アメリカにおける最近の 油田の物理探鑛*

飯 田 汲 事**

(昭和25年12月1日受理)

Petroleum Exploration Geophysics in the United States of
America in Recent Years

by Kumiji Iida

After the war the developments of petroleum exploration geophysics in the United states have been rapidly made owing to the astounding developments in electronics and aviation. Both instruments and field techniques in seismic, gravity, and magnetic exploration have been exceptionally revolutionized. It has been possible to realize three dimensional survey from the air, the ground, and the subsurface. The modern instruments, field survey, interpretation, research, and results in recent geophysical exploration are generally described.

1. 総 言

筆者は昭和25年4月14日羽田をパンアメリカン航空会社ストラトクルザー機で出発、途中ミドウェー、ホノルルを経て翌日サンフランシスコに到着以來、カリフォルニア、コロラド、オクラホマ、テキサス、ルイジアナ、イリノイス、ミズリー、ペンシルバニア、ニューヨーク、マリーランド等の各州及びワシントン D. C. の各地を歴訪して、7月17日再びパンアメリカン航空会社クリッパー機で羽田に歸着するまで全旅行期間は95日であつたが、アメリカ内においても旅行の大部分は飛行機によることを得たので交通に要する日時を短縮し、比較的多くの物理探鑛、地球物理關係機關を視察することができた。歴訪先の詳細は省くこととするが、通計して石油會社の物理探鑛施設11箇所、物理探鑛請負會社12、地質會社1、地化學探鑛會社1、大學10、官

* 昭和25年10月24日。日本鑛業會、石油技術協會、物理探鑛技術協會連合講演會講演概要

** 地質調査所物理探鑛部長

廳の物理探鑛調査機關，民間研究所併せて8箇所，物理探鑛器械製作専門會社9，油井作成關係會社3，學會3，野外調査參加7箇所等である。

渡米の目的はアメリカにおける物理探鑛の最新技術の調査研究並びにシカゴにおけるアメリカ石油地質學會，物理探鑛學會の合同年會およびワシントンにおけるアメリカ總合地球物理學會にも出席するにあつた。従つて物理探鑛や地球物理學等の學會の近況に接すると共に油田，金屬鑛床，地下水，土木工學關係等各方面の物理探鑛調査研究施設を見學したが，ここには油田關係の物理探鑛についてのみ述べようと思う。

2. 油田物理探鑛調査研究機關

油田の物理探鑛調査研究機關は他方面の石炭，金屬鑛床，土木工學關係等のすべての物理探鑛調査研究機關より規模が大きく，その活動が極めて活發であり，最も進歩した分野を占めている。機關としては石油會社，物理探鑛請負會社，大學等を擧げることができるが，そのうち組織の中に物理探鑛部門を有する石油會社および個人經營者を通算するとその數約300に及び，外國資本の石油會社約85，請負會社として地震，重力，磁氣，電氣等各種の探鑛部門を合計すると約190の多きに達している。これらのうち地震探鑛専門の會社が最も多くその約半数に達し，重力，磁氣等がこれについているが，これらは年々増加の傾向にあるほか，地震探鑛の爆發孔の作成請負會社約150，岩心試錐請負會社約110等があり，器械，電線，火藥，記録紙，通信，運搬等に至るまで専門の會社が數多くあることは如何にその活動が大々的に行われているかが知られるであろう。

(1) 石油會社 大きな石油會社は生産，石油技術，地質，物理探鑛等廣い範圍にわたる研究部門を持つているが，筆者が訪門し得たスタンダードバキウム，ガルフ，カーター，アメラダ，マグノリア，シエル，ハンプル，ジエネラル等各石油會社においては多くは本社に探鑛部門を有しその中に大きな組織として地質部と共に物理探鑛部があり多數の調査班を持ちまた別に大きな研究所を持つている。このほか大きな石油會社は地方に數箇所の支社を有しその中にも物理探鑛部門を持つて地域的の調査資料の解析を擔當し，本社にこれらを送附して再検討を受けるようになってはいるが，本社の物探部はこれらと有機的連りをもち地域全般の結果を統轄總合して開發に資している。調査班は調査資料を地域擔當の支社と本社との物探主任に送附している。

