

## 野島断層 500 m 孔掘削コアに見られる断層ガウジ帯の組織解析

### Texture analysis of the fault gouge zone in a 500 m drill core penetrating the Nojima fault

小坂和夫\*・市川果奈\*\*

Kazuo Kosaka\* and Kana Ichikawa\*\*

2001 年 5 月 18 日受付.

\* 日本大学文理学部地球システム科学科

Department of Geosystem Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University, Tokyo 156-8550, Japan

\*\* 日本大学大学院理工学研究科（現在：(株)CRC 総合研究所）

Graduate School of Science and Engineering, Nihon University, Tokyo 156-8550, Japan

**Key words :** Nojima fault, fault gouge, texture

#### はじめに

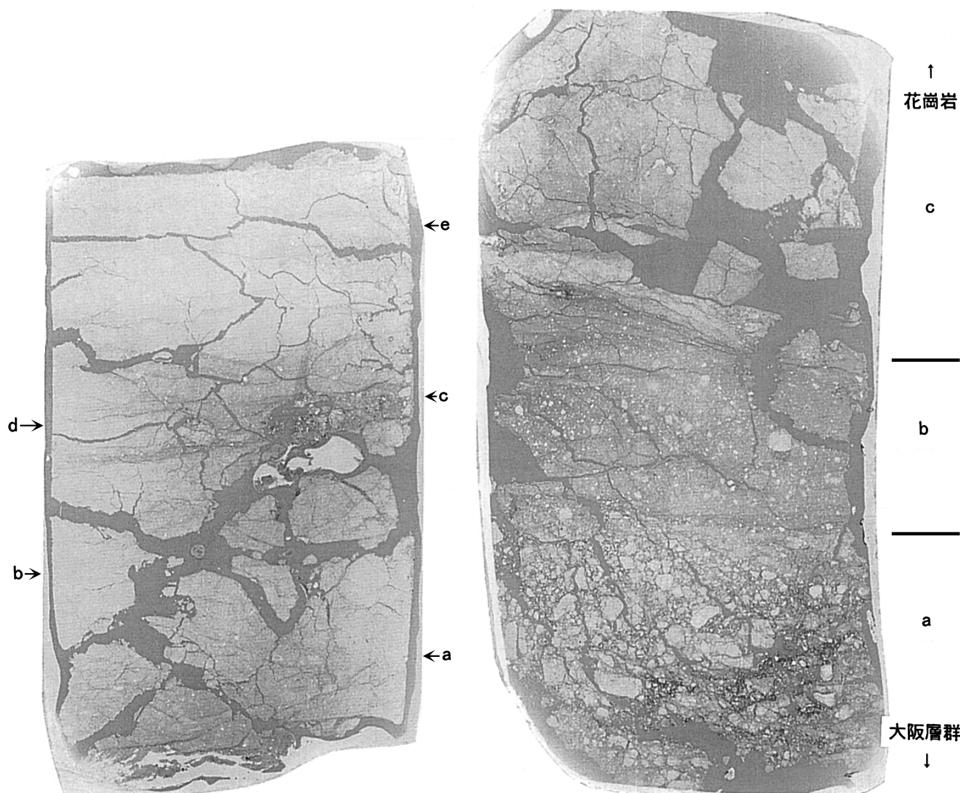
1995 年 1 月 17 日兵庫県南部地震 (M 7.2) の際, 既存の野島断層および撓曲構造沿いに総延長 18 km の

地表地震断層が現れた (Lin and Uda, 1996). 地震後, 大学断層解剖計画グループにより, 淡路島北淡町富島でこの断層を地下で貫くボーリング調査が 3 箇所で行なわれた (安藤ほか, 1998). このうち, 500 m 孔の掘削コア (村田ほか, 1998) の掘削深度 389.4 m に現れた断層ガウジ帯について, その産状と組織構造に関する報告が林ほか (1999) によってなされ, 地震時の断層破碎帯の変形機構や断層運動のメカニズムなどの解明に重要な情報が得られるものと期待されている. 本報告では, 林ほか (1999) に述べられている断層ガウジ試料から薄片をつくり, 数 mm 幅の層ごとに石英・長石粒の粒径分布, 円磨度, およびフラクタル次元を測定した結果を示す. このコア試料の記載は林ほか (1999) によりなされている.

