

- 216, 1276-1280.
3. McKenzie, D. & Morgan, W. J. (1969): The evolution of triple junctions. *Nature*, **224**, 125-133.
  4. McKenzie, D. (1969): Speculations on the consequences and causes of plate motions. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **18**, 1-32.
  5. McKenzie, D. (1972): Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **30**, 109-185.
  6. McKenzie, D., Roberts, J. & Weiss, N. O. (1974): Convection in the Earth's Mantle: towards a numerical simulation. *J. Fluid Mech.*, **62**, 465-538.
  7. McKenzie, D. (1978): Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **40**, 25-32.
  8. McKenzie, D. & Richter, F. M. (1981): Parameterized thermal convection in a layered region and the thermal history of the Earth. *J. Geophys. Res.*, **86**, 11667-11680.
  9. McKenzie, D. & O'Nions, R. K. (1983): Mantle reservoirs and ocean island basalts. *Nature*, **301**, 229-231.
  10. Mackenzie, A. S. & McKenzie, D. (1983): Isomerization and aromatization of hydrocarbons in sedimentary basins formed by extension. *Geol. Mag.*, **120**, 417-470.
  11. McKenzie, D. (1984): The generation and compaction of partially molten rock. *J. Petrol.*, **25**, 713-765.
  12. McKenzie, D. (1988): The symmetry of convective transitions in space and time. *J. Fluid Mech.* **191**, 287-339.
  13. McKenzie, D. & Bickle, M. J. (1988): The volume and composition of melt generated by adiabatic upwelling. *J. Petrol.* **29**, 625-679.
  14. McKenzie, D. (1989): Some remarks on the movement of small melt fractions in the mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.* **94**, 53-72.

## 海溝プロジェクトとプレートテクトニクス

Xavier LE PICHON

地球上では、長さ6万mに及ぶ中央海嶺系で毎年3.5kmの新しい海底が生産されています。そこで、同じだけの海底が毎年消滅しなければなりません。さもないと、地球は1000万年もたつと2倍にも膨れ上がってしまうことになるからです！ 海底の消滅は、おもに太平洋の周縁に分布する合計35,000kmにおよぶ深海溝で起こります。1967年、私は日本海溝で日本列島の下に海底が沈み込むスピードが年間8~9cm、100万年で約100kmであると計算しました。つまりパンゲア超大陸の時代(2億年前)以来、2万kmもの海底が沈み込んだこととなります！ 最近の宇宙測地技術によって、日本とハワイがまさに毎年8cmずつ近づいていることが明らかになりましたが、このことは、私たちが1967年当時想像した以上に、プレートが剛体であることを証明しています。

海底の沈み込みは、島弧の地震、津波、火山活動の原因になることがわかっています。また、日本列島が2億年におよぶ活発な沈み込みの結果であることもわかっています。しかし沈み込み現象の研究は簡単ではありません。一言でいえば、沈み込みとは、海洋の地殻とリソフェアが、地球内部つまりマントルの中に消え去ることです。しかし、死体のなくなってしまった犯罪をどうやって調べたらよいのでしょうか？ 沈み込みが実在し、しかも地球上で起こる最も激しいプロセスであることが、なかなか地球科学者にわかりにくかったのはこのためです。そのうえ、沈み込みは水深4~11kmの幅の狭い海溝で起こるので、海面上からの観測では、沈み込み



Dr. Xavier LE PICHON

1937年ヴェトナム Quinhon 生まれ。1959年カン大学物理学科卒業、1966年ストラスブルグ大学より博士号取得。以後コロンビア大学・パリ大学等を経て、現在エコール・ノルマル・シューベリエール地質学科教授。

が海底に残した痕跡を精度よく判別できません。海底近くに無人機や潜水艇を降ろし、できれば掘削も行なって調べる必要があるわけですから。

「深海潜水艇を使って高精度の海溝研究をしよう」というのが1975年に奈須紀幸教授と私たちが考えた海溝計画のミソでした。日仏のチームによる日本周辺の海溝の研究が実際に行われるまでには、9年間もの日時を要しました。1984年と1985年、私たちは小林和男教授らと、

数カ所の目標地域をまず船上から調査し、次にフランスの Ifremer 所属潜水艇ノチール号により最深6,000mに達する潜水調査を27回行ないました。

日本海溝の北部は、大規模な土砂崩れを起こす急な斜面をもった巨大な侵食地形でした。巨大な海山がスムーズに沈み込む様子について、また、それが吸い込まれた時に海溝の陸側斜面に残した痕跡などが調査されました。一方、南海海溝は厚い泥で覆われており、沈み込みによってその泥が積み上げられ、「付加プリズム」と呼ぶ海底の大山脈を作っています。私たちは、この付加プリズムを伊豆半島付近で調査しました。そこでは圧縮性の変形が海溝外側のリソスフェアで起こっており、海洋地殻は“うろこ状”にはがれていました。こうしたものは、将来、日本の島に付加されることになるでしょう。

