

アメリカにおける研究と生活

～海洋地質学に関して～

中条純輔

アメリカの海洋地質学の発展はめざましい。その中核になっているのは Woods Hole Oceanographic Institute (ボストンの南の方にある) と Lamont Geological Observatory (コロンビア大学所属 ニューヨーク市の北の方にある) Scripps Institution of Oceanography (カリフォルニア大学所属 サン・ディエゴの北にあり 太平洋に面している) の3つの研究機関であって それぞれ特徴のある性格や研究分野があり 重要な研究をおし進めている。戦後の海洋地質学の研究は米英ソの3国が中心であるが 米国ではほとんどこの3研究所が中心的・指導的役割りをしてきた。筆者は在外研究員として 米国のラモント研究所 (Lamont Geological Observatory) に1年滞在していたので ここでの研究と生活や海洋地質学のトピック等について述べてみよう。ラモント研究所は若い研究所である。研究者の多くは20代の夢とファイトに満ちた人々だし 国際的に名の知れわたった指導者層も 所長の Maurice Ewing を除いては40才前後の人々だった。若い世代の研究所が荒けずりだとしても 画期的な研究をなし遂げてゆくことは 日本でもしばしば聞くことだが ここでも同じである。

地震学(seismology)は Ewing 所長の出身部門で 波動の伝播 地球の内部構造 海洋の堆積物と表面波の伝播の研究 ロケットで月に設置する月地震計や月重力計等 充実した研究をしている。海洋学(oceanography)

では 海象 海洋生物 海洋地質 重力 地磁気 気象などの研究がなされ 地球化学(geochemistry)は Kulp (地質ニュース No. 99 1962年11月)のもとで 同位元素の研究等がなされている。

海洋地質学の分野では 海洋の堆積物と基盤(玄武岩層等)の構造や 海溝と島弧の研究 海嶺(oceanic-ridge)の研究等すぐれた研究が数多く発表されている。東京大学の佐藤泰夫教授は かつてこの visiting professor だった。筆者はラモント研究所に長くいたわけではないし 観測船に乗っている期間もあったので 手広く研究することは望めなかったが 筆者が研究したいくつかのテーマと指導者の Jhon Ewing (Maurice Ewing の弟) の示唆してくれたいくつかのテーマのうちから 2つを選んだ。1つは 「オーストラリア大陸南方の海域の屈折法」の研究で 他は「屈折法の図式解析への電子計算機の適用」である。前者はオーストラリア南方のインド洋で 観測船 Vema が1956年に観測した屈折法の記録を用いた。

前者の研究の概要を述べると 海深 200 m以内の大陸棚から 5,000 mの深海にわたっての地震探査で なかなか規模雄大なものである。問題点の1つは この大陸に沿って地向斜があるかどうかということである。地向斜は 安定した大陸と大洋の間の長さ数 100 km 幅数 1,000 km 位の帯状の海域で 長い間基盤の沈降と堆



←

海洋学科の建物とわし
わしはラモント研究所の有名な観測船 Vema の船頭の飾り (figurehead) である Vema は米国の海洋地質に最も多くの貢献をした船の一つだ この建物には海洋の地震探査 音波探査 地磁気 重力 海洋生物 海象 気象などが入っている

↑

氷のはったハドソン河
私のいた Oceanography Bldg の部屋からみた景色 ウィスコンシン氷期にはハドソン河はすべて氷床の下にあり その末端のモレーンはマンハッタン島の少し南にある



