 85.57 | 5.32 | 60.59 | 7.03 |
| 1988 | 49.21 | 6.60 | 91.66 | 9.16 |
| 1989 | 82.78 | 11.11 | 145.69 | 14.56 |
| 1990 | 132.38 | 18.43 | 414.47 | 22.55 |
| 1991 | 276.88 | 41.44 | 348.25 | 40.45 |
| 1992 | 630.78 | 94.40 | 634.74 | 73.62 |
| 1993 | 1,081.18 | 166.89 | 1,040.00 | 125.71 |
| 1994 | 1,500.24 | 257.81 | 1,517.39 | 210.98 |

(3) The age determination of the marine terrace in the vicinity of Altinova
 Kazuo Ohmura(Daiwa Geological Laboratory, Inc)
 A fossil shell from the marine terrace sediment , which is correlated to the North Anatolian fault around Altinova in Turkey was obtained , As the age of the terrace sediment has been considered ambiguously to be about 250ka. the electron spin resonance (ESR) dating method was applied to the fossil shell.

1. Introduction
 A fossil shell from the marine terrace sediment , which is correlated to the North Anatolian fault around Altinova in Turkey was obtained , As the age of the terrace sediment has been considered ambiguously to be about 250ka. the electron spin resonance (ESR) dating method was applied to the fossil shell.
2. Principle of ESR dating
 Natural ionizing radiation such as alpha , beta and gamma rays and some chemical reactions causes breaking of electron pairs in materials (crystal) . As a result , a part of unpaired electrons is trapped with impurity or defect sites in the materials (crystal) . The number of unpaired electrons has increased as the storage time passes. The total dose of radiation dose (TD) accumulated in storage period can be determined from the quantitative of unpaired spins by the absorption of the microwave (ESR) . If TD was determined by ESR as well as the annual dose rate of natural radiation , the age can be calculated simply by dividing TD by AD.
2. Sample
 The sample (TS1) was aragonitic fossil shell , collected from the marine terrace sediment around Altinova in Turkey. The species was Callista sp..
 The AD determination was carried out to the sediment sample(TS1-A) surrounding TS1.
3. Experimental procedures
 (1) Sample preparation : Sample was prepared by the following procedures.
 a. Aragonite part was selected to the dating sample.
 b. Sample was washed by water to remove adhered clay and silt , followed to ultrasonic bath washing for 15minutes.
 c. Sample was soaked in a 2 %CH₃COOH until the colored surface region was removed.
 d. After washing again by water , the dried sample was crushed in an agate mortar and the grains ranging of 0.25-0.075mm in diameter were collected by sieving.
 e. Sample was again etched in a 2% CH₃COOH to remove the surface parts affected by crushing (20-30 seconds).

- (2) Artificial γ -ray irradiation
 Artificial γ -ray (40Co source) irradiation was performed in the Japan Atomic Energy Research Institute. The dose rate was 98Gy/h. The applied additive doses were 0.25, 49,74,98, 147, 196, 294, 392, 588 and 784 Gy.

(suddenly) occurred with respect of human activity several thousand years ago. The mean water content of sediment though all period was considered to be kept around 10% (the water content of Pleistocene sand terrace in Japan was almost 0 %) (Table-3).

The ESR age (T) was finally obtained by dividing TD by AD. When the water content was to be 1 % , the age was estimated to be 190ka and in the case of 10% water content the age was to be 210ka. The error of ESR dating was assumed to be 20 % (Imai and Shimokawa,1988 , Thukamoto, 1995).

Thus we could evaluate the age of the shell ranging between 190 plus-minus 38ka and 210 plus-minus 42ka.

5. Conclusion
The age of the marine terrace contained the fossil shell was determined to be about 200ka. This measuring results finely corresponds to the geological data.

6. References
Henning GJ and Grun R(1983) ESR dating in geology, Quat.Sci. Rev., 2,157-238
Imai N and Shimokawa K(1988) ESR dating method. Mem. Geol. Soc.Japan,29,59-72
Nambi KSV and Aitken M(1986)Annual dose conversion for TL and ESR dating, Archaeometry, 28,202-205
Tsukamoto S(1995) Present status and problems of Electron Spin Resonance (ESR) dating , Quart. Res. 34(3),239-248
Yokoyama Y et.al. (1982) PACT, Jour. 6,103-115

(3) ESR measurement
The grain sample (50ng) was measured with an X-band ESR spectrometer (Type JES-REX, JEOL.9 at room temperature in the following conditions : microwave power : 1mW, magnetic field modulation : 0.079mT(100kHz) , time constant :0.3sec. , magnetic field:335.6plus -minus5m , and scan speed : 0.03mT/sec.

The signal used for dating was the C signal (g=2.001) which is associated with CO₃ type defects in CaCO₃ crystal.

Although the peak-to-peak height from the first derivative spectrum was utilized generally as the ESR signal intensity , the height from the baseline to the bottom of the peak was employed in the present experiment, because of the existence of prominent peaks due to organic material's signal.

(4) The total dose (TD) evaluation

The total dose (TD) was estimated using the additive-dose method : the TD was given from the extrapolation of the saturative curve by fitting the data points to the least squares method.

(5) The Annual dose rate (AD) evaluation

The Annual dose rate (AD) is determined by the chemical analysis of radioactive elements (uranium, thorium , potassium) in sediment material, from which alpha , beta, and gamma rays produced defects in material (crystal).

The concentrations of uranium , thorium, potassium for AD-evaluation were determined in the ACTIBVATION LABORATORIES LTD., CANADA: uranium and thorium were determined by INAA(instrumental Neutron Activation Analysis), while potassium was done by ICP (inductively coupled plasma emission spectrometry). The AD from these elemental concentrations was evaluated using the conversion table of Nambi and Aitken (1986).

In the calculation the thickness of shell and water content in sediment samples must be taken into account owing to the different penetration ability of alpha, beta, and gamma rays.

The β -ray attenuation correction factor for external β -ray contribution were calculated by Yokoyama et.al.(1982) .

Since the sample had been in sufficient depth in the sediment, the contribution of cosmic-ray might be negligible. Attenuation by pore water in the sediment was evaluated using Henning and Grun, 1983,

4. Results and discussion

Results are shown in Table 2,3, Figure1 and 2. The TD was determined as to be 196 Gy. On the other hand , AD was estimated to 1.01mGy/yr with the water content of 1 %.

However , the value of water content may be underestimated , because it is unlikely that the dried climate in Turkey has been unchanged since the time of emergence. So, we assumed that the climate might have been moist enough to vegetate for long time, and the climatic change has

| Sample | Depth (cm) | Water content (%) | Thickness (mm) | External dose rate (mGy/yr) | Total dose (Gy) | Age (ka) |
|--------|------------|-------------------|----------------|-----------------------------|-----------------|----------|
| 1 | 0~10 | 10 | 10 | 1.01 | 0.101 | 1.01 |
| 2 | 10~20 | 10 | 10 | 1.01 | 0.101 | 1.01 |
| 3 | 20~30 | 10 | 10 | 1.01 | 0.101 | 1.01 |

| Sample | Depth (cm) | Water content (%) | Thickness (mm) | External dose rate (mGy/yr) | Total dose (Gy) | Age (ka) |
|--------|------------|-------------------|----------------|-----------------------------|-----------------|----------|
| 1 | 0~10 | 10 | 10 | 1.01 | 0.101 | 1.01 |
| 2 | 10~20 | 10 | 10 | 1.01 | 0.101 | 1.01 |
| 3 | 20~30 | 10 | 10 | 1.01 | 0.101 | 1.01 |

TABLE I. Annual dose rate (Gy/ka) for unit concentration by weight.
(Nambu and Aitken(1986))

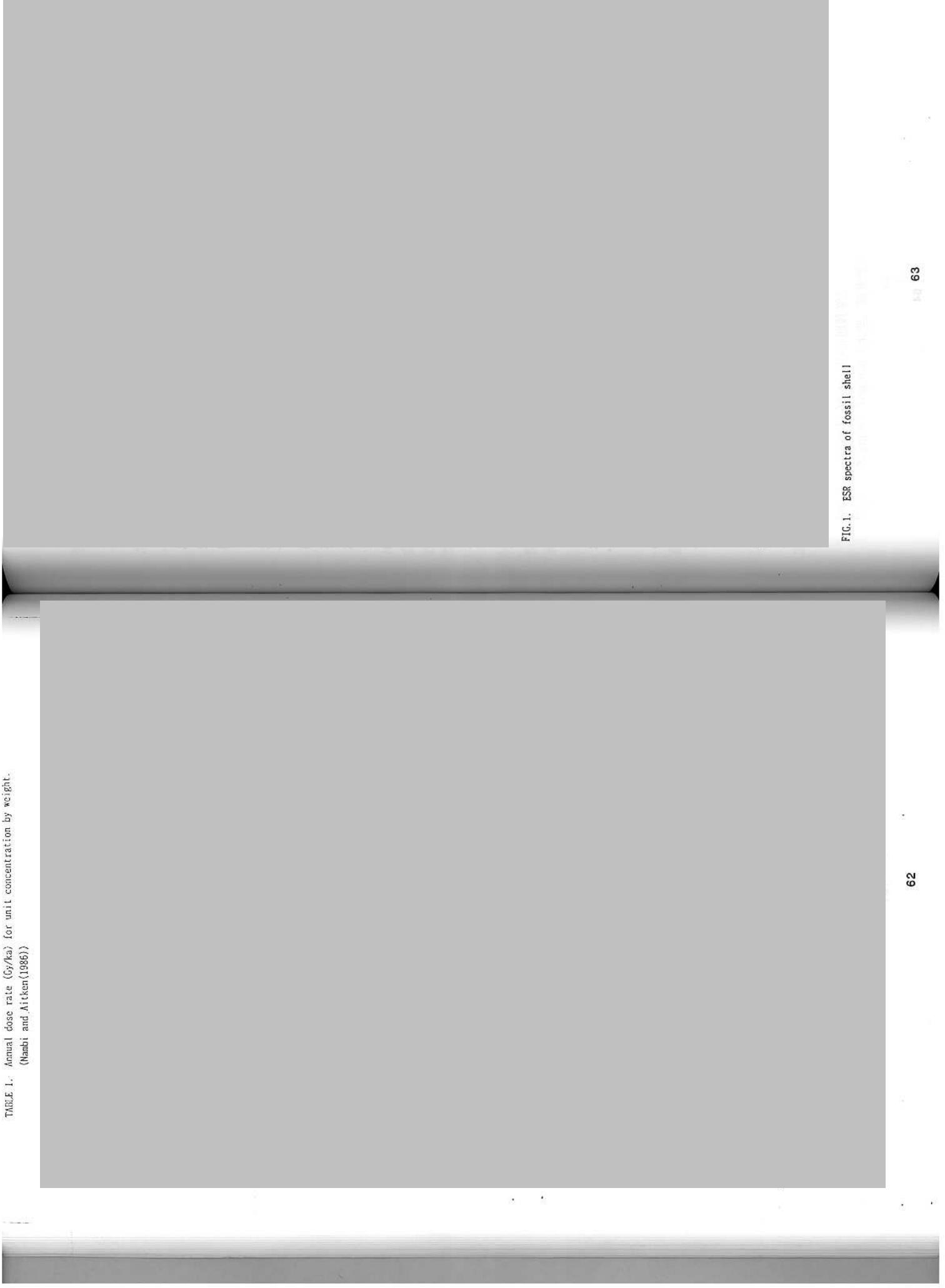


FIG. 1. ESR spectra of fossil shell

4. スイス編

4-1 スイス地質巡査総括

近藤達敏 (応用地質株式会社)

(1)はじめに

今回の第7回応用地質調査団のスイス地質見学は、スイスの名峰の一つである Jungfrauの地質見学に引き続いてアルプストラントンジットンネル(Gotthardtunnelルート)の地質見学、さらに鮮新世における大規模地滑り堆積物の見学とダム基礎岩盤からの漏水問題のあったダム堤体の見学などに重点をおいて行われた。

スイス・アルプスはスラスト・ナップの地質構造が古くから研究され、日本の古典的 地質構造研究に大きい影響を与えたところである。日本における応用地質分野では、地 下深部の開発や大規模な地滑りの評価などの要請が高まって来ており、予測すべき地質構造が深部へ向かう傾向が強まっているといえよう。このようない観点から、今回の視察調査ではスイス・アルプスの地質構造の一部でも実感できること、また土被り高さが2000mを越えるアルプストラントンジットンネルにおける施工上の問題点の一端をかい ま見ることが出来たことやダム基礎岩盤からの漏水問題における日本とヨーロッパとの考え方の違いに触れることが出来たことなどは、何よりの成果であったといえる。出合 会地質見学に当たつて事前に以下の資料を用意し、参考資料とした。
1) <スイス地質巡査資料ー1>
2) <Geology of Switzerland, Part A>
3) <Geology of Switzerland, Part B>

<スイス地質巡査資料ー2>
Geology of Switzerland, Part B
<スイス地質巡査資料ー3>
4) The two Base Tunnel of the Alptransit Project: Loetschberg and Gotthardtunnels

<スイス地質巡査資料ー4>
Beobachtung und Interpretation des Piezometrischen Feldes unter einer Staumauer
<スイス地質巡査資料ー5>
Joint opening and head distribution in the foundation rock of the Albigna

5) Gravity Dam <スイス地質巡査資料ー7ー9>
6) Flims地滑り地域の鳥瞰図 1葉
7) Stamm Alptransit Gotthardtunnelsルート地形図 3葉
<スイス地質巡査資料ー9>

8) 今回の地質見学では、スイスチューリッヒ工科大学 (Hoengerberg) トンネル工学研究室のDr. Kalman Kovari教授に本学会小島会長から御願いをして、Kovari教授の好 意により以下の方々にご多忙にも拘わらず現地案内と説明を頂いた。

9) Prof.Dr. Simon Loew (応用地質学)
10) Dr. Roland Wyss (応用地質学)

11) Dipl. Matthias Wegman (水理、雪氷学)

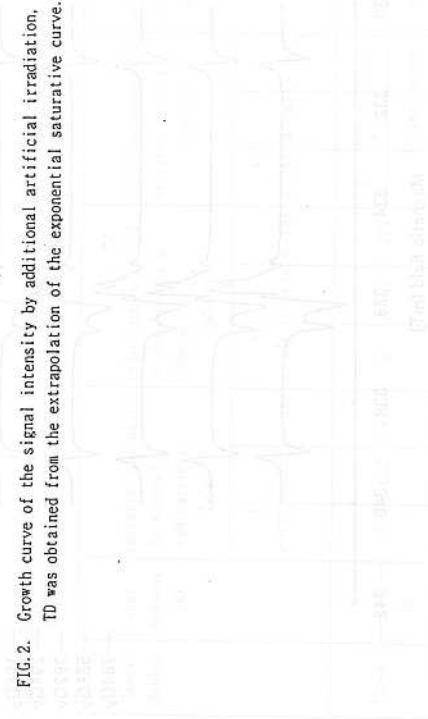


FIG. 2. Growth curve of the signal intensity by additional artificial irradiation.
TD was obtained from the extrapolation of the exponential saturative curve.

以上の方々以外として、ユングフラウヨッホではユングフラウ鉄道（株）技術主幹 Dr.Hans Schlunegger、Alp Transit Base TunnelのDr.Hans Schlunegger、Alp Transit Base TunnelのDr.Hans Schlunegger、Alp Transit Base TunnelではYves P. Bonanomi氏、Albigna Damではチューリッヒ市工業部土木事務所のHeinz Buff氏およびチューリッヒ市工業部土木事務所のRoland Bischoff氏、さらに現地通訳とお世話をしに厚く感謝の意を表する次第である。

（2）日程と概略の観察内容

今回の見学ルートは第2章のスイス行程圖（P14）に示したとおりである。か貫鉄道からZürich空港着、到着後、貸し切りバスにてInterlakenへ向かう。
6月28日（土）：Athen=Zürich=Interlaken
11:00 Athen発
12:50 Zürich空港着、到着後、貸し切りバスにてInterlakenへ向かう。
宿泊：Interlaken, ROYAL ST. GEORGES HOTEL

6月29日（日）：Interlaken=Jungfraujoch=Luzern
出発前にスイスチューリッヒ工科大学のMatthias Wegman氏と合流し、Interlaken Ost駅からJungfraujochへ向かう。ユングフラウ鉄道の列車の中では、ユングフラウ鉄道会社技術主幹であるDr.Hans Schlunegger氏の説明を受けながら、頂上へ至る。頂上付近の地下conference roomでWegman氏からユングフラウの永久凍土におけるspfynx建設についての説明を受ける。

宿泊：Luzern, MONOPOL METROPOL HOTEL

6月30日（月）：Luzern=Gotthard Base Tunnel視察=Films
朝、出発前に現地通訳の日本女性平岡氏が来られ、チューリッヒに帰るまでの3日間を同行してもらった。途中、Ersfeldにてチューリッヒ工科大学のProf. LoewとDDR.Wyss氏と合流し、Gotthard Base Tunnelについて説明を受け、その後、Schachentalen, Pfaffenprung, Schoellenen峡谷、Drun峡谷、SedrunでのAccess Tunnel Shaftで説明を受けた。

宿泊：Films, SCHWEIZERHOF HOTEL

7月1日（火）：Films=Albigna Dam視察=Sils Maria
朝、出発前に案内のDr.Zwahlen氏と合流する。Films Waldhausをまわり有名なFilms地aldhausをまわり有名なFilms地滑りの跡を眺めて、一路Albigna Damへ向かう。途中、Bonaduz渓谷にて土石流による砂層を見学し、ophioliteの露頭を見学し、Julierpassを通過してAlbigna Damの見学を行う。

宿泊：Sils Maria, EDELWEISS

7月2日（水）：Sils Maria=Zürich
バスでチューリッヒへ帰る途中、高速道路サービスエリアのBergsbodenでWalensee北岸道路サービスエリアのBergsbodenでWalensee北岸のnappen群や横臥褶曲を遠望する。

宿泊：Zürich, ATLANTIS SHERATON HOTEL

4-2 ユングフラウの地質

村上徹（開発土木コンサルタント）

（1）スケジュール

6月29日（日）午前8：30 ホテルロビーで、途中同行して説明していただく E T H（チューリッヒ工科大）のMr.Wegmannと合流、ホテルから歩いて駅まで移動、朝から小雨、Interlakenは本当に日本人が多い。

9：02 Interlaken Ost出発車中ユングフラウ鉄道の重役Dr.Hans Schlunegger氏同行し鉄道のことについての質問等に答えていただいた。

9：24-09：25 Lauterbrunnen で乗り換え

10：10-10：30 Kleine Scheideggで乗り換え。急傾斜のため2両づつに分かれて登る、ツツジ科のアルペンローズが見られる。

11：22 Jungfraujoch着

11：30 ミーティングルームにて、Dr.Hans Schluneggerとの登山鉄道に関する質疑およびMr.Wegmannのユングフラウヨッホの地質及び計測の説明。説明会には筑波大の松岡さんと北大の石川さん（E T Hに留学中）も同席。昼食をRestaurant Top of Europeでとる。スフィンクス展望台からの視察など

15：30 Jungfraujoch出発

16：14-16：32 Kleine Scheideggで乗り換え

17：15 Grindelwald 着 Mr.Wegmann、Dr.Hans、Schluneggerと別れ、バスでルツェルンまで移動（ルツェルン泊…スイスで6番目に大きい都市）

（2）ユングフラウ鉄道

インターラーケンからユングフラウヨッホまでは三つの鉄道を乗り継いで登る。今回は、行きはラウターブルンネン・クライネシャイデック経由で、帰りはクライネシャイデックからグリンデルヴァルトへと下った。車両は小さくて簡素、清潔で乗り心地もまずまずであった。（サービスとホスピタリティが特徴的）

最後のKleineScheidegg～Jungfraujoch間が一番急傾斜（25%）で、大部分がトンネルで、途中2カ所で停車する。それは、Eigerwand(標高2865m)…アイガー北壁中（ユラマール・シストが分布）とEismeer(標高3160m)…アイガー（標高3970m）とメンヒ（標高4099m）の間である。駅からは天気が良ければ山体斜面の窓からの眺望が楽しめる。

鉄道の歴史は古く、メンリッヒ鉄道は今年150周年を迎え、ユングフラウヨッホの駅も、1912年の開設ですでに75年になる。ユングフラウヨッホ駅は、ヨーロッパで最も標高が高い駅（標高3454m）である。

100年前に建設が開始され、当初はユングフラウヨッホ頂上（標高4158m）まで行く予定であったが、資金的な問題（電気的な削岩機が未発達で、資金も膨大化）から、1904年に変更、1920年（大正元年）に全て完成。全ての建設に40年かかっている。

最後のトンネル区間だけで、調査費+建設費が約1億2千スイスフラン（約240億円）、30年での償却で作られた。1912年当初には、Jungfraujochへの訪問者が38,705人だったのが、今では年間約100万人の利用者で、その内約35万人が日本人とのこと。そのため、

車内では日本語の放送も行われている。Interlaken～間の運賃は9千円位で、その大部分が最後のトンネル区間の運賃となっている。

最後のトンネル区間は、ユラマール（シスト）の良好な硬岩で、シストの傾斜と逆方向にトンネルを掘削したためほとんどの問題はなかったそうで、途中30tのダイナマイトが爆発して大きな穴が出来た他は、人身事故も無く完成したことのこと。トンネル掘進速度は1～5m／日、1日3交代（高地作業のため）で掘削された。トンネルのメンテナンスは、1年に1回棒でそこを行なうだけだそうである。明かりの区間では鉄道運行のための雪崩予知防止システムが発達している。

幸運なことに、トンネルの途中で停車してもらい、本団員だけ一時下車して石灰岩中の破碎帯（幅2m位）を見ることができた。粘土化はしていないか軟質で、坑夫によつて人面の彫刻がしてあつた。

鉄道設備や周辺施設は観光國らしくランドスケープ・プロテクションを重視した、民族的な様式の建物で統一され、ユングフラウヨッホ駅などは、近代的な設備であるが、洗練されたデザインで、日本の觀光地とは違ったスマートなものである。さすがにユングフラウヨッホでは高標高のため、軽い高山病状態で階段の登り降りにも疲れ、思考力もやや鈍るようであつた。高地での高山病対策として酸素缶、グレゴラミンといった薬剤があるそうである。

スフィンクス展望台の地下では各種計測（永久凍土の温度と熱対流、中性子測定等）が行われている。10～20mの地中変位計が設置されていて、温度変化と岩盤変位は逆相関を示している。6.5mの深度で、最大3.5mmの変位が測定されている。地温の変化は、50mの深さでは温度変化が極小になる。

(3) 氷河と氷河地形

ユングフラウヨッホではあいにく悪天候のため、ヨーロッパ最長(22km)の氷河アレッチグ氷河等を見られなかつたのが残念であつた。登りの電車よりユングフラウの北東斜面のギーゼン氷河等が何とか望めたのと、氷河を掘つて作られたアイス・パレス(千代の富士の氷像等も飾られている)で実際の氷河に触れられたのがせめてもの幸いであつた。

(4) ユングフラウヨッホの地質

ユングフラウ地域は、中央スイスのヘルベチック帯(広義)に位置し、その地質は、結晶基盤上に中生界～下部漸新統の被覆層が載つてゐる。ユングフラウの頂上部はアーリ地塊(Aarmassiv)の片麻岩(Jungfrau crystalline)で、ユングフラウヨッホでは、花崗岩質片麻岩(駅)の上に泥灰岩(細粒石灰質堆積岩)さらにその上に緑泥石セリサイト片麻岩が載つてゐる。

本地域は、アルプス変動帶の中でもアルプス地域の西アルプス地質区に属し、古典的によく知られた横臘褶曲構造を呈している。そのアルプス変動の進行は以下のようである。

- A) 海底拡大期…オフィオライト、ジュラ紀ないし白堊紀初めの海洋地殻の形成

- B) サブタクショーン期…ユーラシア・プレートのアフリカ・プレートないしアドリア地塊下へのサブダクション
 - C) 大陸地塊の収束期…両プレートの大陸地殻部の衝突
 - D) 上昇期
- (5) 崩壊地形他
ルツエルンに行く途中、2年前の崩壊地遠望、事前に地形的な変形から崩壊が予測されていたが、住民からは問題にされなかつたこと。

図-1 ユングフラウ付近の觀光地図
(赤線で澄山鉄道のルートが表示されている)