數箇の大きな石油會社の物理探鑛組織を示すと次のようになる。野外調査班としては

石油會社名	地震班	地震契約班	重力班	磁氣班	人員(約)
ガルフ	23	5~6	6	1	800
シエル	20	5	7	1	400

ハ ン ブ ル	18	2	8	1	530
マ グ ノ リ ア	10	7	5	2	250
カ ー タ ー	9	5	2	1	200
コンチネンタル	14	7	2		300
ア メ ラ ダ	15	7			300

マグノリア、ハンプル等の石油會社は物理探鑛部直結の研究所を有し、近代式の工作器械を備えた大きな工作室をも持つて地震探鑛器、重力計の製作、改良、研究及び解析方法の基礎的研究をも行つてゐる。ハンプル石油會社はこのほかに野外實驗所を有し野外調査に關係した技術の向上に役立つ研究を行つてゐる。マグノリア石油會社はこの外に人員約230人を有する現場科學技術研究所を有しているが、これはセコンディバキウム、マグノリア、ジェネラル等の石油會社の出資よりなり新しい技術の研究に専念している。探鑛部と採油部に分れており、探鑛部の方は地質、地球化學、地震探鑛、電氣探鑛、ロツギング等の課に、採油部の方は作井用泥土、油層工學、熱力學、器械、現場工學等の課に分れて基礎的研究まで行つてゐる。地震課では M_2 波の發生傳播に關する研究や電氣課の電磁波の地下透過に關する研究は注目され、更に水中カメラや精度の高いバロメーターが完成されていたことは特記に値する。シエル、カーター、アメラダ等の石油會社は本社の物探部と全く別に採油關係の部門と一緒に物理探鑛部門の研究所があり、物探に關する電子工學關係の研究、波動論に關する基礎的研究までも行つており、物理探鑛は研究所の大半を占めている有様である。ガルフ石油會社でも同様であるが全體としては更に大きな研究所を有し、その中に地質部や化學部、作井機械部等とならんで物理探鑛調査部、物理探鑛研究部があり、この調査部の中に地震が4課、重力、磁氣が各々1課あり調査と結果處理關係を擔當しており、研究部は約30台もの近代式工作器械を備えた大工作工場を有して陸上及び海上地震計、陸上及び水中重力計、空中磁氣計等の製作、改良から通信、測量に至るまでの研究を擔當し電子工學關係の應用研究が多く行われていることが注目された。

石油會社が物理探鑛に投ずる經費は實に莫大であり、例えばハンプル石油會社では年間750萬ドルを、シエル石油會社では900萬ドルを調査費に使用している有様で、しかも8、9ヶ月の如き1年足らずの期間で新考案の器械を古いものと交代して現場に使用している状態であるから、如何に莫大な經費を投じて調査に研究に熱心であるかがわかるであろう。調査班1ヶ月の經費は地震陸上班15,000~25,000ドル、海上地震班5~7萬ドル、重力班3,500~9,000ドル、電氣、磁氣班約3,000ドル、空中磁氣班2~3萬ドル程度である。いずれの調査も能率的に廣範圍にわたる地域が短時日に調査されているが、特に空中磁氣探鑛の如きは1ヶ月約25,000平方哩の廣地域が調査可能である

から單位面積當りの經費は割合に少いのである。

(2) 請負會社 上述のように各石油會社は自分で多くの調査班をもっているが、更に請負會社と契約して調査を行つている。請負會社は大小いろいろあるが、大きいものになるとカナダ、メキシコ、南米等はもちろん、アフリカ、欧州等にまで發展している關係上大きな研究所をもつて優秀な探鑛器を研究製作し、獨特な探鑛法をもつて調査を行つている。例えばダラスにある G. S. I. 物理探鑛會社の如きは熱帯から寒帯にわたる調査を引受けている關係上特に探鑛器に意を用い、廣範圍($-40^{\circ}\sim+50^{\circ}$)に變化する溫度の實驗室や鹽水蒸氣が噴出充満する實驗室またはいろいろな振動を行う振動台を設置した實驗室等において長期間の試験を行うなどのほか、器械部品または包装、塗裝などに至るまで試験を行いうる研究室を有し、器械部品の完全ブロック化と耐水、耐壓化を實施している有様である。今2, 3の大きな請負會社の有する調査班を示すと次のようになる。

