

サポナイトの発見を考慮し再計算すると、時間経過とともに間隙水圧が上昇し、100年もたつと摩擦の有効強度がゼロに近づくことが分かった。つまり、地震が起きると一気に破壊が広がることが想定される。これらも南海トラフ地震発生帯掘削計画により新たに分かった成果である。

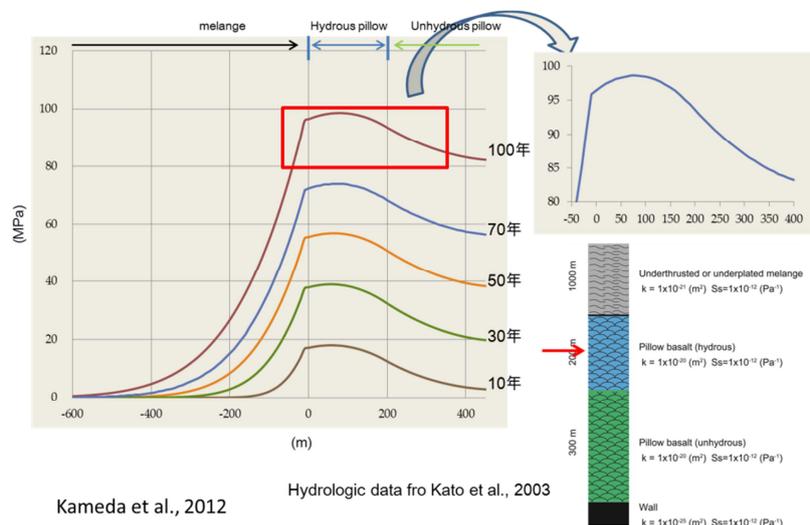


図 16 変質玄武岩の脱水による間隙水圧の時間発展

また、図 17 は地震波 (P 波) トモグラフィによる断面図である。プレート境界域は低速度領域が非常に深いところまでつながっており、この原因については多くの議論が行われてきた。さらに調査をすすめると (V_p/V_s 比) 間隙水圧が非常に高いことも推測されており、これらについては今後の掘削によって実態を明らかにする必要がある。