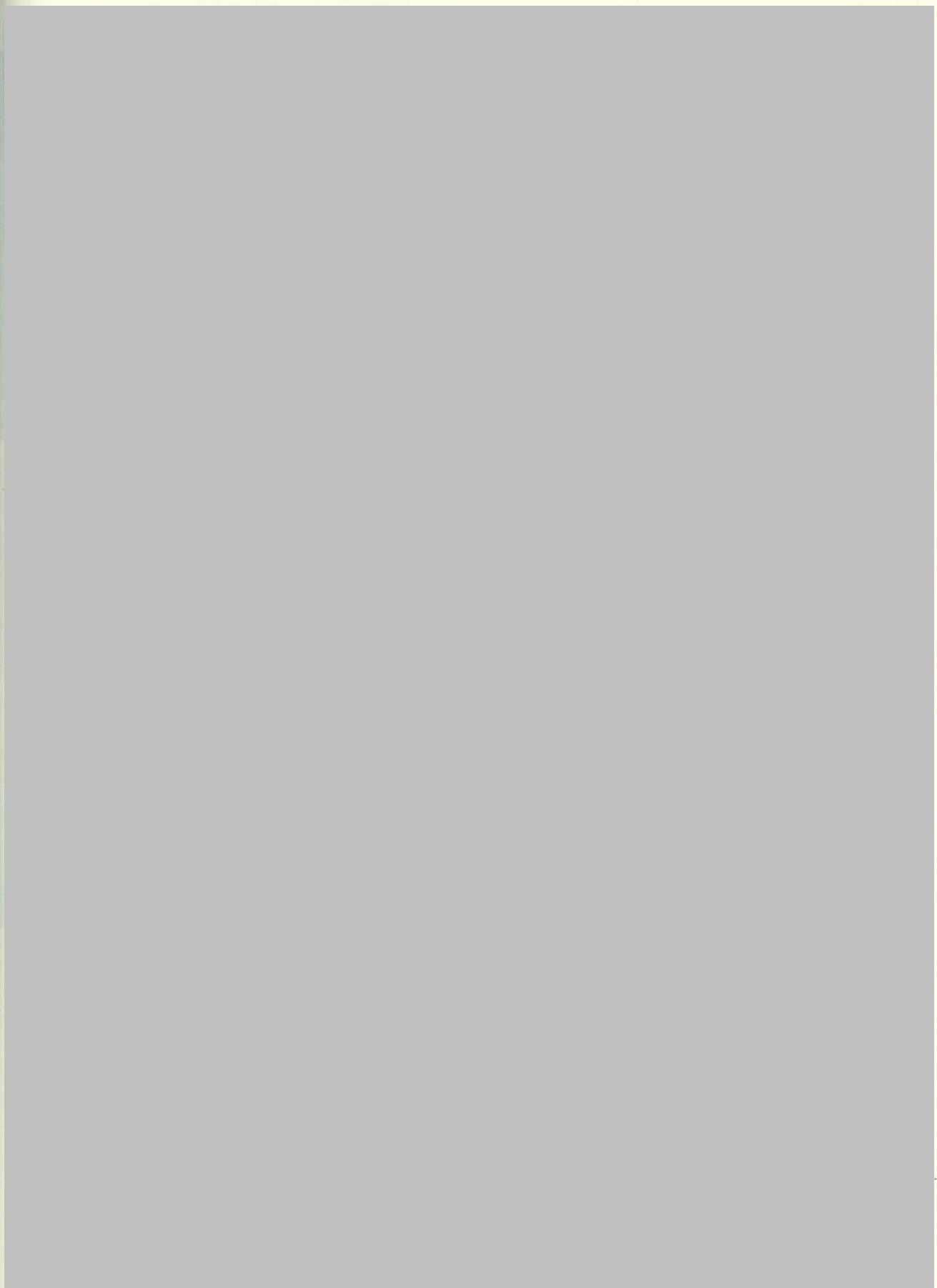


図-2 ユングフラウ周辺の地形図

(1:60000の地形図を縮小、1枚2,200円位と高価である) 0

5km



写真-1 クライネシャイデ駅
より氷河を望む
(左よりアイガー、メンヒ、
ユングフラウ)



写真-2 氷河の内部をくり抜いた通路（アイス・パレス）



図-3 ユングフラウの地質断面



図-4 ユングフラウヨッホの地下駅の地質

1. 花崗片麻岩
2. ユラマール（石灰岩）
3. 結晶質緑泥石—セリサイト片麻岩
4. 氷河



図-5 アルプス変動の概要図



写真-3 インターラケンより
ヘルベチア帯の横臥褶曲を望む



写真-4 2年前にできた崩壊地



写真-5 ヘルベチア帯のシェブロン褶曲
(ヘルベチアはスイスの古名：民族名)



図-6 ヨングフラウ地域の地質概要図



図-7 地質断面図

ユングフラウヨッホ（その2）

(株) 建設技術研究所 西柳良平

1. 行 程

当日は肌寒いあいにくの小雨混じりの天気で、Intelaken から眺める南方のアルプス山脈は雲中にあった。

ホテルでチューリッヒ工科大学の Mr. Wegmann と合流した後、Intelaken Ost 駅からベルナー・オーバーラント鉄道(BOB)を利用し Lutschine 川（上流で Weisse-Lutschine 川）沿いに Lauterbrunnen へ向かった。途中駅でユングフラウ鉄道の重役 Dr. Hans Schlunegger に同行していただき車中で鉄道の歴史や形式等についての説明を受けた。Lauterbrunnen からはヴェンゲンアルプ鉄道(WAB Lauterbrunnen～Grindelwald 間)に乗り換え、KilineScheidegg へ。さらにここでユングフラウ鉄道(JB) へ乗り換へ Jungfraujoch を目指した。

2. 登山鉄道の概要

車中において説明のあったヴェンゲンアルプ鉄道(WAB)とユングフラウ鉄道(JB)について以下にまとめた。

◎ヴェンゲンアルプ鉄道(WAB)

Lauterbrunnen（標高 796m）からユングフラウ鉄道(JB)への乗り換え駅である KilineScheidegg（標高 2,061m）を経由して Grindewald（標高 1,034m）を結ぶ路線として 1893 年に開通した延長 19.1 km の登山鉄道。

軌間は 800 mm でラック方式はリングンバッハ式*を採用している。最大勾配は Lauterbrunnen～KilineScheidegg 間で 190 パーミル、KilineScheidegg～Grindewald 間で 250 パーミルである。

この鉄道は Lauterbrunnen から Grindewald まで一本の路線であるが、動力車を常に下側に位置させるため KilineScheidegg を境にして運用は二つに別れている。

リングンバッハ式*：梯子状のラックレールを用いる方式で、ヨーロッパ・アルプスでは多くの鉄道で普及している。なおヨーロッパ初の登山鉄道であるフィツツナウ・リギ鉄道もこの方式を採用している。考案者はニクラウス・リングンバッハ。

◎ユングフラウ鉄道(JB)

ユングフラウ鉄道は WAB との接続駅である KilineScheidegg からヨーロッパ最高の駅 Jungfraujoch（標高 3454m）間（延長 9.3 km）を結ぶ観光目的の登山鉄道で 1912 年に開通した。

軌間は 1,000 mm でラック方式はシュトルプ式*を採用している。最大勾配は 250 パーミル。この鉄道が地上を走るのは KilineScheidegg から次駅の Eigergletscher までで、その後は終点の Jungfraujoch まで Eiger～Monch の山体内をくり貫いたトンネル区間となっている。

運行は動力車と付随車の 2 両編成で、3 相交流の電気方式が採用されているので、車両の屋根にはパンタグラフが 2 つ並び、架線も 2 本平行に並んでいる。

シュトルプ式*：エミール・シュトルプの発明した鋸状のラックレールを用いる方法。ラックレールは棒状の圧延鋼材を切削して谷を作っている。

3. 植生と地形

Intelaken から Jungfraujoch までは標高差が 2,887m（標高 567～3,454m）もあり移動中は植生や地形の様々な変化を見ることがある。

Lauterbrunnen までは、Weisse-Lutschine 川沿いにもみの木等の高木針葉樹が多く生い茂る谷底平野をさかのぼって行くが、両岸斜面には岩盤の露出する高さ数百mの急崖が見られる。急崖上部からはより高標高部より合流する支川が懸谷となり、谷底から眺める景色はあたかも山頂に水の噴き出す滝があるように見える。



Lauterbrunnen の町並みと西側斜面に見られる滝

Lauterbrunnen からは、Tschuggen（標高 2,520m）や Lauberhorn（標高 2,472）からなる南北方向の延びを持つ山稜の西側斜面を蛇行しながら登って行く。

Lauterbrunnen の次駅にあたる Wenggen（標高 1,274）付近は、モレーンからなる起伏の多い緩斜面が広がり、一見したところ大規模な地すべり地形を思わせる（現に地すべり地になっている場所もあるようである）。

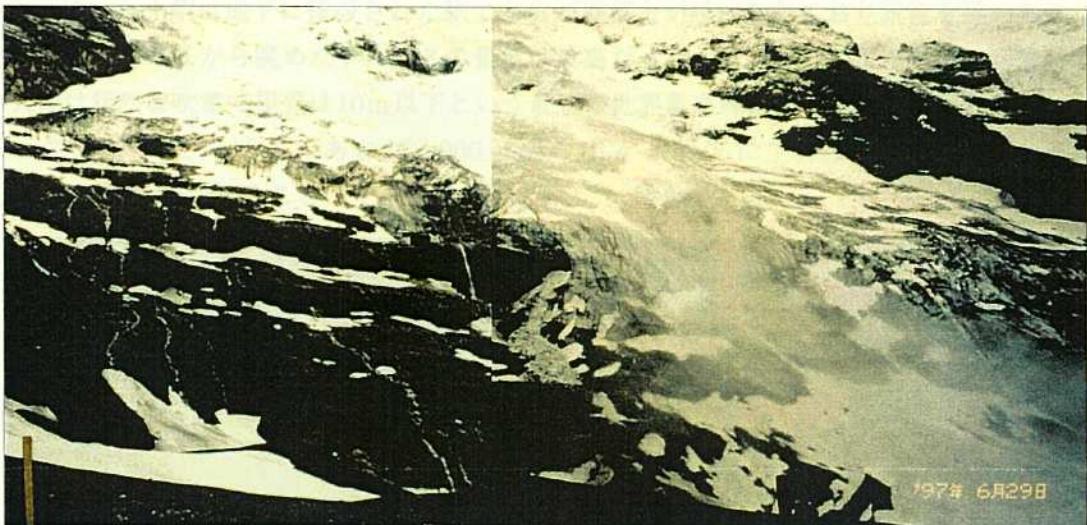


Wenggen 周辺のモレーンからなる起伏の多い緩斜面

植生は KilineScheidegg に到着するまでの間に変化し、おおよそ標高 1,800m付近で高木林が姿を消し森林限界となっている。これ以上の標高では背丈の低い高山植物からなるが、標高が高くなるにつれて分布もまばらで裸地が目立ってくる。

KilineScheidegg から Jungfraujoch 間はほとんどがトンネルであるが、KilineScheidegg から約 2 km区間は地上を走る。

トンネルにさしかかる標高 2,300m付近が植生限界となっているようで、これより高標高部は植生のない絶壁の連なる岩崖と氷河よりなる荒々しい地形を呈し、何者も寄せ付けない神々しさを感じた。



車窓から眺めることのできた Eigergletscher の末端部

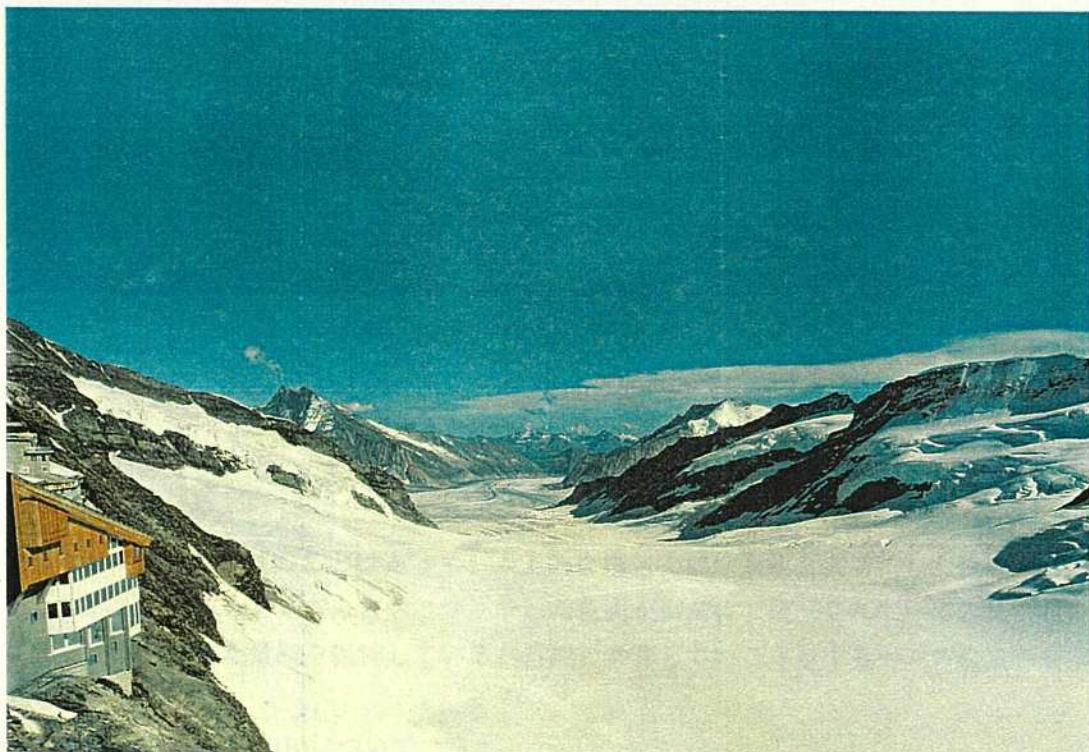


岩壁には明瞭な氷河擦痕が認められる

4. ユングフラウヨッホ

Jungfraujochに到着後、ミーティングルームで同行していただいたDr. Hans SchlueneggerとMr. Wegmannによる研究内容やその成果についての説明が行われたが、空気が薄いためか眼気がひどく内容の理解はあまりできていないので村上さんの説明を参照していただきたい。

Jungfraujoch駅は地下に建設された駅であるが展望台が設けられており景色を眺めることができる。ここから眺めたアルプスの景色は最高だったと言いたいところだが、到着時の天候は猛烈な吹雪で視界は10m以下という最悪の世界最高峰駅での景観を味わうことになってしまった。好天であれば4,000m級の山々と眼下にアルプスで最長の氷河Aletschgletscherを眺めることができたのに..... 残念である。



好天であれば見ることのできた4,000m級の山々とAletschgletscher

外の景色は見ることができなかったが、Jungfraujochには観光の目玉として氷河をくり貫いたトンネル（調査横坑程度の広さ）=アイスパレスなるものがあり氷河の中を散策できる。トンネル内は照明と手すり以外はすべて氷で、内部には氷河の形成過程で生じる綺麗な縞模様が見られる。現在トンネル内で見られる氷河は1900年代前後の降雪が氷河になったものらしく、1940年代の温暖な時期に融氷を防止するため氷上に撒いたオガクズが氷河中の薄層として見えた。

説明によると、氷河の移動速度は年間40cm程度で、これに伴って年1回は手すりの取付

位置を変える工事を行っているようである。



氷河の内部（アイスパレスにて）

5. おわりに

最後に今回のスイス巡検で感じたことを箇条書きにしてまとめた。

① 景観設計について

さすがに観光国だけのことはあって、人工的な構造物には景観を大切にした設計が行われている。町並みを見ても自然とマッチした色調が街全体で統一されていて、見た目に美しく落ち着いた景観を保持している。自然と共に存していくとするセンスの良さを感じた。

② ユングフラウ鉄道(JB)について

今から100年以上も前に、あんな難所に鉄道を通し本来なら登山家にしか見ることのできないパノラマを誰でも見ることができるようになれたアイデアとそれを実行し完成させた事実には絶句してしまった。

③ Jungfraujochについて

今回は天候の都合でJungfraujochからの大パノラマは眺めることができず非常に残念であった。しかし所々でこれまで書籍や写真でしか見たことのないアルプス独特の山岳地形を直に見ることができ感激した。次回訪れるときは好天に恵まれたいものである。

④ 余談

Jungfraujochに限らず高所ではアルコールの飲み過ぎに注意したほうが良い。

4-4 フリムス地すべりとポナドウツ土石流堆積物

伊熊俊幸 (株)ダイヤコンサルタント)、丹波 齊 (株)開発調査研究所)

(1) はじめに

昨晩泊まったSCHWEIZERHOF HOTELの環境の良さと夕食とワインの美味さを十分堪能したせいか目覚めも良く、朝8:30にロビーに集合し、本日の地質巡検のガイドをして頂くDr.Zwahlen氏に挨拶、お互いの自己紹介後、彼からフリムス地すべりの概要、行程などの説明を受けた。

地すべり地形見学の前にウォーミングアップを兼ねて30~40分程度ホテル周辺を歩いて廻ることになり、静かな村内の巡査からスタートした。

(2) Flims Waldhaus周辺の地形

迷子石(Wanderbl cke)を探しながらトレイルを暫く進むと眼下に小さな湖(LagPrau Tuleritg; 図-1のLoc.①参照)が見えた。この湖は氷河のモレーンによってせきとめられて形成されたとの事。湖の水位は湖底からの湧水により年間を通じて一定し変動幅は数m程度で、この現象は上流域に分布する氷河に関係があるらしいとの説明がなされた。また、湖の周囲には小丘状の地形(尾根)が広がっており、全てモレーンで構成されている。迷子石を探すことは出来なかったが、Loc.②に向かう途中でFlims地区のバイパストンネル計画について図表を用いての説明を受けた。トンネル線形計画においては環境、景観についての配慮を十分に行っており、湖水の枯渇がないように線形を検討したことであった。結果的には地すべり堆積物(崩積土)内にトンネルを通過させることになり、地山の透水性が問題点としてあげられた。これまでの調査において特に、 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ (m/s)の透水係数を示す地層の分布状況が不確かであり、トンネル計画・施工においてはそれらの分布状況の詳細把握が今後の課題となっている。

(3) フリムス地すべり

図-1のLoc.②において実際に雄大なスケールでフリムス地すべりの滑落崖を見ることが出来た。この状況はホテルで入手したフリムス地区の鳥かん図(図-2参照)にも見事に描かれている。大滑落崖は約7kmに亘って連続し(写真-1参照)、その下部に緩斜面が分布している。

これまでの研究によるとフリムス地すべりは今から17000年前に活動したと考えられており、発生した崩積土は約 13km^3 と見積もられている。フリムス地域の地質は図-3に示すように大別して現地性(Autochthon)の中生層~古第三紀層と、構造的にその上位を占める古生層のVerrucano(ベルカーノ)から構成されている。なお、ベルカーノの基底部にはLochseitenkalkと呼ばれる特徴ある石灰岩が分布しており、これが滑材となって遠く南の方からベルカーノが水平移動して現地性地層の上に衝上したと考えられている。フリムス地すべりのメカニズムとしては、基岩である中生層の地層境界でのすべり(流れ盤すべり)によると解釈されているが(図-4参照)、すべり面の傾斜角(平均 20°)についての力学的説明に問題が残っているように思えた。上記緩斜面は、大小の岩片を含む粗粒の岩屑物から構成される崩積土の上に拡がっており、Flims,Fidazなどの集落が

分布している。

この崩積土を前ライン川(Ordererhein)が下方浸食して、蛇行しながら東へ流下している。写真-2に堆積物の層相(図-5、Loc.③)を示すが、基質部が石灰質に富むのであろうか固結度は良好である。また、この付近はライン川に沿つて氷河特急(Gletscher Express)が走つており、車窓からの眺めは「スイスグランドキャニオン」と呼ばれている(写真-3参照)。

(4) ボナドゥツ土石流堆積物

ボナドゥツ集落の小丘(図-5、Loc.④)から後ライン川(Hinterrhein)を眼下に望みながら、ボナドゥツ土石流堆積物を足元に注意しながら観察した。この堆積物はヘルベート帯から供給された巨礫(円礫)を含んでいるが、層理が認められない堆積物である(写真-4参照)。一部では上方細粒化を示している。見た限りにおいてはさながら鳶島の土柱堆積物の様相を呈している。現地では岩屑流堆積物との説明を受けたが、供給源、堆積状況などについては種々意見が分かれたようである。

(5) おわりに

短時間ではあつたがスイスアルプスの地質構造と、それから派生する地すべりなど土地質の問題点の一端を理解することができた。地質巡査をコーディネートして頂いた応用地質家の近藤達敏博士、現地説明をお願いしたDr.Zwahlen、Prof.Dr.L.W.ほかの方々に心から厚く謝意を表したい。(写真-10)お詫びと感謝の意を込めて。(写真-11)お詫びと感謝の意を込めて。(写真-12)お詫びと感謝の意を込めて。(写真-13)

（6）おわりに

（7）おわりに

（8）おわりに

（9）おわりに

（10）おわりに

（11）おわりに

（12）おわりに

（13）おわりに

図-1 Flims 地区
地質巡査箇所

図-5 Bonaduz 地区
地質巡査箇所

図-1 および図-5 の地形図は 1/25,000 の Landeskarten der Schweiz (Platt:1194, 1195) を 1/2 に縮小したものである

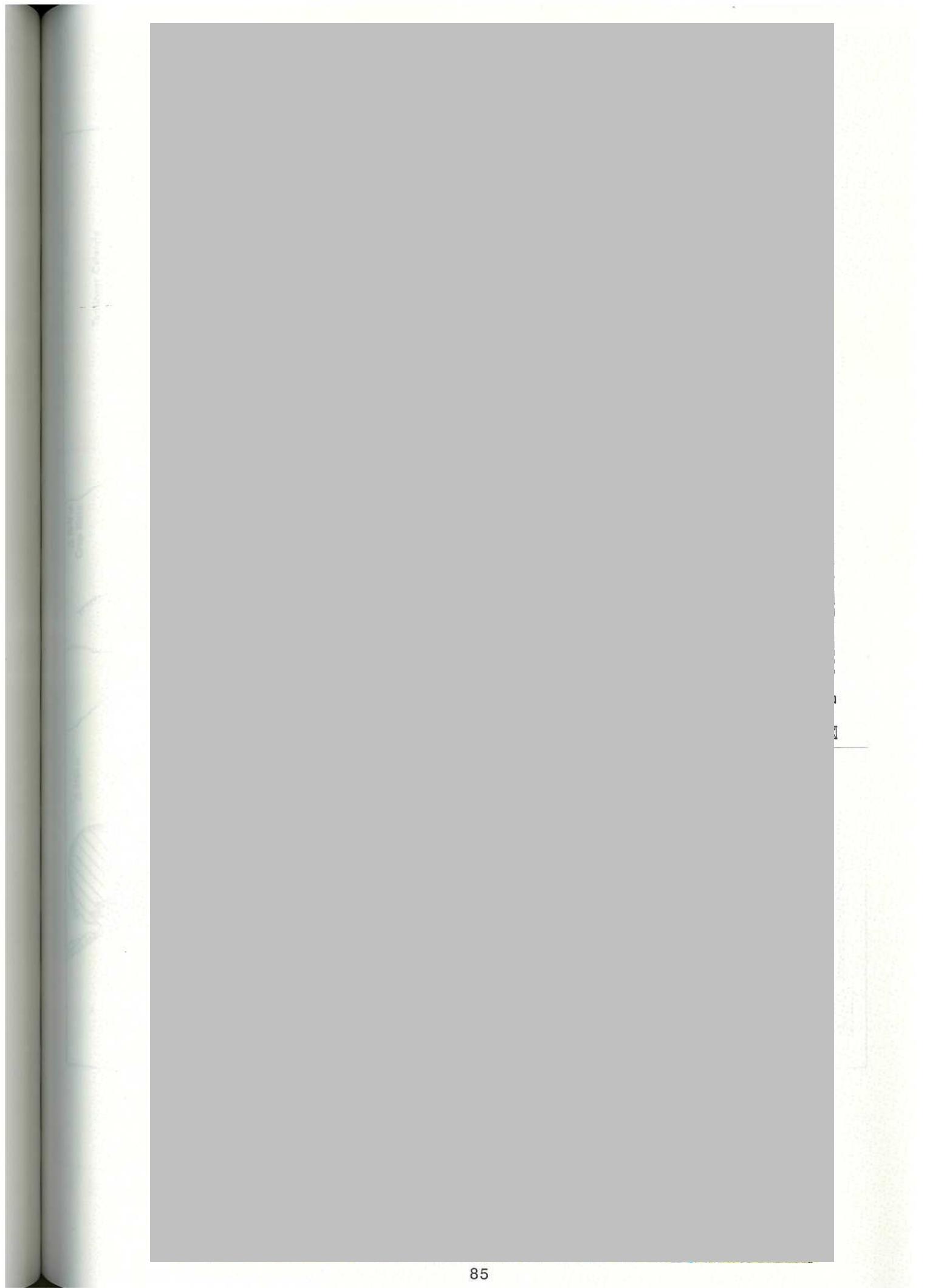


図-3 Flims 地区周辺の地質図
(Trümpy&Trommsdorff, 1980から引用)



