

テクトノフィジックス・センターの10年

小 出 仁 (環境地質部)

テクトノフィジックス・センター (Center for Tectonophysics) が 実験的な岩石力学と構造地質学を専門とした最初の研究所として テキサス A & M 大学に創設されたのは1967年のことである(星野 地質ニュース 156号)。岩石力学は 材料科学の一部門だが 天然の岩石を対象としている点で 材料科学の他の分野とは大変に性質が異なっている。テクトノフィジックスは (地質) 構造物理学とも訳され 構造地質学から発展してきたが 地下の岩石の変形を研究するので 岩石力学の重要な部門といってもよい。岩石力学やテクトノフィジックスが台頭してきたのは 1960年頃からで 特に最近 10 年間に新しい科学としての形を整えてきた。「ショルツ理論」として マスコミにもてはやされた地震のダイラタンシー・ディフュージョン・モデルや 高温岩体の地熱開発等はその成果の例である。

岩石力学やテクトノフィジックスは 正に「縁の下の力持ち」といった地味な存在だが 足元の事だから 人間にとって宇宙開発よりずっと重要なのである。最近いろいろな機会に意外な形で社会の耳目を集めるようになっていたのだが エネルギー開発や地震予知・防災といった問題の緊急性から見ても 岩石力学やテクトノ

フィジックスは 今後益々重要になって行くであろう。地質調査所でも 筑波研究センター移転時に「実験地学研究センター」が設立される。この機会に テクトノフィジックスの分野では 小さいながら最初で最高の研究所である テクトノフィジックス・センターの最初の十年を紹介し 今後の参考にしたい。

テクトノフィジックス・センターは 1967年にシエル石油開発研究所 (シエル石油の研究部門) から6人の研究者が移転して設立したものである。したがって 実は設立時には既に最高の実績と経験を備えていたのである (星野 地質ニュース 140号)。以来多少の移動はあったが 基本的には大きな変化はないといえる。テキサス A & M 大学の地球科学部に属しており スタッフは地球物理学教室か地質学教室のどちらかのメンバーを兼ねている。

現在は所長の他に6人の研究スタッフがおり 大学院生23人が所属している。大学院生は研究スタッフの指導下で研究を行っているが 院生も実験の傍 地球物理学教室か地質学教室にも属し 講義を受けて単位を取得する。10年間にテクトノフィジックス・センターで16

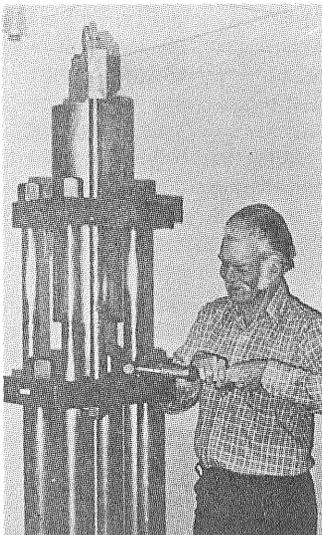


図1 実験中の HANDIN 所長

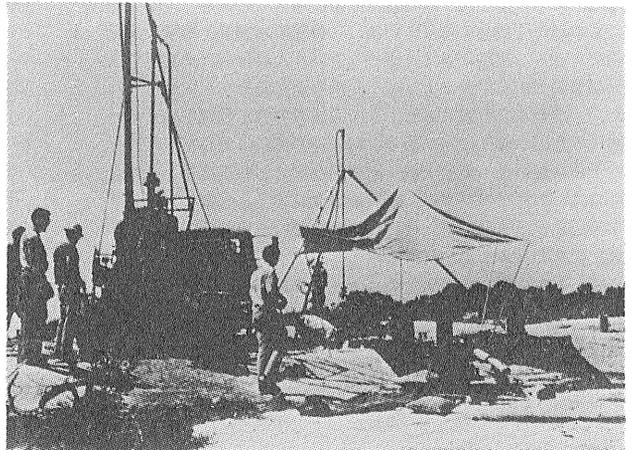


図2 地かく応力測定現場 Rangely コロラド州 地震コントロール計画の一環

人が博士号を取得し 14人が修士課程を卒業した。博士号取得者の中には 岩村茂男・嶋本利彦（現広島大学）と2人の日本人が含まれ 修士卒業者には岩崎毅（現東京ガス）がいる。実験面では院生の比重はきわめて大きいように見受けられる。もちろん 実験主任というべき人がいて ガッチリ実験室の管理を行っている。学生から選出される 3人の学生委員と2人の教員からなる諮問委員会があり センターの運営や教育に関して 所長に勧告を行う。