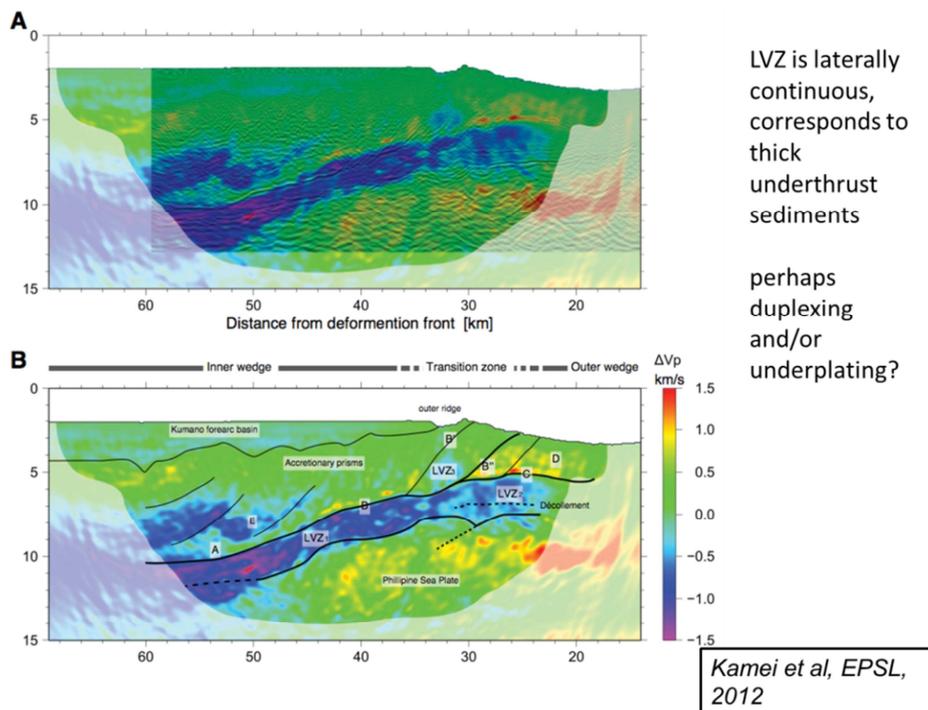


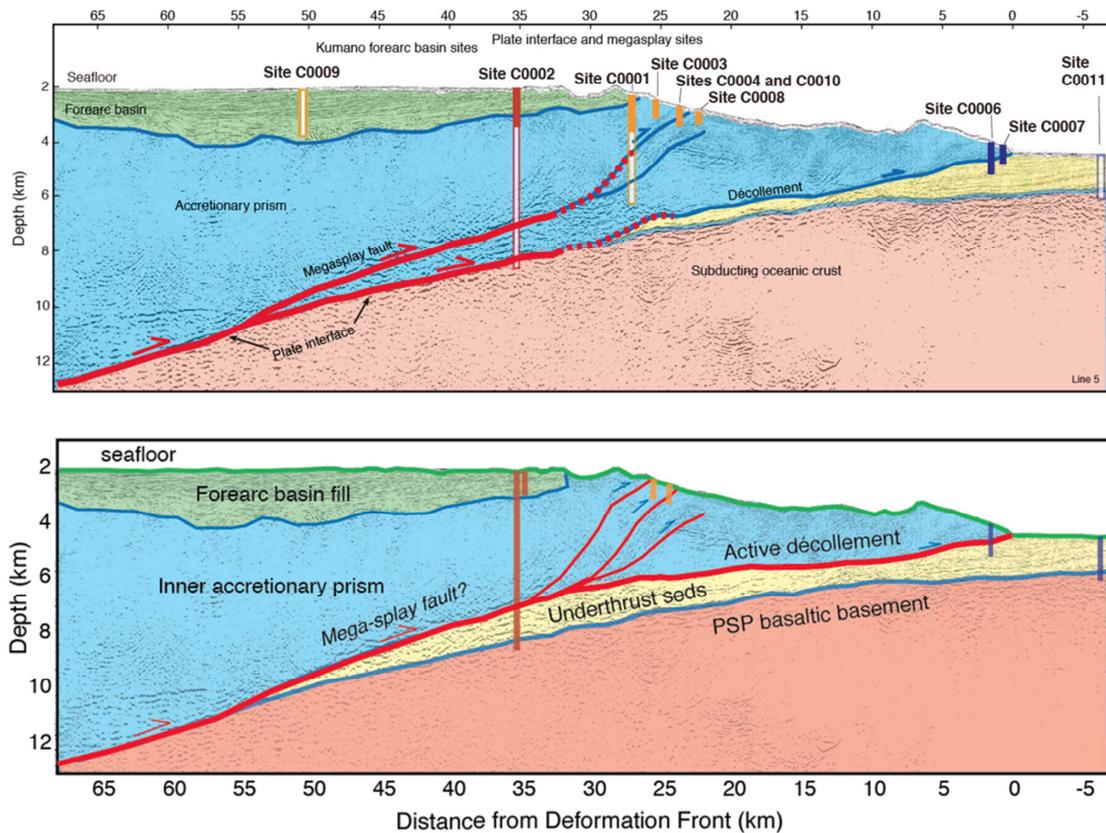
図 17 地震波による断面図

3. 地震・津波発生断層

前述の条件下で実際に断層面がどのように滑っているかが掘削により明らかになりつつある。超深度掘削(C0002)は未だ掘削途上にあるが、それ以前の掘削も含め、これまで多くの重要な成果が得られている。