写真-1 Flims 地すべりの遠望
尾根部には移動岩塊であるペルカーノが分布する

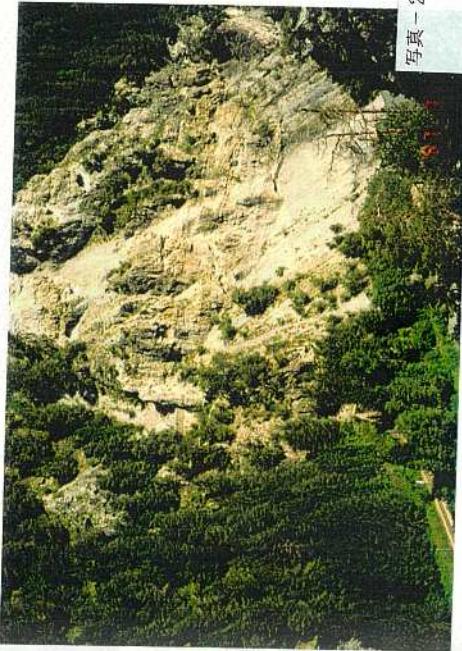


写真-2 前ライン川沿いに分
布する地すべり堆積物



The „Swiss Grand Canyon“ near the station of Versam/Safien

写真-3
スイスグランデニオの遠景
(GLACIER EXPRESS
TRAVEL GUIDE より引用)

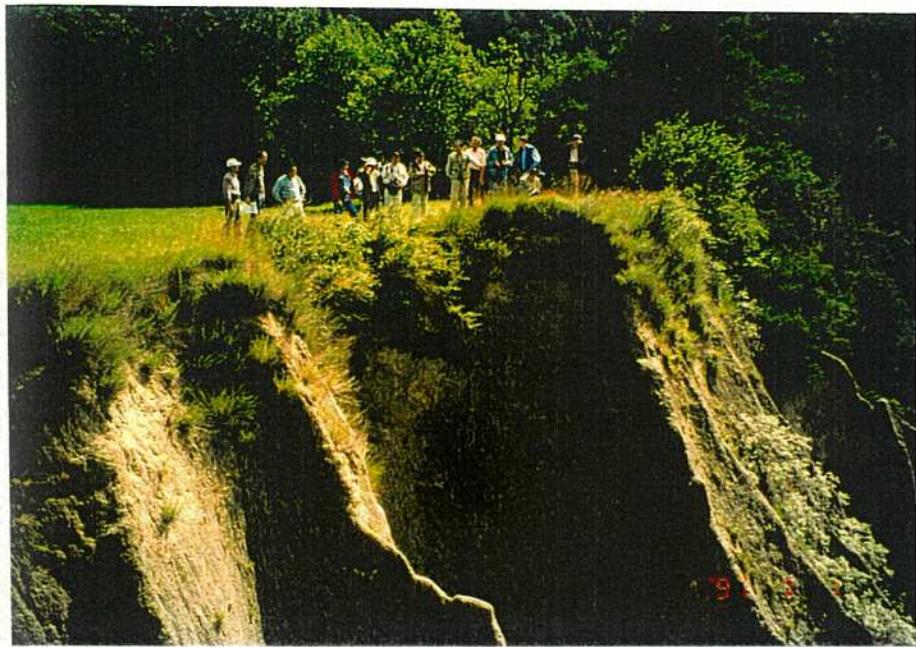


写真-4
Bonaduz gravels の層相

参考図

4-5 シルスマリアからチューリッヒ

川地悟（ダム技術センター）、岩崎毅吏（八千代エンジニアリング）

(1) Marumorerera dam (7月2日(水))

Sils-Mariaは、Silvapiner SeeとSilser Seeの2つの湖にはさまれた街で水が豊富にあり、通常我々のような日本人はほとんど行かない街で道路脇には馬糞などが散在していた。この街では広大な土地があるにもかかわらず、駐車場はテニスコートの下の地下にあり（写真-1）、景観上の配慮をしている。これは、特にこの街に限ったことではなく、スイスでは当然のことであるらしい。

Sils-MariaからZurichまでバスの移動において、昨日の逆コースとなるJulierpass（峠）からBivioの街を通り抜け、Marumorerera damが作り出す湖畔道路沿いを走った。

Marumorerera damは、堤頂部には大規模洪水吐きが見られず、また、下流面が芝で覆われ堤頂部付近には立木も見受けられた（写真-2、3）。ダム高84mのロックフィルダムであり、ダムサイト脇の道路の露岩（写真-4）は、オフィオライトであり、ダム基盤岩も同様な岩盤だと考えられるが、コンクリートダムをなぜ作らなかったのか疑問であった。また、日本ではロックフィルダムとして下流面はリップラップに覆われ、雑草程度しか見つけることが出来ないが、スイスでは景観を考慮し、芝等により緑化されているとのこと。

(2) 大規模褶曲構造

さらに、ChurからZurichへ向かう高速道路のパーキングからWalenseeを挟んだ対岸のChurfirsten range（山脈）を形成するHelvetian nappes中の大規模な褶曲構造（写真-5、6）を観察し、日本では見られない地質構造の雄大さにひたすら感激し、スイスの山にお別れした。Zurichまでは第三紀のモラッセ堆積物からなる平坦な丘陵地形であった。

(3) チューリッヒにて

Zurichは、スイス第一の都市（人口約34万人）で国際金融都市であるが中世の面影が町の至るところに残されている。久しぶりの都会であるが、我々はETH-Zentrum（スイス連邦工科大学）の訪問、スイス連邦工科大学付属の地質標本館（Geographisches Institut ETH Bibliothek）及び我々の目的の一つであったスイスの地質図の購入のための本屋探しにと汗を流した。

Zurichの中央駅（Hauptbahnhof）（写真-7）からリマト川（Limmat）を挟んだ丘の上に、ETH-Zentrumがある。そこへは、わずか1分たらずのケーブルカー（写真-8）は上の駅の入り口）に乗り、上の駅を降りたところがETH-Zentrumの背面にあたる。この大学の購買で、岩検ハンマーを買えば”ETHの音が鳴る”かもしれません。



写真-9 ETH-Zürich 正門前

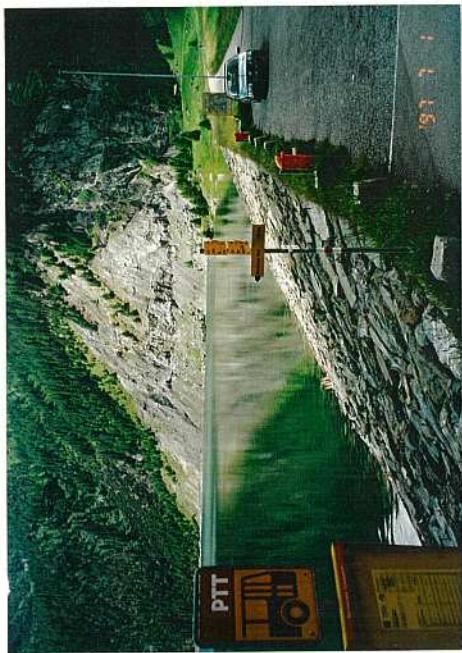


写真-1 Sils-Maria 地下駐車場入り口

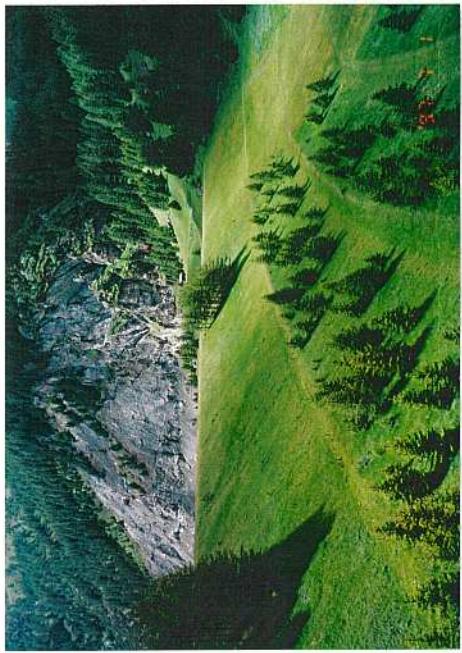


写真-2 Marumora Dam (上流面)

写真-3 Marumora Dam (下流面)

また、工科大学の周辺にはいわゆる専門書を置く本屋があるので、ETH-Zürichの正門前（写真-9）を北へ200m程の本屋（写真-10）には応用地質のみならず建設専門誌が多くならんでいたが、残念なことに地質図の在庫はなかった。その本屋の背面の Sonnegg Str. を挟んで、スイス連邦工科大学付属の地質標本館がある（写真-11）。我々は時間の都合上1階の一部しか見れなかつたが、スイスアルプスの地質摘要や地質構造発達史、岩石や鉱物の標本、地質時代に分類された化石標本など解りやすく展示され（写真-12）、豊富な展示内容におどかされた。地質の関係者のみならず、日本でいう中学校の理科の教科書レベルで十分楽しめる所である（但し、英語は中学校レベルではまだですが・・・）。スイス連邦工科大学付属の地質標本館の開館時間は17:00まで入場料は無料である。

さて、Zürichの街では、中央駅のすぐ北に位置する国立スイス博物館、グロニミュンスター大寺院やフラウミンスター教会のステンドグラスは一見の価値があるものと思われた。最後に我々の目的の一つであったスイスの地質図の購入のための本屋であるが、中央駅のバーンホーフ広場の向かいの本屋に置いてあるとのこと。但し、在庫が少ないので、大勢で行くと早いもの勝ちとなるようです。

そこで、駅前にある「Bücher und Karten」の書店で地図を見つける事にした。そこで、駅前にある「Bücher und Karten」の書店で地図を見つける事にした。そこで、駅前にある「Bücher und Karten」の書店で地図を見つける事にした。

そこで、駅前にある「Bücher und Karten」の書店で地図を見つける事にした。そこで、駅前にある「Bücher und Karten」の書店で地図を見つける事にした。そこで、駅前にある「Bücher und Karten」の書店で地図を見つける事にした。

そこで、駅前にある「Bücher und Karten」の書店で地図を見つける事にした。そこで、駅前にある「Bücher und Karten」の書店で地図を見つける事にした。そこで、駅前にある「Bücher und Karten」の書店で地図を見つける事にした。



写真－4 オフィオライトの露頭



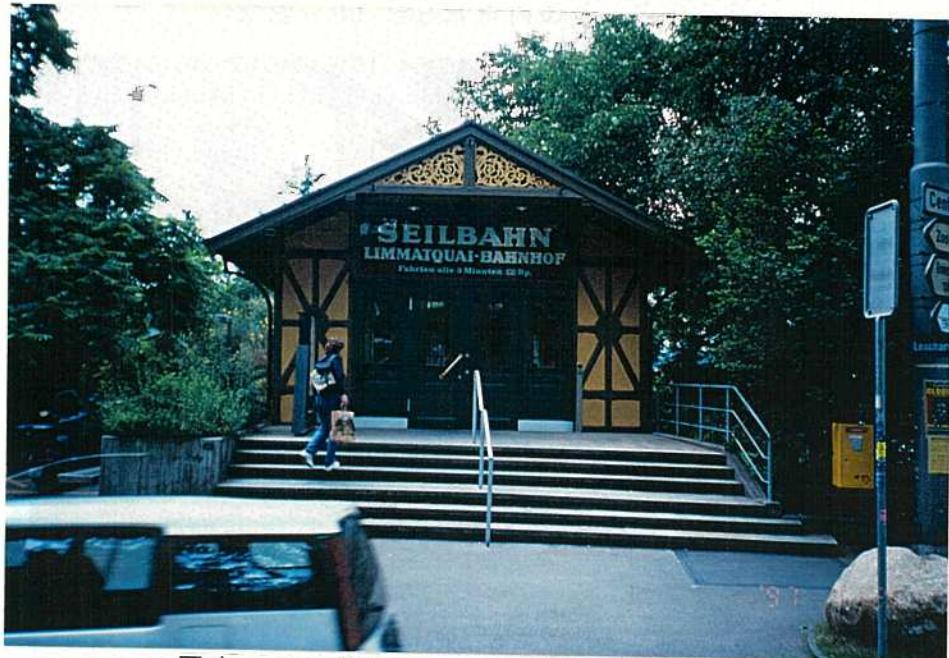
写真－5 Churfirsten Range (Helvetic Nappe 中の褶曲構造)



写真－6 Churfirsten Range (Helvetic Nappe)



写真－7 Zurich 中央駅 (Hauptbahnhof)



写真－8 ETH-Zentrumへのケーブルカー上駅



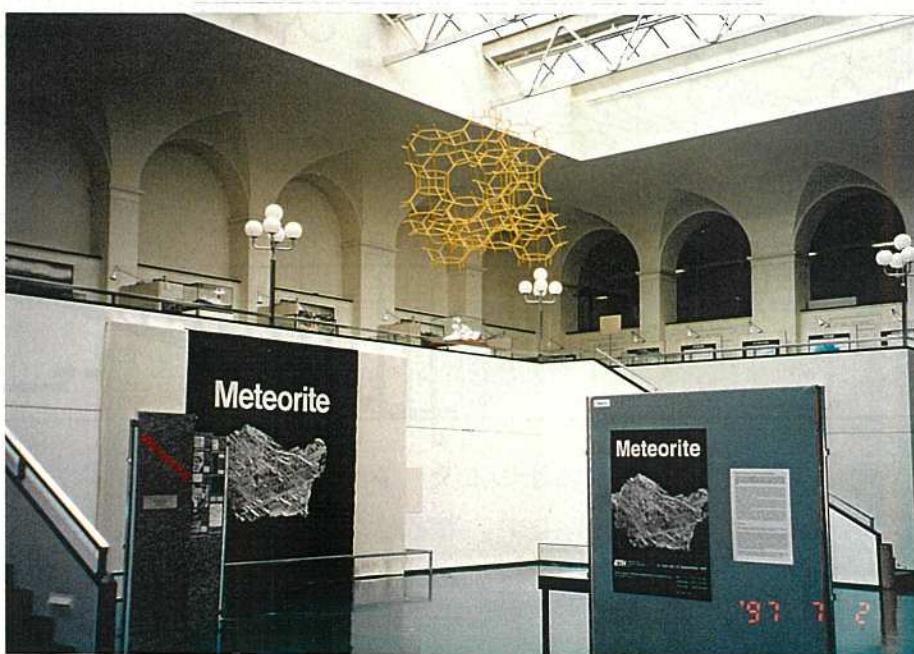
写真－9 ETH-Zentrum (スイス連邦工科大学)



写真－10 Zurich 市内の理工図書専門書店



写真－11 ETH-Zentrum 付属の地質標本館



写真－12 ETH-Zentrum 付属の地質標本館内部

4-6 アルビグナ重力ダム

要點の記述 (8)

飯島康夫 (アイ. エヌ. エー)

(1) 観察の概要

巡検日 1997年7月1日 午後3時から午後6時
天気 曇り
観察の行程 バスを降り、ケーブルカーにてダム直下流へ移動
管理事務所にてダムの説明を受ける
ダム視察 左岸→ギャラリー→右岸
ケーブルカーにて下山
以上の日程・行程により観察を行った。
ダムの概要説明はRoland Bischofさん (チューリッヒ工科大学) に行って頂いた。

(2) 位置および地形

アルビグナダムはスイスの南東部 (graubuenden県) イタリア国境に近い海拔約100mに位置している (図一1、2、3)。

下流からダムへ登るケーブルカーは、水平距離で約2000mを移動したが、この間で約800m上昇し、下流から見たダムは山岳の急崖にはめ込まれた城壁のようである (写真1、2)。一方、ケーブルカーを降りると、左右両岸は切り立った崖となっているものの、ダムサイト河床から貯水池は氷河に侵食されたU字型の幅広い緩やかな谷地形を呈していた。貯水池上流部には山岳氷河が分布しており、氷河の雪解け水でダム湖は白く濁っていた (写真-3)。



図一4 ダムの形状

(3) ダムの概要

ダム名：Albignaダム
ダムタイプ：中空重力式ダム（20m幅のブロック、5m幅の空間）
ダム高：115m
ダム堤長：75.9m
貯水容量：70,000,000m³
ダム施行：1956-1957年
ダムの目的：治水（1927年にブルガリオ村に災害が発生している）、利水（水道水）、発電

れるが、危険な状態にはないと説明された。

(4) 地質概要

現地での観察で、ダム基礎岩盤の地質は、主に比較的粗粒の花崗岩・花崗閃緑岩から構成され、細粒花崗岩の小規模な介在が認められる（写真-4）。これらの花崗岩類は広域地質図幅によると幅約10km、延長20～30kmの規模で片麻岩や泥質片岩中に取り込まれるよう分布し、南辺部を構造線で画されている（図-5）。この花崗岩類を南北の構造断面図に当てはめてみると、いくつかのナッペの上に乘る”根無し岩体”である（図-6）。

現地の観察・説明ではこのような構造体に分布するにもかかわらず、割れ目はまばらで、断層、変質による劣化も非常に小規模である。

(5) ダム基礎岩盤の性状と漏水による漏水の発生

既存文献によると、ダムサイトの岩盤は硬質緻密な岩質で、割れ目がダム軸方向の割れ目（図-7-1、2）、ダム軸直交方向の割れ目（図-7-3）、が1～10m間隔で分布している他、低角度の割れ目（図-7-4）が10m以上の間隔で分布している程度で、ダム基礎岩盤として良好な岩盤を呈するとされている。しかし、1960年の夏に貯水が開始されると、漏水により、開口割れ目の形成とその拡張および割れ目沿いの漏水も発生し始めた。

(6) 調査と対策（図-8）

最初の調査はボーリング調査（6孔、400m）と孔内計測、そしてダム直上流の貯水池の冲積層を取り去り、露頭観察を実施している。その結果問題となる開口した2条の重要な割れ目を特定し、そのうち1条は貯水池のダム直上部に300mにわたって連続して露出していたそうである。

対策として、貯水池に合成樹脂のシート（Neoprene seal）の設置、カーテングラウチングの実施、水抜き孔の設置をおこなっている。また、新たなボーリングを追加実施し、Piezodex Sliding Micrometerによる計測を実施している。

堤体に生じたクラックに対しては、アンカーにより対処していた（写真-6）。

1987年から再び漏水を開始し、10m毎の貯水位の上昇に併せて注意深い観察が行われた。現在も観察が継続しているが、貯水位の変化に応じた弾性的な変動は観察さ

ダムの直下流に地形が無いため、漏水により、ダム軸と同方向の開口割れ目の発生が生じたのだと直感した（写真-7）。ダムの挙動は割れ目の水圧による彈性的な開口・閉口の動きによるもので、あたかも岩盤実験的な挙動を見ているようであった。これは、基礎岩盤に割れ目がほとんど無く、強度的には問題のない堅硬な岩盤であるが故であることは言うまでもない。

ギャラリーからは、この良好な基礎岩盤がよく観察できたが、ピックなどの跡が無く、不思議に感じ、説明を求めたところ、岩盤掘削は実施していないと説明を受けた。『山岳氷河が緩み部分を全て削り取つて』『我々は何もする必要はないかった』と笑顔で答えてくれた（写真-8）。

ギャラリーから出ると、確かに両岸の一部には割れ目の多い緩んだ岩盤が張り付くようになっていた。上流に残っている山岳氷河の存在から、氷河が岩盤を削り込む様子は不思議と想像できた。

ケーブルカーで帰る途中見えた崖には、低角度のシーティング状の割れ目があった。沈黙が気まずかったこともあり、問題として検討しなかったか、と聞いたところ、興味がないからと言われていきました。