會 社 名	地 震 班	重 力 班	そ の 他	人 員 (約)
G. S. I. 物 探 會 社	35			500
S. S. C. //	33		2	500
ユ ー ナ イ テ ッ ド 物 探 會 社	40	15		600
ウ エ ス タ ー ン //	36	3		700

これら大きな會社は今から20年前に設立されたものが多く、近年に至つて數箇班程度を有する小會社が亂立している状態であるが、調査需要の量の方が多い位であり、この點わが國と對照してうらやましく思われた。

いずれの會社においても石油會社でもそうであるように互に探鑛器や調査方法を公開せず獨立して競争しており、従つて或る會社は極めて優秀な探鑛器を有して調査を行うに反し、ある會社はやや遅れているかと思われる機器を使用している場合も見受けられた。然し全體の結果として競争の結果が探鑛技術が大いに効果的進歩を促したようにも見受けられた。

(3) 大學關係 大學關係は調査研究機關というよりはむしろ技術者の養成機關であり、研究設備も會社に比しておとつている。學生訓練用の探鑛器も割合に古いものが多いが、必要とする學生の野外實習には石油會社または請負會社と連絡のもとに行はれている場合も多く従つて學生は近代的知識には欠けてはいないであろう。地球物理學部門の講座を有する大學は北米大陸全體で96あるが、そのうち物理探鑛關係は45であり、油田物理探鑛は37である。また上級コースのある學校は14であり、物理探鑛學教室として獨立した教室を持つているものはコロラド鑛山大學、ペンシルバニア州立大學、ニューメキシコ鑛山大學、ウター大學、セントルイス大學の5である。なお地質と一緒になつている大學はパークレーのカリフォルニア大學、カリフォルニ

ヤ工業大學，コロンビヤ大學，ハーバード大學の4であり，物理と一緒になつてゐる大學はフオルドハム，レハイ，トロントの3大學で，地球物理（物理探鑛を含む）研究室を有する大學はロスアンゼルスのカリフォルニア大學とアラスカ大學の2であり，これらの學校において物理探鑛技術者が養成されている。多くは工學部の中に入つてゐるが，若干は理學部の中に入つてゐるものもあり，この點わが國と大差はない。

3. 油田の物理探鑛

アメリカにおける物理探鑛の大半は油田關係のものであるといつても過言ではなく，重要な石油鑛業の一翼を擔當して極めて活發に活動している。油田の物理探鑛は地震，重力が大部分であるが最近磁氣と若干の電氣探鑛が用いられてゐる。放射能探鑛及び地化學探鑛は主として實驗室内での研究にむけられ最近野外での調査は殆んど見られない状態である。

合衆國における活動状況は地震探鑛においては從來上昇の一途をたどつて來たものが1948年後期から1949年前期にかけて最高點に達し1ヶ月約520班の活動となつたが最近においては450班程度の活動となつてゐる。重力探鑛は1945年が最高の約170班の活動を示し最近においては數十班程度となつてゐる。また磁氣，電氣探鑛併せて約20班程度であり，いずれもやや減少の傾向にあるが，カナダ方面においては寧ろ増加の傾向にあり，1949年においては地震班73，重力班29，磁氣班2となつてゐる。このほかメキシコ南米方面の活動班を併せると驚くべき數になり，如何に活發な活動が行われてゐるかがわかるであらう。

調査は立體的に行われており，空中，水中，地上，地中と最新の探鑛器により，高精度にしかも迅速に廣範圍の地域にわたつてゐる。アメリカにおける物理探鑛は第二次大戰後電子工學の著しい進歩と共に急速な發展をとげ，空中からは飛行機やヘリコプターを用いて磁氣や重力探鑛を行い，地中にはボアホールを利用し小型重力計の完成と共に密度檢層を行い或はガンマ線やニュートロンロツギングを行うなどまた更に水中には特殊潜水函により重力計を裝置し直接または電氣的に操作して觀測を行い，沼澤濕地帯には水陸兩用トラックをくり出して大規模な調査を行うなど實に目覺しいものがある。