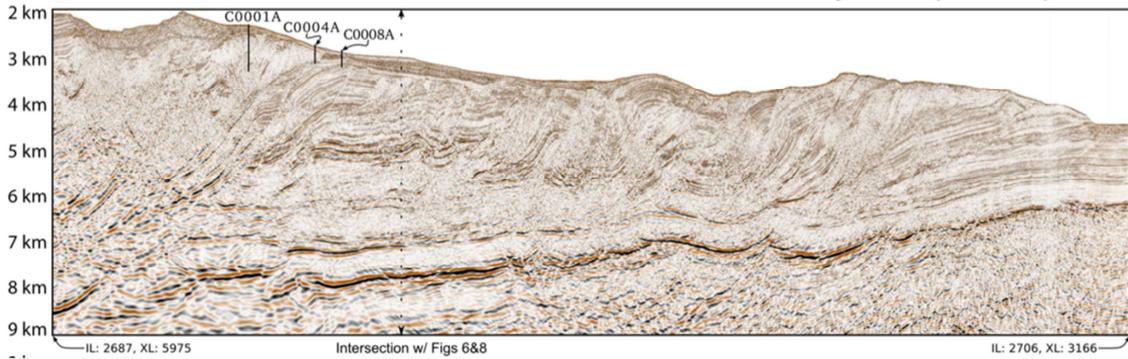
(1) プレート境界断層

南海トラフ地震発生帯掘削計画が実施される前は、図 18 の上図にあるように、プレート境界断層から巨大分岐断層が枝分かれし、さらにその先でデコルマが枝分かれしていると考えられていたが、解析技術の進歩とともに、現在は同下図にあるように、アクティブなプレート境界断層が従来考えられていたよりも少し浅いところに存在すると考えられている。このことは図 19 のように付加体内部における堆積帯の褶曲と下部での岩石化の理解が進んだことによるものである。



Seismic interpretation after Park et al., 2002 and modified interpretation by Moore et al. (2009)

図 18 プレート境界断層

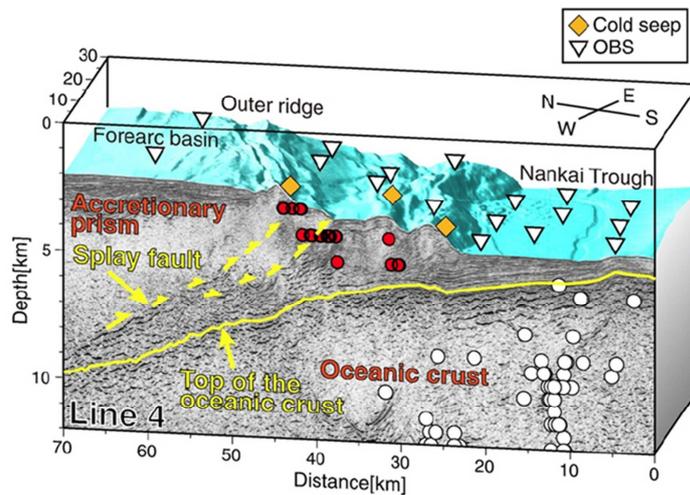


Moore et al., 2009, also consistent with Bangs et al., 2009 EPSL

図 19 付加体内部の堆積帯の褶曲

(2) 付加体内部での長周期の微動

南海トラフ地震発生帯掘削計画によって明らかになったことの重要な事項の一つに、付加体内部では常に微小な動きをしており、時々刻々と変形していることの解明がある。図 20 では精密な観測によりプレート境界と巨大分岐断層の間の付加体内部で長周期の微動(赤い点)が発生していたことを示している。プレートの沈み込みに伴い付加体内部の褶曲した堆積層では、その内部でゆっくりとしたずれが生じており、常時変形し、応力が解放されていることが明らかとなった。またプレート境界断層もゆっくりすべりを起こしていることが明らかとなった。」



(Obana and Kodaira, EPSL, 2009)

図 20 付加体内部での M4.5 未満の長周期微振動

(3) 浅部の分岐断層すべり面

巨大分岐断層が海底面まで達している箇所での比較的浅い掘削において過去のすべり面を発見し、温度変化等の解析からすべりの範囲が従来想定されていたよりも広範囲であり、海溝部付近まで及んでいることを突き止めた。このことは上述の間隙水圧の高くなる層の存在と整合するもので

