

幌延深地層研究所

ー研究トピックス①:ダクティリティインデックスと 堆積岩の地殻変動緩衝能力ー

平成28年3月7日

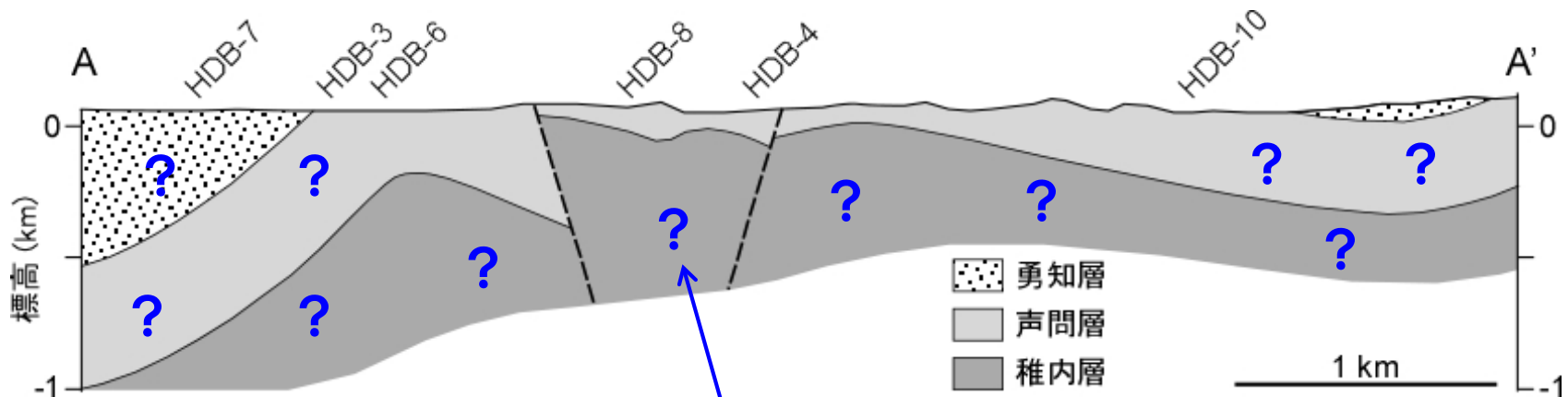
堆積岩地質環境研究グループ

堆積岩における主要な水みちと地殻変動

断層⇒堆積岩における最も代表的な水みち

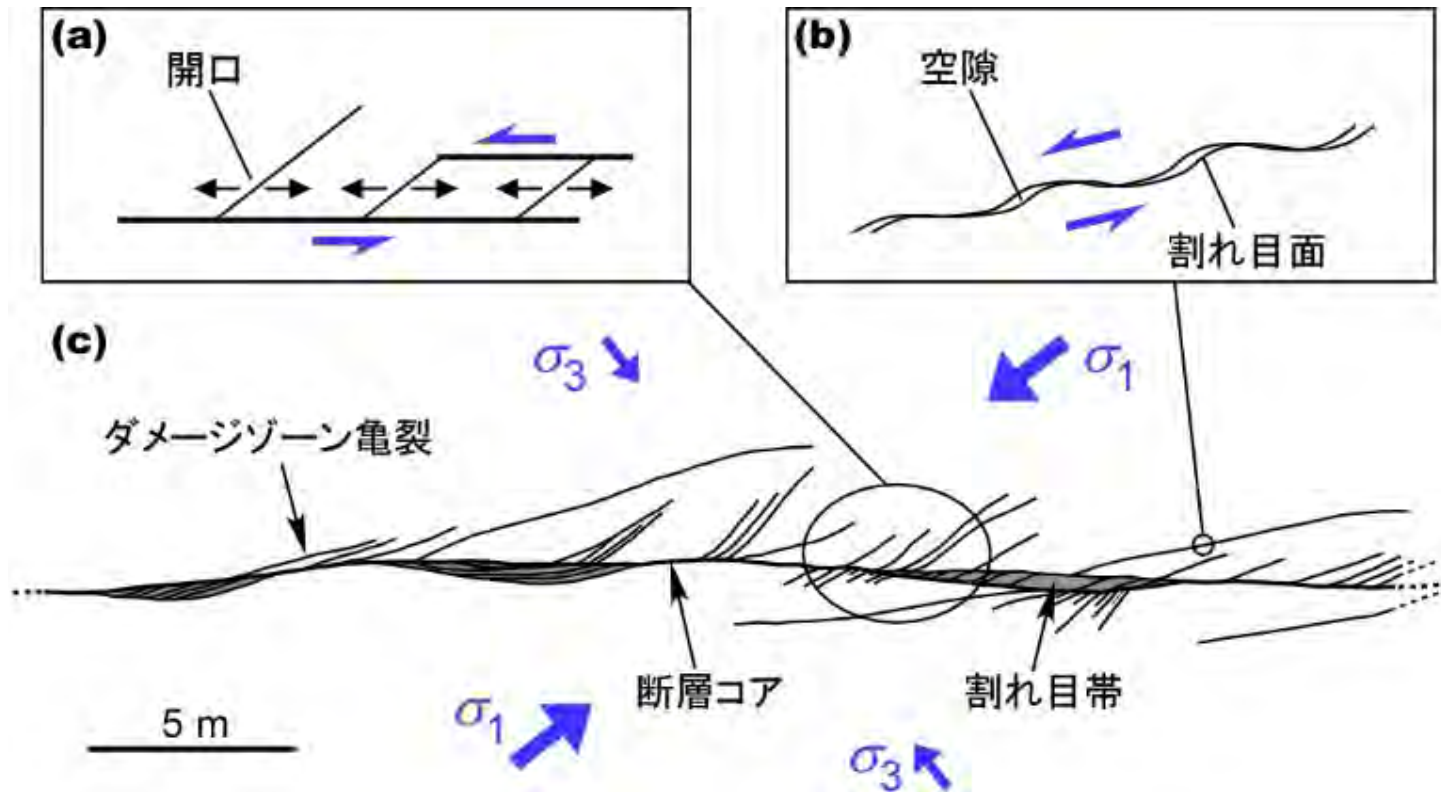
課題:

断層の透水性の推定・予測←将来的な地殻変動



地層の分布は推定できても、断層の分布や透水性の推定・予測は困難

断層の透水性をコントロールする要因



(Ishii, 2015, JGR)

