

パレ・デ・ナシオン

昨年夏スイスのジュネーブで“原子力平和利用国際会議”が開催され、私は日本代表団の一員として出席したので、この会議の模様を紙面の許す範囲で報告する。

まずこの会議の成立の経過から説明することにする。それは 1953 年 12 月 8 日に行われたアイゼンハワーの国際連合における演説が動機となり、1954 年 12 月 4 日に国連総会に提出された七ヶ国共同修正決議案に基づいて開催されるに至ったのである。その趣旨は、決議文中にあるように“原子力が人類の平和的事業にのみ役立つ、かつその使用を精力的に促進する”ための純粋に科学的技術的国際協力の場たらしめることにあったのである。日本は未だ国連加盟国ではないので招待を受けて参加することになったのである。

このため昨年 2 月に日本学術会議に準備委員会を設けて日本から提出する論文の取りまとめを行った。私は放射性同位元素の工業的応用面での取りまとめの役を仰せつかって委員として参加した。各方面のことがらが慎重審議され、すでに新聞その他で発表されたように 32 件の論文が提出された。このうち 6 件が国際会議準備委員会によって口答発表論文として採択された。このうちに私の纏めた“BRIEF REVIEW OF APPLICATIONS OF ISOTOPES IN PROCESS AND QUALITY CONTROL”という標題の論文が入っていたのである。この他に私共が数年来行ってきた北海道苫小牧工業港建設に関連しての R. I. を用いた海底漂砂の動態の追跡実験結果をまとめた論文“THE FIELD EXPERIMENT OF LITTORAL DRIFT USING RADIOACTIVE GLASS SAND”も、この種のものとしては世界で初めてのもので、規模が大きく R. I. の工業利用の代表論文としてふさわしいものとして単独論文として提出されたのである。当研究所に関連しては安芸教授が代表の一人として参加され、“JAPAN'S ENERGY UTILIZATION, THE PRESENT AND FUTURE”なる論文を書かれこれも口答発表の一つになった。

会議は 8 月 8 日からパレ・デ・ナシオンにおいて同 20 日まで 2 週間行われた。開会式においてスイス連邦大統領の歓迎の辞・国連事務総長の挨拶・数カ国の元首からのメッセージの朗読の後、今会議の議長を務めた印度の

国際原子力会議に出席して

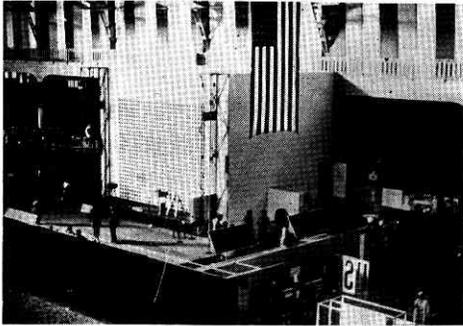
加藤正夫

バーバー博士の演説があった。いずれも平和を希求し、原子力平和利用のための国際協力を強調したものであった。バーバー議長の内容は次のように要約できよう。すなわち、人類の歴史におけるエネルギー利用の発展過程とその傾向を概観したあとで、原子力が将来の動力源として絶対に必要であるということにはもはや疑いなく、さらに核融合反応を何等かの方式で制御しこれを平和目的に利用することも 20 年以内に可能となるであろう。かくして世界のエネルギー問題は永遠に解決されるであろう、と結んだ。

この後の部分の内容が各国代表ならびにオブザーバーのジャーナリスト達を刺激し多くの議論の種となったのである。開会劈頭のこの興奮は世紀の大科学会議にあるいはふさわしいもののように私には感ぜられた。世界の 72 国から出席した代表ならびに顧問の総数は 1,260 名、提出論文数約 1,600、そのうち口答発表になったものが約 600 であった。使用国語は英・仏・露・スペイン・支那の 5 カ国語であったが、イヤホーンによる同時通訳が行われたのである。これまで多くの部分が機密保持のカーテンに閉ざされていた原子力およびアイソトープに関する知識が、この会議において学問という形で公開されたのである。したがって会議の雰囲気は決してお祭騒ぎといったものでなく、出席者は皆真摯な態度でしかもこの会議を原子力平和利用に関する国際協力の場であらしめるよう極めて友好的雰囲気を作ることに努力していた。