スタッフの紹介をしよう。所長は J.W. HANDIN で（図1）地球科学部の副学部長を兼ねている。岩石力学の草分けの1人で 現在は学界最長老である。この人の岩石変形に関する実験は現在の岩石力学の基礎を作った。最近では地震コントロール計画の指導で知られている（図2）。シェル石油開発研究所で岩石変形研究室を主宰していたが そのメンバーの多くを引きつけてテクトノフィジックス・センターを造った。

N.L. CARTER はシェル石油開発研究所で HANDIN 研究室に属していたが ニューヨーク州立大学に移っていた。最近テクトノフィジックス・センターに加わり 地球物理学教室の主任を兼ねることになった。かんらん石や石英等の高温・高圧下での変形の研究では第一人者である。高温高圧変形実験から得た知見を応用して マントル対流等の地下深部の流動変形の権威でもある。

M. FRIEDMAN は副所長として 諸事多忙な HANDIN

を補佐して 実質的な研究の指導を行ってきた。多くの岩石変形実験と岩石の構造解析で知られている。またX線による岩石の残留応力測定の開発者である（図3）。

B. JOHNSON は創業の「6人の侍」の1人である G.M. SOWERS が自動車事故で死んだ後に入所した。岩盤の安定性等の応用地質学的研究を行っている。J.M. LOGAN は「実験の鬼」で 岩石の摩擦実験等で知られる。J.N. MAGOURIK は実験装置の製作や院生の実験指導を行う。D.K. PARRISH は しゅう曲の形成機構等の研究している。D.W. STEARNS は 岩石力学の知識を野外の実際の地質構造に応用する。地質学教室の主任である。なお上記の役職は10年目を迎えた1977年当時であるが その後 HANDIN は他の研究施設を合わせた長になり センターの所長には FRIEDMAN 副所長には LOGAN がそれぞれ昇格したらしい（嶋本氏私信）。

実験施設を見ると 岩石変形実験室には 径1cm 長さ2cm の試験片を変形実験できる封圧（および間隙圧）300 MPa（=3000気圧）・温度500°C・変形速度 10^{-2} ~ 10^{-8} /sec の能力をもつ三軸試験機2台と径5cm長さ10cm の大きな試験片を用いられる封圧・間隙圧300MPa・室温・変形速度 10^{-3} ~ 10^{-9} /sec の三軸試験機1台（図4）手動的試験を行う封圧・間隙圧800 MPa・温度400°C・変形速度 10^2 ~ 10^{-7} /sec の三軸試験機（試験片径2cm・長さ4cm）封圧300 MPa・温度1000°C・変形速度約 10^{-4} /sec の三軸試験機ができる剛性試験機 封圧・間隙圧

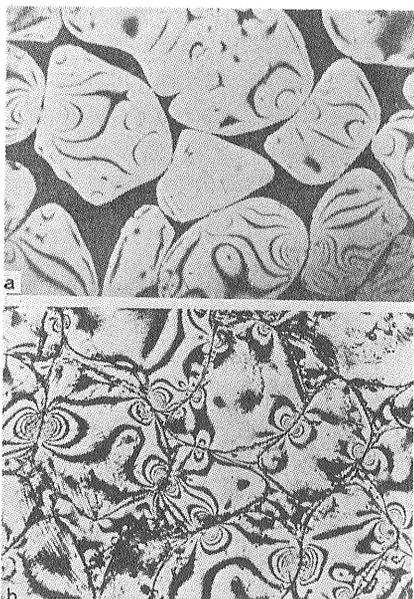


図3

残留弾性歪の光弾性実験 上の写真のように粒状体に応力を加えておいて 下の写真のようにエポキシ樹脂を流し込むと 残留歪が残る (FRIEDMAN 1972)