帰りのバスから見上げたダムは、イススの地形・地質・社会など様々な歴史を感じさせるモニュメントのようであった。

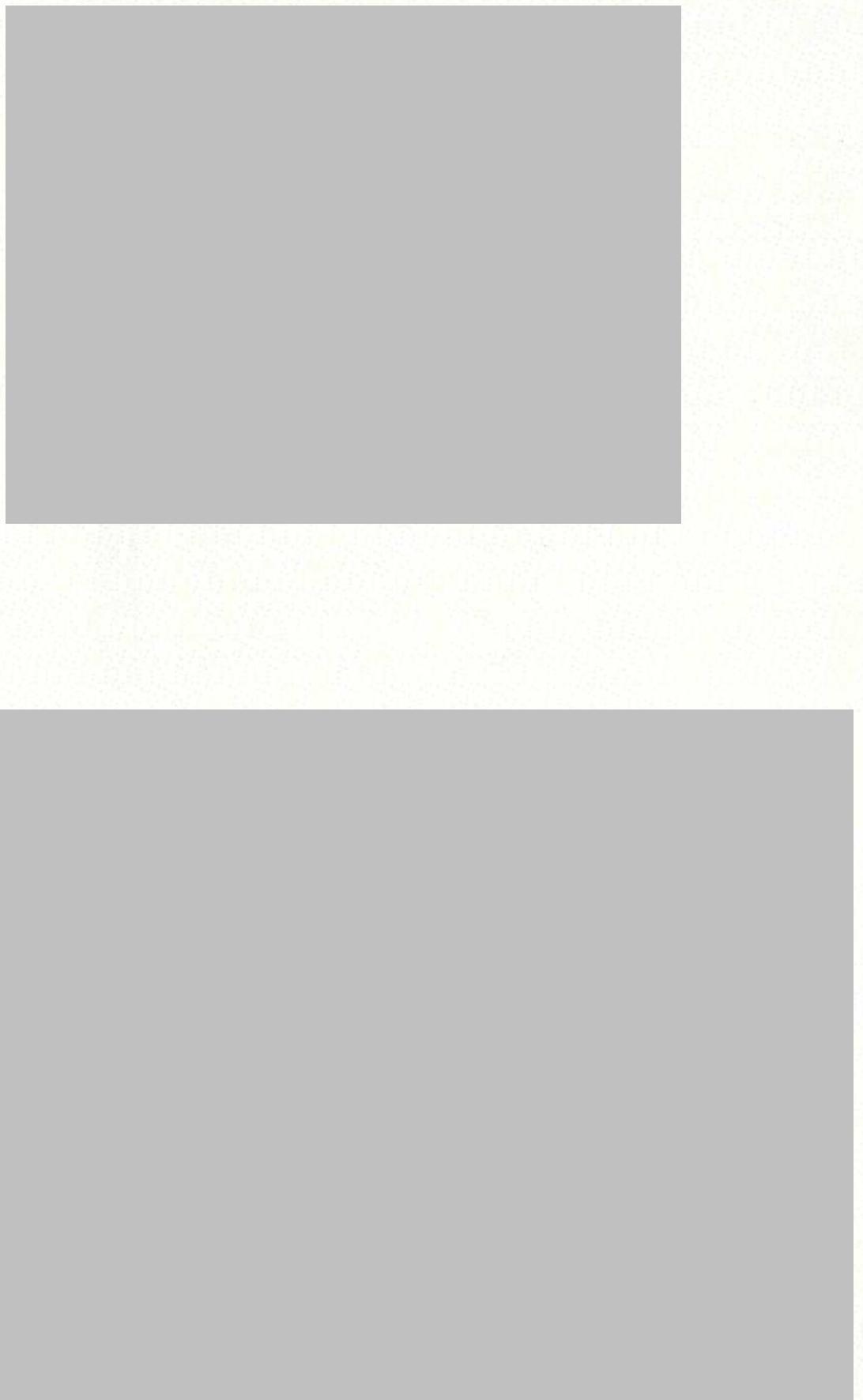
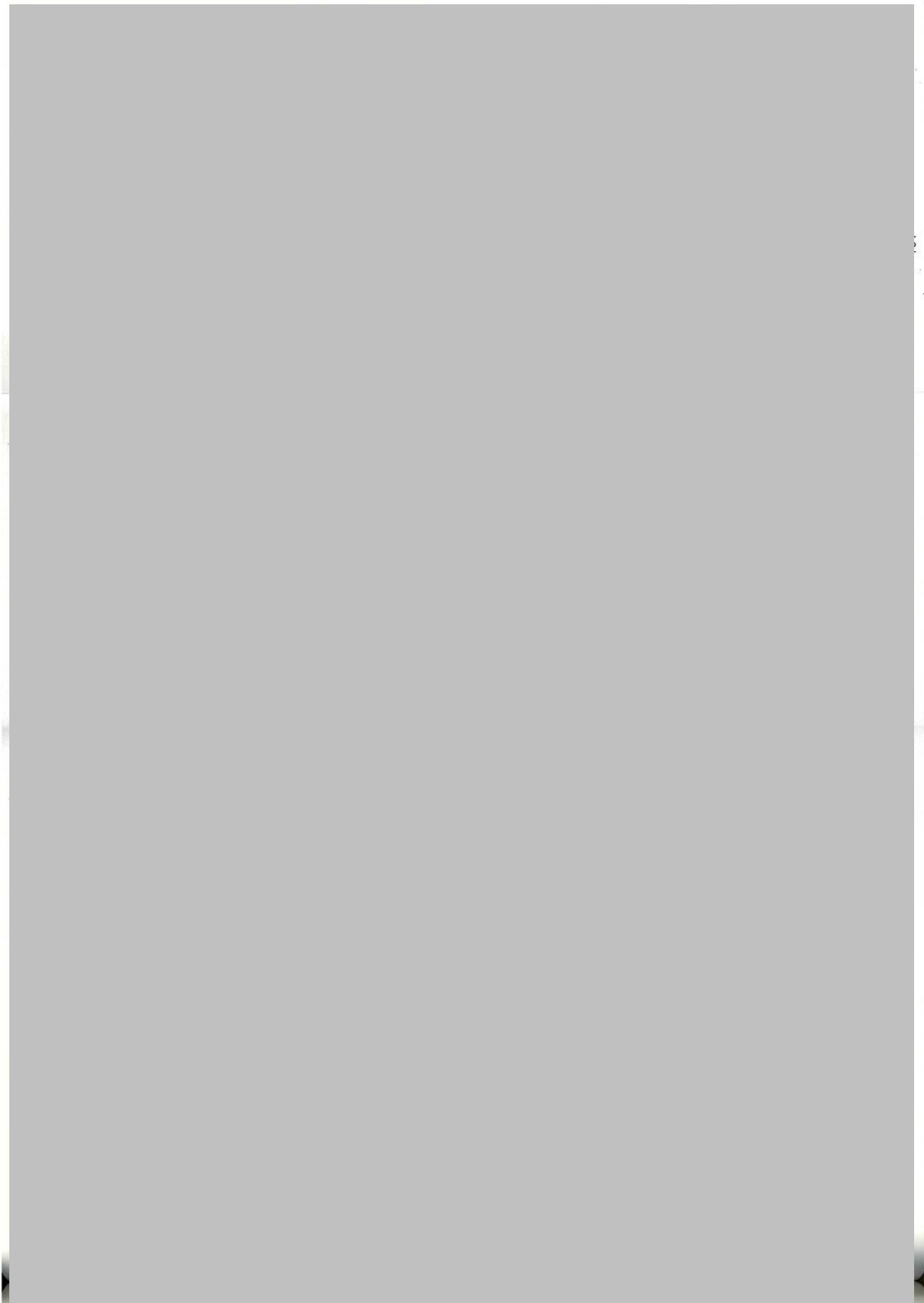


図-1 スイスおよびアルビグナダムのある graubuenden 県の位置



Kristalline Gesteine (inkl. Permo-Karbon des Grundgebirges)
Roches cristallines (Permo-Carbonifère du socle cristallin incl.)

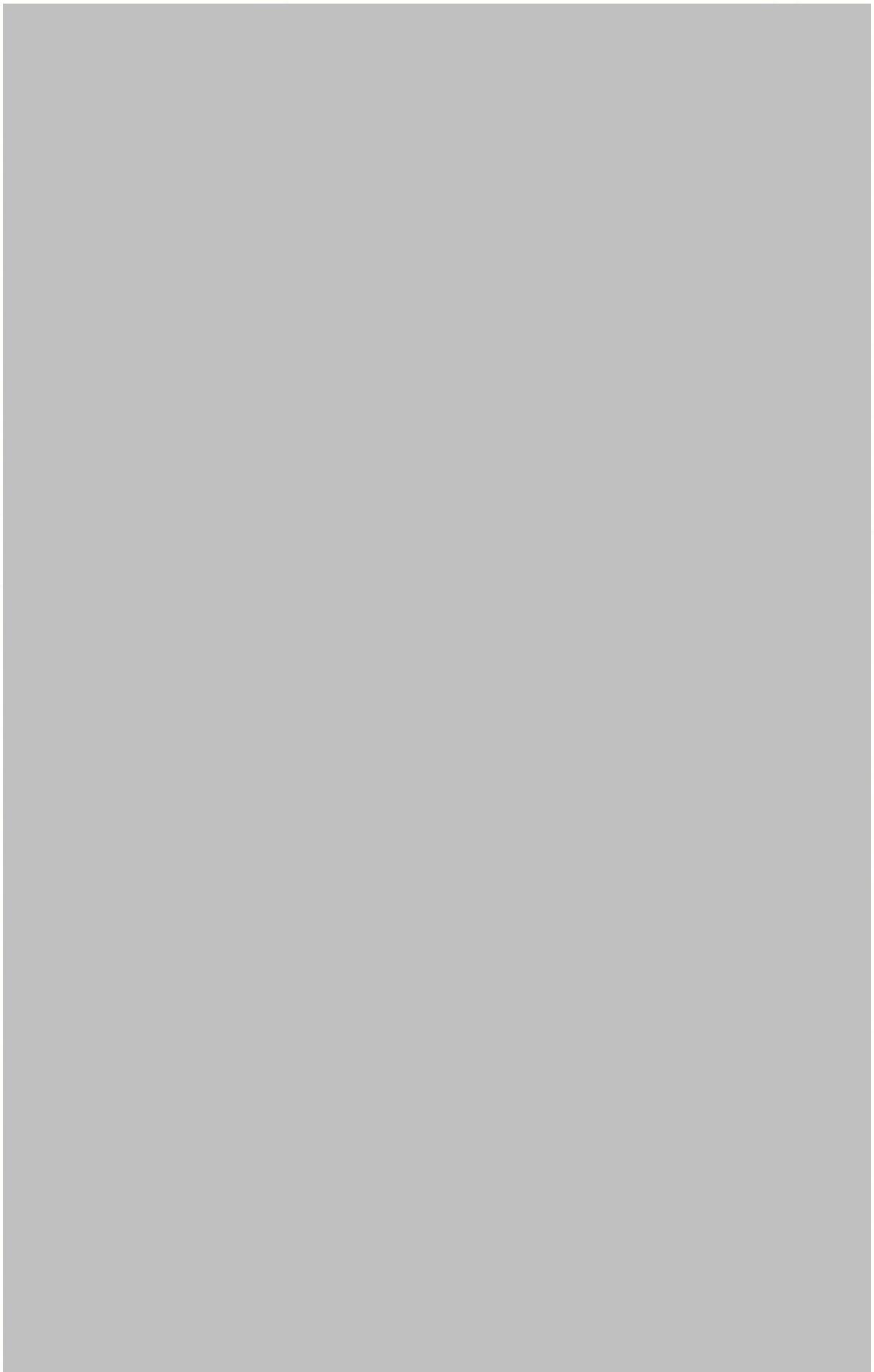


図-6 アルビダム基礎岩盤（花崗岩類）の地質構造的位置



図-7 主な割れ目の方向とダムとの位置関係



図-8 ジョイント 14におけるダム横断面図
大きな開口割れ目 (active fissure) は S と L



写真-1

下流から見た Albigna ダム

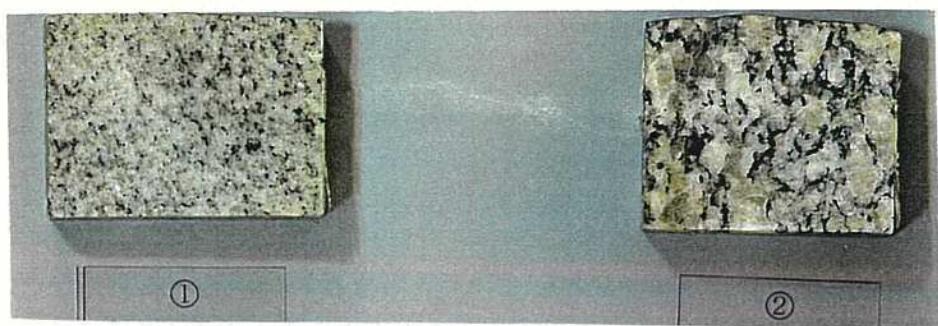


写真-2 ダム下流部



写真-3

ダム天端から貯水池を望む



写真－4 基礎岩盤の岩石

両サンプルの薄片写真は、文末に示す

- ① アプライト質花崗閃綠岩
- ② 黒雲母アダメライト岩



写真－5 左岸側の岩盤、ロッククライミングの練習中



写真－6

ギャラリー内の
アンカー施工

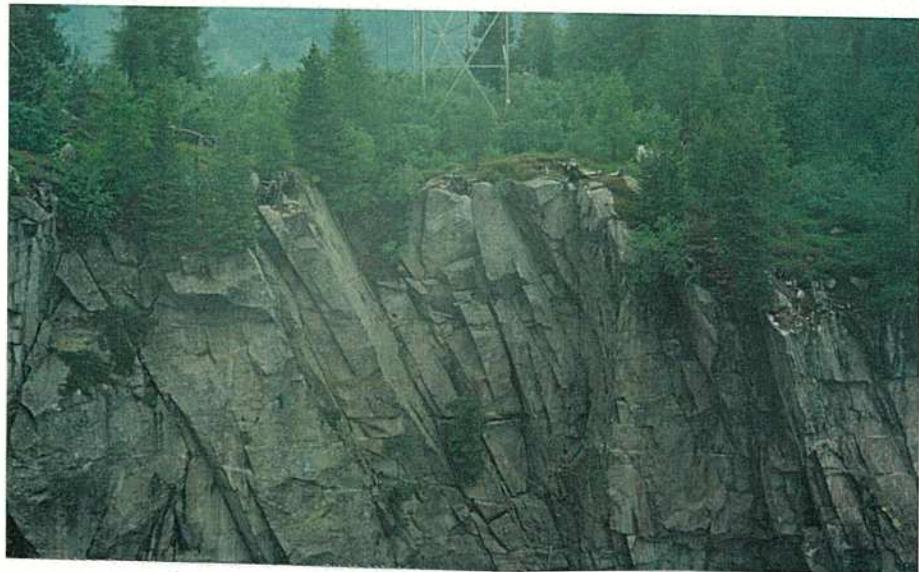


写真-7 ダム下流の岩盤状況、ダム軸走向・上流傾斜の高角度亀裂（1から5m間隔）で分布

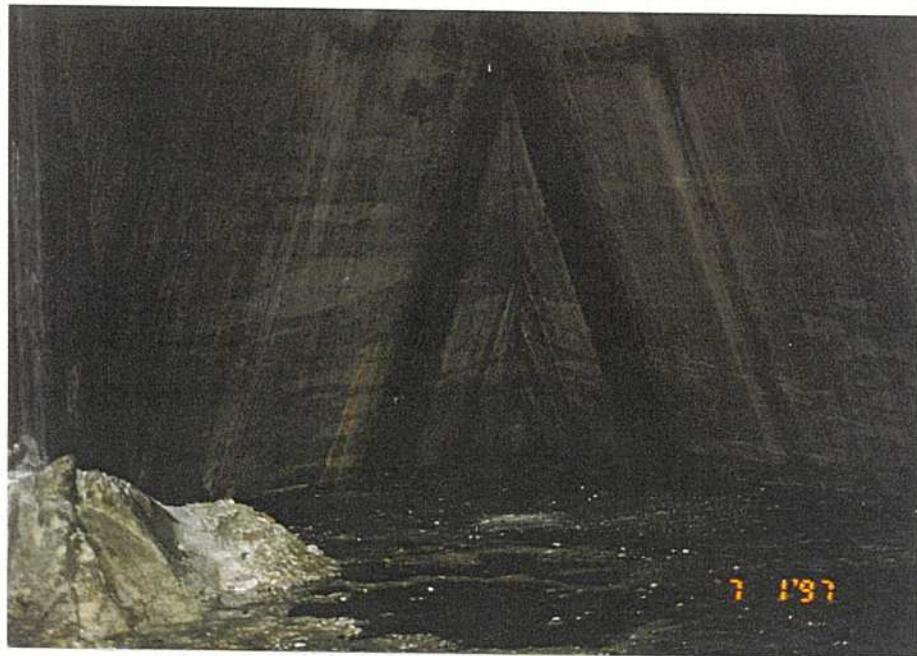
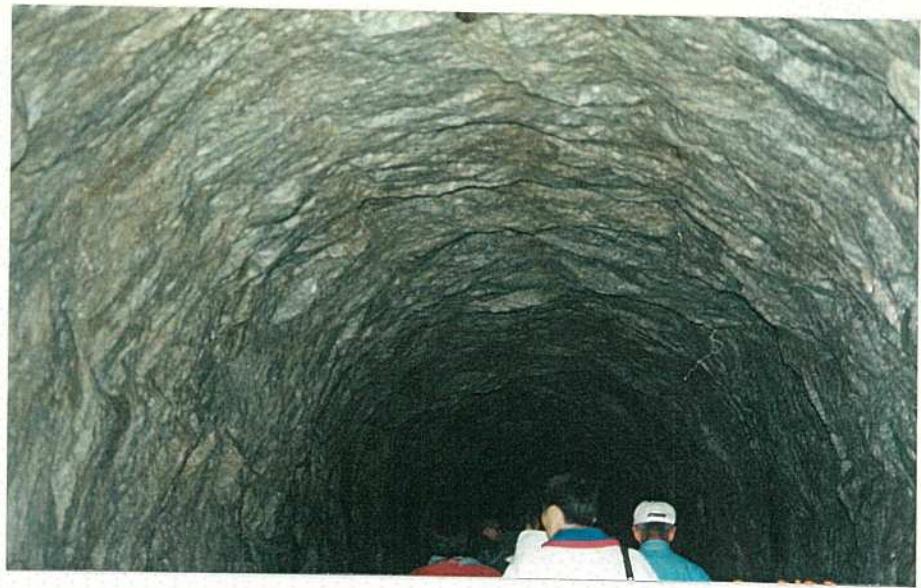


写真-8 ギャラリィー内の中空部と
氷河に仕上げ掘削された基礎岩盤面



ギャラリーの出口付近。地表から20～30m深。
割れ目がほとんどない。

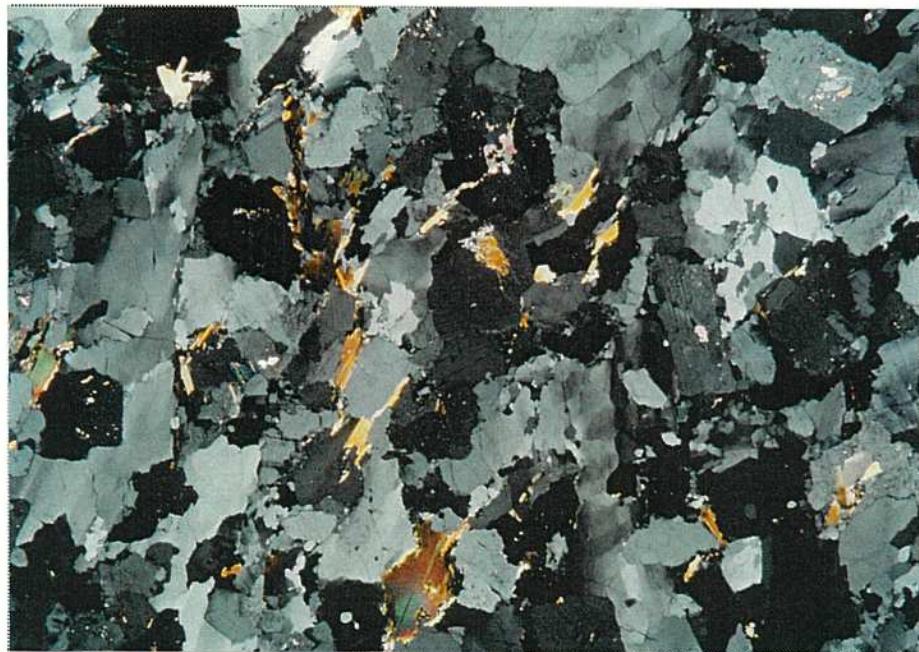


右岸下流部ギャラリー出口付近の岩盤状況
20～30m毎に割れ目が発達する。



1 mm

平行ニコル



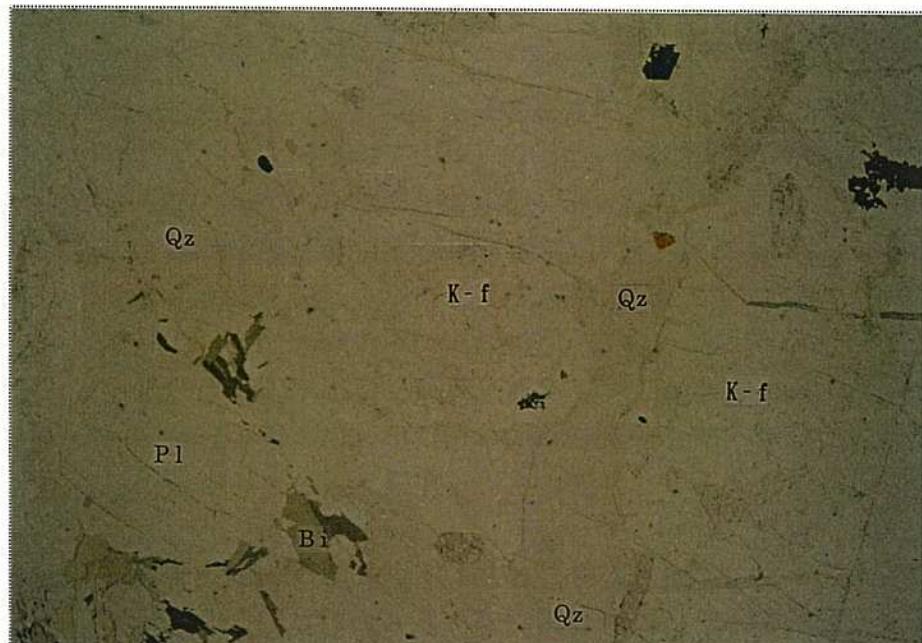
1 mm

十字ニコル

Qz : 石英, K-f : アルカリ長石, Pl : 斜長石, Bi : 黒雲母, Mu : 白雲母
Hr : 角閃石, Cpx : 単斜輝石, Opx : 斜方輝石, O1 : かんらん石, Ir : 鉄鉱物
Ch : 緑泥石, Se : セリサイト, Ca : 方解石, Ep : 緑れん石, Ze : 沸石

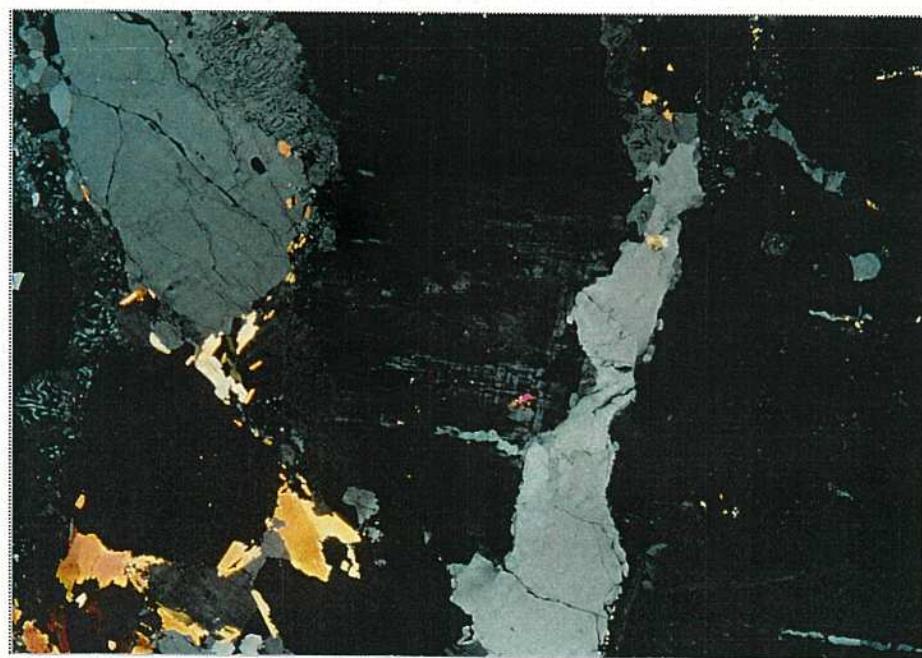
ID番号 9707002

試料番号 ②



1 mm

平行ニコル



1 mm

十字ニコル

Qz : 石英, K-f : アルカリ長石, Pl : 斜長石, Bi : 黒雲母, Mu : 白雲母
Hr : 角閃石, Cpx : 単斜輝石, Opx : 斜方輝石, Ol : かんらん石, Ir : 鉄鉱物
Ch : 緑泥石, Se : セリサイト, Ca : 方解石, Ep : 緑れん石, Ze : 沸石

ID番号 9707003

4-7 ゴットハルトバシストンネルに関する見学と地質

近藤達敏、山根誠（応用地質株式会社）

(1) Gotthard Base Tunnelの概略紹介

スイスでは4,000mを越えるアルプスの交通障害を克服するために18世紀半ばから各地にトンネル工事が行われた。その中で1870—1920年にわたった延長14.5kmの2車線Gotthard鉄道トンネルはGotthard峠の難所を越える交通として人々に非常に喜ばれることとなった。引き続いて、Simpronの延長19.8kmめがねトンネルおよびLoetschbergの14.6km2車線トンネルの建設となった。これらの最大土被り高さは1,600mか600mから2,150mに及ぶものである。Simpronトンネルは青函トンネルが1984年に完成するまで、世界最長であった。1960年代の半ばから高速道路の建設が始まり、延長16.3km6.3kmのGotthard道路トンネル、延長9.3kmのめがね型Seelisberg道路トンネルなどがその代表トンネルとなり、現在では道路トンネルと鉄道トンネルを合わせてその総延長は600kmを越えている。

1992年、スイスはAlp Transit計画を推進することを国民投票によって決定した。この計画では、アルプス越えで北部ヨーロッパから南部ヨーロッパへ向かう貨物および乗客のためのトンネルを建設することとなった。延長57kmのGotthardおよび延長42kmのLoetschbergトンネルがそれらで、2,300mのアルプスの下をめがね型で直径9mを越す断面で計画されている。両方のトンネル共に、既に延長10km以上で直径約5mのパイロットトンネルの掘削が完了している。Gotthardトンネルでは直径10mで深さ800mの立坑の掘削にとりかかったばかりである。

Gotthard Baseトンネルは乗客列車で時速250km/h、貨物列車で160km/hの使用を予定している。立坑等はAmsteg、SedrunおよびFaidoにあり工期を10年とし、工程上問題のある工区は今回の地質見学で訪問したSedrun工区である。

以下に、Gotthard Base トンネルを中心に概略の地質と問題点について述べる。第1図に今回の地質見学のルートを、第2図にスイスの主な地質の分布とGotthard Bard Baseトンネルの位置を示した。地質図の凡例は第3図に示した。

Gotthard Baseトンネルはスイスアルプスの本体を南北方向に貫き、堆積岩によって分離された片麻岩類の三つのブロックを通ることとなる。北部では、Aar Massifをsifを貫き、中部ではGotthard Massifを、南部ではpennic Gneissを貫くこととなる。Aar MassifとGotthard Massifの間にはTavetschならびにUrseren-Garveraゾーンがある。Piora向斜はGotthard Massifとpennic Gneissゾーンの間にある。その状況を第4図のトンネル沿いの断面図および第5図平面図で示した。

