

付加体内部での流体の移動は断層の変位の向きか， 2 の方向か？

Is the fluid flow in accretionary prisms to fault displacement, or to sigma2 direction?

小川 勇二郎[1]

Yujiro Ogawa[1]

[1] 筑波大・地球

[1] Inst. Geoscience, Univ. Tsukuba

<http://www.press.first.tsukuba.ac.jp/member/yogawa.html>

日本は、活断層は西南日本と東北日本で異なるパターンではあるが、どちらも水平圧縮の場であり、全体が付加体であるといっても過言ではない。現世付加体では、バルバドスでの4回の掘削と2回の実験によって、流体(水)の流れが3次元的に理解されたとされているが(DiLeonardo, Moore et al., 2002, GSAB)、実体に関しては依然として推測の域を出ない。また、日本などの陸上や、海陸境界地域における流体の移動に関しては、部分的に理解されているのみである。日本には、海岸沿い近くにも活断層が走り、海陸の断層、応力パターンは類似している。このようなテクトニクス場での流体の移動がどの方向に流れやすいかが地層処分での最大の問題点の一つでもある。浸透率と動水勾配との兼ね合いではあるが、どちらも実際のケースで計測されるた例は非常に少ない。

一般に、付加体では流体はプレート境界であるデコルマンゾーンに沿って、またそこから派生する逆断層に沿って、変位の向きへ、深所から浅い方向へ流れている、と理解されているようであるが、果たしてその通りであろうか？地殻中や断層や割れ目、粒界に沿う流体の流れの一般論を述べた中島・鳥海や鳥海など(1999, 2002, 科学、その他関連する文献)は、割れ目に沿う移動を静水圧と静岩圧の場合に分けて、また、Sibsonの fault valve theoryを引用する形で述べている。断層や粒界も閉じてしまえば証拠は残りにくいが、Vein や圧力溶解が流体の流れの跡である。そこが、どのような条件で流れ、または閉じるかが、問題の一つ(断層は、流体の流路かバリアーか？との石油公団のシンポジウムタイトル)である。ここでは、場合によっては、あるいは断層運動時以外は、流体は断層に沿う 2 の方向に流れる、またこのことから、水平ずれ断層が極めて危険であるという命題を検討する。

張ほか(1999 応用地質)、高橋ほか(2000 応用地質)の真三軸透水実験に示されているように、浸透率は断層の面に沿って、 2 の方向に選択的圧倒的に高い。このことはこの分野の研究では常識のようであるが、世界では力学試験は大半が円柱試料で行われており、それでは 2 の方向の浸透率は計測できない。バルバドス付加体では、3D音波探査にもとづいて、空隙率の負の異常(下位層ほど空隙率が高い)のゾーンがデコルマン面として認定されており、そのゾーンは、陸側へゆるく傾く面内で沈み込みプレートの相対的運動方向とほぼ45度で斜交して配列し、基盤に由来する水平ずれ断層に沿って、流体は平均的には 1 と 2 の中間方向に流れているように見える(DiLeonardo, Moore et al., 2002 GSAB)。デコルマン面を貫くコア試料の凍結乾燥法(これのみが真の組織を観察しうる)によって、断層運動時に形成されるシア面に沿って空隙が断層変位に直交する方向(即ち 2 の方向)に形成されていることが分かっている(Takizawa & Ogawa, 1999 JSG)。断層に沿って多くの鉱物脈がシグモイダルに並び、2 の方向に流体が流れたケースも海洋性玄武岩からも報告されている(Takahashi et al., 2003 GS London Spec. Pub.; Ogawa & Takahashi, 2003 Tectonophysics)。以上のことから、流体は、断層運動時(co-faulting)には seismic pumping によって、ずれの向きに向かう(特に、逆断層ではそれが上方なため、温度異常があれば静水圧での対流によっても)であろうが、断層運動終了後(inter-faulting)は、その方向へは組織の圧縮性破壊によって著しく浸透率が下がるためはや流れず、開いた空隙の連続する 2 の方向に選択的に流れるだろう、ということが予測される。このことは、もし、水平ずれ断層があれば、この両者(断層が垂直であることが多いことから、また 2 の方向も垂直であるから)を満たすので、流体がたえずその断層に沿って著しく流れやすいということが言える。これらのことは、海溝域において、逆断層に沿って流れてきたメタンに富む流体にサポートされているシロウリガイ群集(コロニー)が、海底面ではもっぱら、直線状に、しかも、その地域の水平ずれ断層のパターンに沿って並んでいるという観察(Ogawa et al., 1996 Geology; 小川ほか 1999JAMSTEC 報告)によってもうらづけられる。さらに、陸域でも多くの非火山性温泉が水平ずれ断層に沿っているということも同じであり、今後の地層処分に多くのヒントを与えると考えられる。