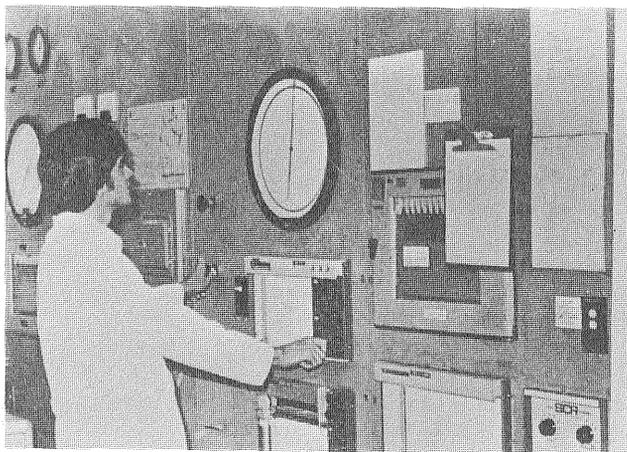


図4 三軸試験機のコントロール・パネル

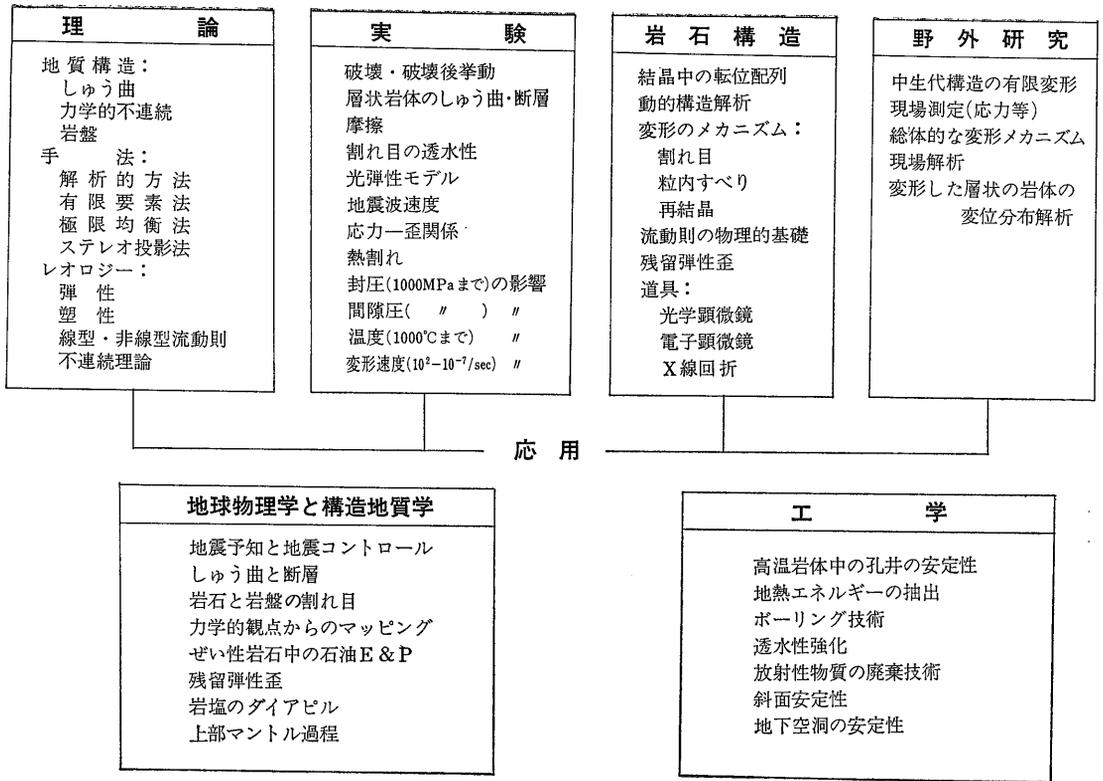


図6 テクトノフィジックス・センターで行われている研究

300 MPa・温度 400°C のコンピューター・コントロールによる三軸試験機（試験片径 2cm 長さ 4cm）（図5）
封圧・間隙圧 150 MPa・温度 600°C の定荷重三軸試験機（試験片径 5 cm 長さ 10cm）がある。

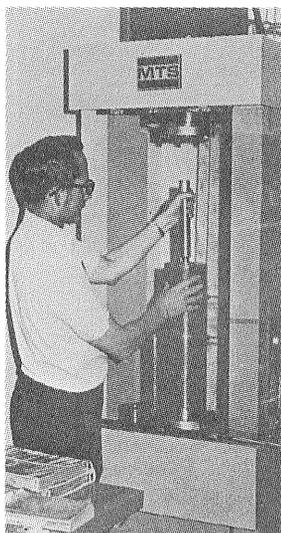


図5
コンピューター・コントロール式の
三軸試験機

構造岩石学実験室には 顕微鏡やX線回折装置があり
残留応力の測定も行っている。 応用岩石力学研究室にも三軸試験機や摩擦試験機の他に 地震計・電気抵抗測定システム・AE（破壊音）測定装置・弾性波速度測定装置・透水率測定（封圧 100 MPa・温度 400°C まで測定できる）装置がある。 光弾性モデル実験室には光弾性モデル実験のための装置がある。 また高圧試験機の維持や試料準備のための工作室を持っている。 コンピューターや透過・走査型電子顕微鏡は大学の共用装置が使用できる。

テクトノフィジックス・センターの研究の構成については図6を見ていただきたい。 非常に広い視野の総合的研究が行われていることが分かる。 テクトノフィジックスは本来きわめて学際的な分野なので いろいろな専門の人がチームを作って 研究する方針をとっている。 米国の科学財団（略称NSF）・米国地質調査所・軍関係・会社等から多くの研究を委託され 10年間の総額は 200万ドル近くになる。 委託研究のテーマを見ると 研究内容がだいたい分かるので 以下にテーマ・期間・金額を列挙する。