Piora向斜の調査の目的で、直径5mの調査坑をTBMにより5.5km掘削した。この調査坑はBaseトンネルのおよそ350m上方に位置し、Piora向斜の手前50m手前まで掘削した。調査の結果、調査坑の高さで向斜の幅は約250m、地層は細粒の砂糖状ドロマイトからなり、地下水頭は1,000m以上に達することが判明した。極く最近の調査ボーリングではBaseトンネルの位置には塊状の石灰岩が出現して地下水が無く、トンネル掘削に支障が全くないことが判明した。1998年前半にはさらに追加の調査ボーリングが実施される予

定となつてゐる。

（2） Goethard Base Tunnelの視察（山根 誠）

見学地点については第1回見学ルート図を参照されたい。

<Stop 1>

Huesenberg P638N Ersfeldでは、渓谷左岸の古いカールの上にバスで登り Gotthard 638N Ersfeldを遠望しながらガイドンスを受けた。

トンネルは長さ約6km、施工基面の平均的な標高が500mであり、最大の土被り高さが2300mに達する長大トンネルである。トンネルの方向が南北であるのにに対し、地質はほぼ東西(ENE-WSW)に分布することから、スイス中央部の主要な地質を横断することとなる。

トンネル地山の主要な問題点は以下の通りである。

①IZM (Tavetscher Zwischen Massiv) のcataclastic rockが数100mにわたって南岸となつている。

②PM (Fiora-Mulde) の俗称sugar dolomiticと呼ばれる砂状のさくさくした軟質なドロマイト、石膏が施工基面に出現することが予想されており、予想される地下水の間隙水圧の大きさが260kg/cm²に達するため、地下水湧出により sugar dolomiteが崩壊流出することが懸念されるとともにグラウト工などの効果も非常に困難を極めるであろう。

③岩盤中に発達する断層や節理は地質構造に支配されてEW方向に卓越し、トンネルはそれらの全てに遭遇する。

④また、氷食谷を埋積した洪積世モレーン堆積物や粘土を主体とする冲積層が層厚最大数100mで堆積しており、トンネルが渓谷の直下を横断する場合に問題となる。

（2）Pfaffenprung N Wassenの変形したアール花崗岩（Aaregranit）における天然の渓谷部の水力発電所付近の観察を行う。Zentraler Aaregranit (低度のalpine overprint: Windgallen褶曲)は角閃岩と花崗岩から構成されている (Zentraler Aaregranit 281my)。

<Stop 3>

Pfaffenprung N Wassenの変形したアール花崗岩（Aaregranit）における天然の渓谷部の水力発電所付近の見学の後、斜坑換気口の掘削地点で Tavetsch Massif中の花崗岩質ペグマタイト (3 00 my) を見てから、カレドニア造山期のIgimbrite (4 60 my) を観察した。

Bio 17my)

は、アルプス造山と同時期の片理とアルプス造山後期の脆性割れ目およびカタクラストイックな断層を伴つてゐる。説明では、河川の流路は節理系の方向に調和的となり、割れ目の集中した部分では地下水が多い。また、カタクラストの一部は40-50MPa-50MPa程度の間隙水圧を有しているが、どこに分布するかが分からぬ。

<Stop 4>

Shoellenen渓谷の後アルプス期の断層花崗岩と後アルプス期の断層の構造が地形に現れている。断層に平行な斜面を形成する浸食作用である。測地学的データは断層帯に沿つて進行する隆起 (uplift) を示している。この断層によつて地塊化し、後期更新世のモレーンが変位している。1918-11918-1980年の計測で、N80E方向断層を挟んだ地塊の南側の隆起量は最大8 mmを示している。

<Stop 5>

Drun GorgeのTavetsch Massif Drun渓谷Tavetsch Massifの北部にある大変強度の小さな片麻岩と片麻岩はカタクラストイックな変形と化学的な溶脱を受けている。地質工学的に最も困難な部分である。ボーリングと検層記録は高い空隙率で低固結の軟岩であることを示している。

<Stop 6>

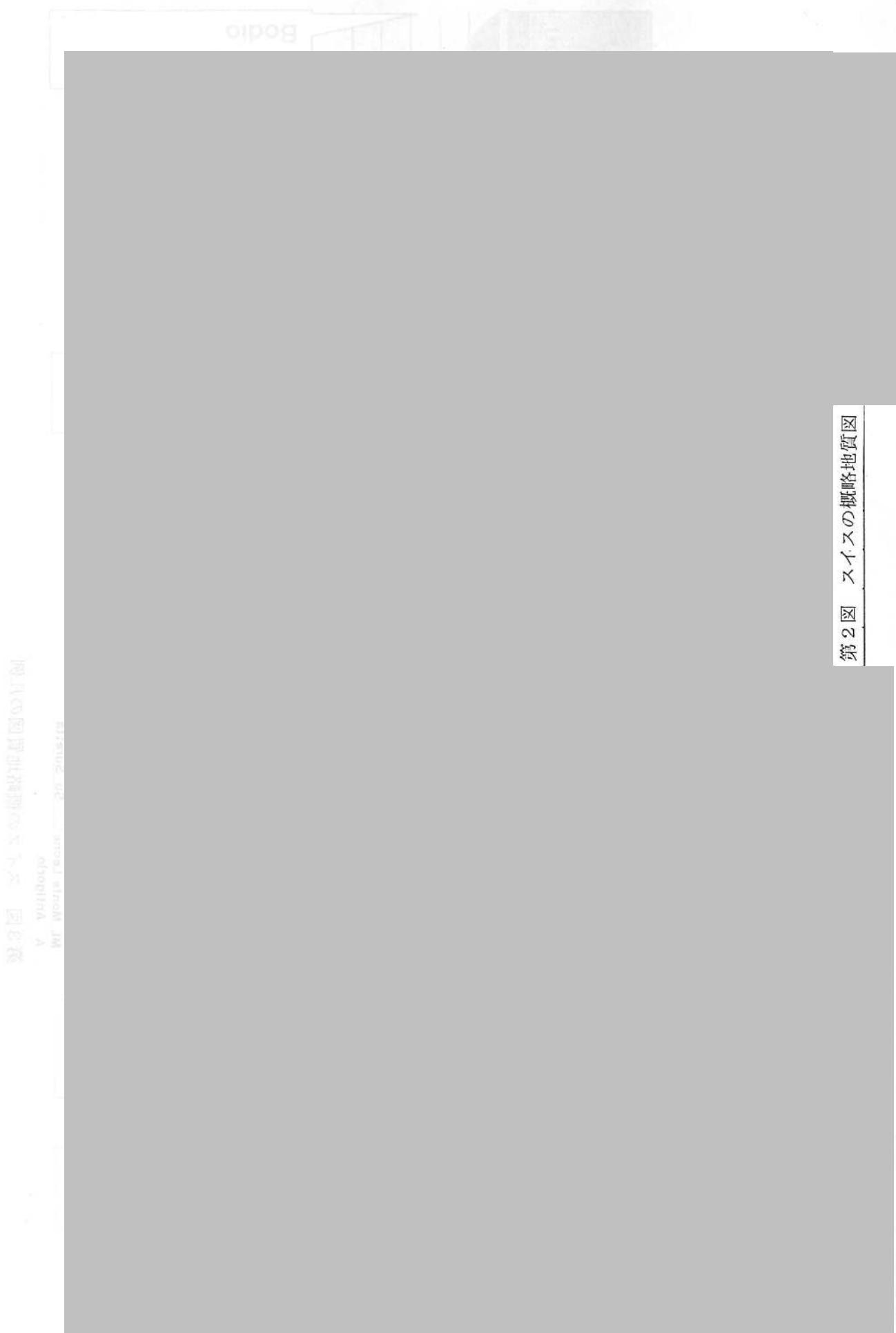
Access Tunnel Shaft Sedrun 最初にAlp Transit Gothard会議室・展示室で説明を受ける。長く深いトンネルはその設計と建設に關して多くの性格を際だたせている。調査坑とパイロットトンネルは地質の観察に重要である。建設地点の地層を直接観れば、本掘削の前に実態を詳細に把握できる。Gothardトンネルの中の岩盤は標氏45度である。供用時と同様に建設時の換気もまた環境上重要である。作業時の温度を約30度に維持し、相対的な温度の最大値を70%に規定するためにはトンネルの冷却と空調が供用時を通じて必要である。

Gothardトンネルの地質は北から南へ向かって、Aar Massifの花崗岩、片麻岩で始まり、さらに南へチカラ岩、片岩、片麻岩となる。さらに Gotthard Massif、Penninic Zoneの花崗岩や片麻岩が出現する。トンネルの建設に当たつて予測される工学的な困難は、千枚岩と火成岩の間に分布する泥質片岩、グレイワッケ、ドロマイトからなる二つの短い堆積岩のゾーンである。Gotthard MassifとPenninic Gneiss Zoneの間にあるいはFiora向斜は、30mの長さでトンネルを横断する。南坑口から21km地点で高い水圧を有する単結晶に分解した砂状のドロマイトは出現し、地下水で砂塘のように溶けて流れることが予想される。

トンネル坑内の見学の後、斜坑換気口の掘削地点で Tavetsch Massif中の花崗岩質ペグマタイト (3 00 my) を見てから、カレドニア造山期のIgimbrite (4 60 my) を観察した。

第1図 スイス地質見学ルート図

第2図 スイスの概略地質図



第4图 Gouhared Base ハツネル地質断面図



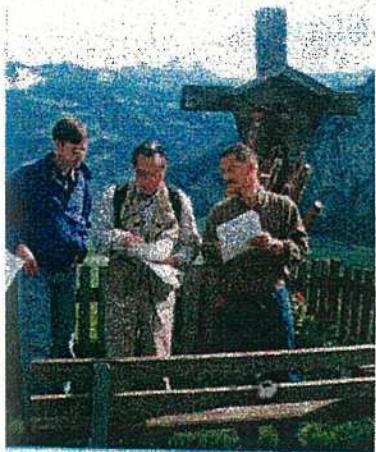
第3图 大木の地質断面図のM側



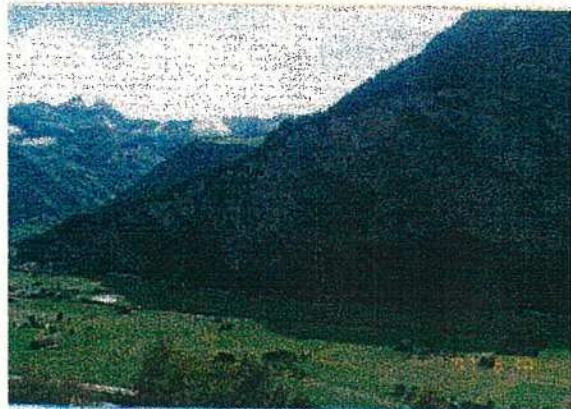
第5図 Gotthard Base トンネル位置および地質区分

18119

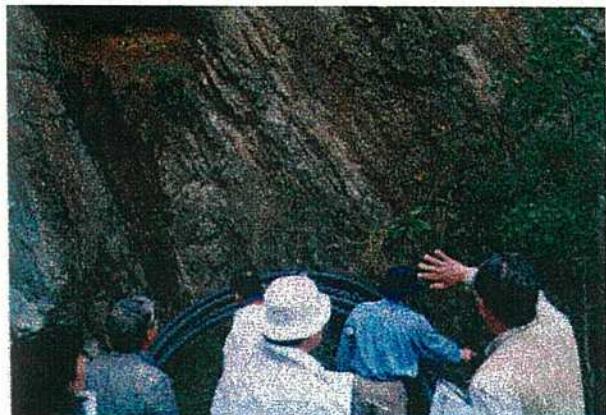
トネルルート
Poor Rock



写真－1



写真－2



写真－3



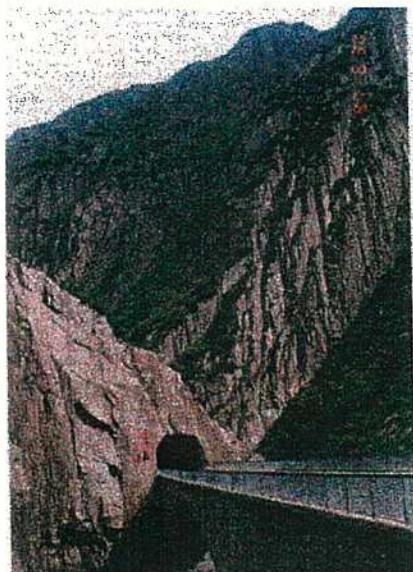
写真－4

写真1、2：stop 1, Huesriberg Pt638N Erstfeld

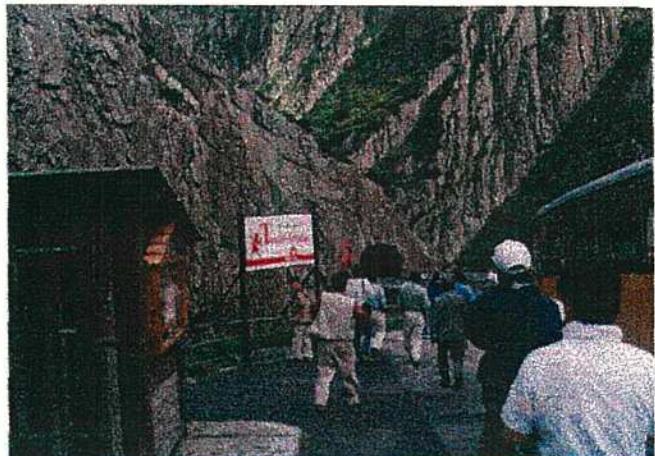
山腹の古いカールの上からGotthard Baseトンネルの北の入り口であるerstfeldを眺望しながらガイダンスを受ける。谷底には氷食谷を埋積した更新世モレーン堆積物と粘土を主とする完新世の地層が数100mの層厚で堆積している。

写真3、4：stop 3, Pfaffensprung N Wassenの変形したAare Granites

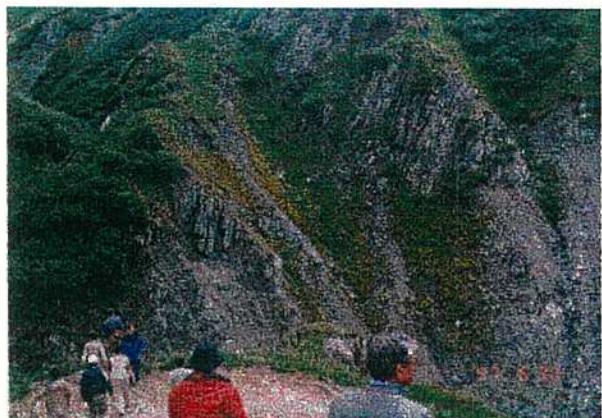
自然の狭窄部を利用した水力発電所付近ではZentraler Aaregranitがアルプス造山と同時期の片理構造とアルプス造山後期の脆性割れ目およびカタクラスティック断層が見られる。周辺の地形は節理系の方向に調和的な河川流路が発達し、岩盤中には割れ目が多く地下水が賦存している。カタクラサイトの一部には400-500kg/cm²の間隙水圧を有しているが、その分布は局部的でありトンネルのどこで湧水が生じるのかが問題となっている。



写真－5



写真－6



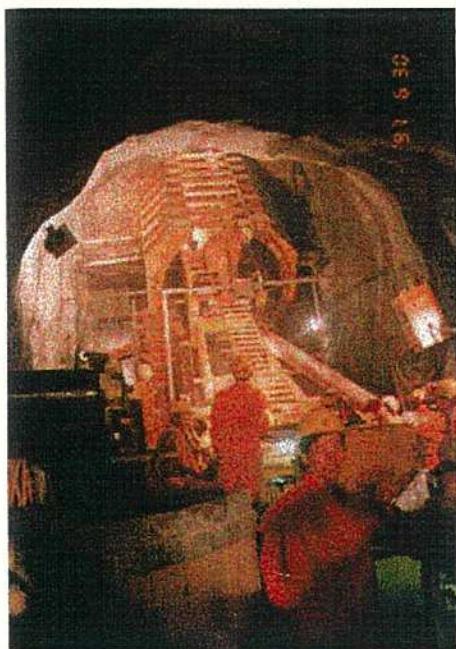
写真－7



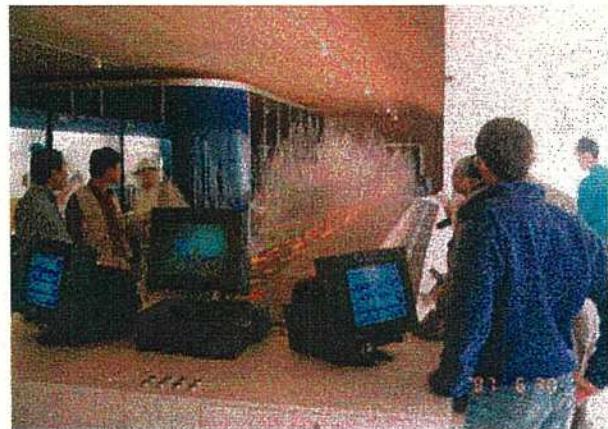
写真－8

写真5, 6 : stop 4、Schoellenen 峡谷の後アルプス期の断層
花崗岩と後アルプス期の断層の構造が地形に現れている。斜面と平行な破壊作用である。この断層によって地塊化し、1918-1980年の水準測量でN80E方向の断層を挟んだ地塊の南側の相対的な隆起量は最大8mmである。

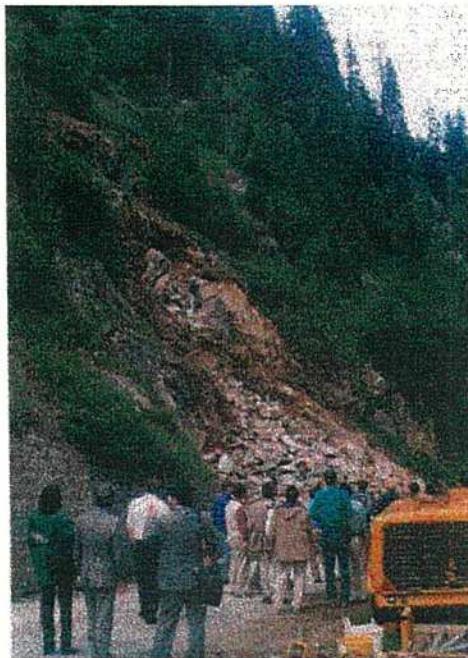
写真7, 8 : stop 5, Drun峡谷のTavetsch MassifのCataclastic rocks
Tavetsch Massifの北部にある強度の非常に小さい片岩と片麻岩はカタクラスティックな変形と化学的な溶脱を受けている。トンネルの掘削では二番目に困難な部分である。ボーリングと検層では高い空隙率と低固結の軟岩である。



写真－9



写真－10



写真－11



写真－12

写真9, 10 : stop 6, アクセストンネルShaft Sedrun
Alp Transit Gotthardの事務所にある会議室と展示室。

写真11, 12 : stop 6, 換気斜坑の予定地

換気用の斜坑を坑内から地表へ向かってTBMで掘削を開始した直後であったが、その斜坑が地表に出る部分である。その斜面近くの露頭に見られたTavetsch Massifの花崗岩岩脈（300ma）とカレドニア造山期のignimbrite（460ma）。

5. ギリシャ編

5-1 コリンソス運河とデルフィ遺跡

金山清一（四国総合研究所）、松浦一樹（ダイヤコンサルタント）

(1) コリンソス運河

本日（6月25日）はシンポジウム参加者全員をバスツアーグループとクルージング組に2分し、中間点のイテアで乗物を取替えて同じコースをたどることになっている。多数の参加者と経費を抑えるための事務局の苦心の策である。

我々のメンバーも登録時に渡された参加証の赤、黄の色別に2組に分かれて出発することになった。私は赤組で午前中はクルージングの組である。アテネ港までバス6台で乗りつけ、チャーター船エーゲアン・グロリー号（約1000トン）の船客となった。セミ・セルフサービスではあるが船客が揃って坐れる食堂やラウンジのある立派なものである。

アテネ港を出航してからは、思いのほか風があり、多少波しぶきをかぶることがあつたけれど、甲板の日光浴は快適なものであった。出航して小1時間経った頃、右舷方向の小高い丘から白と黒との煙が幅広くたなびいているのが遠望された。瀬戸内海地方で毎年見られる山火事によく似ていると思っていると、近づく程に丘を這う赤い炎がはつきり目撃された。今回の旅行では、イスタンブルのマンションから真っ赤な炎を吹き出している火事に次いで2回目の火事との遭遇である。いずれの火事も消防車が駆けつけていない発生時のものである。ざっと見て20haは焼けていそうだ。

出航後3時間程経った頃、船首にいた人達の間にざわめきが起こった。いよいよ前方に運河が見えるらしい。ここで、本日のメインイベントである『コリンソス運河』の小史を辿ってみよう。

・コリンソス運河（写真-1）

コリンソス運河はフランス人レセップスが率いるフランスの会社によって、1893年に建設された。スエズ運河完成後25年経った時期である。100年経った今でもさしたる支障もなく利用されている。長さ；6.3km、底幅；21m、水深；8m、斜面高；79m（最大）、法面勾配；2.2分（平均77°）となっており、長さ162.5kmのスエズ運河と比べてかなり小さなものであるが、その開削の歴史は古く、まさに古代ローマ史である。

古代ローマ時代、サルニコス湾とコリンソス湾の各都市はペロポネソス半島のつけ根にあたる地峡部の「ディオルコス」と呼ばれる軌道の上に船を乗せて交易していた。これはペロポネソス半島を遠回りすることを避けるためであった。交易が盛んになると船も大型化して、陸送も困難になる。そこで、BC7世紀のコリンソスの君主ペリアンドロスは地峡を開削することとしたが、工事の難しさに加えて、海神ポセイドンの怒を招くとの神託から、これを諦めざるを得なくなった。300年後、ローマ軍のディミトリオスも同様のことを計画したが、運河を開削すれば海水がサルニコス湾に流れ込み、湾岸の町が浸水するとした当時の技術者の意見を取り入れて中止している。

BC1世紀になると、皇帝シーザーも再びこの問題に取組んだことが知られている。その後、皇帝ネロは運河建設に着手し、両湾側から掘削し始めるが、彼がローマへ戻り、死んでからは沙汰止みとなつた。

その後、何度もベニスの商人達によって運河建設の計画が持ち上がったが、いずれも失敗に帰している。近代になって、国家事業として取組み、レセップスによって完成したのは前述したことおりである。船は飛躍するが、この時期日本では、琵琶湖湖底トンネルが田辺朔郎らの尽力によって開通し、その後の京都の発展の楚石を造つたことと時期を同じくするのは偶然の一致であろうか。そしていれども、現在その機能を損なわずに存在することも。

さて、ギリシア南部地域は地質構造的にトルコから続く右横ずれの北アナトリア断層とブリニ海溝にはさまれた地域で、中新世中期以来ティーチスから分離し、エーゲ海マクロフレートと呼ばれていて、現在に至るまで活発な造構運動を続いている。コリントス地峡はこの南北に走る断層帯にあたる(図-1、2、3)。この地溝は鮮新統の泥岩とそれを不整合に覆う更新統の浅海性起源の礫岩からなっている。これらの泥岩や礫岩の地層は南北の主要断層に平行する東西系の正断層によって各所で切斷されているのが、運河の側壁斜面で観察される。さらに、特筆すべき点は、これらの地狹内の断層は現在も活動を続いていることである。過去70年間に3回の地震が発生し(1928, 1953, 1981)、地表地殻断層を出現させている。

コリントス運河斜面を詳細に調査したアンドリックボロウ(1988)によれば、斜面には大小50数本の断層が認められ(写真-2)、そのうち數本が活動的で、地震直後の測量の結果では、断層を狭んで西側で2cmの上昇、東側で6cmの沈降が認められたとしている。さらに、古代遺跡の調査からもこの地狭のコリントス湾側に比べてサルニコス湾側が約1m沈降していることが知られている。これらのデータから運河を切る活断層は少なくともB級以上の活動度を有していることが判る。