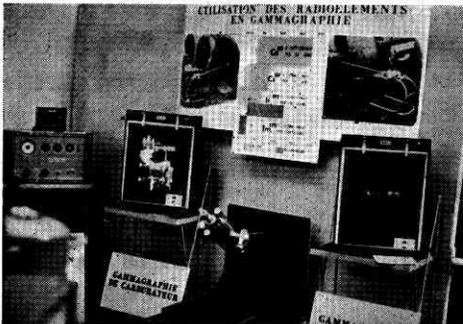
この会議は形の上からは三つのイベント、すなわちパレ・デ・ナシオンにおける会議それ自身、パレ・デ・ナシオン内の展示会、ジュネーブの下町にあるパレ・デ・エクスポジションにおける展覧会“Atoms for Peace”，から構成されていたといえるであろう。パレ・デ・ナシオンの展示会に付随して主要な国々から提供された原子力・アイソトープに関する映画の映写も毎日行われていた。またデリゲーツ以外の人々にも会議場の様子がわかるようにテレビジョンによるサービスが用意されていた。各国からの提供から成ったこれらの催しもの内容は豊富であって、それらを見聞してまわるだけでも非常に勉強になることであった。各種のリアクター・荷電粒子加速装置の模型、各種の測定器、ラジオグラフィ用

装置、テレテラピー用装置、マニピュレーター類、ウラニウム・トリウムの原子燃料やその他の原子炉用材料の製錬・製造のフローシート・半製品・製品の展示、さらに原子動力機関の模型など非常に興味あるものであった。アメリカの出品した実物のスィミングプール型リアクターは各国代表団に実際に操作もさせたので非常に人気を呼んだ。



第1図 展覧会の風景

さて会議の方は総会・A部会（リアクター関係）・B部会（原子燃料・リアクター材料・廃棄物処理関係）・C部会（アイソトープの医学・農業・工業利用・健康管理関係）と三つの部会に分れて毎日午前・午後と並行して行われた。私は総会・B部会の前半と最後の半日・C部会の後半という工合にほとんど毎日出席した。夜は一日おきに著名学者の講義があり、またいろいろなレセプションやパーティーもありなかなか忙しい2週間の会期であった。しかしこの間にいろいろな国の研究者達と知り合うことができ、このあとの世界視察旅行に多くの便宜が得られ、帰国後も交通による交際が続けられている。以下に会議で発表された論文内容をかいつまんで説明していくことにしよう。



第2図 γ 線ラジオグラフィー関係の展示

将来のエネルギー需要 このセッションでは N. G. Guyol (国連) が最初に総括的な論文を提出した。世界のエネルギー需用の広汎な分析によると、今後のエネルギー需要の増加率は年に 4~6% であって 1952 年を基準にして、1975 年にはその 3 倍、2,000 年には 8 倍になるであろう。もしこの半世紀に、原子力が電力にだけしか使われないとしたら 2000 年までに世界の全エネルギーの 20% を供給するに過ぎないことになるが、発電以外の安い熱源としての使用が可能となれば 75% にも達

するであろう。これに対し E. A. G. Robinson (英国) は、世界の常用燃料の消費量は年 2% の増加率であるとし、その採掘費と加工費がだんだん増していつているから、将来の原子力の利用は火力と原子力の相対的発電コストいかんにかかっている、と述べた。これに関連して P. Sevelle (国連) は、22 ヶ国から得た情報に基づいて分析すると、まさに水力のない国々においてそうであるが、今日すでに原子力と火力の発電コストは競合状態に入っている。なおこの調査でわかったことは、各国は原子力発電コストが kWh 当り 6 mill になることを期待している、と述べた。そのあとで二流以下の十数ヶ国からの発表があったが、いずれも主として燃料の輸送と生産の困難性から原子力への期待を論じたものである。