積物の堆積が行なわれてそれが次の時代になると大きな造山帯に転ずるといようなものであり アルプス山脈 ヒマラヤ山脈 日本では日高山脈がアルプス造山期(新生代)に作られたといわれている。これらの地相斜は地質の研究から帰納されたものであるが現在この地球上のどこにそれがあるかという点では明らかでなかった。地相斜が現在の地球上に存在するということが初めて証明され指摘されたのは 米国大陸東岸の East Coast Geosyncline である。(ラモント研究所の Charles Drake たちがまとめた すばらしい研究がある)。これらの研究の手段としてもっとも決定的なデータを出したのは地震探査の屈折法だった。もちろん他の重力探査や磁気探査 熱流等も観測されている。私が担当したオーストラリア南方は まだ資料が少なくこの屈折法だけで Geosyncline の存在を議論はできないが きわめて興味深い基礎資料ができたわけである。ここでは解析にあまり精度を要求されなかったので 走時曲線をすべて直線の折れる線で近似して電子計算機で解く。機械をセットするのが10分くらい データを入れるのが2分くらい 7層ぐらゐの複雑な構造でも演算時間は約40秒だし いくつでも連続して解いてくれる。もし私が筆算するとすれば 1つでも1日はかかるだろう。地質的にはありえない状態 たとえば地層の厚さがマイナスになったり 速度が無限大になったりすると機械が知らせてくれる。こうして11本の屈折測線を約2カ月で解いた。地質調査所では測線長や精度が違うとはいえ1本の測線の解析に1カ月かかることは珍しくない。こうなると担当者は解析のために 地質学的な考察よりもはるかに多くの時間を演算にとられてしまう。解析に熟練していない私が 11本を2カ月で終えられたのは電子計算機のおかげだ。

米国の地質屋は気軽に電子計算機を使う。また日本でも物探技術者がするようなことも 専門的な分野に入らない範囲で参加し協同してやる。電子計算機でプログラムを組むことは地質屋はやらないが 応用する段になると 解析の物理的な意味を学びながら使っている。日本の地質屋の中には 物理探査の結果をコンターやプロフィールができるまで待ち 出てきた結果を信じ込んでしまうか または自分のイメージに合わないと思じられないといったタイプの人しがしばしばあるように思った。自分でやらないと結果の任意性(物探だけでは決定できない要素)や誤差の生ずるしくみや いくつかの異なる方法の間の矛盾の原因がわからないことがあるので “信ずるか否か”ということになってしまう。種々の科学や技術の境界領域では 常に起こる問題だがそれが米国の地質屋の場合は相互の歩みよりと重複と理解で解決されている实例だし その一因は新しいことに憶せず歩む世代の若さと指導者の優秀さであろう。

私は観測船に4回乗った。ここでは他の人々の仕事にも協力するので いろいろのことが学べる。ふだんはあまりつき合いのない人たちとも非常に深くつき合った。観測時間を待ちながら稲妻のきらめく深夜の大西洋上で ボブ君と日本の帝国主義の話をしたこと 暑い日ざしの下に火薬庫の上で背中を干しながら チャーリー君と論じた黒人問題等 みな楽しい思い出である。しかし私にとっての困難は思わぬところにあった。まず食事である。ふだん雑食をもって任じ 洋食が好きだった私も船に乗って2週間を過ぎると洋食が鼻についてくる。それに毎晩12時から4時まで4時間の徹夜観測で夜食と空腹にとときどきくるシケが重なって胃がやられ どうにも肉が食べられなくなってしまった。洋食



Lamont 研究所の庭 ニューヨーク市北方 20km の林の中で ボーエンの研究で有名なパリセードにある



Dr. John Ewing と海底地震計 大西洋のバーミューダ島付近で 5000m の海底に地震計を下ろす 深海でそこを伝わる地震波動を観測し、その伝播の様相を調べたり陸上では観測にかからない地震を検出したりすることが目的である。観測時間は10日位で内蔵するフィルムに記録する。刻時は1日1秒程度の誤差の時計でマークを入れる。観測船はサー・ホーレス号 後方のドラムには10,000mのロープが巻いてある

から肉とトリがなくなったもぬけの殻では からだがもつはずがない。しかたがないから毎日生卵をのむ。生卵をのむのはへびぐらいだと思っているアメリカ人は大笑いするがもう気取ってなどいられない。私が卵を4ツ5ツさげて食堂を出て行くのに料理番はついにたずねたものである。「チュージョー おまえは卵をカモメにぶつけて遊ぶのか？」中には日本にきたことのある船員がいて日本人がサシミを食べるのを知っているとかで生魚なら何でも食べると思ったのか冷凍魚をわざわざ倉庫の奥から出してきてくれてたべろという。なまぐさくて食べられたものではない。へたな英語でいいわけをして一汗かいたものである。