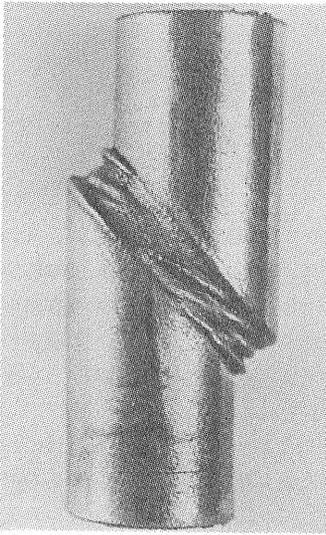


図7
岩塩グージ層に沿って
すべった砂岩試験片

- ・岩石割れ目の研究 1967・11—1972・10 419,518ドル
- ・展張時の層状体中の割れ目分布
1968・5—1970・8 41,000ドル
- ・構造地質学における曲げと座屈を分ける境界条件
1970・5—1975・1 63,800ドル
- ・しゅう曲の力学 1970・9—1972・10 10,500ドル
- ・高圧高温下の岩石変形 1970・11—1972・12 50,000ドル
- ・断層運動の動的引き金に関する実験
1970・11—1973・8 121,475ドル
- ・地震発生に影響する岩石の力学的性質の研究
1971・2—1974・2 254,400ドル
- ・岩石の残留応力と超音波減衰・速度との関係の研究
1972・5—1973・4 26,316ドル

- ・岩石の動的強度の研究 1972・9—1975・8 87,592ドル
- ・しゅう曲の力学 1972・11—1974・10 90,000ドル
- ・地震予知と地震コントロールに関する岩石の力学的性質
1974・4—1975・9 56,967ドル
- ・ボーリング技術に関する岩石の力学的性質
1974・7—1977・9 71,265ドル
- ・高温高圧下での岩石の力学的性質
1974・9—1978・8 107,243ドル
- ・しゅう曲の力学 1974・11—1977・8 60,900ドル
- ・岩石の熱割れの研究 1976・2—1976・10 25,107ドル
- ・地震予知と地震コントロールに関する岩石の力学的性質
1975・10—1976・9 41,352ドル
- ・炭化水素の回収のための透過しがたい貯留岩の力学的性質の
室内研究 1975・11—1977・8 26,422ドル
- ・断層粘土の室内および野外研究
1976・10—1978・9 98,645ドル
- ・G T-2 孔井底の現場条件に近似した条件下での岩石の熱割
れの研究 1976・10—1977・11 24,840ドル
- ・層状体中の割れ目伝播の研究
1976・9—1979・8 21,000ドル
- ・オイル・シエールの力学的性質
1976・10—1977・9 2,520ドル
- ・ある岩石の一軸変形 1977・5—1978・5 13,000ドル
- ・石英の少ない岩石の透水性におよぼす割れ目の影響
1977・8—1979・1 10,400ドル
- ・封圧下での岩石のしゅう曲と断層の実験的研究
1877・10—1979・9 70,700ドル

この文章は テクトノフィジックス・センターの十周年を記念して発行された案内書 "Center for Tectonophysics The First Decade 1967-1977" College of Geosciences, Texas A & M University を資料とした。写真もすべて同案内書からの引用である。 テクトノフィジックス・センター及び御助力頂いた広島大学嶋本利彦博士に感謝する。

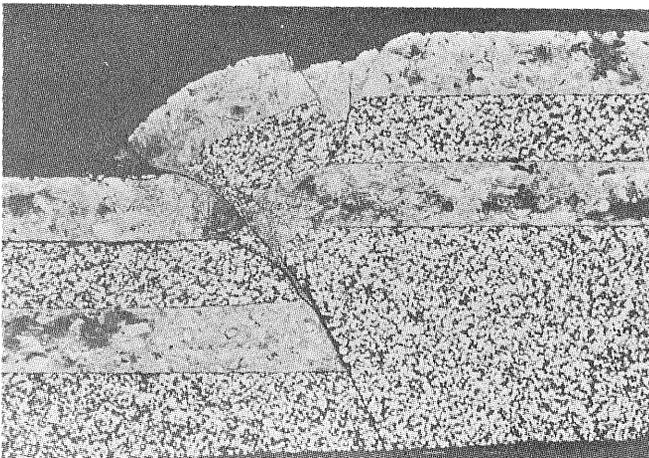


図8 封圧 100MPa (1kb) 下で実験的に作った砂岩—石灰岩互層中の逆断層
このようなモデル実験と三軸試験の中間的な実験が盛んに行われている
(FRIEDMAN 1976)



図9 砂岩の摩擦実験で生じたガラス繊維の走査型電子顕微鏡写真 (FRIEDMAN 1974)。