断層沿いに生じる局所的なダイラタンシー

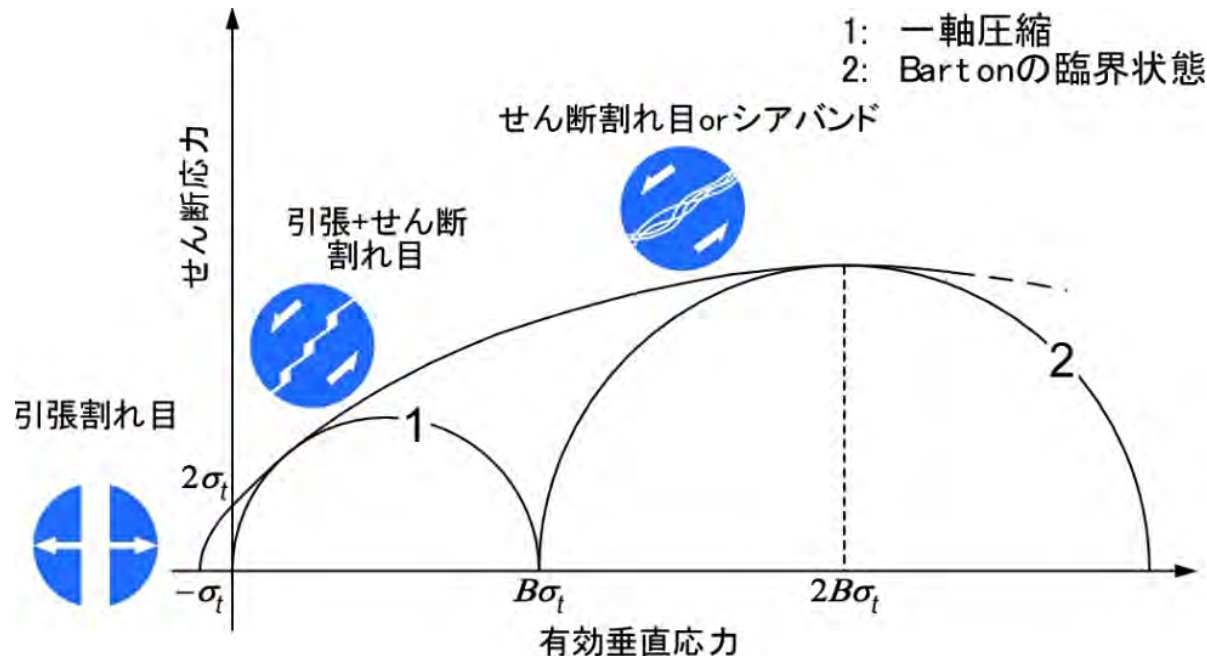
ダイラタンシーと密接に関連するパラメーター

ダクティリティインデックス(DI) (Ishii, 2015, JGR)

$$DI = \sigma'_m / \sigma_t$$
$$\sigma'_m = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2 - p$$

(σ'_m = 有効平均応力、 σ_t = 岩石の圧裂引張強度、 σ_1 = 最大主応力、 σ_3 = 最小主応力、 p = 間隙水圧)

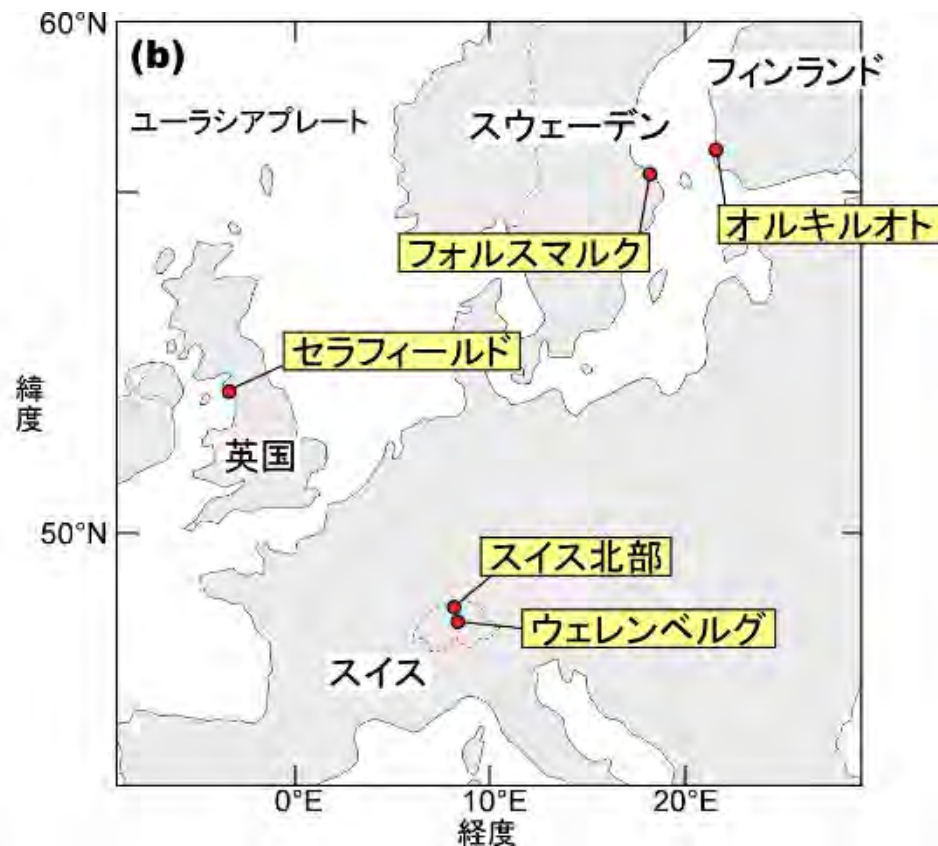
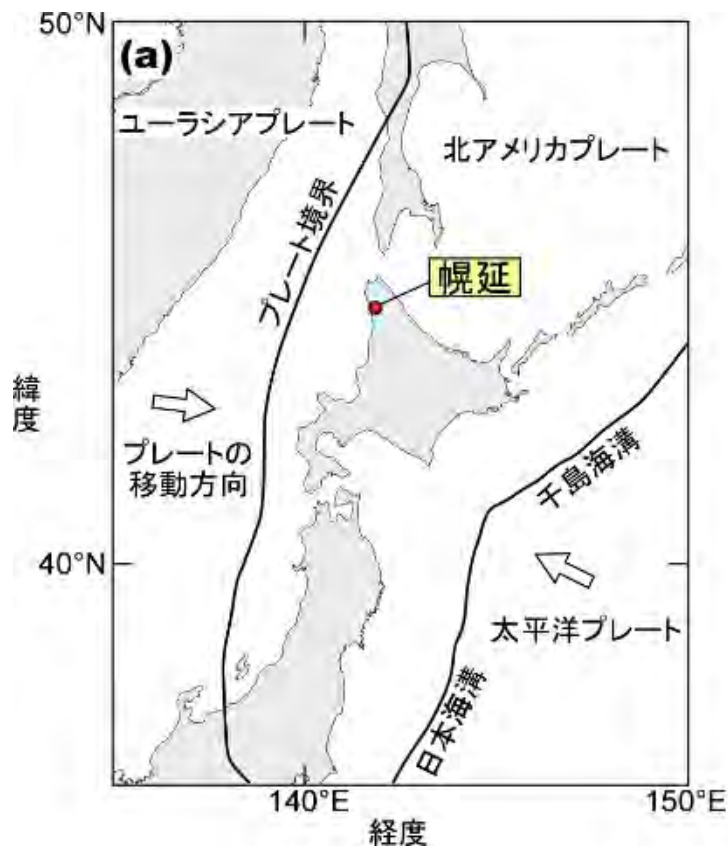
DI = 2Bの時、ダイラタンシーなし
DIが低下するにつれ、ダイラタンシーが発生



(Ishii, 2015, JGR)