これら最近進歩した探鑛器，探鑛法，解析法等の主なるものにつき以下略述しようと思う。

（1）地震探鑛 地震探鑛の發達は特に著しく，探鑛器は益々小型で輕い物を作る方向に發展しており，25成分の器械一式を數人で背負つて運搬できる程度になつてゐる。増幅器は益々小型化にあるが，それは midget, raytheon などの小指大の眞空管が使用され，更にゲルマニウムトランジスターの如き長さ1cm 足らずのものも使用されようとする段階にあるがため，小

さな手さげ旅行鞆に12成分が入ってしまう程度である。動コイル振動子は直徑約3mm、長さ約6cm、感度約 10^{-6} 程度の小型のものが製作され、25成分の振動子を含めたオシログラフは重量約1.4kgであるに過ぎない。受振器も各會社によつて異つた形式のものが作られているが、最も小型のものは直徑約5.5cm、長さ約5.5cmの動コイル型圓 樽形のもので重量は500gであるから正に手中に隠れる程度である。

記録の精度をあげ結果の解析を容易となし地下構造を明瞭となすためレーダーやテレビジョンの原理に基ずくジオビジョンという新装置が考察され、從來の地動の記録と同時にその記録がとられるようになっていく。ある會社では2個のカメラまたは複式記録カメラを使用しており、1回の爆發で48の振動記録を作っている。最近ハイランド研究所では36及至60成分の記録器ができ上つており、記録紙の巾が45cmある。相隣る記録間に複合的にエネルギーを供給して感度をよくし妨害波に對する反射勢力を増大するため受振器の群設置法が行われており、數個または十數個宛1條の記録を得るために使用されているから全體として100~300個の受振器が用いられている。また受振器によつて受けた地動と全く同じ地動を電氣回路を通して再生させるような方法によつて地震記録の特性を分析しうるような装置も考案使用されている。このような記録には35mmのフィルムも使用されている。

大西洋、メキシコ灣、大平洋等の北米大陸周縁の大陸棚上の沿岸水域では海上の調査が行われているが、極めて迅速な調査方法が採用されている。即ち海水面下2~4mに爆藥を沈下して3分間毎に爆發させ船を前進しながら記録がとれるように操作している。受振器はハイドロフォンを多く使用しており1條の記録に時には40箇のハイドロフォンを使用している會社もあるが、2隻の船舶の間に索を渡して水面直下またはT形に配置して浮游して移動する方法や、海底に配置して洩航移動する方法等が採用されている。

地震探鑛屈析法が反射法を用いては不適當と思われる地質的條件の地域に多く用いられて來ており、殊に中部テキサスのエドワード高原及び西部テキサスでは地表のすぐ直下に大きな彈性波速度を有するち密な地層があるが、これらの地域では變形屈析法という方法が採用され、普通の記録における初動の代りに第二動を利用して走時曲線を作りこれから深部の地質構造を求めているが、試錐の結果によりその構造を確かめている。また油田の構造と關係の深い岩鹽丘の形體を屈析法により求め適確にその構造を把握しているし、地下速度分布の總合圖がかなりの範圍にわたつて求められていて反射法の解析に一段と精度を増している。

從來地動の發生は地中に作成した爆發孔のみによつていたが、最近プルー法という空中爆發孔法がスクنفォード科學研究所副所長プルー博士により發展され利用されつつある。この方法は長さ約2.5cm 直徑約1.5cmの棒

または管を地上にたてその上に数 kg 程度の爆薬をのせて爆発させるもので、通常直径 2~25m の面積に 5~13 の小爆発を行い、これら同時爆発により偏平な波頭を生ぜしめ地面に直角な方向に非常に大きな力を生じさせるものであるが、この場合フィルターをなるべく広い範囲に可變のようにしておくことにより好結果をもたらしている。この方法は作孔に困難な地域や砂で蔽われた地域の如き風化帯に吸収されるエネルギーが一般に大きい所では有効な結果をもたらすほか、調査班が總計数人程度の少数にて足り、経費の大きな節減を來している。わが國の如き住家密集地においては利用の程度はなお考究を要するが、爆発点より數百 m 離れることにより殆んど無被害となしうることである。