原子力産業の建設 のセッションでは、“原子力発電所の経験”についてソ連・アメリカの2国の発表があった。D. I. Blokhintsev (ソ連) は、電気出力 5000 kW、5%濃縮ウラン・グラファイト・水冷(100 気圧に与圧して洗滌防止)の発電炉の運転実績について述べ、非常に安定で信頼性が高く放射能による人体障害の問題もなかったが、発電コストは大規模の火力発電より高くなっており同じ規模では競合の程度である。現状のコスト高は燃料エレメントの小規模生産と濃縮ウランの使用に基因するものであり、大規模の炉ではコストを著しく下げることができるであろう。これに対し(数ヶ国の代表から質問があり、そのうちの一人 N. F. Libby (アメリカ) は、“アメリカの炉は再生率を高くすることに目標をおいているがソ連のは低すぎる。大規模の炉に対してはこれを上げるつもりか? ”。これに対し、“現在進められているもっと大型のもっと進歩した炉では再生率を 0.5% まで高める積りでである”。さらに、マレンコフがソ連では一年以内に 10 万 kW の原子力発電所が操業に入るとであろうと言明した発電炉に関して、イギリスの J. V. Dunworth が質問したが、“同じ型式の炉だが多くの改良を加えるであろう、またマレンコフの云ったことはそのとおりだ”、とのみ答えそれ以上の詳しい説明を避けた。ソ連の 10 万 kW 発電炉の宣伝が効きすぎたのか、さらに二、三の質問が出て場内はかなり緊張した。私にはソ連が大型発電炉について誇大宣伝をしていたのか詳しい説明を避けようとしたのか、どちらともよくわからなかった。アメリカの発表は沸騰水型炉について説明し、討論は平穏であった。

原子力の経済 については英・米二国からの発表があった。アメリカの発表の要旨は、アメリカにおける大型発電炉技術の開発計画を種々の方式については技術と経済の両面から具体的に説明した。天然ウランの値段を \$ 40/kg、再生燃料(プルトニウム)の値段 \$ 15~30/g を算定のペースとして、たとえば天然ウラン加圧重水炉では 4~5 mill/kWh の発電コストとなる。ただしこれには最初の建設費が \$ 200/kW 以下、負荷率が 90%、燃料エレメントの燃焼率が 5 000~6 000 MWD/ton、年間固定費 15%、その他燃料の再生処理を行うなど多くの前提条件がついているのである。その他の方式についても種々の条件を前提として 5 ないし 7 mill/kWh の発

電費を算出していた。結論としては、各設備の寿命が長く、負荷率が高く、燃料消費の効率が高ければ、火力発電量を下廻るであろうが、これらのことが実現されるには一生懸命に努力を続けて5ないし10年を要するのではないかと結んだ。イギリスからの説明は、コールダーホールの原子力発電所(15~20万kW)建設について説明し、発電炉の型は天然ウラン-黒鉛-炭酸ガス冷却で、建設費£750万、燃焼率3000MWD/ton、天然ウランの値段£2万として発電費0.76pence(9mill)となる。もし再生燃料の値段を£5~10/gと評価すれば、0.6pence(7mill)以下となるであろう。このあと活潑な討論があった。さらにトリウムの役割についてイギリスからの説明があり、増殖炉としてはTh-U-235系のほうがU-238-Pu系に優れ、今後15年以内にこの方式による発電が可能になると述べた。ここで慎重に検討しなければならないことは、5millといい7millといい、いずれもいくつかの前提条件があるのであって、この前提条件なりまた境界条件が十分に確められていなければならない。コールダーホールは未だ建設途上のものであり、相当な国家資本が入っていることを見逃してはならない。

次に放射性物質取扱いに対する法律の行政的諸題のセッション、今後50年間における原子力の役割についてのセッションがもたれ、イギリスの原子力委員長Sir John Cockcroftが、"今後原子力発電の効率が増進した進歩した型の炉を用いることによって、1tonのウラニウムの発生エネルギーを100万tonの石炭相当にまでも利用できるようになるであろう。かくして、1975年までに、原子力はイギリスの電力需要の40%を供給し、年間4000万tonの石炭を代替することになる"と結論した。

さらに総会は、原子力に関する健康と安全の問題に関して、放射線の生物的影響、原子炉の安全性と動力用原子炉の立地問題について講演と討議が行われ、つづいて放射性同位元素の利用に関して、工業・医学・農業への利用についての代表的演説と討論があった。最後に廃棄物処理の問題に関するセッションでは、各国がこの問題にいかんにか頭を悩ませているのがよくわかった。これを経済的に処理するためには、(1)地下タンク貯蔵、(2)濃縮して人跡稀な地域に廃棄する、(3)廃棄物中から半減期の長いR.I.を分離して粘土に吸収させ熱処理した後に海とか地中に廃棄するのほかにこれらの放射能を積極的に有効に利用することの研究を並行して進めなければならない。また廃棄の問題は国際協力により安全を保持することが必要である。