Bartonの臨界応力状態(B = 一軸圧縮強度 / 引張強度)

ダクティリティインデックスの検討



DIで断層の透水性を一様に説明し得るかを6つの地域のデータを用いて検証

コンパイルしたデータの例

◆ 岩盤の応力状態

地域	応力場	平均応力 = $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ (MPa)
幌延	横ずれ／逆断層（／正断層）	0.0178D （D＝深度m）
ウェレンベルグ	横ずれ／逆断層	0.0347D
フォルスマルク	逆断層	0.05025D+4.55、0.02475D+14.75、0.033D+1.4
オルキルオト	逆断層	0.029D+6.5、0.030D+5.5、0.030D+5.4
スイス北部	横ずれ断層	0.0300D
セラフィールド	横ずれ断層	0.02555D+0.78564

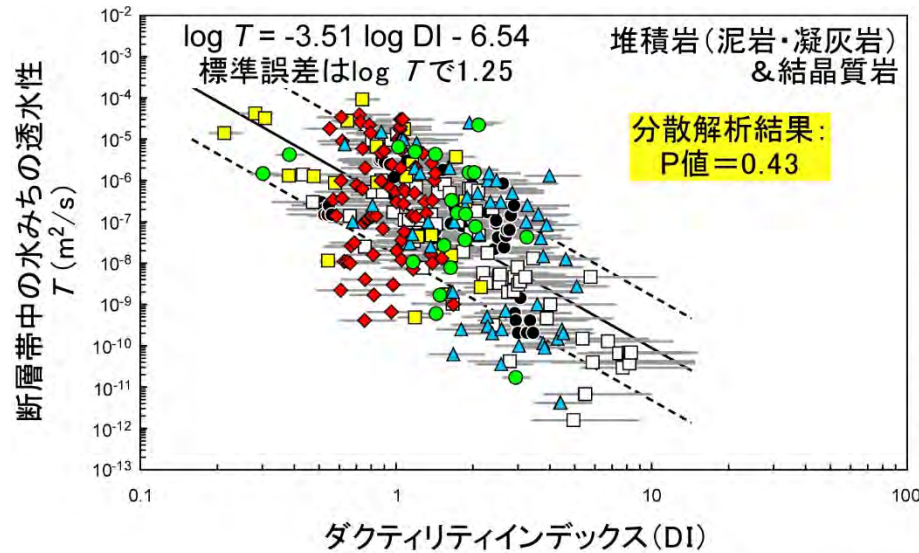
◆ 岩石の強度

地域	岩種	引張強度 (MPa)	一軸圧縮強度 (MPa)
幌延	珪質泥岩	2.2±1.0、1.8±0.7、1.5±0.6	22.4±5.4、22.4±5.4、13.6±2.6
ウェレンベルグ	石灰質泥岩	3.6±1.6、4.1±1.9	57.0±28.3、65.4±39.8
フォルスマルク	花崗岩	13±2、14±2、18±1、15±1	226±29、220±13、236±12、373±20
オルキルオト	片麻岩	12.1±2.9	108±26
スイス北部	花崗岩／片麻岩	8.1±2.0	149.4±25.3
セラフィールド	凝灰岩／砂岩	8.2±1.0／4.6±0.6	129.2±20.8／73.5±15.7

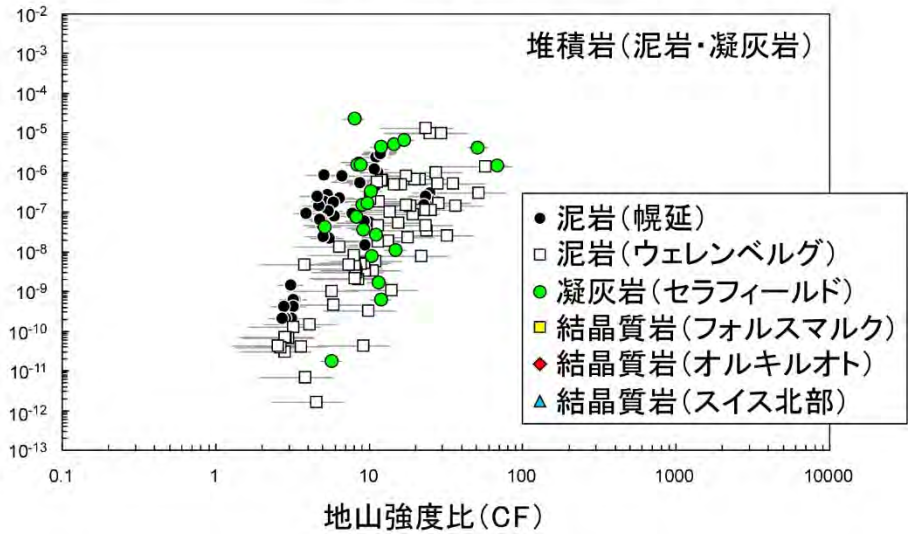
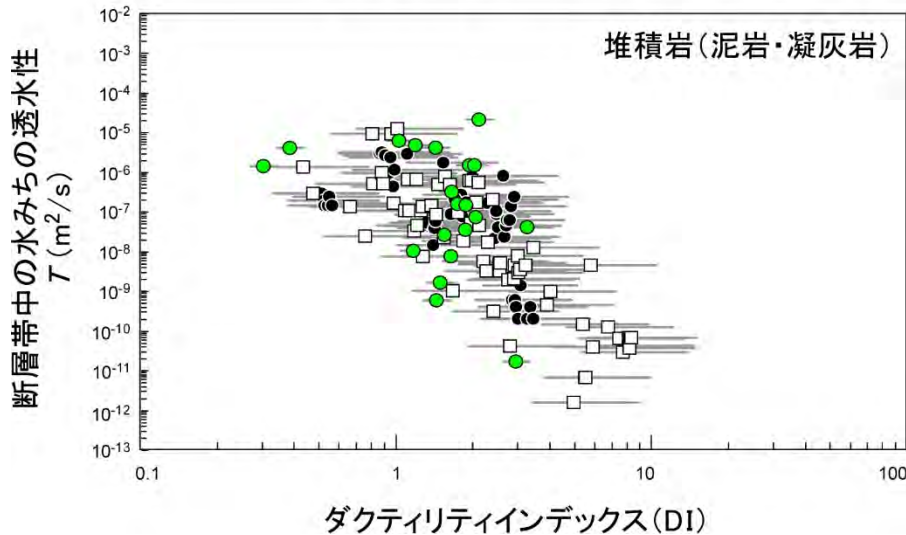
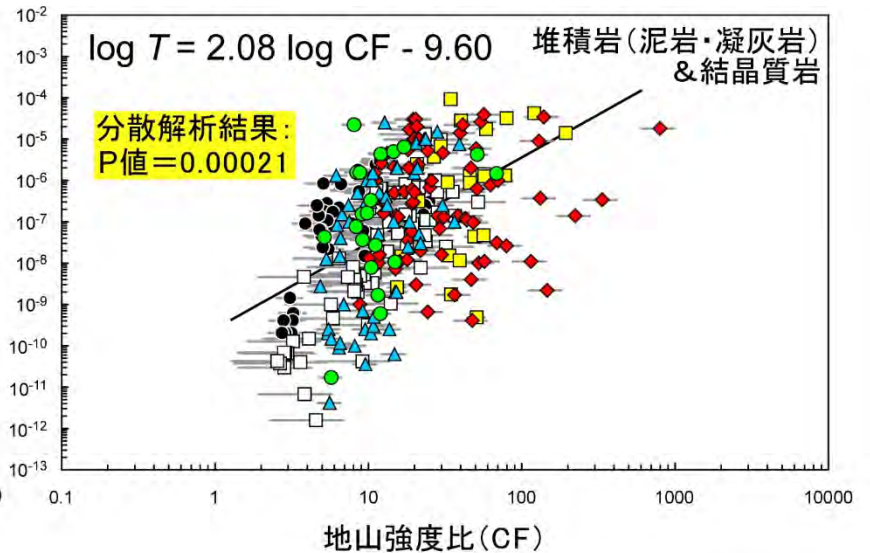
(Ishii, 2015, JGR)