調査方法のうちなお新方法として挙げうるものにカルフォルニア州の如き割合複雑な構造地帯において採用されているものに H 法という受振器配列の方法がある。これは平行な受振器配列とその中間に爆発孔を設ける方法であるが、反射層位の對比上有効のようである。

結果解析に關する研究も大に行われており、その進歩も目覺しいものがある。反射走時を指針によつて追跡し、彈性波速度の調節により機械的に操作して深度を直ちに紙上に書き得るような解析器械が製作されている。これはシエル石油會社物理探鑛技師ヘール氏の考案になるものでラスカ科學器械製作所で製作され、1950年シカゴの石油地質學會に初めて出品されたものである。このヘール計算器械により地下構造圖の算出が極めて迅速に行われるようになり、調査の能率化に對處しうることとなつた。このほか波頭面圖よりの深度計算器械や、走時より深度を計算する反射法または屈折法の計算尺、計算圖表等が詳細にできており、一々の計算を省き能率的に作業が行われている。なお結果解析を容易となし地下構造を明瞭ならしめるような記録並列法とも言うべき解析法もある。これは一々の記録紙を全部並列にして再び寫眞にとり、その一枚になつた寫眞記録紙上に別にビニール紙にプリントした走時深度關係圖を重ねて地下構造を求める解析法である。コンチネンタル石油會社の如きはこのために野外調査に記録紙としてフィルムを使用している状態である。

地震探鑛に關連して爆発孔の作成機械も進歩し、小型化、組立式のものが製作されており、ある會社では從來と全く變つた形の作孔機をも採用しており、エンジンにおいても子供が僅か 2 人で持ち上げうるような小型輕量のものできている。作孔能率は條件のよい所ならば 20~30m は 10 分間程度で掘つてしまうという有様であり、砂利や玉石のある所でも一日に數十 m は掘つてしまうようである。カリフォルニア地域では深度 100m 以上にも達する爆発孔を通常使用しているが、これらの作孔は通常 2 人だけで行つており、同人により作孔機トラツクと貯水トラツクがそれぞれ運轉されている仕末で

ある。

爆薬も地震探鑛用のものができており、薬量の増加に応じてネジではめこみ式に連絡できるようになつてその取扱が極めて便利である。最近では主として危険性の少ないアンモナイトが使用されている。そのほか電線や記録紙に至るまで特別なものが使用されており、電線の如きは直径1cm足らずのプラスチック管に13成分用の細い電線が心として挿入してあり、従つて多成分でも電線は1本となつているためこれを引張りさえすれば事が足りるようになっている。しかもその電線の定間隔毎に端子が附加してあるのでそれを受振器の導線クリップではさめば受振器が連結されるので受振器間隔の測量により受振点を設置するなどの必要はない状態である。

(2) 重力探鑛 従来の重力偏差計が全く影をひそめ、専ら重力計が活用されている有様で、大きな石油会社や重力計専門の製作会社が各独自の重力計を製作し、競つて精巧でしかも小型軽量のものをと改良しつつある。最も小型で軽い器械はガルフ石油会社製ガルフ重力計、ヒューストン技術研究所製ウオルドン重力計である。いずれも水晶バネを利用して重錘をつるしてあるが、温度調節もいらないし重錘を固定する必要もなく取扱いが極めて簡便なものに進歩している。感度は0.01ミリガルでドリフトは至つて小さい。器械の総重量は6~7kg程度でウオルドン重力計は直径10cm高さ25cm(1950年型)、ガルフ重力計はこれよりやや小さい程度であるからいずれも携帯して運搬することができる。

このような小型重力計の出現により坑井内での観測も可能となり、また小型飛行機、ヘリコプターによる運搬調査も容易となつて重力測定に一紀元を來した感があり調査速度が著しく増大され1ヶ月に1000點以上もの観測が極めて容易となつた。

北米大陸に沿う大陸棚上の沿海では幾つかの型式の水中重力計が用いられているが、これを電氣的に操作して船舶上で観測しようとする考案されたものもあるし、浅い水中では観測者が重力計と一緒に特別に設計された潜水函の中に入つて沈下して観測できるようになつたものもある。