海溝計画の潜水調査で発見された注目すべき事実は、海溝壁のいたるところで起こっている液体の流出でした。それは海溝の底部近くで最も多く、陸に向かって減少しています。流出液体からの栄養によってシロウリ貝が群生しているので、液体流出地点を検出するのに役立ちました。海溝壁に付加される泥が液体で飽和されており、それが閉じ込められて圧力が高まると流出してくるのです。私たちは、この高圧力は地震のサイクルとも関係しており、液体の流出量をモニターすれば地震サイクルを理解する上で重大な手がかりになることに気がつきました。いずれにしても、高液体圧は沈み込むプレートと上盤との間の摩擦を減らすので、重要な因子です。

1989年夏に行われた次の潜水調査航海は、全面的にこの液体の問題に集中されましたが、その理由がこれなのです。私たちは、巨大地震の発生が予測されている南海トラフ東部の一部、すなわち静岡県南方地域を精査しました。目的は多くの液体流出地点の地図を作成し、液体流出速度を測定し、液体についての収支を確定し、流出の時間変化をモニターすることでした。またごく予備的な結果しか得られてはいませんが、それでも液体流出現象が予想よりはるかに重要なものであり、液体の流出量が、沈み込む泥によって供給される水の量よりはるかに大きいことがわかっています。したがって、そこにはもっと多量の水を付加プリズムに押し込む何らかの仕組みがあるはずで

す。まるまる1月間にわたる流出量のモニターも行われ、有意な時間変化が見出されました。しかし「沈み込み」と呼ぶこの信じがたい程複雑なシステムが解明されるのは、まだまだ先のことです。大陸縁辺部に弾性エネルギーが次第に蓄えられ、ある時突然解放されるという地震サイクルと、液体流出との間には何か関係があるはずですが、それを明らかにするには、もっともっと調査とモ

ニタリングを続ける必要があります。私は、海溝計画はこの方向へ向けてのささやかな第一歩であったと思います。沈み込みと関係した深部プロセスと、地震サイクルにかかわる深海底現象を徹底的にモニターし、理解し、モデル化することは、科学、特に日本の科学にとってきわめて重要です。この意味で、国際掘削計画 (ODP) は近く重要なデータをもたらすことでしょう。しかし、さらに多くの研究をしなければならず、日本はこの分野で今後も重要な役割を果たすにちがいないありません。

#### X. ルビション博士の主要著書および論文

1. Le Pichon, X. & Heirtzler (1968): Magnetic anomalies in the Indian Ocean and sea-floor spreading. *J. Geophys. Res.*, **73**, 2101-2117.
2. Le Pichon, X. (1968): Sea-floor spreading and continental drift. *J. Geophys. Res.*, **73**, 3661-3697.
3. Le Pichon, X. (1969): Models and structure of the oceanic crust. *Tectonophysics*, **7**, 385-401.
4. Le Pichon, X. & Langseth Jr., M. G. (1970): Heat flow from the mid-ocean ridges and sea-floor spreading. *Tectonophysics*, **8**, 319-344.
5. Le Pichon, X. & Hayes, D. (1971): Marginal offsets, fracture zones and the early opening of the South Atlantic. *J. Geophys. Res.*, **76**, 6283-6293.
6. Le Pichon, X. & Fox, J. (1971): Marginal offsets, fracture zones and the early opening of the North Atlantic. *J. Geophys. Res.*, **76**, 6294-6308.
7. Le Pichon, X., Francheteau, J. & Bonnin, J. (1973): Plate Tectonics. 300pp. Elsevier, Amsterdam.
8. Riffaud, C. & Le Pichon, X. (1976): Expedition FAMOUS, à 3,000m sous l'Atlantique. 258pp. Albin Michel, Paris.
9. Le Pichon, X. & Angelier, J. (1979): The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, **60**, 1-42.
10. Le Pichon, X. & Sibuet, J. C. (1981) Passive margins: a model of formation. *J. Geophys. Res.*, **86**, 3708-3720.
11. Le Pichon, X., Angelier, J. & Sibuet, J. C. (1982): Plate boundaries and extensional tectonics. *Tectonophysics*, **81**, 239-256.
12. Le Pichon, X. & Huchon, P. (1984): Geoid, Pangea and convection. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, **67**, 123-135.
13. Le Pichon, X. (1986): KAIKO, voyage aux extrémités de la mer 254pp. Editions Odile Jacob-Le Seuil, Paris.
14. Le Pichon, X., Bergerat, F. & Roulet, M. J. (1988): Plate kinematics and tectonics leading to the Alpine belt formation: a new analysis. *Geol. Soc. Amer., Special Paper*, **218**, 111-131.
15. Le Pichon, X. & Gaulier, J. M. (1988): The rotation of Arabia and the Levant fault system. *Tectonophysics*, **153**, 271-294.
16. Le Pichon, X., Kobayashi, K. et al. (1987): Kaiko Special Issue. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **83**.

注) 講演要旨・業績リストおよび3博士の写真は国際科学技術財団提供。要旨は原文のまま。