あり、また東日本太平洋沖地震の巨大津波発生によっても、そのような現象が起きうることが実証された。

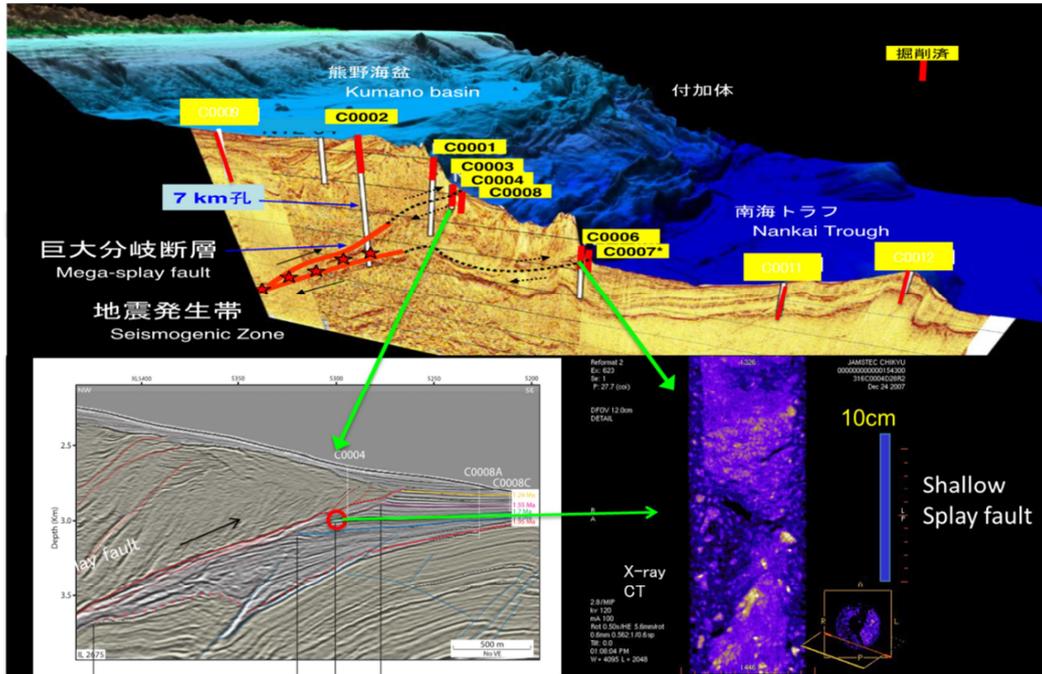


図 21 浅部掘削(C0004)による分岐断層面

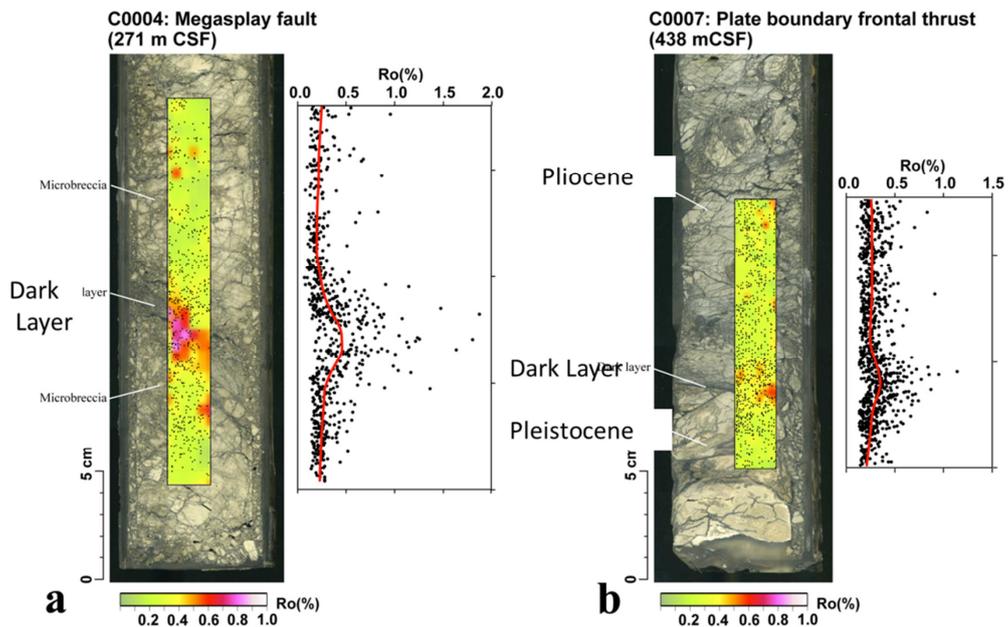


図 22 断層面の輝炭反射率変化(Sakaguchi et al., 2011)