以上の概観からだけでもわかるように、原子力の問題は非常に複雑多岐にわたり、なお今後の研究と解決にまたなければならないことが多く、資源その他の問題で国々

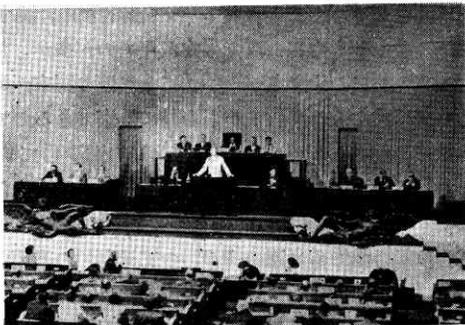
による特殊条件を考慮しなければならず、将来に対して非常に明るい面と同時に暗い面とがあり、原子力の開発とアイソトープの利用の拡大とをどのように進めていくか、科学者技術者の養成など、非常に精力的にいろいろの事柄が同時に進められていかなければならないのである。この事業が多大な費用を要するにおいては特に今日わが国の現状においてその感を深くする。原子動力という一大ギャンブルに投機する前にジックリ腰を据えてなさねばならない多くのことがある筈である。

さて以下に私が担当して出席した専門部会について、まずR.I.の工業利用関係から述べてみよう。最初に総会で行われたアメリカ、オークリッジのAebersold博士の総括的演説から述べてみる。すなわち、原子炉によってR.I.が多量に生産されるようになって、それが今日まであらゆる科学・産業において人類の福祉と健康とを増進したことはすでに多大なものであるが、しかしこれを最高度に活用するまでにはまだまだいっていないことから説き起し、R.I.・測定器・応用法の最近の進歩を概観し、利用度の傾向についてはこの数年来工業利用が医学利用を上廻りはじめていること、また各分野における発表された論文の数の上での紹介、将来の利用の方向とその可能性を論じ、最後にR.I.技術者の養成の重要性とさらにR.I.が人類の福祉増進に対してもつポテンシャルが長い目でみれば原子動力の利益に劣るものでないし、また科学技術の各分野にR.I.を用いる知識と技術とを植えつけることは原子動力の技術を進展させる"種子"ともなる、という意味のことを強調した。同じ意味のことを、イギリスのハーウェルのSeligmanは"R.I.は長い眼でみれば、人類がこの原子時代から取出すことのできる最も大きな宝の一つとなるであろう"という表現で述べていた。私はこのことは非常に重要な点であると考えざるを得ない。特にイギリスにおいては、かのハーウェル原子力研究所を設立するに当って明確にこの点を考えて強力なアイソトープ部を設けたのである。いかにもイギリスらしい堅実な考え方であると私は思う。フランスのいき方もイギリスほどでないにしても大体近いように思われる。ソ連はどうであるか、この国際会議に提出されたソ連の測定器・R.I.の工業利用に関する論文は、数も多く内容の点でも立派なものが多かった。その仕事の規模の大きさからいってもソ連の国家がいかにこの点に力を入れているかが容易に推察できるのである。私がハーウェルでPutmanにソ連の進歩していることを述べたところが彼も非常に感心していた。また最近Aebersoldがアメリカに帰りこの会議について行った報告演説の中でもソ連のR.I.の工業利用の業績を賞賛しているのである。アメリカの論文は口答発表論文の数はソ連・イギリスと同じ程度であったが提出論文数は一番多く研究の範囲も一番広いものであった。アメリカ

の原子産業会議 (Atomic Industrial Forum) の発表によれば、すでに千に近い会社が R. I. 用の "ホット・ラブ" をもち、そのうち約二百の会社が AEC の R. I. の常連の顧客になっており、この3年間に \$150 万の金が R. I. の工業的応用に使われるであろうという推定をしているのである。いろいろ総合してこの方面の進歩・実績・実力は米・英・ソ連の順になるかと判定されるがその差は極めて近いものといえよう。以下順を追って概観することにする。