次にこの運河の斜面についてあるが、潮干帶の一部には石積護岸が施されているものの斜面は小段なしの素掘のままである(写真-3、4)。竣工後、主にペロボネソス半島側斜面の14カ所でおよそ25万立方メートルの崩壊が発生したが、この50年間に運河は2カ月の閉鎖した以外正常に機能している。船の運行に支障はないけれど、小断層によって境界された大小のブロックの崩壊が船から随所に眺められた。マリノス会長は船内マイクを使い、左右の斜面の地盤状況を大声でこと細かに説明している。船全体がまるで動く地質教室の様相を呈していた。

お国柄、ギリシア応用地質学会では、この様な歴史的建造物に対する調査を実施し、地盤や風化に対する保護のための提言などを積極的に実行しているようである。特に運河にかかる鉄道、高速道路の基礎地盤検討は橋それ自体の安定性もあるが、下の運河の航行にも影響を与えるので学会としても力を入れている。この運河についても、地震時の安定性の検討を行い、過去に起きた地殻規模を上廻る地殻規模を示している。

このようにギリシアでは、歴史が古く古文書や遺跡(多くは石造り)が豊富で、その近郊の傍に活断層が通過しているとなると、活断層の解説史は日本と比較にならない高い精度で求められるであろう。

後述するように、デルフィ遺跡ではBC7世紀から13回の大規模な地震が特定されてゐる。このことはギリシャでは、いかに地震の回数が多く、地震に対して敏感であるかまた

地震の予知が切实であるかがわかる。このためか、VAN法と呼ばれる地電流測定から天気予報並の地震予報が行わわれている。

(2) デルフィ遺跡

イテアの町で船組はバス組とそっくり入れ替わって、今度はバスツアーとなつた。デルフィの遺跡は、イテアの町から車で40~50分のところの残雪をいただくバルナソス山(2457m)の麓にある。この遺跡は1892年~1935年にかけてフランスによつて発掘されしたもので、それ以前は斜面からの堆積土砂で埋まっていた。太陽神アポロンの聖地で、オリンピアと並ぶギリシア最大の聖地となつてゐる。BC17世紀に歴史に登場し、BC6世紀に最盛期を迎えたとされるが、キリスト教の普及とともに異教徒禁止令によつて、聖域は破壊され、その後背後の急崖からの土砂に埋もれてしまつた。かなり急峻な山腹に造られたテル菲はギリシアの他の聖地と同様に、中央に神殿を、周囲に劇場、競技場(1万人収容)を配した壮大なものである。遺跡の南には11室からなる博物館が併設されており、ギリシア、ローマ時代の美術史の推移を見聞見することができる。

この付近は新第三紀の石炭岩で(一部にフリッシュ堆積物をはさむ)、その上に半固結ないし未固結の岩層や転石からなる崖錐堆積物からなつていて、遺跡はこの崖錐の中に埋れていた(図-4、写真-5)。この崖錐はギリシアのどこでも見られるようになり返し起きた地震によつて裏山からたらされたものである。もう少し詳しく言えば、裏の急崖は東西性断層そのものであり、この付近一帯はバルナソス山南縁を画するアルチヨバーデルフィ断層帶と呼ばれている。

BC7世紀以後、マグニチュード6以上の地震が13回記録に残されている。ここで、デルフィ地区の地震の平均再来周期を見てみると、M7以上は70年、M6以上は8年、M5以上は1年となっており、地震の多さとともにその再来周期の短さに驚かされる。ここでもマリノス会長はこの石炭岩の急崖の安定性を動的解析によつて検討している。参加者は所々にあるボラの日陰で休みながら、汗をかきかき最上段にある競技場まで登り、眼下の遺跡の大きさと壯觀さに驚嘆させられた。

(3) コパイダの古代運河

ドライブインで一休みのあと、国道の脇にバスが止まった。全員がこんもりしたボラの木の下に集まり、マリノス会長の説明に聞き入った。山帽には草のような草が茂つた小さな水路があつた。これがコパイダの古代運河であった。付近はギリシアには珍しくボリボツリと家が散らばつてみられ、麦畑には勢いよく多数のスリンクラーから水を吹き出しているのが見られ、大きな川もないのに水が豊富であることが理解される。コパイダ湖の洪水対策としての排水工事の歴史はBC17世紀にまでさかのぼる。これはヨーロッパでも最古の洪水対策である。さらに、これに用いられた技術は現在において最も最高水準のレベルに匹敵するものである(図-5)。

規模としては長さが27kmもあり、小船の航行が可能で周辺の物資の輸送にも使用された。さらに、水位が周辺の地盤より高い(約1.5m)ため、灌漑用水としても利用され

た。堤は完全に遮水構造で現在の国道の一部はこの堤に上を通過しているが、何の支障もないとのことである。

このあと、車はアテネまで一気に走り抜けホテルには午後8時過ぎに到着した。全員今日一日で一段と日焼けしたようだ。



図1 ギリシア アテネ周辺地質図
1;新第三紀-第四紀 2;アルバイン砂岩類 3;オフィオライト
4;アルバイン炭酸塩岩類 5;硫成岩類 6;鮮新世-第四紀火山岩類
7;主要断層帶 8;ソウサッキ火山 9;地質巡検ルート 10;観光地



図2 コリンソス運河周辺の断層分布図（太線は地表地震断層）

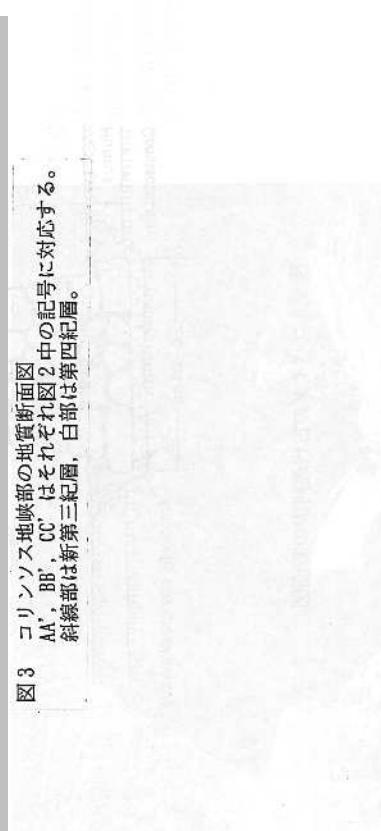


図3 コリンソス地峡部の地質断面図
AA', BB', CC' はそれぞれ図2中の記号に対応する。
斜線部は新第三紀層、白部は第四紀層。

写真1



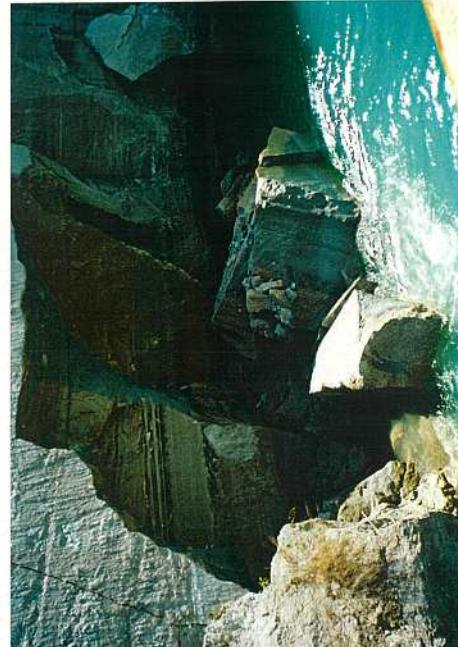
サルニコス湾からコ
リンソス運河を眺む。
橋梁は国道、鉄道な
ど3橋が架っている。

写真2



斜面の隨所にみられ
る泥岩中の正新層タ
イプの断層。

写真3



断層や断崖に境界さ
れ、崩壊とブロック。
潮干帯付近の泥岩の
割れが多い。

図4 デルフィ 遺跡の背後斜面の形成と崖錐の生成概念図

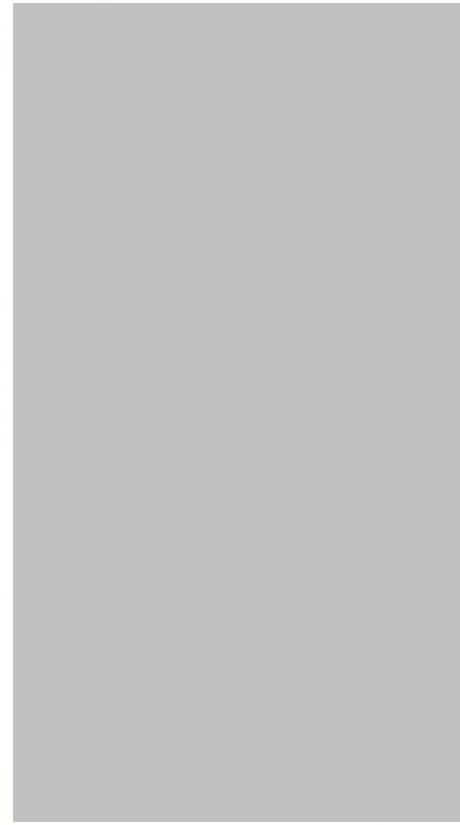


図5 コペイダの古代運河堤の断面図

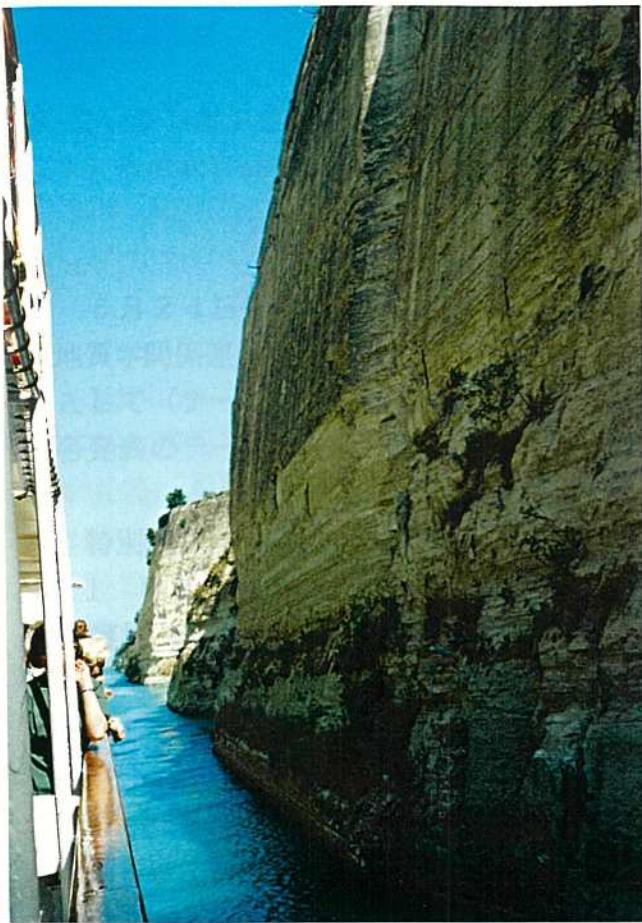


写真 4

コリンソス運河の大陸側斜面潮干帯には石積護岸が施されているが斜面は素掘りである。
斜面高は最大79mに達する。

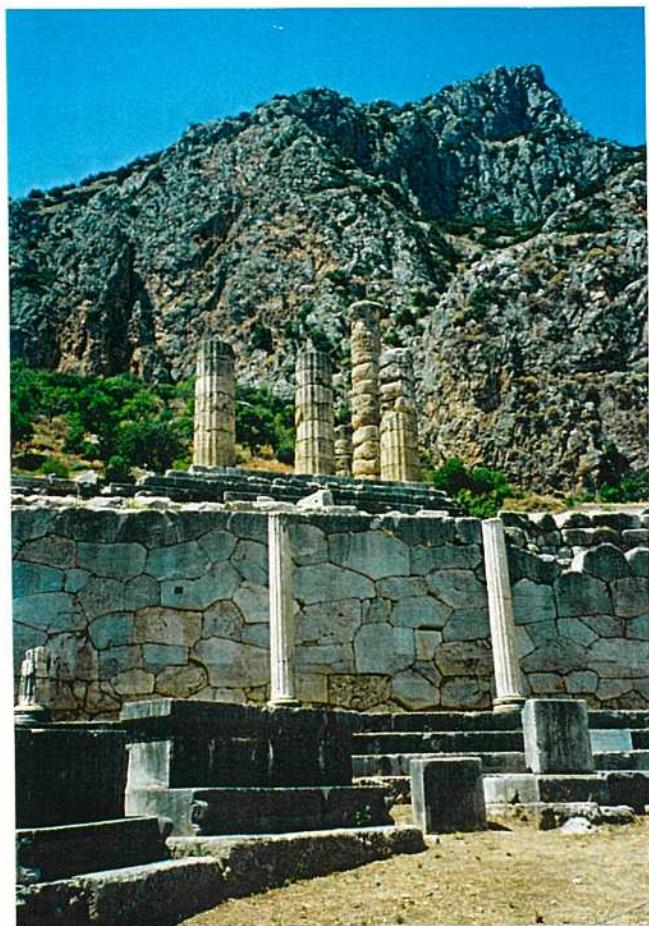


写真 5

デルフィ遺跡の復元された神殿の柱と背後の急崖
(石灰岩)。
背後の急崖には岩盤の剝離跡が数多く認められる。

5-2 シンポジウムの風景

(1) Protection of historical and architectural heritage

大塚杉夫（日本公営）、緒方信一（中央開発）

6月24日午前の部は、前半に、参加関係学会からの特別講演（国際水文学会、環境地質学関係連合会、国際トンネル学会）があり、後半には、歴史的建造物の保存をテーマとして（テーマ8）、基調講演のあと、一般発表が11編行われた。

各発表のテーマと要旨は、以下のとおりである。

A. 特別講演

A-1 M.Knight氏（国際水文学会）：廃棄物の地中処理の環境・経済性観点からの地盤許容量

安全に、一定の期間、廃棄物を地下貯蔵するための手法について講演があった。封入物質として、ガス、水、粘土を例示した。

A-2 E.De.Mulder氏（環境地質学関係）：都市計画のための地学

人間が居住可能な都市域は、限られた区域であり、ますます、高度利用化が必要になっている。また、それに伴い考慮しなければならない自然災害や、汚染も多様化している。近未来は、都市問題として地学（防災、土壤・地下水汚染）が重要視されるであろう。

A-3 S.Pelizza氏（国際トンネル学会）：地下空間の利用と環境

地下空間の施工時・完成時の安全性確保と、地下環境に出来るだけ影響を与えない地下空間の建設とを両立しなければならない。

B. 歴史的建造物の保存について基調講演：M.Samalikoba氏（チェコ）

歴史的建造物の保護は、ユネスコも実行に移しており、その保護には、建造物の材質、そのおかれている環境（風化・破壊に関する自然及び要因）を良く知ることが重要である。

C. 歴史的建造物の保存についての一般発表（敬称略）

C-1 D.Shilston（英国）：環境問題における地質工学的解法～建造物遺産を守るために

遺産についての過去の文献を良く調査すると共に、現地調査を詳細に行い、保護のために建造物とその基礎地盤両方から修復改良を考えるべきである。

C-2 G.Marchi, M.Merli（イタリア）：古い石造建築物に対する基礎

地盤のクリープ変位の影響、表層地すべりの影響で石造建築物にクラックが生じておき、対策としてパイルとアンカーによって変形を抑止している。

C-3 G.Koukis, D.Rozo, I.Hadzinkos (ギリシャ) : 古城が立地する基礎地盤の状態と斜面の安定
古城は、石灰岩の急崖に立地し、長年の風化及び立地による影響によって、岩盤は弛み大きな開口亀裂が発達している。地下水の影響と岩盤の弛みによるブロックの転倒が主因と考えられる。

C-4 G.T.Dounias, P.Pantelides他 (ギリシャ) : 鐘楼が立地する岩盤斜面の安定
砂岩、チャート、石灰岩、片岩の混在岩からなる流れ盤の斜面上に、片足場状態で鐘楼は建設されている。基礎地盤はクリープ変位を生じており、鐘楼にはクラックが生じている。対策では、流れ盤のため、初期変位を避けるためロックボルトを緊張させないで岩盤に刺している。

C-5 A.Binal, K.E.Kasapoglu他 (トルコ) : 新第三紀火山碎屑岩岩盤における表層の物理的風化作用
過去の気候変動による地盤の凍結融解による風化作用を、実験によって再現して評価している。

C-6 D.P.Crouch (米国)、A.Alkan (トルコ) 他 : 歴史都市における様々な環境と深く関係する地学
ギリシャー・ローマ時代の歴史都市PrieneとPompeiiの遺跡の風化を扱っている。

C-7 C.W.Dubellar, R.Koch他 (オランダ) : 溫暖で湿潤な気候での大理石建築物の風化
アムステルダムの中心にある女神像の記念碑の修復では、石材の採取地から採ったサンプルを鏡下で観察し、その成果を役立てている。

C-8 P.Jacobs, E.Sevens他 (ベルギー) : X線トモグラフィー解析による建築石材が受けける物理的・生物的相互作用についての非破壊調査
CTスキャナにより遺跡の壁面を走査し、風化状態を評価している。

C-9 M.Galos, P.Kertesz他 (ハンガリー) : 粗粒の石灰岩の風化について
古代建築物の構成石材である石灰岩も、鏡下で分析すればそれぞれ組織が異なり、風化形態も多様である。それぞれにあつた対策が必要。

C-10 J.A.R.S.S.O.ap,Z.C.G.Silba (ポルトガル) : 汚染環境にある斜長岩の耐風化性について
はんらん石と斜長石は、酸性水に長されやすく、歴史上の汚染を記録する能力がある。

C-11 V.Lykousis, D.Papanikolaou他 (ギリシャ) : 古代臨海都市における地盤応力に

による変動

ギリシャKorinthikos湾での音波探査により、その海岸は活断層が存在し、湾はその断層活動による沈降帯であることが、古代都市の残骸が海底に眠っていることでも確かめられた。

D.筆者らの感想

遺跡の保護と応用地質学との関連に興味深かったが、特に印象に残ったのは、同じ遺跡でも異なる石灰岩から構成されている場合があり、それぞれの石灰岩組織にあつた風化保護対策が必要である点を発表したC-9、特定の鉱物は汚染度の指標となる点を発表したC-10、そして活断層によって海底によって海底に沈んだ古代都市のC-11である。全ての発表に共通する点は、石材が遺跡の構成材料であることも要因の一つではあるが、遺跡の保護に応用地質学が積極的役割を果たしている事実であり、実績である人類が関わる殆どの分野で応用地質学が必要であることを改めて教えられたセッションであった。



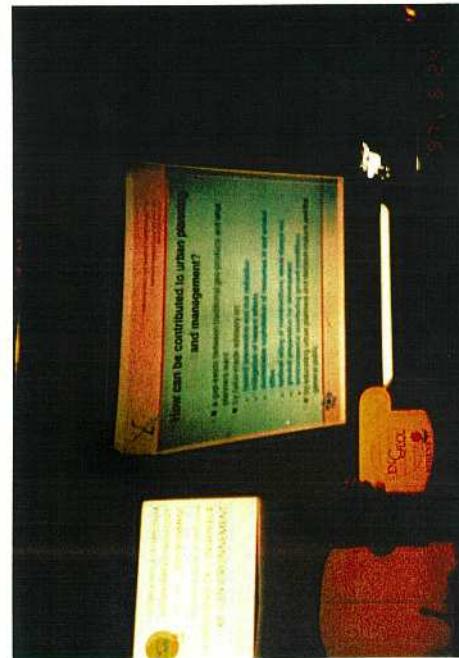
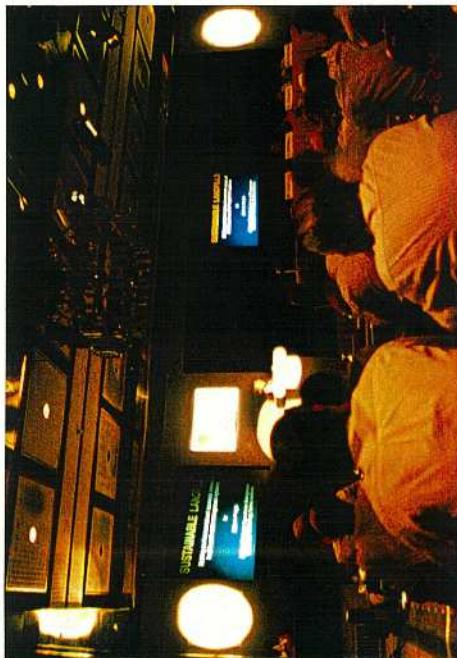


Fig. 1. Micrograph, coarse limestone, St. Michael Church, Rhodes
Fig. 2. Micrograph, coarse limestone, Houses of Parliament, Budapest

3-11発表より

134

(2) Environmental aspects of the design and construction of large engineering works and schemes

川地悟（ダム技術センター）

A. はじめに

6月24日(火)に行われた5Aセッションでは、IAEGシンポジウムの中のテーマ6の前半として、『大規模な工学的研究・計画の設計と建設の環境の様子』というタイトルで行われた。P.Antoine(フランス)の特別講演に始まり、引き続きL.Gonzalezde Vallejo(スペイン)の一般報告により、各々30分の講演があった。

その後、各論文の報告に続くが、5Aセッションでは7題の発表があった。特に印象の残った話題について以下に述べる。

B. 特に印象に残った発表

B-1 Psilovikos, Ant., Psilovikos, A(ギリシャ)：人工的な仕事と自然の過程、 Axios/Vardar川の場合

まず初めに、「人工的な仕事と自然の過程、 Axios/Vardar川の場合」と題して、Psilovikos, Ant., Psilovikos, A(ギリシャ)の発表があり、その概要について記す。

「AxiosVardar川は、SkopjeからPolykastroへ北西から南東へと流れる川で(図一1参照)、過去洪水で流域を侵食し大量の土砂を沈殿させ急速にデルタを形成した。しかし、図一1のとおり第2次世界大戦後、人工構造物が建設されるようになり、その河川システムに変化が生じ始めた。表一1は、この川の流域に建設された12のダムと現在調査中の14のダムであり、この他に規模の小さいダムが12計画されている。このようにたくさんのダムが建設されることによって、水の流れや土砂の流れを人間がコントロールすることとなる。その結果、過去肥沃なデルタを形成されていたこの川の河口への土砂供給量が減少した。さらに、人工構造物は上流のダム建設にとどまらず、下流のデルタ地帯においても水路や堤防などが建設された。これらにより、たとえば灌漑期には海水が水路に流れ込むという影響をもたらせるなど、河川全体のシステムにおける人工構造物の環境への影響とそこに住む人々への生命と経済への影響を考慮しなければならない。特に重要なことは、この60年間の全体のシステムの変化である。この流域において今後も続く、人工構造物の建設は河川システムにおける変化の予測とともに自然のプロセスにおける影響なども合わせて研究することが必要である。」との発表があった。

次に、「Danube川上のGabcikovo水力発電所の設計と建設の環境の様子」として、(Slovakia)からの発表があり、発電所の取水口の建設による地下水の経年変化について報告があった。

B-2 Marinos et al.:Geological and environmental considerations for selecting an Athens Metro tunnel

その後、各国からの地下水や小川の流域の復建などの論文の報告があった。その中で、いかにもIAEGシンポジウムの開催地らしい発表として、「重要な考古学地域の

地下のアテネの地下鉄トンネルの路線の選定のための地質学的な環境の考察」の論文の報告があった。このテーマはこのホール横の展覧会場においてもパネル展示を初めボーリングコアのサンプルなどの展示もされており、シンポジウムの多くの参加者が興味深く見つめていた。

さて、その発表の概要は、図一2に示すアテネ地下鉄ネットワーク路線図に示されているアテネ地下鉄の第3線（現在建設中）のKeramikos駅までトンネルの路線選定をする際に、Keramikos駅はアテネでの重要な考古学意義を示す場所の下に地下鉄のトンネルを建設するという考古学的にも重要であり、かつ地質学的にも大変興味深いものです。

その路線選定について、図一3にKeramikosの地下に最初に計画された路線（KEM）と新しい（MK1A）という路線の平面図の概要を示す。この2つの路線の地質断面図を図一4及び図一5に示すが、最初に計画された路線ではせん断を受けた黒色けつ岩が広く分布している。Eridanos川による排水の影響及び上部のKeramikosへのトンネル掘削の影響を考慮し、路線の深度を深くするなどを考慮した新しい路線は可能な限り都合の悪い状態を避けるために計画された。