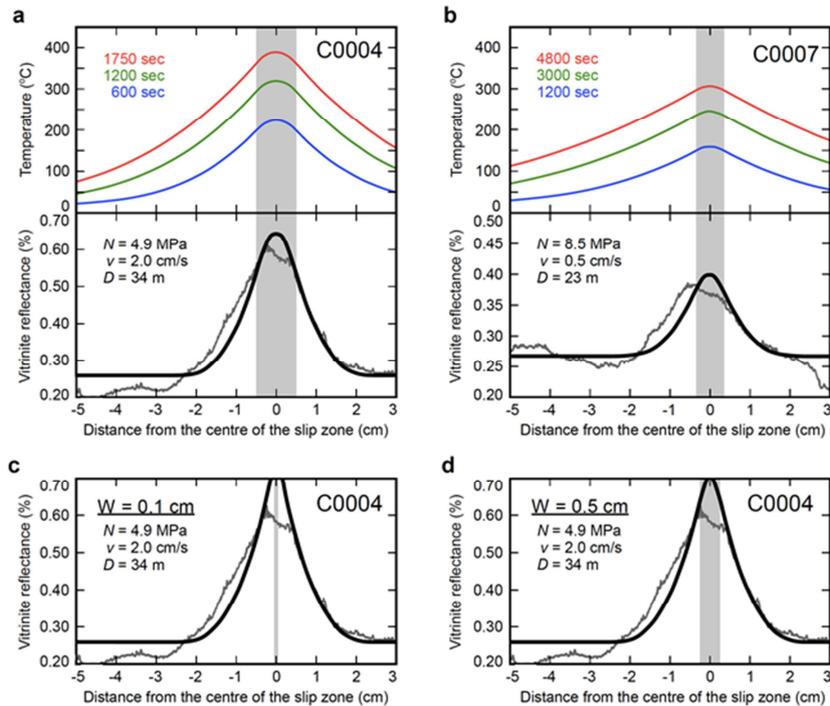


図 23 ビトリナイト反射率(温度変化)とすべり速度の関係(Hamada et al. submitted)

平成 19 年～20 年に実施された海溝部付近の掘削(C0004、C0007)では、比較的浅部の断層面を掘り抜いており、図 22 のように地層内の炭質物の破片を分析した結果、摂氏 350～400 度になっていたことが判明した。これを一定の条件下に当てはめてすべり速度を推定すると(図 23)、少なくとも見積もっても秒速 2cm 以上となり、津波を引き起こすようなすべりであったことが明らかとなった。

(4) 孔内検層による付加体内応力の推定

南海トラフ地震発生帯掘削計画では、掘削同時検層(LWD:Logging While Drilling)を本格的に科学掘削に導入しており、その解析結果から付加体内応力の方向が明らかとなった。図 24 の右図は LWD のデータを示しており、暗色となっている部分は掘削後に亀裂が生じている箇所を示している。これらを総括すると、南海トラフでは一地域の浅部を除いてすべて海溝軸と直角方向の応力が見られ、プレートの沈み込みによるひずみが付加体内全部に及んでいることが明らかとなった。