#### 解析方法と解析結果

1 回目, 2 回目ボーリングによるコア試料の掘削深度 389.5 m, 389.4 m の断層ガウジ帯の一部から, 薄片 No. 1, No. 2 を作成し, 粒径の大きさや色の違いから, 薄片 No. 1 については内部領域に a, b, c, d, e, 薄片 No. 2 については内部領域に a, b, c と符号をつけた (第 1 図).

1. 粒径分布 : 偏光顕微鏡 (対物レンズ ×40, 接眼レンズ ×2.5) でネガフィルムに撮影した写真を 3 倍程度



第 1 図 野島断層 500 m 孔掘削コアの断層ガウジ帯の薄片写真 (オープンニコル. 薄片の幅は両者共 30 mm). 左側: 1 回目ボーリング. 右側: 2 回目ボーリング.

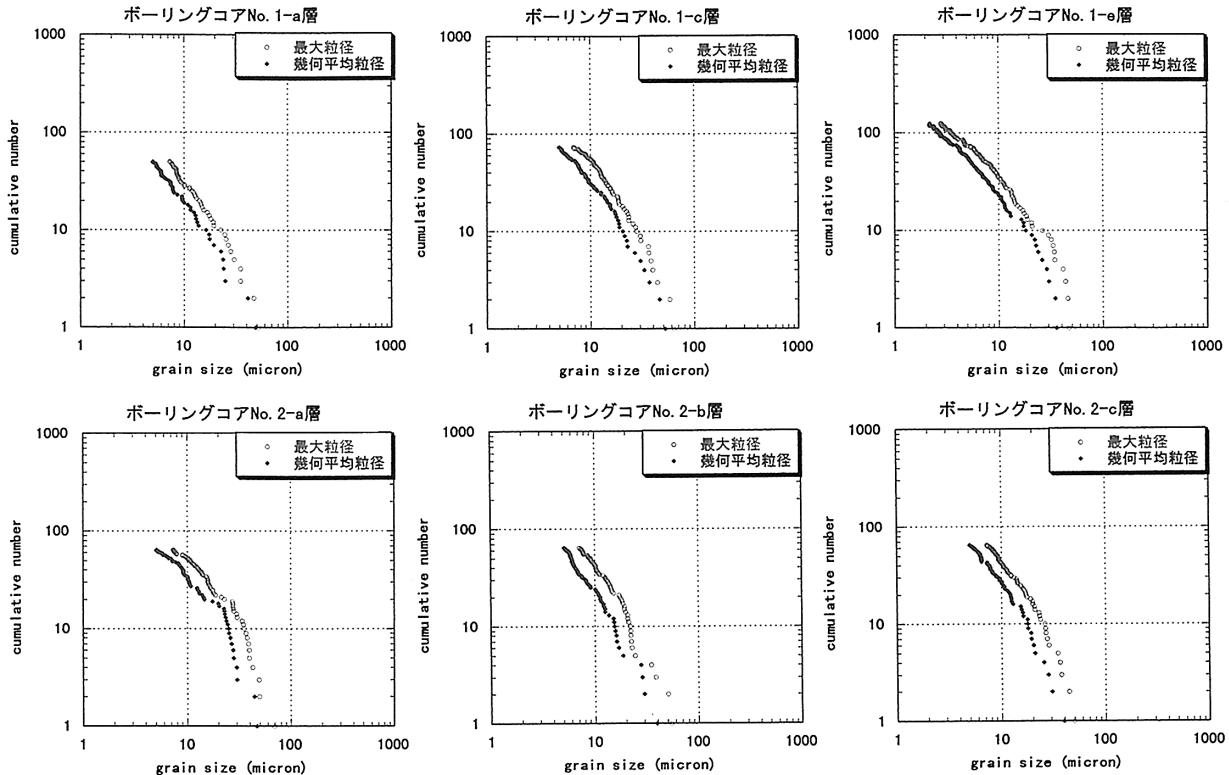
で印画紙に焼きつけ、それをトレースし、画像解析ソフト（NIH image）を用いて粒径分布を求めた。粒子に外接する楕円の長軸を最大粒径（A）とし、楕円の短軸を最小粒径（B）とする。最大粒径と幾何平均粒径（ $\sqrt{AB}$ ）とを求める。測定結果は両対数グラフ上に累積頻度図で示した（第2図）。写真上幾何平均粒径が5  $\mu\text{m}$  以上の全ての石英・長石粒について粒径測定を行った。その結果、石英・長石粒径分布曲線は、10  $\mu\text{m}$  以下のサイズにおいても傾きを変えずに直線に近い形を示す（第2図）。