検証結果

ダクティリティインデックス



地山強度比 (参考)

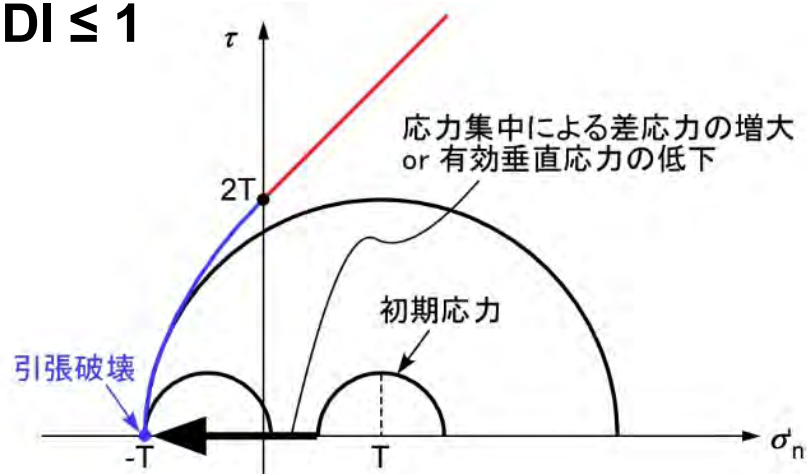


DIにより断層の透水性を説明可能

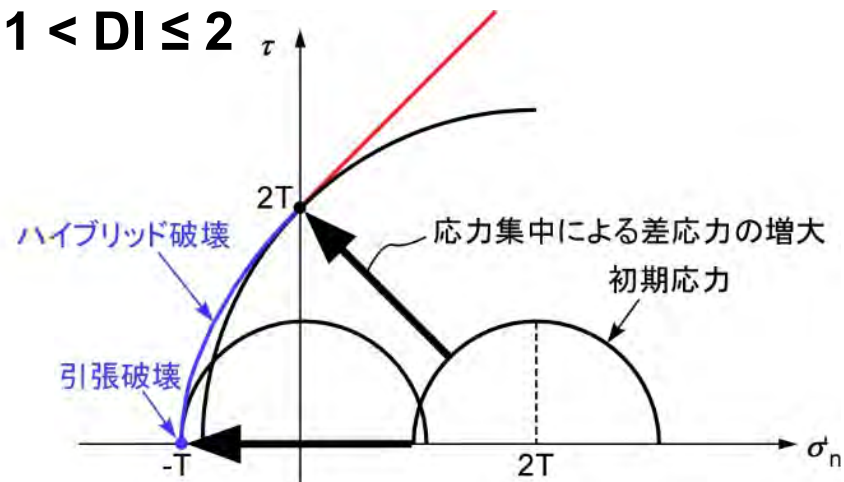
(データ引用元: Ishii, 2015, JGR)