レパブリック探鑛会社のバザー氏が寫眞重力法即ち重力計の讀みを現場において一々求めることなく重力計のダイヤルの讀みをその測點の地形と一緒に寫眞フィルムにおさめ、後でそのフィルムから觀測量を讀みとるという要領の器械を考案し、観測の個人誤差を減すると共に測量の手數をはぶき調査能率を増大している。

岩鹽丘の發見は重力計の調査によつて多くの場合低重力異常が現われることから極めて有効であることが立證されるに至つたが、最近油田構造と深い關係にあることが見出されたリーフ構造の調査にも應用されよい成果をおさめている。

重力探鑛の結果解析法の研究も多くなされているが、そのうち観測されたブーゲー重力異常から地方的または局所的の地質構造に基ずく重力異常を不明瞭にしているような要素を去除き餘剩的重力異常を求める方法即ち餘剩重力法の發展により、油田構造に關係した地方的異常を明瞭となしうようになり、また更に有力な解析法としてポテンシアル理論の數學的取扱いを行う所謂二次微分法が考案されるに至り、從來見出し得なかつた地下の特殊構造が明瞭となつて來て重力探鑛に光明を與えつつある事は注目される。

(3) 磁氣探鑛 前述のように磁氣探鑛においては空中法が應用されている。これは戦争中に發達した飛行機から潜水艦を發見する方法を應用したもので戦後著しく發展したものである。これはフラックスゲート型の超感度の磁力計で全磁力を測定するようになっており、この磁力計をワイヤーで飛行機より吊すかまたは飛行機の翼に固定して、毎時 250 マイルにも及ぶ速力で 150~300m 程度の上空を飛行し、地磁氣の強さの變化を連續的に記録するようになってゐる。またこのような方法がヘリコプターや船舶を利用しても行われている。

航空磁氣探鑛は水、濕地の上、その他接近し難い地域上では特に便利であり、一般に概查的調査に用いられ、堆積層盆地の基底岩の周縁の位置やその不規則性のある個所の測定または盆地全體を蔽う堆積岩の全體の厚さの測定等地下構造の調査に用いられているほか、鑛石や脉石が強い磁性を有する鑛床地帯の精密調査に用いられている。

空中磁氣探鑛資料の解析法も重力探鑛と同様ポテンシアル理論により出發した數學的計算により處理する新方法がガルフ石油會社ピーター博士により求められている。

地上調査用の磁力計にはアスカニア重力偏差計と同様の原理による連續的寫眞記録装置を備えた器械が製作されており、時間、溫度、地磁氣の強さの日變化等が同時に記録されるようになってゐるものもある。このような器械によつて油田構造の調査がしばしば地震・重力探鑛と併用されている。

(4) 電氣及びその他の探鑛 油田における電氣探鑛は地上調査としてはあまり活發でないが、油田地帯の斷層調査に使用されており、カーター石油會社の如きは信用度の相當高い成功率をおさめている。このために 5 極法が多く利用されており、特別に設計製作された探鑛器も使用されている。なお深部探鑛への發展も注目されるほか、電磁波法の研究も行われつつある。また適當な周波數のラジオ波を地下に透過させて石油の集積を直接探査する可能性があると報ぜられているラドオイル法という探鑛法もある。

坑井内における調査技術が著しい進歩を示しており、從來の電氣檢層法の發展はもちろんのことガンマレイやニュートロン檢層機も新しいものが考案され活用されているし、地層の電氣傳導度を誘導方法により測定を行うインダ

クシヨノツギンギや、地層の弾性波速度や密度を對稱とした檢層法も發展している。また坑井の曲りや地層の傾斜を測定する photoclinometer や dipmeter が完成されているほか坑井の斷面積や直徑を測定する計器、坑井側壁から資料を採取する岩心器も使用され、坑井内撮影用カメラまでも製作されているなど、物理的調査と岩心資料の採集、撮影などにより一段とその精度を高め大きな成果を得ている。測定には連續寫真記録器が使用されており、測定資料の解析圖もいろいろできている。