ラジオグラフィック γ 線ラジオグラフィック技術に関する論文は口頭発表はされなかった。これは余りにも普及されてしまっているので、準備委員会がこのように取計らったことと想像された。しかし展示会・展覧会の会場には各国からこの装置が出品されていて、それぞれ種々の工夫がこらされているのが面白かった。ラジオグラフィック用の γ 線ソースは Co-60, Cs-137, Ir-192, Tm-170 の4種類が大體標準となっている。このうち Ir-192 は半減期が短い (75日) ののであるが歐洲ではよく使われていることがわかった。これは Co-60 の γ 線の約半分のエネルギーであるが、それならこれとほとんど同じエネルギーで半減期の非常に長い Cs-137 でよいのではないかと考えられるが、実は Ir-192 はほとんど白色といってよいほど低いレベルまでの γ 線が十数種類出ているので、これによる写真のコントラストは非常によくなるのである。当然日本でもこれを用いたのであるが、アイソトープ用の原子炉を持たぬ悲しさの故に私は今これを薦めることができないのである。Tm-170 は日本では私が実験した以外に聞いていない。これは Bremsstrahlung を利用する点に妙味があり低エネルギー γ 線源として実用可能の唯一のものであるが、やがては核分裂生成物中から分離される Am-241 と競合するようになるであろう。

線源利用関係 β 線厚み計は多くの工業国で広く使われていることがよくわかった。計器そのものの進歩は細部を除いてはいずれも電離槽・補償回路を使った示差型のもので、問題は安定性にかかっていると見えよう。 γ 線厚み計も同様であるが、反射型のポータブル厚み計は



第3図 会場の光景

イギリスのハーウェルの研究になるものを注目する必要がある。これは γ 線源としては Co-60 を使ったものと Kr-85 との2種類が発表されたが、前者は one channel kicksorter を用いコンプトン散乱した低エネルギーのものだけを取り出す方式、後者は Kr-85 ガスを細い合成樹脂パイプに封じ軸方向の放射能強度を高めたものであり、いずれもシンチレーション・カウンターを用い1インチ厚程度の鋼管の1cm 平方程度のフ食箇所を検出できる高性能のものである。その他 γ 線による密度計・粉体の計量器・積雪計・バルブと溶液との分離器などいずれもオートメーション化されて現場に活躍している例の説明があった。放射線による物理分析の例では、Tm-170 の低エネルギー γ 線の原子番号の差による光電効果の差を利用したもの、これはイギリスで試みられ自動選炭器として威力を発揮しつつある。また β 線による水素炭素比ゲージ、Fe-55 の放射する Mn X線による S の精密分析も実用に供されている。静電荷除去用には従来の Ra のほかに Po-210, Tl-204 が使われ紡績・合成繊維・製紙などの製造機を1.2~1.5 倍に増加している。Po-210 は Bi を原子炉中で (n, α) 反応を行わせて安価に作られる。高エネルギー X線を放射するので Be とまぜて中性子源として広く用いられている。半減期が短い (138.3 日) の Ra-Be や RaD-Be 中性子源に比してはるかに安いので近くに原子炉をもつところでは非常に普及している。この中性子源による簡易放射能化分析、水素または水分分析器、油井探 礦器などその用途は次第に広がりつつある。Sr-90 など高エネルギー長半減期 β 線放射体による Bremsstrahlung の研究と応用はラジオグラフィックのみならず、低エネルギー白色 X線の代替としてその将来が期待されるので、各国の研究は熱心である。放射線のエネルギーを直接電気エネルギーに変換する原子電池の研究も種々のものが紹介されていた。放射線化学の問題は核分裂生成物の処理残滓の放射能の有効利用という点でも重要なものであり、高分子化合物の重合速進、品質改良、ハロゲン添加反応の触媒作用等すでにわかっていることであるが、イギリス・アメリカから発表された、Charlesby の理論的考察はよい論文であると思った。

追跡子としての応用 R. I. を追跡子として利用する対象は数限りなくある。したがって各国から種々の報告が出されていた。そのうちで特に感じたことを述べてみることにする。まず工業的追跡実験の方法としては、短半減期の R. I. の活用、粗材そのものの放射能化による標識付けの方法が盛んに用いられている。これはしかし原子炉を手近に持たなければできないことである。また稀釈分析法がよく用いられる。工業的実験では取扱う R. I. の量が多くなりまた着目している化合物を純粋に

それだけ抽出分離する手数が省けるからである。さらに多元標識法（2種以上の R. I. を同時に追跡子として添加）による追跡法が工業実験でも活用されはじめている。シンチレーション・カウンターまたは比例計数管をパルスハイトアナライザーと組合せて使うことによってできる。ここに付け加えておくが工業計測にはハロゲンカウンターがその寿命の長いこと使用温度範囲の広いことによって普及されている。