DIとグリフィスクーロン破壊基準との対応付け

$DI \leq 1$

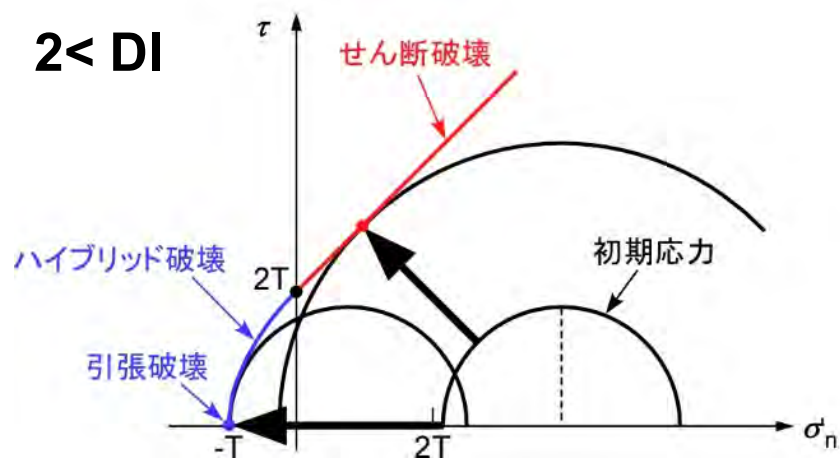


$1 < DI \leq 2$



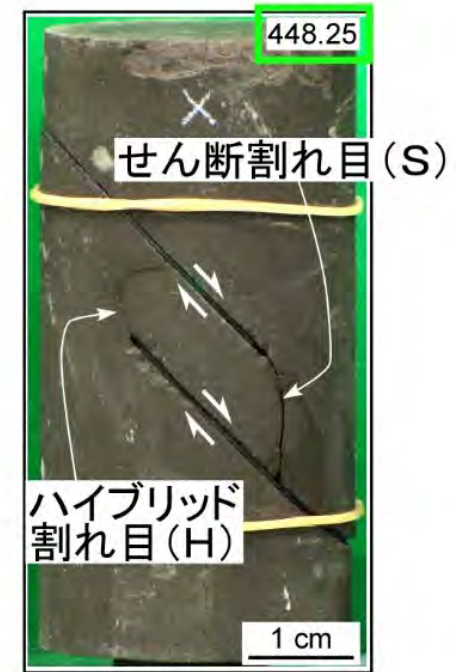
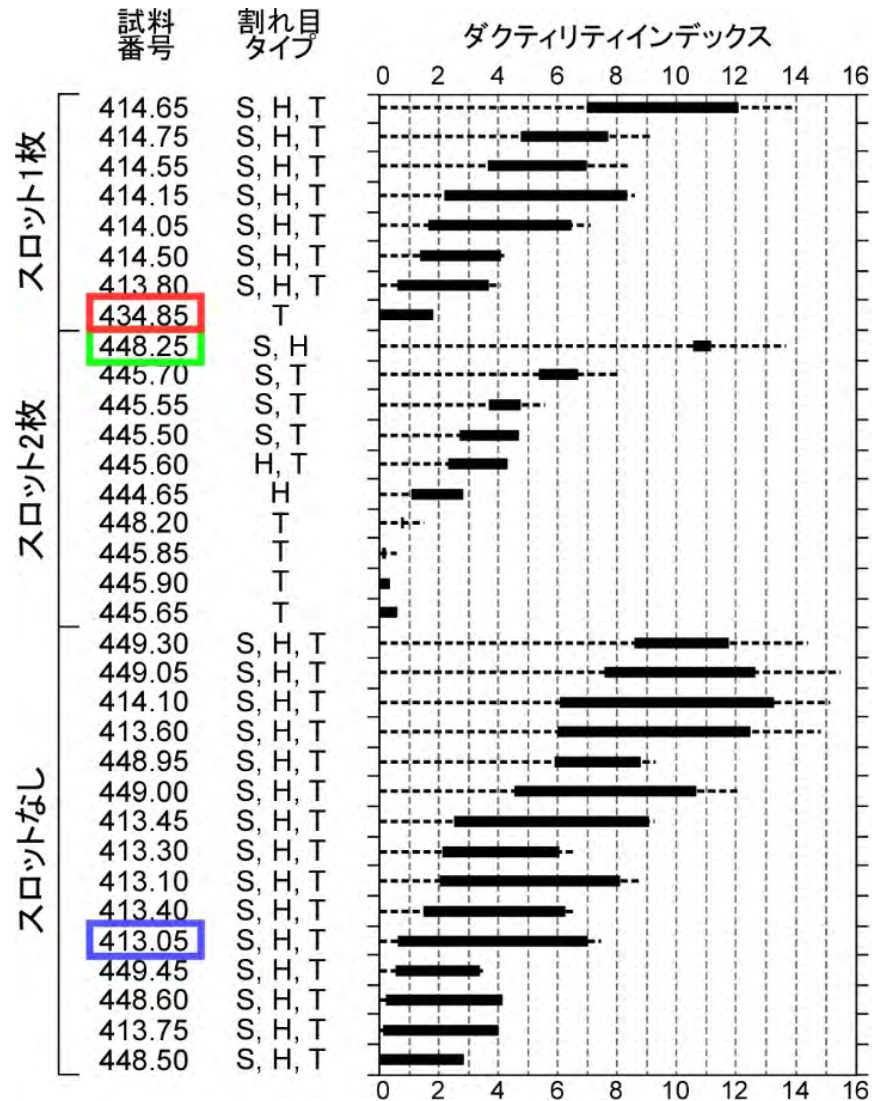
(Ishii, 2016, JGR)

$2 < DI$



DIに応じて断層沿いの亀裂の破壊モードが変化するモデル

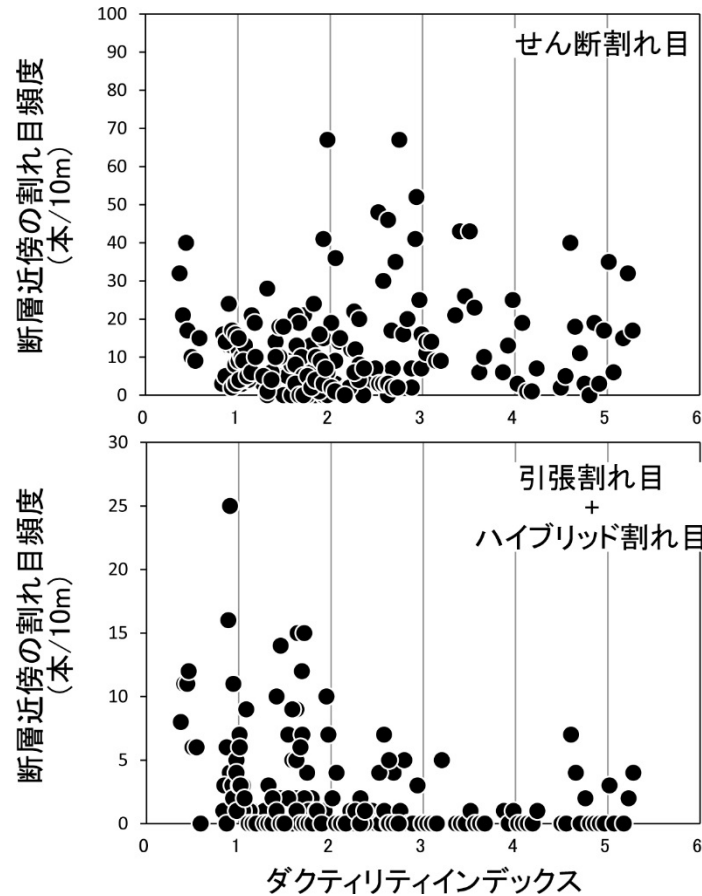
三軸・一軸圧縮試験によるDIと破壊モードの関係の検証



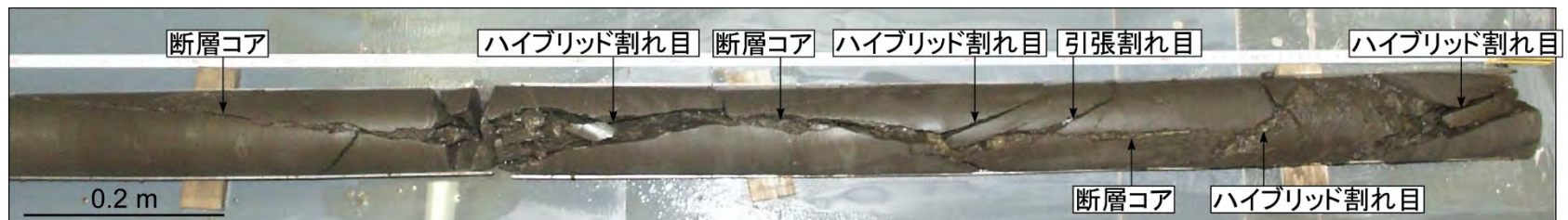
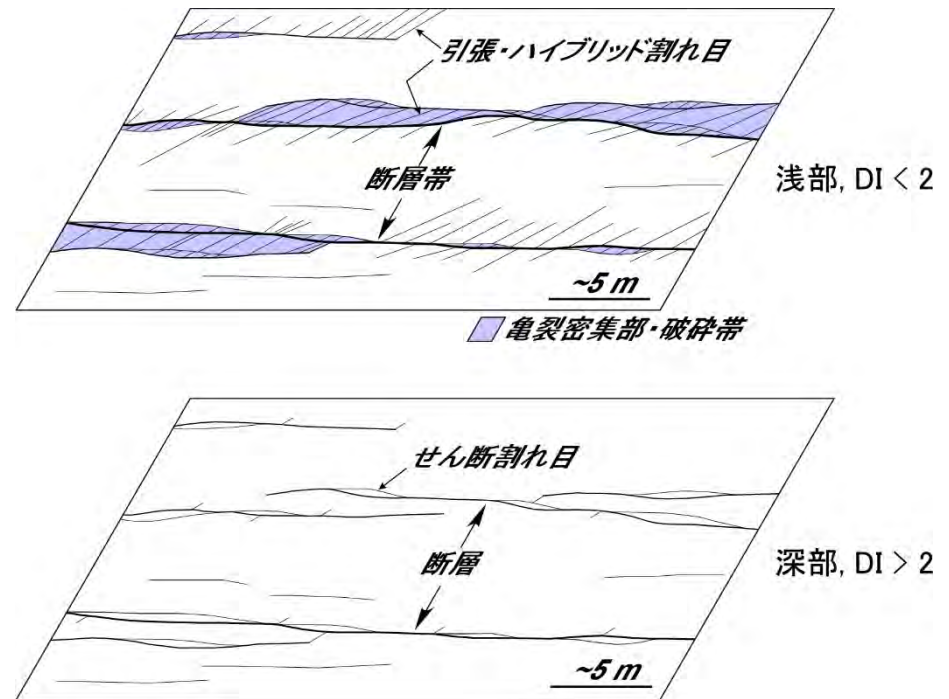
(Ishii, 2016, JGR)