(5) 測量器械 空中や水で蔽われた地域における地震、重力、磁氣探鑛調査等の如く迅速に能率的に行われるようになった結果、觀測點の位置の測定もまた高精度でかつ迅速能率的に行われなければならなくなつた。このような目的のために戰時中海上の船舶や接近してくる飛行機の發見用に使用されたレーダーやショーランの裝置が、物理探鑛の方面にも應用されて著しい成果を收め廣く利用されている。特に最近 ロラック (Lorac) という新裝置が S. S. C. 物理探鑛會社によつて考案され用いられるようになった。これはショーランやレーダーの裝置よりも長い波長と 2000kc 程度の中間周波數とを用いるため測定が可視の範圍外にも及んでおり、かなりの遠距離 (100マイル程度) まで 20m 程度の高精度で距離の測定が行われ目的が果たされている。

地上重力探鑛や地震探鑛にも數種の測量器械が用いられており特に重力探鑛には自動的に高距、水平距離が記録され直讀できるようになつたオドグラフやエレベーションメーターがある。精度は 10cm 以内である。また精度が 1m 以内のものにおいては直讀式精密高度計が製作されている。

4. 油田物理探鑛の成果

アメリカにおいては前述のように著しく進歩した器械と調査技術とをもつて油田の調査を如何に活發に實施しているかは言うまでもないが、その成果もまた著しく舉つており油田の調査に極めて重要な役割をなしているのである。

重力探鑛や磁氣探鑛は主として概査的の調査に用いられ、それらによつて得られた構造の確認に地震探鑛が實施されているのが通例であるが、場合によつてはいろいろ異なり、重力探鑛のみの場合もあろうし、地震探鑛のみの場合もあり、特に海上の調査などにおいてはむしろ地震探鑛を全面的に採用している會社もある。これは最近廣範圍の調査が能率的に實施可能となつた今日經費の點や、成果の點で他の方法より効果的であるとされているためである。

合衆國においては既成油田の延長やカリフォルニア、テキサス、ルイジアナ、オクラホマ等平原下における新油田の發見が物理探鑛によつて今なお續

いているが、最近2～3年來カナダのアルバータ地域における平原下の油田構造が物理探鑛によつて發見され、十數個の大きな油田が現在開發されている状況であり、この地域の油田がデボニアンのリーフ構造に基因しているの、このリーフ構造の探查が活發化して來ている。

1948年における統計¹⁾を見るにアメリカにおける油田の調査費は總計約15億ドルに達し、そのうち物理探鑛の總經費が約1.25億ドルとなつてゐるが、石油の發見された量は30億バールというから總計經費では1バール當り50セント、物理探鑛費では僅か5セントとなつてゐるのは驚くべきことである。

成果の概要として發表された資料²⁾によると各種石油探鑛法の成功率は次の通りである。

	1946年	1947年	1948年
技術的方法によらない選擇的亂掘	1/37	1/2.7	1/32
地 質 探 鑛	1/11	1/9.5	1/10
物 理 探 鑛	1/5.5	1/6	1/6
地 質 及 物 理 探 鑛	1/4.5	1/5.5	1/5

物理探鑛のみによる成功率も大であるが、地質及び物理探鑛兩方の活用により更に成果を増大していることはこの表からも知られるであろう。

合衆國の重力探鑛總合圖がある程度出來上つており年々の調査結果が附加され完成へと進んでいるし、地震探鑛用速度分布圖も油田地帯においてはある程度でき上つており、いずれも各方面の調査研究に資源の開發に役立つている有様である。重力圖の方は特に測地學へも利用されておりこれら基礎科學への貢獻も大なる成果であろう。

5. 結 語

以上のべたようにアメリカにおける油田の物理探鑛は戦後著しい發展を示し、立體的の調査法の實現により益々その利用範圍が擴大され、地下構造の探查、地下資源の開發技術としてなくてはならないものとなつてゐる。今後調査方法、器械裝置の改良はもとより技術的水準の向上と共に益々利用範圍の擴大化が行われるであろう。これをわが國の現状と比べることは餘りにも差があり、傍觀の感が深いように考えられるが、調査方法、器械、解析等各方面において消化しうる技術も可なりあると思われるので、これらは消化して一步一步堅實に前進し本邦に適應するような物理探鑛を確立したいと考えてゐる。なお述べたいことが澤山あり記述しなければならない點も残つてゐるが、これらは別の機會に述べようと思う。

1) ガルフ石油會社ハンマー博士による。

2) F. H. Lahee, Bull. A. A. P. G. 33 (1949), 783—804.