船に乗ってのもう一つの苦勞は無線連絡の英語だった。単調に略語もまじえて早口に通報がくる。電話とちがって聞きかえせないのになかなか意味がつかめない。だいたい英語が少し話せるほどの人はことばが一語一語わかるというのではなく全体として意味がつかめる程度で会話が英語のままに記憶に残るのは実力が相当の段階に行ってからである。会話は少しぐらい意味の取り違えがあってもどンドン進んでしまう。全体として内容がつかめるかいなか問題である。船の無線連絡は私にとってはほとんど無理であった。英語が聞き取れないとボヤいたらアメリカ人は「私だってよくわからないんだ」と慰めてくれたが彼にはわからないながらも意味がつかめているのだろう。

最近の海洋地質学界でのトピックの一つはメキシコ湾において研究された岩塩層だ。John Ewing たちは地震探査の屈折法と Seismic profiler とよぶ1種の反射法によって3,700 m くらいの中深海の下に岩塩ドームのあることを議論している。この岩塩ドーム地帯の北

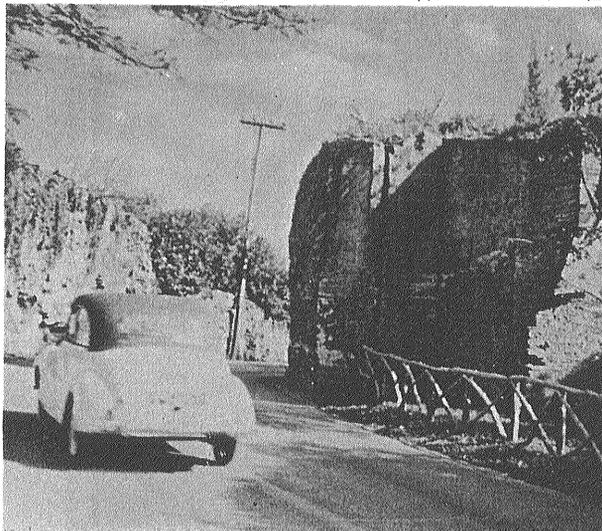
にはテキサスからルイジアナの油田に関係ある岩塩層があるし南にもメキシコのユカタン半島のつけ根に岩塩層がある。だからメキシコ湾の中央に岩塩層があってもおかしくはない。彼らはここの屈折の記録を解析して第1表のように層をまとめた。

第1表 Sigsbee Deep における層の速度と深さ

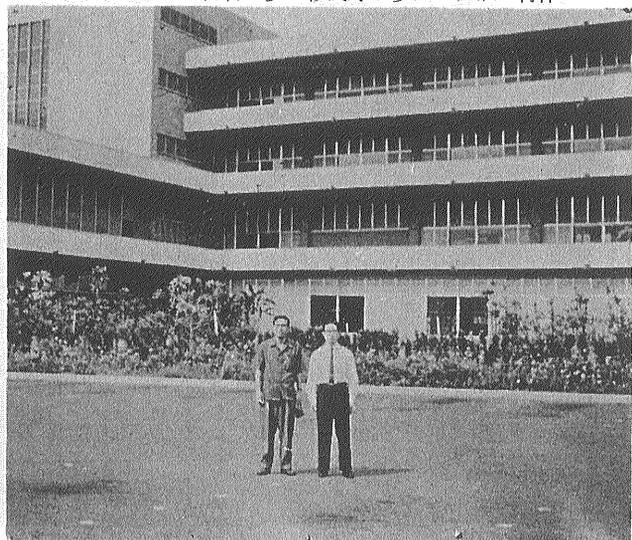
層	境界上部 (km)	層厚	速 度 (km/秒)
水	0.0	3.7	1.5
未凝固堆積層	3.7	0.5	1.9
半凝固堆積層	4.2	1.4	2.1
凝固堆積層 A	5.6	2.0	3.0
" B	7.6	1.3	3.8
蒸気残留岩	8.1	1.9	5.0
中間層	10.8	1.5	5.0
海洋性地殻	12.3	6.5	6.9
マントル	18.8	—	8.2