提案するモデルと整合的

天然の割れ目観察によるDIと破壊モードの関係の検証



提案するモデルと整合的



(Ishii, 2016, JGR)

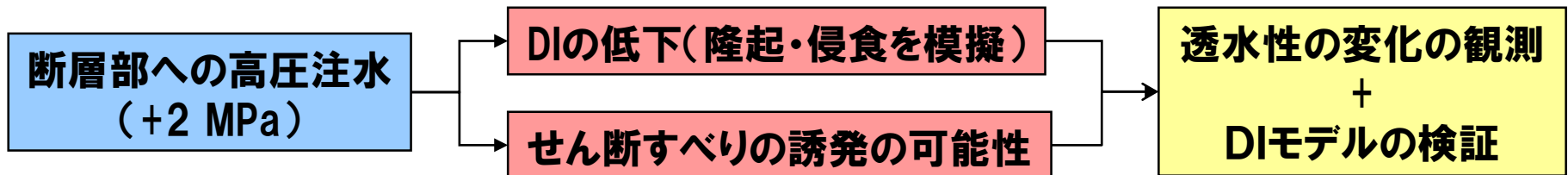
DIを用いた堆積岩の地殻変動緩衝能力の検証

- ◆ 断層の透水性はDIに依存
- ◆ DIは断層沿いの破壊モードとも密接に関連
- ◆ DIは平均有効応力と引張強度より定義され、時空間分布の予測が可能

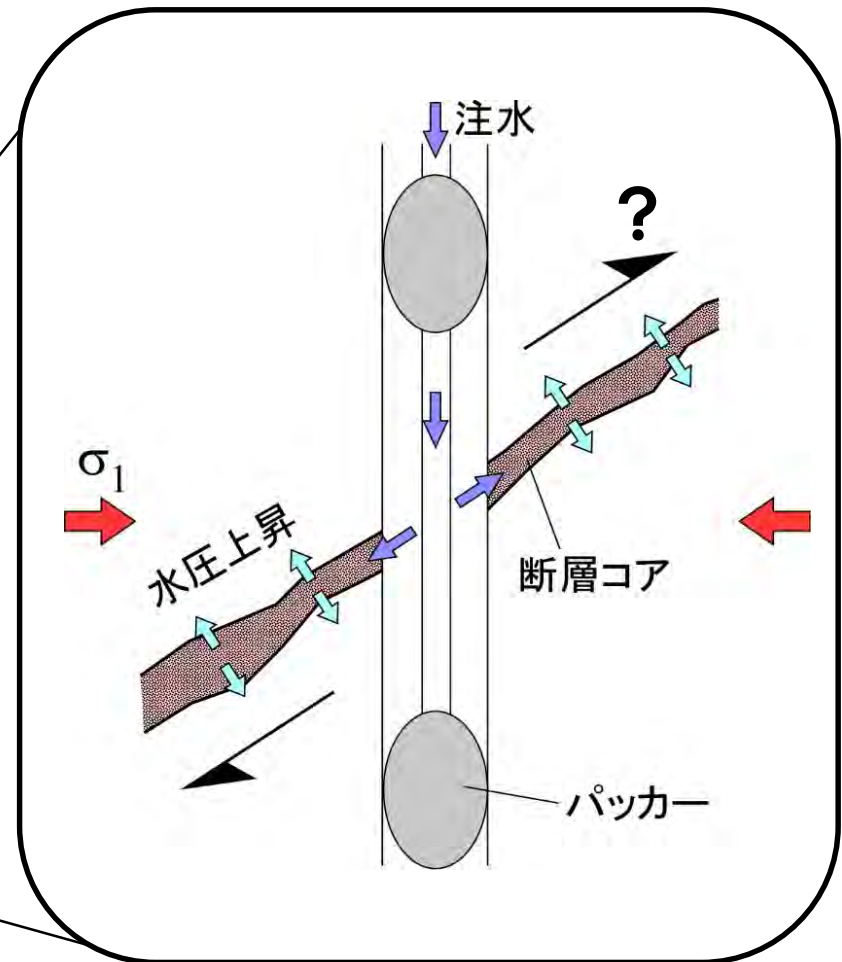
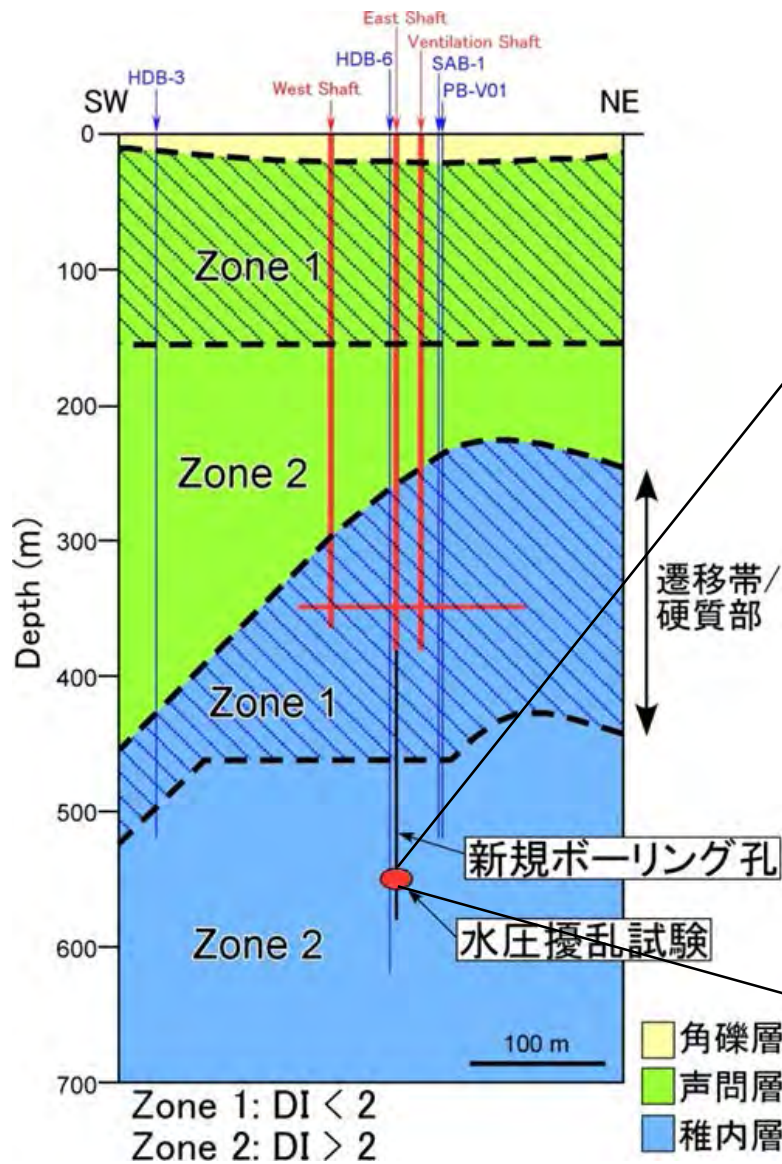
DIモデルの用途