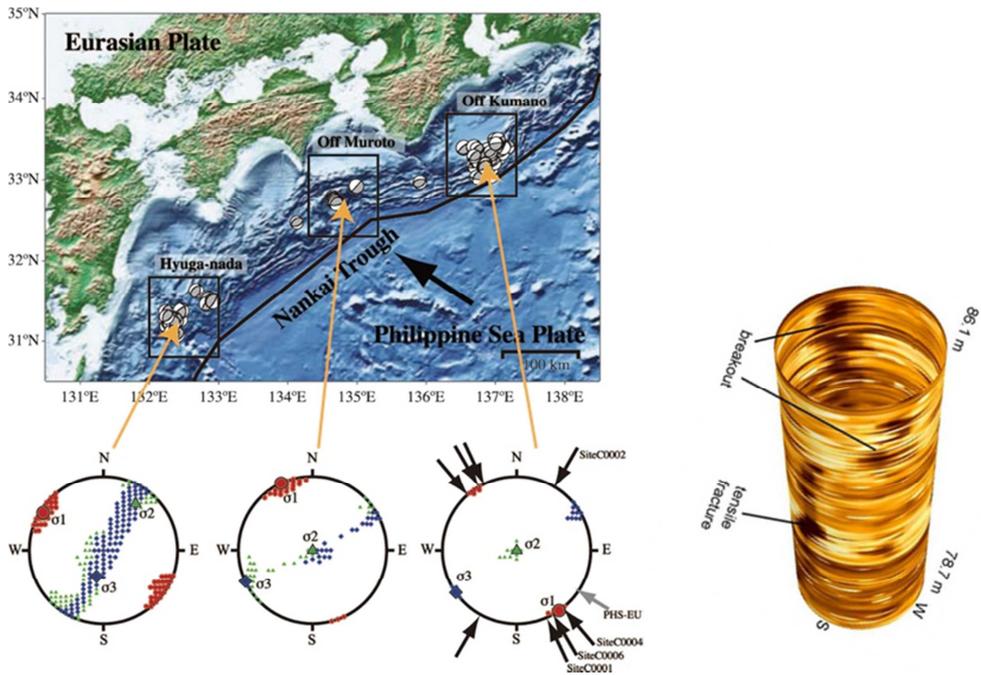


図 24 ゆっくり地震 (Ito et al., 2009) と LWD による地層内応力の方角の分析

また、孔内応力の絶対値も重要な情報であり、図 25 のように浅部では孔内応力は計算上の海水圧と地層圧の範囲内に収まっているが、深部に行くとき様々な変化をしている。巨大分岐断層部付近では実際にどのような応力状態となっているかが不明であり、それが地震発生メカニズムを解明する上で最も重要な情報となる。

具体的には、応力の調査とともに断層面の地層を採取し、物理的な破断限界を明らかにし、両者の情報から、蓄積されたひずみ応力が限界値の何割程度に達しているかを評価することが可能になると考える。

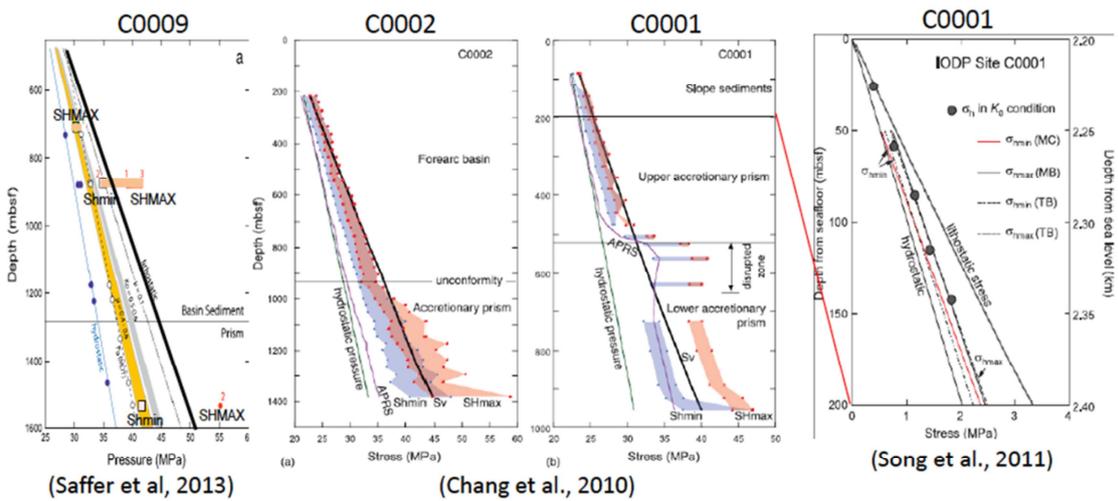


図 25 深度と孔内応力の関係

4. 地震観測の現状と展望

平成 23 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震以来、地震予知についての考え方が大きく見直されてきている。特に南海・東南海地震に関して次の 3 項目が重要であると考えられる。