エバポライト(蒸気残留岩)は海水が蒸発してできた層で岩塩ドームの母体である。このような深海に岩塩ドームが見つければ陸上の岩塩ドームで石油を捜し掘ってきた石油地質やが深海にも石油の可能性を考えるのは人情だろう。しかし3,700mの水深ではそう簡単に掘ることはできない。だがそれとは別にこの研究が発表される以前から石油地質やが深海の海洋地質の重要性を認めていたことはその見とおしの正しさと巨大な資本を物語っている。

横浜からサンフランシスコまではクリーブランド号という船で行った。船の旅はたいそう気に入った。多くの人にとって1万 km へだたったところに行くということは種々の意味で人生の大きなできごとなのだろうか。集約された人生のパターンをみることができる。旅を楽しむ人 荷物の多い移民等が多かったが得体の



パーミューダ島のサンゴ礁の切通し 玄武岩の上にサンゴ礁が発達した大西洋上の孤島である 長さ12マイル幅2マイル位で礁湖が環のように連なっている 英領なので左側通行だった



前物理探査部長の飯田淑事さんと筆者 後はハワイ大学の East-West Center の図書館 飯田さんはこの visiting professor として講義をしておられた

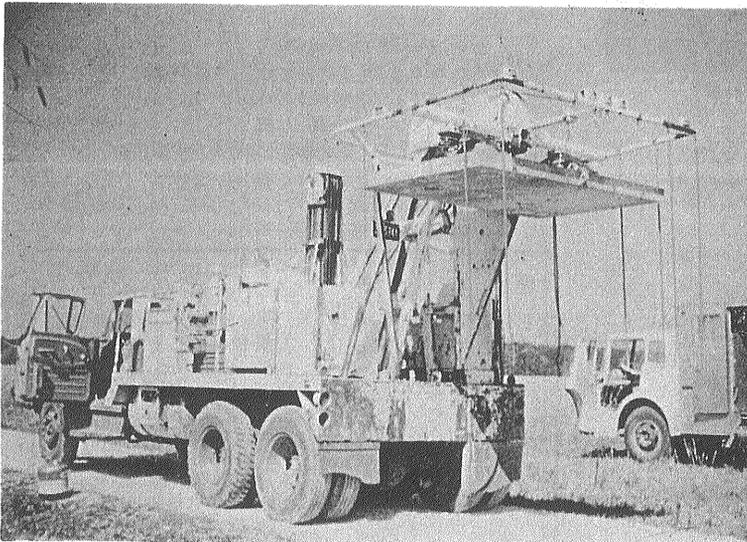
知れぬ放浪の若者や 16才年下の米国人と結婚しにゆく 娼婦もいた。 8日の航海の後にホノルルについた。ここでは前物理探査部長の飯田汲事さん(名古屋大学教授)が East-West Center の教授としておられ 島の方々を案内して下さった。 2月というのに青い水の浜辺では多くの人々が泳ぎ 冬のセビロ姿の私はアロハシャツの先生に従っておのぼりさんみたいな感じだった。 ハワイは美しい島だ しかし私の印象としては美しすぎて稀薄である。 あまりにもアメリカナイズされている。 アメリカの州の1つだからあたりまえかもしれない。 後に大西洋のハワイにたとえられるパーミューダ島に行ったが そこは緯度のせいでハワイほどの熱帯的な感じではないが 素朴で非常に美しかった。 ハワイの人々は日系人が60%といわれ 日本語の放送局も3局半ある(半というのは英語と交互に放送するから)。 ところでの局も日本ではあまりやらないほどの マタタビものの流行歌や 俗悪な歌謡曲ばかりを放送していたのには驚いた。