- 概要調査段階における高透水断層の潜在領域の特定
- 変動シナリオにおける断層の透水性の合理的な設定

◆ 断層部を対象とした水圧擾乱試験によるDIモデルの検証



断層部を対象とした水圧擾乱試験の概要(1/4)



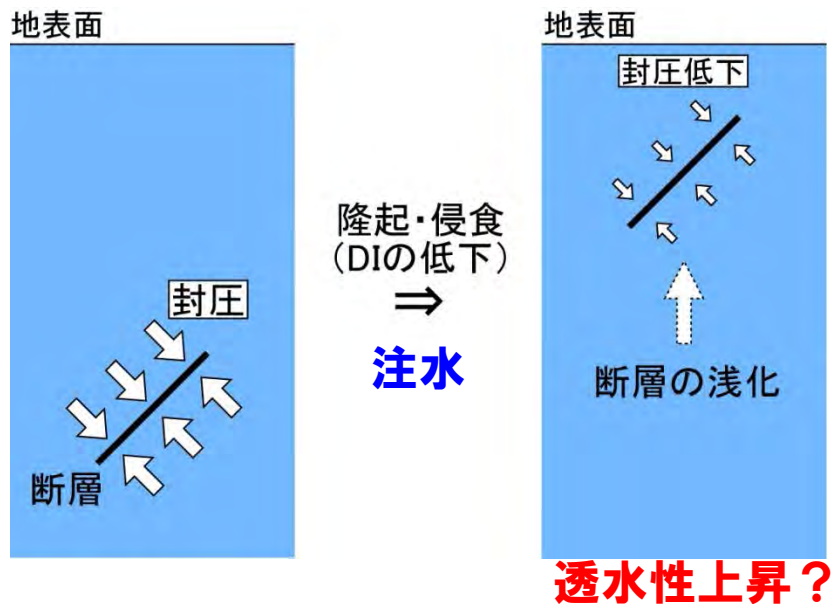
断層部への高圧注水

断層部を対象とした水圧擾乱試験の概要(2/4)

◆ 高圧注水の意味

断層部への高圧注水(+2 MPa)

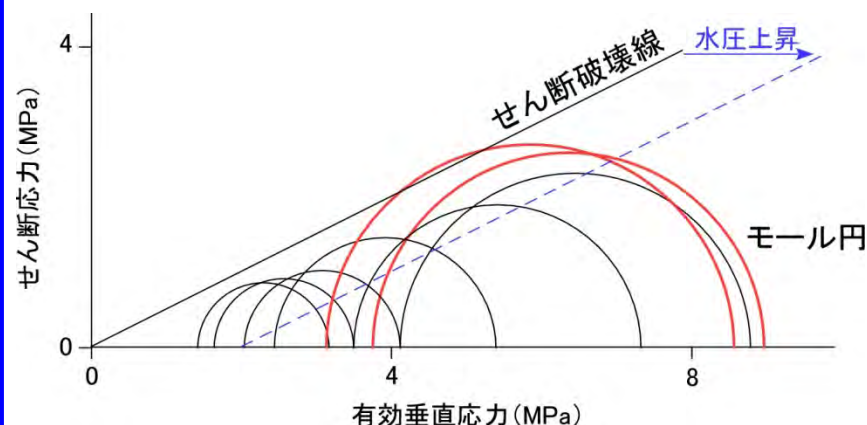
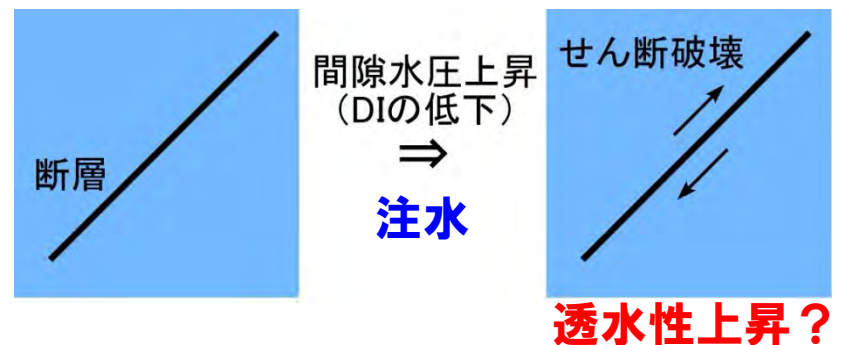
DIの低下(隆起・侵食を模擬)