(1) 階層性地震では巨大地震予知は非常に困難

従来の予知は、断層面の引っかけりである「アスペリティ」の固着域が大きければ、その崩壊には特有の現象があるとの前提に立っていた。しかしながら、すべての地震は微少なすべりが次第に大きくなるという過程を経ており、地震の階層性だけを考えた場合、どの地震が巨大地震まで達するのかを個別に判断することは困難であるという見解が一般的になりつつある。

- ・ 地震は 5 分に 1 回起きており、どれが大地震になるかを個別に判断することは困難
- ・ 予測でき得るのは地震規模ごとの発生頻度

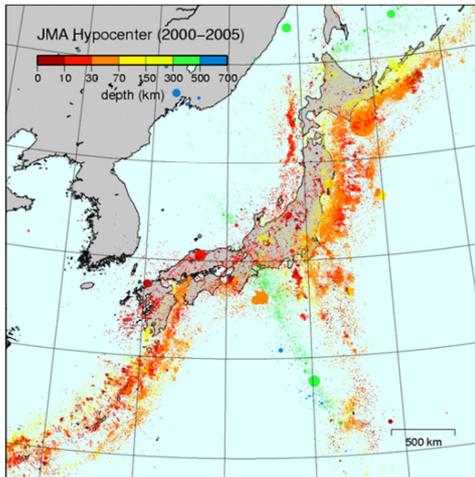
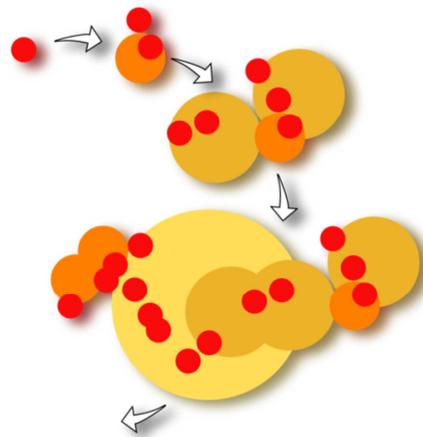


図 26 地震規模ごとの地震発生箇所



常に微少な地震から始まる

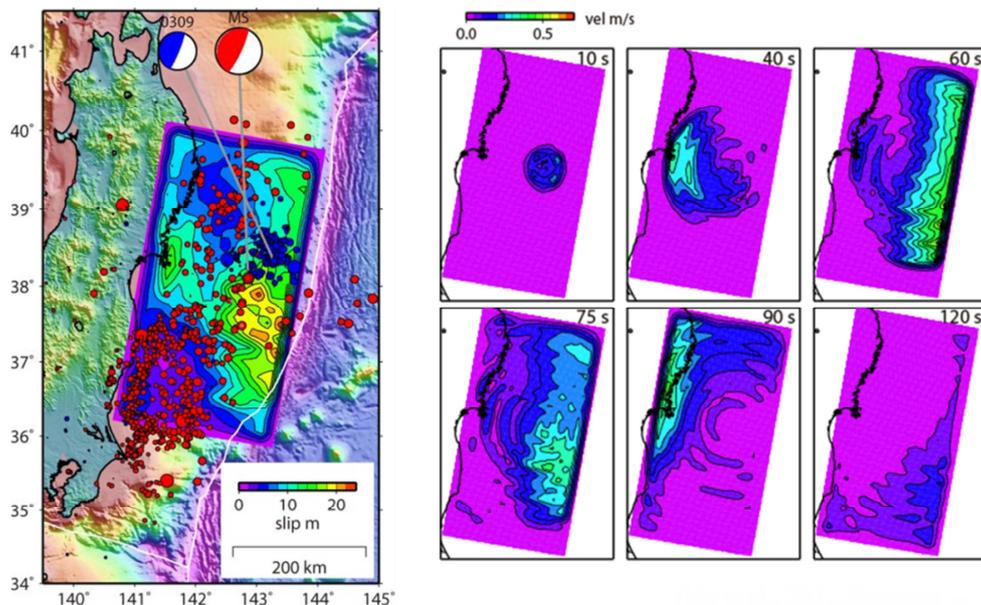


図 27 東北地方太平洋沖地震の「階層性」破壊すべり (Ide et al., 2011, Science)