さて、アテネ地下鉄は、現在第1線（Kifissia-Pireas間）が運行しており、Monastiraki駅からThissio駅へ向かう途中トンネルから出てくる地下鉄状況を写真一1に示す。近い将来、この写真のようにKeramikos駅に向かう地下鉄が走るのであろう。



写真一1 Monastiraki駅からThissio駅へ
向かう途中トンネルから出てくる地下鉄



図-1 Axios Vardar川の河川流域系統図

表-1 Axios Vardar川の集水地域で
建設されたダム（上）と調査中のダム（下）





図-4 Athens Metoroの最初に計画された路線（KEM）の地質断面図

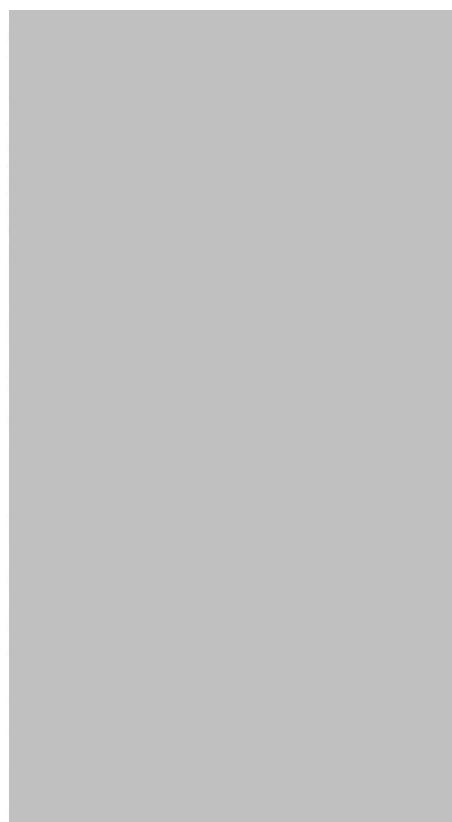
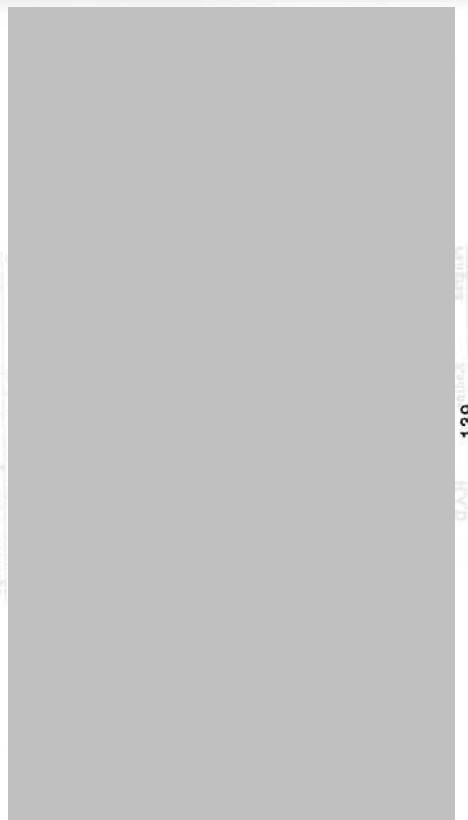


図-5 Athens Metoroの新しい路線（MK1A）の地質断面図



図-2 Athens Metoroネットワーク路線図

図-3 Keramikosの地下に最初に計画された
路線（KEM）と新しい（MK1A）路線の平面図



(3) Environmental aspects of the design and construction of large engineering works and schemes その2

岡部幸彦（応用地質）

6 Aセッションでは、IAEGシンポジウムの中のテーマ6の後半として、B. H AWKINS (UK) の特別講演（30分）があり、「地質化学の工学的な重要性」について、地質学の中での化学ということで石のサンプルのスライド写真や病院の基礎の部分などを例にとり、石材の化学的変化や汚染などの影響について発表があった。

6 Aセッションでの各論文の発表は、7題の発表が予定されていたが、さらにその後3題の発表の追加があった。その概要は、各国における道路や地下鉄のトンネル、高速道路、ダムなどの大規模プロジェクトにおける地質の問題やそのプロジェクトにおける地質構造の紹介、さらに地下水などの環境への影響について報告があった。

スイスからは「地下水資源における地下研究の影響評価」として、スイスといえば我々もお世話になったミネラルウォーターのエヴィアンが有名であるがその源となる地下水の報告があった。

また、最後に追加された発表について、ギリシャの高速道路計画について報告があるとともに、この概要をポスターセッションで展示しており、シンポジウム参加者に広く認識を深めた。この報告では、高速道路のプロジェクトの評価を提起するたくさんの要因があり、その環境に与える影響についていくらかの見解が報告された。

最後になりましたが、テーマ6の中には「都会の地域の中でのNATM空洞について、野外計測に基づく簡単な構造の安定性の評価」という題で応用地質（株）岡部さんと近藤さんの論文があり、ホールBの前のポスターセッションにおいて発表されていた。このポスターセッションでは概要が示された。

分野4：都市開発における地盤工学

分野5：地盤改良技術と地盤改良工法

分野6：地盤の構成要素と地盤構造

分野7：地盤の構成要素と地盤構造

そして、今後計画の議論者の名前は、アカデミーで挙げました。

帰国後、スライドの講演者名とプロフィラム記載されている講演者名とを照合してみると大体一致していることに気が付いた。しかし、改めて確認してみると問題があった。

スライドにYamaguchiとかTakemotoとかという日本人らしいが名前だが、プロフィラムには出ていないので、そのため直訳で手書きされた日本人物名リストと比較してみた。そこにはテーマ号に日本が名づけられた人、Shupaku(猪俣)他、Tambashi(タナバチ)他、Yamaguchi(山口)における2つの講演が示されている。

スライドには改めて改めて書かれていない人のうちPoroshia、Shupaku他は出ていたのに、Yamaguchi、Takemotoなどという名が出ていないことから、General topicのスライド原稿は他の講演者の講演題を削除した後で書かれたものである上に改めて、越後川第一橋の橋面設計を行った。スライドに挙げられた講演の中、実際に該項目を行ったのは以下の通りである。(1) 土圧は経済的

(4) Engineering geology and hydrology for environmental health-Waste disposal

村木輝幸、大村一夫(大和地質研究所)

A) はじめに

6月24日、快晴。ランチタイムにはまだ間のある12時半すぎ、会場のBホールに入ると満席状態であった。ミネラルウォーターを片手に持てラップ飲みしている者、入口脇のミネラルウォーター・ジュース類を飲みに立つ者など、立ったり座ったりする人が途切れず、ラフな着衣とリラックスした態度で聞いている者が多い割には私語は無く、演者の声が響いていた。

午後の部担当の我々としては、オーバーヘッドプロジェクター(2台)やスライド(1台)の画面が良く見えて演者の声が良く聞こえる場所に座りたいので、ランチを早めにとり、座席確保を図ることにした。

14時30分、演壇の脇のテーブルにGeneral Reportを述べるG.Doerhoefer, 2名のCo-Chair及び2名の係員が着席し、午後の部が開始された。

人の入りは75~80人程度で座席数の半分程度であり、意外に少ない。おかげで我々は演壇を半円形にとりまく様に配置された固定した机の中央右手を確保できた。足音を忍ばせる様に、パラパラと聴衆が入ってくる中、General Reportが始まった。

内容は、これからホールBで発表される講演を以下の7分野に分け、演者や講演内容を概括的に紹介するものであった。

分野1 : Grandwater comtamination / production

分野2 : Simulation and modeling of contaminant transport

分野3 : Regional hydrogeological studies

分野4 : Investigation / management techniques

分野5 : Surface water / soil / sediment comtamination

分野6 : General enviromental issues

分野7 : Technical aspects of water disposal / remediation

そして、各分野毎の講演者の名前がスライドで映し出された。

帰国後、スライドの講演者名とプログラムに掲載されている講演者名とを照合してみると大幅に異なっていることに気付いた。何度も繰り返してみたが同じであった。

スライドにYamaguchiとかTanabashi et al.という日本人らしい名があったがプログラムには出ていなかったので、念のため成田空港で渡された日本人講演者リストと照合してみた。そこにはテーマ4に日本からはPorbaha,A. Shiba(柴)他、Shogaki(正垣)他、Tanabashi(タナバシ)他、Yamaguchi(山口)による5つの講演が示されていた。

スライドには実際には講演をしていない4人のうちPorbaha, Shogaki et al.は出でていないのに、Yamaguchi、Tanabashi et al.という名が出ていることから、General Reportのスライド原稿は前2者の講演取り消し後、後2者の講演取り消し前に造られたものであると推定して、疑問に一応の終止符を打った。スライドに映し出された演者の内、実際に講演を行ったのは以下の方々である。()内は講演時刻。

分野1：5名中、以下の2名

Bucich,N.G. (15:40～15:47) ,Welby,C. (16:01～16:08)

分野2：4名中、以下の2名

Elzein,A.H. & Booker,J.R. (15:35～15:40), Shiba,S., Hirata,Y., Yamabeji,Y., Yano,T.

(17:54～18:01)

分野3：2名中、講演者なし

分野4：5名中、以下の1名

Ribeiro,L.,Pina,P.,Muge,F. (15:12～15:19)

分野5：6名中、以下の3名。なお、ここにYamaguchiの名があった。

Kulen,N., Shlaeteris,A., Dundulis,K. (18:15～19:22) ,Lindsay,P.,Bell,F.G.,

Wright,C.I. (18:08～18:15) ,Vardaki,C.,Dounas,I.,Keleperzis,A. (17:33～17:40)

分野6：4名中、以下の2名

Osipov,V.I.,Makarov,V.I. (15:47～15:54) ,Demetriadis,A.,Stavrakis,P. ,

Vergou-Vichou,K. (18:22～18:19)

分野7：5名中、以下の3名。なお、ここにTanabashi et al.の名があった。

Chu,C.-J.,Shakoor,A. (15:54～16:01) ,J. rvinen,H.-L.,Kuula-Viisnen,P. (18:01～

18:08) ,Haddad,B.J.,Parish,G.B. (15:26～15:33)

スライドに映し出された講演者数は31名で、その内講演したのは13名。プログラムに出ている（実際に講演した）講演者は23名である。よって、General Reportで紹介されなかつた講演者は10名となる。

Session 5B：11の講演と講演終了後のDiscussionが予定されている。

1) 講演 講演開始時の聴衆は100人を越えていたが、空席が目立つ。講演者の持つ時間は分と短いので、予定通りに進行できるのかが心配される。

5B-1：女性登壇。化学工場からの地下水汚染について、現状のMOCモデル化について発表。30秒オーバーで終了。

5B-2：汚染地下水の鉛散度予測に統計学を用いた3次元モデルを適用した例を発表。7分丁度で発表を終えた。

5B-3：フィンランドの地下水汚染の主原因に、冬季に道路に散布する塩類がある。これに対する地下水保全の方法と効果について発表。20秒残して終了。

5B-4：油田地帯での地下水汚染を短期間で回復させた例を発表。スライドの出来良好、20秒オーバーで終了。

5B-5：砂質帶水層の2次元解析法の適用範囲について発表。1分50秒を残して終了。

5B-6：仏語での講演のため理解不能、30秒を残して終了。

5B-7：Geopathogenesis（地球病因論？）的主要問題とそれらの解決法について発表。20秒オーバーで終了。

5B-8：細断した古タイヤと土壤混合物は排水性に富んだ軽量盛土材となりうる

発表、スライドの出来良好、20秒オーバーで終了。

5B-9：下水汚泥（窒素化合物）の利用で総収穫量は数%増加したが、地下水中の硝酸塩－窒素化合物の量が飲料水の基準を超えたと発表、5秒残して終了。

5B-10：粘土質土層に発生する亀裂が、施業物に対する同土層の自浄作用を弱める」と発表、5秒残して終了。

5B-11：講演開始前に聴衆は60人に減少、光量不足で画面の鮮明度が欠けていたため、OHP1台を交換。地下水や表流水に係わる問題における地球化学的アプローチについて発表、7分丁度で終了。（全講演の終了時刻は16時30分）

2) Discussion General reportに関する質問状が提出されたが、質問者不在（数分して戻る）あるいは、司会者の問い合わせに応える講演者不在などのため、要領を得ないまま16時40分終了。

-COFFEE BREAK-

Session 6B：12の講演と講演終了後のDiscussionが予定されている。17時丁度再開。1) の講演で講演開始時の聴衆35人。

6B-1：仏語での講演のため理解不能、マイク不調。演者が右側のOHPの前に立つとビートという雜音があり、講演者・聴衆共集中を欠く、40秒オーバーで終了。

6B-2：聴衆52人、ポケットマイクの電池取り替え、スライド良好。放置された銅精錬過程で生じた煙道塵と鉛洋かららの地下水汚染対策（環境保全）について発表。13秒前に終了。講演終了時の聴衆50人。

6B-3：仏語での講演のため理解不能。37秒残して終了。

6B-4：女性登壇。仏語での講演のため理解不能。1分20秒残して終了。聴衆65人。

6B-5：女性登壇。土壤中の高濃度重金属のうちFe, Ni, Cr, Coは植物の生長に有害であると発表。1分20秒を残して終了。聴衆60人を割る。

6B-6：トリニトロトルエンに汚染された土壤にElectrokinetic flow enhanced testを試みた結果を発表。1分50秒を残して終了。聴衆50人を割る。

6B-7：汚染された細粒堆積物を砂で平均34cmの厚さに覆ったところ、圧密のため堆積物は6～8cm沈下したが、砂は堆積物を擾乱させることなく、風速30km/h以内では予測通りに固定されたと発表。7分丁度で終了。聴衆45人となる。

6B-8：唯一の日本人の発表。動電学的手法は地下水中の酢酸の様な有機化合物質の除去に対して効果的であると発表。30秒オーバーで終了。聴衆43人となる。

6B-9：女性登壇。工業化に伴う汚染の可能性と発生するであろう問題の検討のため、スコットランドのフォース河口と南アフリカのDurban湾、Kosi湾、Mfolong河口における重金属汚染状況の比較を発表。2分50秒を残して終了。

6B-10：安定化処理を受けた材料に含まれている砒素、クローム、銅の内、最も浸出しやすいのは砒素であり、汚染物質は骨材の表面に濃集するので、汚染物質の物理的隔離は化学的隔離よりも重要であると発表。22秒を残して終了。

6B-11：原油に汚染された砂とリファインされた砂の物理的及び工学的特性（現在位置試験と室内試験による）を発表。13秒オーバーで終了。聴衆40人となる。

6B-12：環境アセスメントでは高い信頼性をもつ地球科学的データが必要である。

現場経験の無い地球科学者はデータを誤解し、深刻な環境問題を引き起こすと発表。最終講演者のためか1分6秒オーバーし終了。聴衆38人となる（全講演の終了時刻は18時38分）。

② Discussion 同一人より何人かの演者に対して質問がなされた。（後で6B-7、6B-9、6B-2の演者がその中に含まれることが分かった）。質問に答える講演者が次々に交代するので、演者と講演内容との関係が分からず、質疑が断片的であることなどから、質疑応答内容は理解できなかった。しかし、Discussion参加人数が開始時の32人から一人、二人と消えて、数分間で27人になったこと、熱の入ったDiscussionではなかった事は、参加者全員が疲れきっていた事を示唆していると感じた。18時48分終了。終了時の参加人数27人。

（注）開場にて新しく登場した者は必ず議論の流れに追いつく事が出来ず、立会いによる質問が多かった。また、議論の途中で新規登場した者は必ず議論の流れに追いつく事が出来ず、立会いによる質問が多かった。

（注）議論の際に問題提起された問題は、必ず議論の流れに追いつく事が出来ず、立会いによる質問が多かった。

（注）議論の際に問題提起された問題は、必ず議論の流れに追いつく事が出来ず、立会いによる質問が多かった。

（注）議論の際に問題提起された問題は、必ず議論の流れに追いつく事が出来ず、立会いによる質問が多かった。

（注）議論の際に問題提起された問題は、必ず議論の流れに追いつく事が出来ず、立会いによる質問が多かった。

(5) Environmental courses in geological and geotechnical education 丹波 齊（開発調査研究所）伊熊後發（ダイヤコンサルタント）

1997年6月26日午後Bホールで「テーマ7：地質および地形の保護」と「テーマ9：環境地質および環境地盤工学教育」の2テーマの発表が行われた。
このうち、我々が興味をもつたテーマ9について以下に概述する。
テーマ9では、一つのセッションで1編の特別講演、4編の口頭発表がある。論文の主題は、表の国別編数は、フランス、米国、オランダ、ギリシャ各1編であった。論文の主題は、環境地質の大学における教育カリキュラムに関するもの3編、土木工学科の中に地球環境工学科の開設を主張するもの1編となっていた。米国のHassanの発表による[Environmental Geology Education]（環境地質学の教育：アメリカ合衆国での経験）は、米国における1980年以降の大学での環境地質に関する学位研究の現状に触れ、現在の地質教育カリキュラムは環境地質の内容と社会要請に合わせて、そのカリキュラム内容を変更すべきである、という主張でMicrosoftのPower Pointを使用した鮮明で分かり易いOHPで説得性があった。我が国の環境地質の教育を考える上で示唆に富むと思われるの

で講演内容を以下に紹介する。

A) 序論

1970年代の10年間ににおける環境への地球規模の関心と、それに続く1980年代の、その保護のための手段の実現は、環境の分野で働く専門職の訓練においておいたこととなつた。そのことは、まだ環境改善産業の驚異的な成長に拍車をかけ、有毒廃棄物処理場の清掃技術やその他の環境回復プロジェクトの技術の開拓を促した。激増する環境産業の要求に答えるため、合衆国の多くの高等教育機関では、そのためのコースやプログラムを新設した。地球科学教育の分野でもまた、多くの単科大学、総合大学で環境地質学に新しいコースを導入し、この専門分野における学士学位の過程のための新しいプログラムを開発した。

B) 変革する社会における地質学者の役割

1980年代の10年間には、人類史上においてユニークな時期として際立っている。すなわち、この時期に、我々の環境悪化への認識と、その質の保護と維持の必要性が地球規模の関心事となつた。1992年に人類史上で始めて、120カ所の首脳や代表が、UNCED（国連環境開発会議）に出席し、環境について討議した。
第2次世界大戦以来始まつた科学技術の発達は、それ以前の総ての記録を上回るものであった。しかしながら、新しい技術とともに数多くの合成・有毒化合物、環境・健康に大きな影響を及ぼす人為的環境汚染が急速に進展する事で、資源の枯渇による資源不足による危機感が高まつた。また、資源の過度の開拓による環境破壊が、資源の枯渇による危機感を高め、資源の開拓による危機感が高まつた。また、資源の枯渇による危機感が高まつた。

境科学の短期または学士学位プログラム等が増加した。多くの単科大学や総合大学の関係学科で、廃棄物管理、汚染制御、環境分野関連のコースが新設された。他に合衆国の多くの科学技術系の学校で、環境技術、環境地質学コース、環境生物学、環境科学、環境法、環境科学などの学士学位プログラムを新設した。しかし、地球科学系の学科は、著名な地球科学者からの警告や誓願にもかかわらず、環境地質学や関連分野のコースの新設や学士学位プログラムの開発に出遅れた。

ところで過去50年間の技術の発達とその結果としての社会の変革を見ていると、科学者には、新しい要求が課せられている。すなわち、地質学者やその他の専門家が、環境問題の解決策を見いだすために“象牙の塔”を破り、他分野の専門家と手を結ぶことが要求されている。地質学者は、他分野の科学者同様に、我々の物理的な環境で遭遇する問題解決のための、科学者、生物学者、統計学者、法律専門家、管理者、行政官等と密接な共同作業をしなければならない。現代においては、地球表面部の環境地質問題がクローズアップされてきており、土壤、水の汚染問題が発生し、種々の専門家の意見を集約することで、新しい解決策への挑戦とその発見を見足している。地質学者は、学際的チームの一員として仕事をするために訓練されなければならないし、それ故に、複雑な環境問題を解決するために共同作業をする専門家チームの価値ある一員であるために必要な技術を有していないなければならない。

C) 合衆国における環境地質学教育
1970年に「Environmental Geology: Conservation, Land-use Planning, and Resource Management」(環境地質学: 保存、土地利用計画と資源管理)と言うタイトルの、最初の環境地質学に関する本がPeter Flawnによって出版された。その後、環境地質学に対する認識も深まり、この16年間に約12冊のテキストが発行されるようになつた。最近の調査によれば合衆国では、環境地質学の学士学位プログラムがかなり増加している。ここ1994～1996年の2年間で、環境地質学の学士学位過程を有する総合大学や単科大学の数は9から30に飛躍的に増加した。しかし、修士課程については変化がなく、環境地質学の修士学位のプログラムを有する総合大学は、いまだに一つに留まっているのが現状である。

D) 環境地質学のモデルカリキュラム
環境地質学を専攻する学生は、コミュニケーション術や人間関係学を含む、一般教養科目の基本的な教育を受けるものであるが、4年のうちの2年間ににおいて、基本的な地質学科目をマスターすることが必要である。この基本的な地質学科目は、学士学位プログラムの最後の2年間の環境分野のコースでの強力な基礎となるものである。以下が提案するモデルカリキュラムである。

D-1 必須科目
次の科目は環境地質学の学士学位を目指すすべての学生が取得すべきものである。
①物理地質学 ④鉱物学 ⑦地形学

- ②地史学
 - ③岩石学
 - ⑤構造地質学
 - ⑥堆積学／層位学
 - ⑧コンピューター応用学
 - ⑨野外調査法
- D-2 選択科目
- さらに、次の選択科目から最低4科目は取得しなければならない。
 - ①環境地質学
 - ②応用地質学
 - ③廃棄物管理法
 - ④物理地質学
 - ⑤水成／環境地球化学
 - ⑥応用／環境地質物理学

提案したコースのほとんどが、3または4単位が必要で、学位プログラムのほとんどが、卒業までに120単位が必要なことを考えると、選択科目のリストの中から、学生がどのコースを取得すべきかは、指導教官が決定すべきことになろう。

自習は、都市域でない地域にある研究機関にとつては困難な場合もある。しかし、大きな町には多くの技術コンサルタントの企業や、連邦や地方政府の事務所が存在すること、それらの部局や企業または政府事業団で調整したある種の実習を実施することが可能である。経験によれば、この実習は「職業を学ぶ」また、「仕事のポテンシャルを高める観点」から、学生にとっては、非常に有益なものであると考える。日本においても、この実習プログラムは今後充分取り入れていく必要があると思われる。

E) 結論と勧告

- ・環境産業で働くべき、地質学者を含む専門家への大きな要求がある。しかしながら、環境科学者への増加する要求にもかかわらず、地球科学系学科の、その要求に対する反応は遅かった。
- ・合衆国では、環境地質学のコースは、1967年草々には設置されたが、この分野での学士学位の規則的なプログラム整備は遅れを取った。1992年までは、環境地質学の学士学位プログラムを設置した高等研究機関は9つしかなかつた。しかし、最近になって、急激に増加し、1996年4月現在、環境地質学の学士学位プログラムを設置した30の単科大学、総合大学がある。
- ・修士レベルでは全米で一つの総合大学（ミズーリ大学）しかない。ここでは1979年来、都市環境地質学の修士レベルのコースを設置している。

- ・技術の進歩と変革する社会は伝統的な地質学のカリキュラムを改訂することを求めている。古いコースのあるものは、現在の環境や社会の関心に適合するように、取り除くかまたは大きく改訂するかが必須である。
- ・発展途上国は、開発国の経験を学びとり、その教育プログラムの中に環境重視の思想を付け加えるよう、早急に動き出さなければならぬ。
- ・現代は、地質学者に機会と挑戦の両方を提供している。すなわち、挑戦に応じ、他の人々に日常生活における地質学の重要性を証明することを我々に求めている。地質学は、もはや鉱物資源を見つけ、岩石や化石を研究するだけではない。地質学は、公衆の安全・衛生、資源の開発と利用、自然災害の予測と軽減、土地利用の決定、その他

社会福祉に関する同様の分野を含む重要な社会問題と深く係わるものである。環境問題の解決における学際的な取り組みの重要性と変革する時期に適合する地質学教育の必要性を繰り返す。最後に1992年にAGIの所長であったDonald C.Haneyの言葉を引用し結びとしたい。「単科大学、総合大学は、未來の地球科学教育における自らの役割を、真剣に考えてみなければならない。学科の壁は取り除かなければならぬ。もし、地質学が生き延びようとするならば、学際的にならなければならぬし、また我々の社会が、切に必要としている訓練の方法を提供しなければならぬ。そうしなければ、地質学は21世紀が必要とする展望を持った他の分野のサービス部門となってしまうであろう。」(Geotimes : 1993, 2月号)。