次に研究的な使い方、たとえば化学反応機構の解明、吸着吸収量の測定、フ食現象・磨耗機構の解明、拡散・蒸気圧の測定、微量成分の行方の追跡など、および常法としての品質管理的な使い方、たとえば迅速分析、混合度または量の簡易検査などに、応用例が大別できるかもしれない。これらに関する発表も米・英・ソ連のペーパーは優れたものであった。私の発表に引き続いて行われたノールウェイの論文も私の興味をひいた。原子炉をもっている強味をよく発揮したものであった。私の論文発表のあとで質問をくれたオークリッジの Aebersold とこのセッションのあとで個人的に話をする機会を得たのであるが、そのとき彼が私の論文を賞めてくれると同時に原子炉を持たない日本が、工業利用の面にまで自分の想像以上によくやっていると感心してくれました。これがお世辞でなかったことは、彼の本国での報告演説の中に同じ意味のことを述べ日本のことを賞讃していることによってわかった。またハーウェルの Putman は単独論文として提出した漂砂の追跡実験に深い関心をもって来ていた。これは会期中にフルペーパーの印刷が間に合わなかったので、あとで二度目に私がハーウェルを訪れた節に彼とそのスタッフに実験の概要を説明しさらに詳細点の質問も多く受けた。丁度英国でも沿岸漂砂の問題は日本と同様に重要なので、私共の実験を参考にしてこれからやりたいというのである。帰国してからその後の実験結果も纏めて第 2 報までの論文を送って上げ大いに感謝されている。またオランダ・印度からも詳しい報告を欲しいとの照会があり、上記報告を送った次第である。

イギリスではすでに一昨年夏にテームス河の沈泥処理問題に R. I. 追跡法を応用したのである。これは漂砂の場合と少しく技術的内容が異なっているのであるが、計測技術に関しては全く独立に行われたにもかかわらず私と同じ方法を行っていたことは面白いと思った。イギリスはこのように国家的大きな問題に R. I. を活躍させる努力を払っている。このほかにも、ロンドン市内の水道鉄管の洩れ個所の検知、大型ジェット機コメットの事故調査、製鉄溶鉱炉のガスの研究などがその例であるが、追跡法以外の使い方の面でも同様である。

次にソ連からの論文のうちで、製鉄・製鋼に R. I. を応用した論文は、多くの R. I. 技術と多くのテーマとが

盛られたものであり規模の大きなくつかの実験も紹介されていた。また磨耗・潤滑の論文も広汎なものであった。

オートラジオグラフィアメリカから湿式法による高解像力のオートラジオグラフィ技術の発表があったが、この方法はわが国でも検討すべきであると感じた。また β 線顕微鏡の研究も解像力が 70 ミクロンの程度では実用にはほど遠いと思ったのである。

アクティベーション分析 特に金属中の微量成分、モデレータ用材料中の大きな吸収断面積をもつ元素の分析に應用されている例が挙げられていた。反導体・原子炉材料等の研究にはこの分析法は欠くべからざるものであり、わが国にも高中性子密度の研究用リアクターが早く作られて欲しいと痛感した。

次に B 部会の原子炉材料関係のことも述べたかったが紙面も尽きたので機会をあらためて執筆させて頂くことにする。終りにこの国際会議の結末を報告することにしよう。2週間続いた会議の閉会式は 8 月 20 日に行われた。アメリカとソ連の代表から原子力平和利用における国際協力について対外援助政策が説明され、次いで各国代表からの所見があり、いずれもこのような会議がもたれたことを賞め讃え、かつ国際原子力機関の設立を要望した。またバーバー議長の前会の辞はこの会議の結論を要領よくまとめたものであり、末尾に“この会議の重要な成果の一つは、世界の科学者の間に知識交換のルートを確立したことにある。このことこそ現代文明の最大の光栄であり今後も続けられなければならない”と結ばれた。最後にアイゼンハワーとブルガーニンのメッセージが読み上げられてこの世紀の大会議の幕が閉じられた。



第 4 図 町のカフェで食事中的日本代表

翌 21 日はわれわれ日本の代表団は総領事館会議室に集り四人の代議士代表も参加して会議の成果を報告し合い報告の大綱がまとめられた。この会期中の 8 月 14 日の日曜日にモンブラン見物に出かけたが楽しい思い出の一つとなった。

(1956. 4. 10)