+2 MPaの水圧上昇は256 m分の隆起・侵食に相当

$$\sigma'_m = 0.0078 * D \quad (D: \text{深度m}) \quad \text{静水圧条件}$$

せん断すべりの誘発の可能性

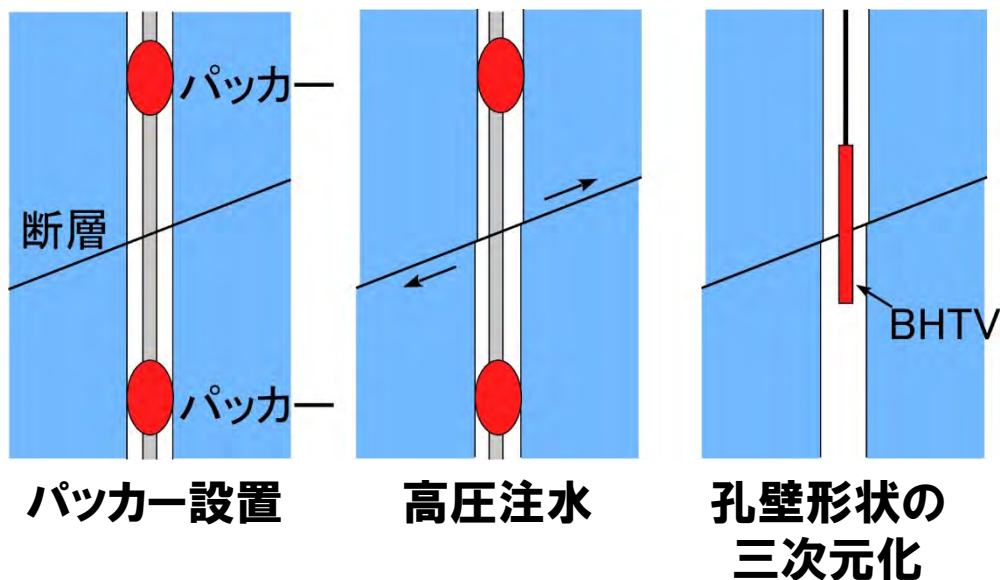


摩擦係数0.5を仮定

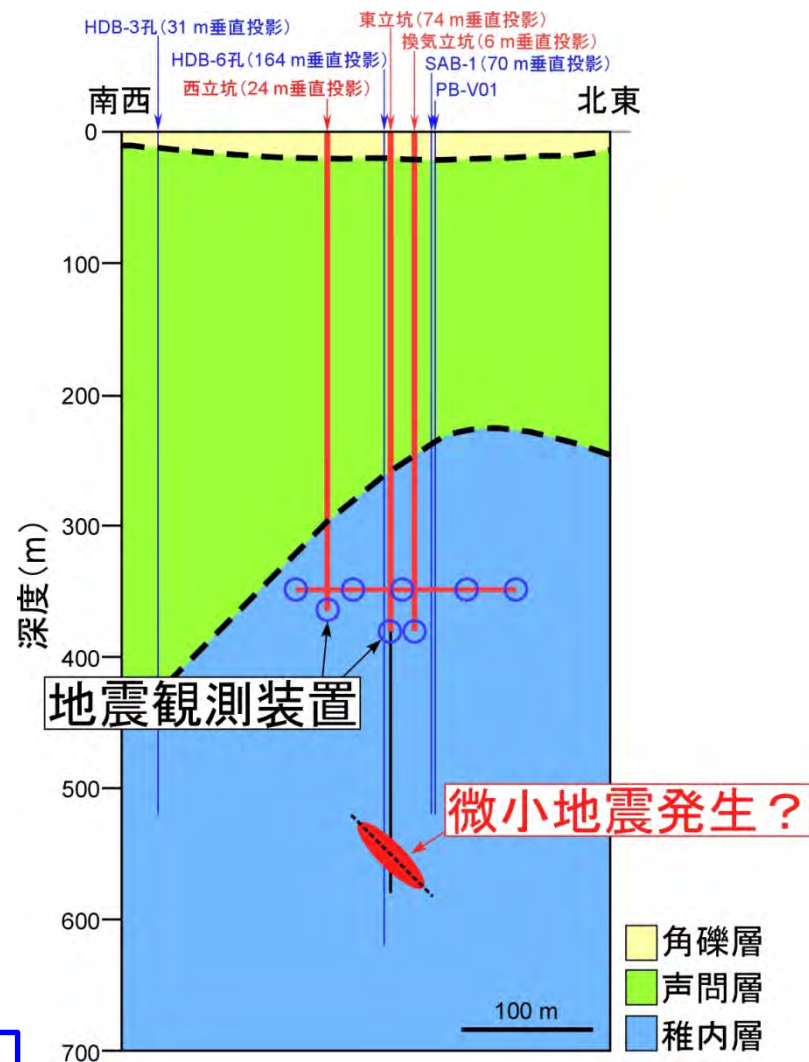
断層部を対象とした水圧擾乱試験の概要(3/4)

◆ せん断破壊の確認

超音波型孔壁画像検層 (BHTV)

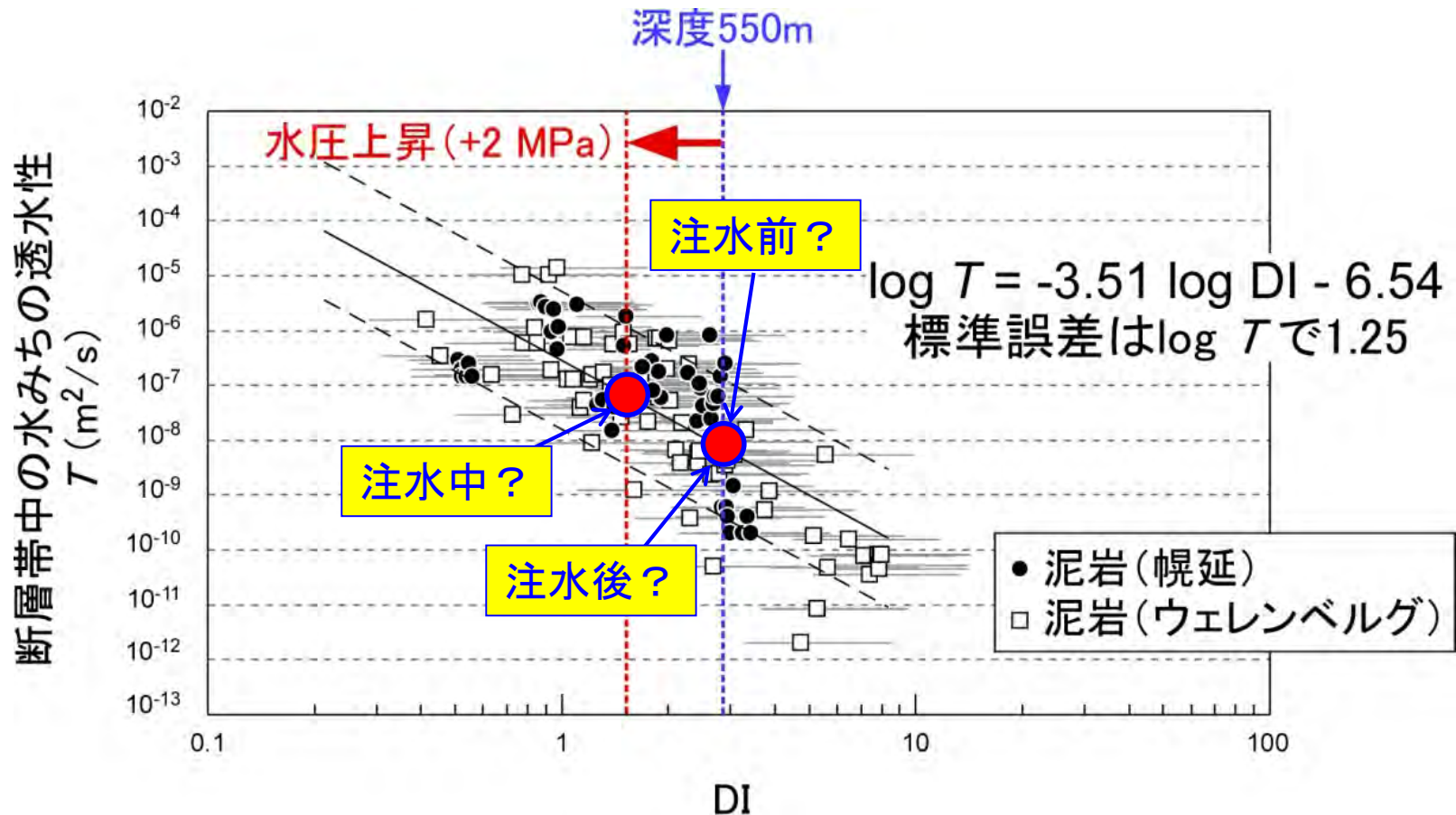


微小地震モニタリング



断層部を対象とした水圧擾乱試験の概要(4/4)

◆ DIモデルの検証



断層の透水性がDIモデルの予測の範囲内に収まるかを確認