海洋構造地質学の最大の問題点の1つは 海嶺 oceanic ridge である。 この研究は最近10年くらいの間に急速に発展したものである。 一番よく知られているのは中央大西洋海嶺 mid-Atlantic ridge で 地形的には海底にそびえ立つ山脈であるということと 山脈の頂上の中央が2つに割れて谷になっていることで これを rift valley と呼ぶ。 海嶺は大西洋から南インド洋 南太平洋に枝わかれしながら進み 北は北極海を経てシベリアに上っている全長 60,000km 以上もある長大なしろものである。 この海嶺の性質をもつものは必ずしも海の中にかぎらない。 島孤が定義のしかたによっては大

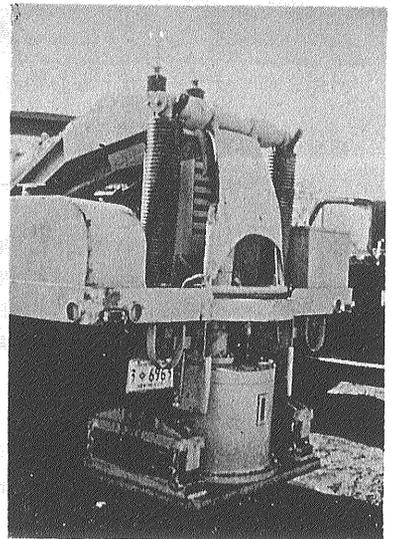
陸に上ってくることだってある。 海嶺もカリフォルニア湾から有名なサンアンドレアス断層に上ったり 東アフリカの大きな rift-valley から紅海に入りこんだり ニュージーランドのアルパイン断層になったり アイスランドを南北に横切ったりしている。 また北極海に入った海嶺は海を横切ってシベリアに入り バイカル湖を通りぬけていると考えられている。 このような地球上のゆゆしき一大事が日本ではあまり騒がれないのは 日本列島にとって島孤と海溝こそ問題だが 海嶺は直接には何も影響がないためであろう。

しかし海嶺の重要さはじゅうぶん認識されてよいであろう。 ここでも広い意味での物理探査はじゅうぶんに威力を発揮している。 観測船ビーマを始め多くの観測班は 地震探査によって地層の分布を決めたり 重力を測ったりしている。 重力では riftvalley に沿って -40~70m-gal の負の異常があることがわかった。 地磁気では rift valley に沿って +500 γ くらいの異常があり その両側に - 500 γ くらいの負異常があることもわかった。 また熱流も 7 μ cal/cm² 秒くらいが平均値であって 大洋の底の平均値 1.2 より数倍多い。 riftvalle に沿ってしばしば発生する地震も数多く観測され解析されている。 これらのことを総合して描かれるイメージはいろいろあるが まだ決定できるまでにそろってはいない。 地球の4分の3を占める海洋に対し科学は立ち向かっている。 その海の底には地球の40億年の歴史が なんらかの形で保存されていることだろう。 海水の生じた時から海嶺に至るまで ——生命の発生から後氷期に埋もれた人類の遺跡に至るまで——

(筆者は物理探査部)



H社の Weight dropping 車 地震探査の火薬の代わりにトラックに積んだ錘りを落して波動を発生させる 場所を少しづつずらせて何発も落としてテープレコーダに記録する 記録は本部で解析機 office playback machine にかけて落下の不規則性や水平距離の違いなどを補正して重ね合わせ 後方右は観測車 背景は森に至るまで米畑でトラクターが一台動いていた



S社の Vibro Seis の発振器 トラックの後下方についた円筒形のものが発振器である これを地面に圧着し油圧によって発振する 10サイクルから100サイクル位までを7秒で周波数を変えながら発振する 受振した波形と発振した波形との似ている度合(相互相関)を調べ反射波を検出する 2000m位の石油の探査にも用いられる