- (6) Geological environment in urban and regional planning and management
　　村上徹(開発土木コンサルタント)、岩崎歎史(八千代エンジニアリング)
平成9年6月27日(金) SESSION 11～13A (HALF A) でTheme 3
の「都市と地域の計画・管理における地質学的環境」が発表された。
　　テーマ3では、都市や地域の開発における計画や管理の中での地質学環境について論じられている。都市編、地域編、都市・地域地図の3つのセッションに分けて論文の発表が行われた。午後からの部では、小島会長が座長を務められた。

A) セッション11A 08:30～10:30 Urban planning and management (都市編)

まず最初に、O.White氏(カナダ)の特別講演とM.Culshaw(UK)の基調講演が行われた。前者は、都市化と地質について、特に高速道路の開発に関連した地質環境について述べられた(抑揚の少ない英語で非常に聞き取りにくかった)。後者は、GIS(地理情報システム)を地質情報のデータベースとして応用した具体的な実例をOH P(地理情報システム)を使い、わかりやすくかつ興味深かった。

その後に一般的論文発表が続いた。講演者は、オランダ(英語)、ポーランド(英語)、イタリア(英語)およびギリシャ(フランス語)の4ヶ国の計4名(内女性2名)であった。

講演は、

- 地盤の公共情報システム(UMIS)の実用例

・ワルシャワにおける自然循環システムの都市化による人工改変の危険性とこれらを防ぐための問題点
・ローマに分布する冲積層の形態学的序学的、鉱物学的および地球化学的手法による区分

・ギリシャのロードス自治体地域において地盤を考慮し、新生代変動と土木地質に着目した地質図の作成についての4題であった。
このセッションでは、都市部における地質学的環境問題の事例、土木地質図の作成および地質情報システムの実用例が主な主題となっている。

B) セッション12A 11:00～13:00 : Regional planning and management (地方編)

講演者は、ネバール(英語)、イタリア(フランス語)、オランダ(英語)、モーリシャス(英語)、ブラジル(英語)の6ヶ国計6名であった。N.Rangers(オランダ、英語)は、社会の発展の中で自然の危険を減少させる点での土木質の役割という特別講演の中で、GIS(地理情報システム)の重要性について強調をしていた。講演は

- カトマンズ渓谷の地質図をドイツとネバールの共同研究によって作成し、土木地質学的および環境地質学見地から言及
- ローマ近郊の海岸地域の環境問題
- アルバニアの海岸地域の地質的環境と地域開発計画の問題点
- 地球環境問題を解決するための手段としてエキスパートシステム、AI、3DGIS、

データベース、GIS等の高度な知的システムの利用法
・GIS（地理情報システム）を利用する水に関する影響評価、⑥降雨量の過少な北
ブラジルの地質構造と地下水調査についての6題であった。

このセッションでは、特定の地域の地質学的環境問題の事例を中心にまとめられて
いるが、手段としてGIS（地理情報システム）の重要性が強調されている。

C) セッション13A 14:30～16:00 Geological environment in urban and regional planning and management

講演者は、ブラジル（フランス語）、ポーランド（英語）、ユーゴスラビア（英語）、
ロシア（英語）、リトアニア（英語）、ユーゴスラビア（英語）、インド（英語）、イ
ンド（英語）、スリランカ（英語）の8カ国の計9名（内女性2名）であった。4番目
に予定されていた発表者（ロシア）は無断欠席であった。

講演者は

- ・廃棄物処分のための特定土木地質図（ブラジル、Piracicaba州：縮尺 1:100,000）
- ・ポーランド、Visula Valley の完新世の段丘地の都市化による景観（地形）の変化と、
古く美しい景観の保存と復元の試み
- ・都市開発の記録の一部としての高速道路の土木地質的な記録をGISの方法論により
データベース化
- ・Saratov都市部（ロシア、ボルガ地域）での地下水位上昇の監視と管理
- ・人為的な荷重下における地質的環境の安定性を評価するための動力学的手法
- ・州単位での土木地質図のGeomechanicalモデルscale 1:500,000
- ・間の生活環境を守るために土木地質図の役割
- ・Overlying carrying capacityのパラメーターの影響評価のためのリモートセンシングに
よる研究
- ・地下水人工涵養のための比抵抗検層とボテンシャルサイトの選定（インド、central
Tamil Nadu）
- ・硬岩層中における地下水ボテンシャルの空間的バラメーターの抽出とモデリングの研
究

以上の10題であった。

特定の地域・地点における土木地質図作成や地質現象のモデリング等の試みがされて
いるが、まだ事例の収集段階にあり、地質学的環境の予測・評価に関する方法論はこれ
からのようにある。講演も最後の方であり、参加者も少なくやや低調の感は拭えなかっ
た。

半蔵豊先生、JG会員でもご活躍頂貴おりありがとうございます。
丸山豊先生、ヨーロッパ会員でもご活躍頂貴ります。
飯野寛寿先生、JG会員でもご活躍頂貴ります。
久保田義典先生、JG会員でもご活躍頂貴ります。
高橋洋一先生、JG会員でもご活躍頂貴ります。
原田方人（原田フィビー）

(7) IAGでの展示CAD地質図

原田方人（原田フィビー）
学会期間中のポスター・セッションで見られた地質断面図と地質平面図は、歐米の圖
はいずれもCADによるもので、他是（日本を含め）手書きによるものであった。
また、展示ブースの各社の地質図は、フランスのBRGM社のWINDOWS上のソ
フトを使用したものであった。

展示された地質平面図では、等高線等の線は、線の太さや色を使い分けているが、線
種は、地質境界を含めすべて実線であった。地質図としての塗色は、黒色以外のバター
ンを重ね合わせたものも見られた。

一方地質断面図では、ボーリング柱状図部には、黒色の模様は入っているものの着色
ではなく、地質図としての塗色部にパターンを重ね合わせたものは見られなかった。

ボーリングの文字による表示には引出線がなかった。なお、こちらの線種も実線だけ
であった。

以上のことから、ソフトとしては断面図より平面図の方が完成度が高いと推察される。
BRGM社の展示ブースで製図の所要時間を聞いたが、回答は得られなかつた。ソフト
の値段は、10,000 \$～150,000 \$とのことであった。

5-3 IAEG評議員会（1997、アテネ）報告

原田 円（電源開発）、小島圭二（東京大学）、井上 大榮（電力中央研究所）

（1）はじめに

1997年6月23日～27日にかけて、国際応用地質学会（International Association of Engineering Geology、略称IAEG）主催による「International Symposium of Engineering Geology and Environment」がアテネで開かれた。開催前日の6月22日にはIAEGの評議員会（Council Meeting）が開かれ、日本からは小島圭二日本応用地質学会会長、井上大榮国際委員会委員長が出席した。

本評議員会での最も重要な議題は本学会の名称変更の決定であり、その他会費改正、会誌発行期間の短縮等についても審議、決定された。以下これらの概要を報告する。

（2）出席者

評議員会の出席者は、IAEG全加盟64 National Group(NG)のうち29 NGの代表をはじめ、会長 Dr. Marinos、事務局長Dr. Primel、財政担当Dr. Deveughele、世界6地区代表のVice President等を合わせ、総勢48名であった。

（3）議事

A) 前回評議委員会議事録の確認

1996年北京（中国）で開催された前回評議員会の議事録が確認され、全員一致で承認された。

B) 会長報告

IAEG会長Dr. Marinosより、IAEGでは今後「環境分野」へ積極的に活動していく旨、ならびに関連学会との連携の強化を強調していく方針が説明され、あわせて Engineering Geologyの環境問題への貢献を内外に示すためにも、本学会の名称変更を真剣に議論してもらいたい旨のスピーチがなされた。

C) 事務局長報告

事務局長より会員数及び加盟国数の報告がなされた。それによると、1997年現在の会員数は、5696人、協賛会員（国や団体）52であり、前年比約5%の増加である。なお、日本の会員数は220人であり、アジア地区（中国66、マレーシア18、東南アジア95、ベトナム6でも突出していた（1996年のデータ）。反面、北米地区の著しい減少（140→95人、米国会員の減少による）が目を引いた。

D) 財政報告

財政担当 Dr. Deveugheleより、1996年IAEG決算報告がなされた。それによると、財政的には1996年は回復傾向にあり、総収入694,605FRF(フランスフラン)（約1,333万円）

に対し総支出582,010FRF(1,117万円)で112,595FRF(216万円)の多少の黒字を計上している。しかし、2年連続で会費を支払った加盟国は35国しかなく、1994年以降会費を滞納し続けている国が10国に及ぶことも報告されていることで、この問題の深刻さを感じさせた。

E) 副会長報告

アフリカ、北米、南米、アジア、オセニア、欧州の全6地区代表のVice Presidentから活動実績及び活動予定の報告がなされた。Asia地区的報告は、Dr. Wang (中国)によつてなされ、1996年北京IGC大会の報告や、本年中国（リモートセンシング）、ペトナム（Geotechnics）のイベントが開催される旨、パキスタンがIAEG参加に関心を有している事などが報告された。日本に関しては、日本応用地質学会がシンポジウム、学会誌等活動を活発に行っている旨や、本年11月に開催される第一回アジアンボジウムの紹介等が行われた。

F) National Groupに関する個別問題の審議
会費滞納国の問題を取り上げられ、退会などの取扱について、会長、副会長で構成するExecutive Committee議論の上、来年Vancouverの第8回IAEG International Congress開催時に決する事となつた。（滞納国内訳：アフリカ4、欧洲2、南米3、アジア1）

G) 新National Group加盟国
グルジア、リトニア、モンゴルの3国の加盟が申請され、全員一致で承認された。これにより、全加盟国は67国となつた。ただちにグルジア、リトニア両代表が招聘され、以降の審議に参加した。

H) IAEG名称変更問題

IAEG会長Dr. Marinovより下記に示す学会名称変更の提案がなされた。しかし、本件はExecutive Committeeで合意済みとし、改称への強い意欲を表明した会長の意図に反し、下記に概略を示すごとく参加者から賛否両論が噴出、午前中一杯を費やす白熱した議論となつた。最終的には、議論は出尽くしたとして半ば強引な会長裁定により投票に移行し、その結果、提案通りに名称変更が決定された。なお、日本は趣旨に賛同、改称賛成に1票を投じた。（ちなみに賛成40国、反対はオーストラリア、アルゼンチン、カナダ、チエコ、イギリス、スエーデン他の7国（出席数と合わないのは欠席国の事前投票含むため）であり、意見を言わずにいるはいられない参加者が多かつた割には、大勢は議論は議論として、改称自体には賛成だったようである）

IAEG新名称：
International Association for Engineering Geology and the Environment

(IAEG会長Dr. Marinovによる趣旨説明)
地図規模で考えたとき、今後の人類の生活にとってEnvironmentの保護、共生は限りない

く重要なになってくる。Geologistはこの問題に重要な役割を有しているのにもかかわらず、現状は力が多くの分野に分散され役割を果たしていない、一般の人にもEngineering Geologyの重要性は認知されておらず、我々以外の誰もIAEGの活動内容、目標を知らないのが現実だ。現実には、IAEGでは環境への取り組みの重要性を何年來にも渡り議論もし主張してきた事実がある。環境問題の重要性が指摘される今こそ、我々geological engineerの活動を訴え、積極的な取り組みを示すためにも名称を変更すべきだと考える。（終止強い口調で熱っぽく主張していた）

（反論意見）

- ・我々はGeoengineerの限られた組織である。Environmentを相手にするにはHydrological Geologists、Environmental Geologists、Engineering Geologistsの3者が必要だ。そこまで対象を広げるべきなのか疑問である。
- ・我々はまさに「GeologyをEngineeringしている組織」だ。Environmentalistsは広く BiologistsもChemistsも含まれるのだから、我々の組織を「Engineering Geologyと Environmentのための組織」と改称するのは範疇を選脱する。
- ・Environmentは対象が大きい。Public Relationを考慮するときEnvironmentが重要なのは判るが、それ以外に理由が無く、IAEGがIAEGに留まる事の重要性も指摘したい。ISRMがInternational Society for Rock Mechanics & Environmentと改称しているか？改称していいんだろう。
- ・Environmentの領域は広く、例えば言葉一つとっても各国まちまちであり、ロシアではEnvironmentには3個の言葉が対応する。名稱変更すると各國組織名称も統一できない。
- ・Environmental Geologyが何を意味するかをより討議すべきだ。漠然としている。

- （賛成意見）
- ・IAEG内では、既に廃棄物処理(waste disposal) 等のEnvironment分野に係る領域を扱っているのが現実だ。変更是現状に合わせるものにすぎない。
 - ・Engineering Geology分野でも、現実にGeochemistryが重要になり、増えつつあるではないか。
 - ・GeologyはEnvironmentの1分野である。改称に問題は無い。
 - ・今は、大学のPh.Dコースのかなりの部分がEnvironmentに関するテーマになつていて、これからもわかるように、Engineering GeologyはEnvironment保全、共生に貢献している。
 - ・Environmentの定義は、Protection of Natural Environment against Human Errors and Hazards、非常に明快である。この目標に対し、Engineering Geologistsは深く関与していると考える。
 - ・Environmentの重要性を最初に評議員会で議論したのは1994年で、既に4年経過している。もう引き伸ばす段階ではない。決定する時期だ。

I) IAEG学会誌発行期間変更

事務局より、学会誌の発行を3~4回/年程度にしたい旨の提案が行われた。これは、

最近の学会誌発行間隔が1年程度要している現状があるからとの事であった。これにあわせて、今後IAEGの活動のアピールと収入改善も兼ね、世界各国図書館に本会誌の販売を出版社を通じて行うことと、論文の質、数を改善するために新たに編集委員会を設ける方針も提案され、これらは全て異論なく了承された。

J) 会費変更

IAEG会長Dr. Marinouより、IAEGアテネシンポジウムの紹介がなされた（会長の母國での開催のためか、誇らしげに）。現在65カ国、640名の参加登録者を得て、今回初めてIAEG加盟国以外からも論文を受理しているとのことです。

K) アテネシンポジウム紹介

IAEG会長Dr. Marinouより、IAEGアテネシンポジウムの紹介がなされた（会長の母國での開催のためか、誇らしげに）。現在65カ国、640名の参加登録者を得て、今回初めてIAEG加盟国以外からも論文を受理しているとのことです。

L) 次回IAEG国際シンポジウム

下記のとおり次回第8回IAEG International Congress(1998)の準備状況の報告がなされた。

大会；第8回IAEG International Congress — A Global View from the Pacific Rim

開催日程；1998年9月21～25日

開催地；Vancouver (CANADA)

準備状況；Bulletin No.1 (印刷配布済)

Field Trip準備状況

Pre—Congress 3地点計画中 (カナディアンロッキー、地氷り地域他)

Mid—Congress 7地点計画中

第41回AEG (Association of Engineering Geology) 大会との共同Session開催

また、第9回International Congress (2002年開催) 地点について、南アフリカより開催申込みがあり、全員一致で承認された。

(その他)

本評議員会は、日本側の活動として、第1回アジアシンポジウムの1st Circularを会場で配布した。更に、第2回アジアシンポジウムについても、非公式の場ながら、マレーシア代表のProf. Komooから1999年にマレーシアで「熱帯地域の風化」をテーマに行いたいとの提案を受け、IAEGアジア地区代表Dr. Wangの了解を得た。ただし、テーマについてには風化全般をテーマにするなど今後調整する必要があるかもしれない。また、Dr. Wangからは非公式に日本代表に対しアジア地区の応用地質雑誌を発行するよう勧誘があつたが、今回は聞きおくに留めている。

なお、本評議員会では、各国の国際イベントの案内が配布されたので、一覧リストを巻末に示した。参考になれば幸いである。

今後の国際イベント一覧

1997

(a) リモートセンシング、地球物理関連イベント (中国、開催時期不詳)

(b) Geotechnicsイベント (ベトナム、開催時期不詳)

(c) XI Vth International Conference on Soil Mechanics & Foundation Engineering (ISSMFE主催、ハンブルグ、ドイツ、1997 September 6-12開催)

(d) International Association of Hydrogeologists XXVIIIth Congress、Ground Water in the Urban Environment (IAH主催、ノッティンガム、英国、1997 September 21-27開催)

(e) CGS50th Anniversary (オタワ、カナダ、10月開催)

(f) 1st Asian Symposium (Theme; Dam Geology) (日本応用地質学会主催、1997年11月14日開催)

(g) Geology for Engineering、Urban Planning、and the Environment (The South African Institute of Engineering Geologists ; SAIEG 主催、ヨハネスブルグ、南ア、1997 November 12-14開催)

(h) Virtual Environments for the Geosciences (European Science Foundation ; ESF主催、オランダ、1997 December 9-14開催)

1998

(a) Workshop on Infrastructure Engineering and the Environment (Geo-Environment-Mine Engineering Research Center他主催、豪州、1998 February 10-13開催)

(b) International Geoenvironment & Engineering Geology Study Tour on Changjiang Three Gorges (三峡) (Chinese Society of Geology他主催、1998 April開催) (IAEGアジア地区代表Dr. WangがCo-Chairmanを務める)

(c) Landslides and Badlands of Basilicata、Field Workshop and Discussion Meeting (Basilicata University主催?, ナポリ他、1998 May 15-18)

(d) 8th International Congress of the Geological Society of Greece (Geological Society of Greece ; GSG主催、1998 May 27-29開催)

(e) Third International Congress on Environmental Geotechnics (ISSMFE主催、リスボン、ポルトガル、1998 September 7-11開催)

(f) 第8回IAEG International Congress (IAEG主催、Vancouver,カナダ、1998年9月21～25日開催)

(g) International Symposium DEICING AND DUSTBINDING—RISK TO AQUIFERS (フィンランドEnvironment Institute ; FEI主催、ヘルシンキ,フィンランド,1998 October 14-16開催)

1999

(a) Modeling of Engineering Geology (IAEG主催?, ローランヌ、スイス、1999年8月開催)

(b) 2nd International Symposium on Engineering Geology & Environment (IAEG主催、ロシアを巻末に示した。参考になれば幸いである。

ア、1999年開催）（ロシアの提案の段階、2001年に移動の可能性も有）

2000

- (a) International Symposium of Landslides (IAEG主催？, 場所？ 2000年1月開催)
- (b) IGC (International Geological Conference) (リオデジャネイロ、ブラジル、2000年)
- (c) Engineering Geology and Environmental Planning (IAEG主催？, ハノーバー、ドイツ、2000年夏開催)
- (d) International Conference on Geotechnical & Geological Engineering (IAEG, ISRM, ISSMFE共催, メルボルン、オーストラリア、2000年11月19-24日開催)

会場全景

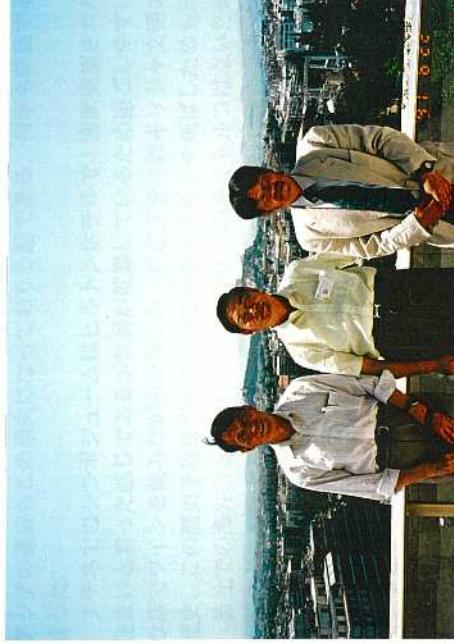
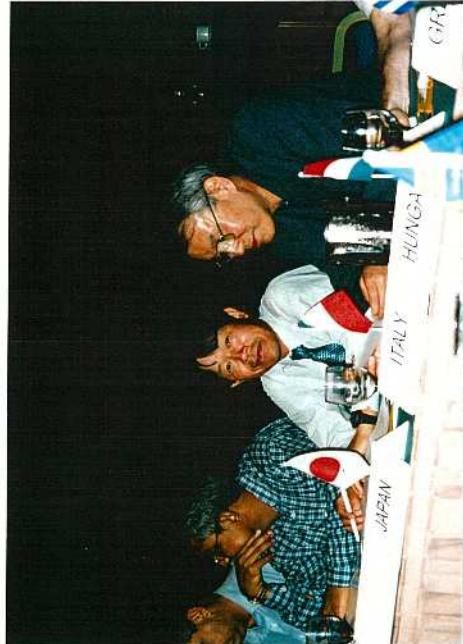
(写真奥、こちらを向いた一列がExecutive Committeeの面々。
中央青いシャツを着た人物がIAEG会長 Dr.Marinus)



2001

- (a) 第9回国際会議 (IAEG主催, 南アフリカ、2002年開催)

出席中の小島代表及び筆者
(隣はマレーシア代表 Prof. Komoto)



アコロボリスを背景に記念写真
(左より中国代表 王存玉
（中国科学院地质研究所）、
アフリカ地区代表
Dr. Wang (王思敬) , 筆者)

6. おわりに

太田保（復建地質コンサルタント）

今回の調査団は変則的でアテネでのシンポジュームを1週間のコアタイムとし、その前後で1週間のツアーを取り入れた合計2週間の海外調査となった。コースとしては後半見学のスイスコースと前半が見学のトルココースに分かれており私はトルココースに参加した。この調査団には初めての参加であり多少緊張したがメンバー16人が成田空港で結団式を実施し硬い絆に結ばれ異国の地トルコへ旅だった。スイスコースの13人とはギリシャのアテネで再会し、1週間を共にした。

各調査の結果についてはそれぞれ事前に分担していたため、比較的スムーズにとりまとめが完了したのではないかと思う。この事前の計画を立ててメンバーに徹底させたのはさすが国際委員長の井上氏と関心した。毎回参加され、ほとんどの報告書でおわりにを担当されている宇田氏とは別なコースであり残念であった。

庄野真代が昔歌って大ヒットした「飛んでイスタンブル」ではないがロンドン経由でイスタンブル空港に到着した。地中海性気候のため、乾燥した青空、褐色の肌で眼孔銳いのトルコ人、人いきれ、騒音などでカルチャーショックを受けてしまった。外国とは白人の世界と思いがちな日本人にとっては人の目が怖い。海外は3度目と海外慣れを気取ってはみたが、完全にショック。しかし、気持ちよく晴れた空のため、すぐに馴れ、モスクや市内を見学し、アガサクリスティのオリエント急行殺人事件の世界に満喫した。古いホテル群、赤い屋根の家屋が印象的であった。

本題のアナトリア断層は案内していただいたバルカ先生の説明が良いのか、井上氏の通訳が良いのか、活断層地形を満喫した。特に、東西方向の断層沿いに連なる小丘や谷とお花畠が印象的だった。

この様なツアードしか行かない地域で3つ星ホテルではいろいろなトラブルを経験し、なかなか味わえない旅行となった。観光地のカッパドキア地方でも、浸食の違いによる奇岩群や地下都市を見て、スケールの大きさに関心し、地形発達史に思いを馳せる事ができた。また、この国の通貨が日本の1000分の1で金銭感覚が麻痺する。現在東南アジアの通貨もこの傾向になっており心配である。何事も経験する事が大事であると実感した。

アテネでのシンポジュームはヒルトンホテルで1週間実施されたため東京でのホテル住まいと言った感じであるが気候が乾燥しているため過ごしやすく、夜毎にいろいろな店でワインを飲みながら談笑した。ここアテネはギリシャ文明の発祥の地で至る所が歴史、この歴史を追求すべき地中海の島々にも足を延ばしたのも印象的であった。

当社での海外研修はヨーロッパのツアーが多くトルコはないため、関連協会雑誌や社内報などに紀行文を書かされた。

今年は4年に一回の総会がカナダのバンクーバーで実施されるため、にわか国際委員の私としては経験を積むため、是非参加し、カナデアンロックなどを満喫しつつ、シンポジュームを楽しんできたいと考え、今回同行したメンバーにもプレッシャーをかけているところである。その次は南アフリカとか、人生の楽しみを宇田氏を見習ってこの調査団にかけてみる事もおもしろいのではと考える今日この頃である。