**2. 円磨度：**粒径分布の測定で用いたトレースを用いて Wadell (1932) の方法で測定した。測定の誤差を最小限にするため、同画面内にある最大粒径 20  $\mu\text{m}$  以上の全ての石英・長石粒を測定した。円磨度印象図 (Krambein, 1941) を用いて破片または粒子の形状と見比べて円磨度を求めるこどもでき（林, 1997），この方法も用いた。その結果は 0.1~0.4 という低い円磨度を示す（第3図）。

**3. フラクタル次元：**石英・長石粒の面積と周囲長とを両対数グラフ上にプロットすると、グラフ上で点が直線状に並ぶ（第4図）。このことは石英・長石粒が面積と周囲長との関係に関してフラクタルであることを示している（高安, 1986）。粒の面積と周囲長との間の関係式；

$$(\text{面積})^{1/2} \propto (\text{周囲長})^{1/D}$$

にしたがって、フラクタル次元  $D$  を求めた。具体的に



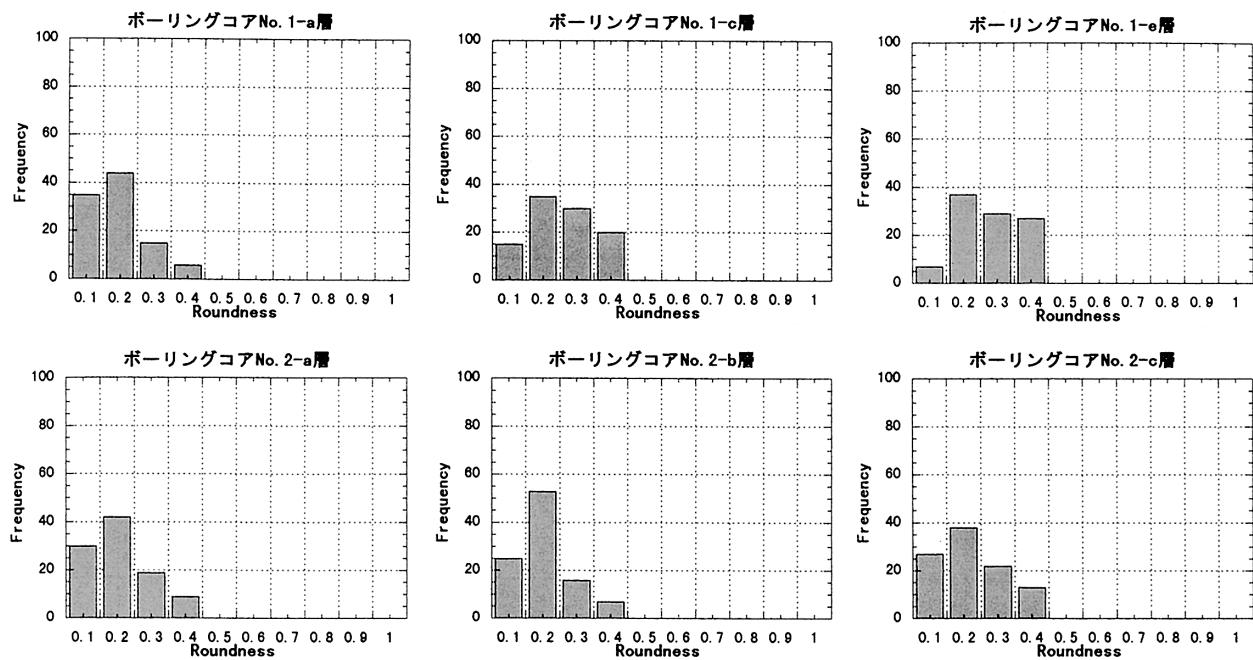
第2図 石英・長石粒の粒径分布。

は、石英・長石粒の面積と周囲長とを両対数グラフ上にプロットし、その傾きを2倍してフラクタル次元  $D$  を求めた（マンデルブロ, 1982；高安, 1986）。その結果、1.09~1.14 というフラクタル次元が得られた。

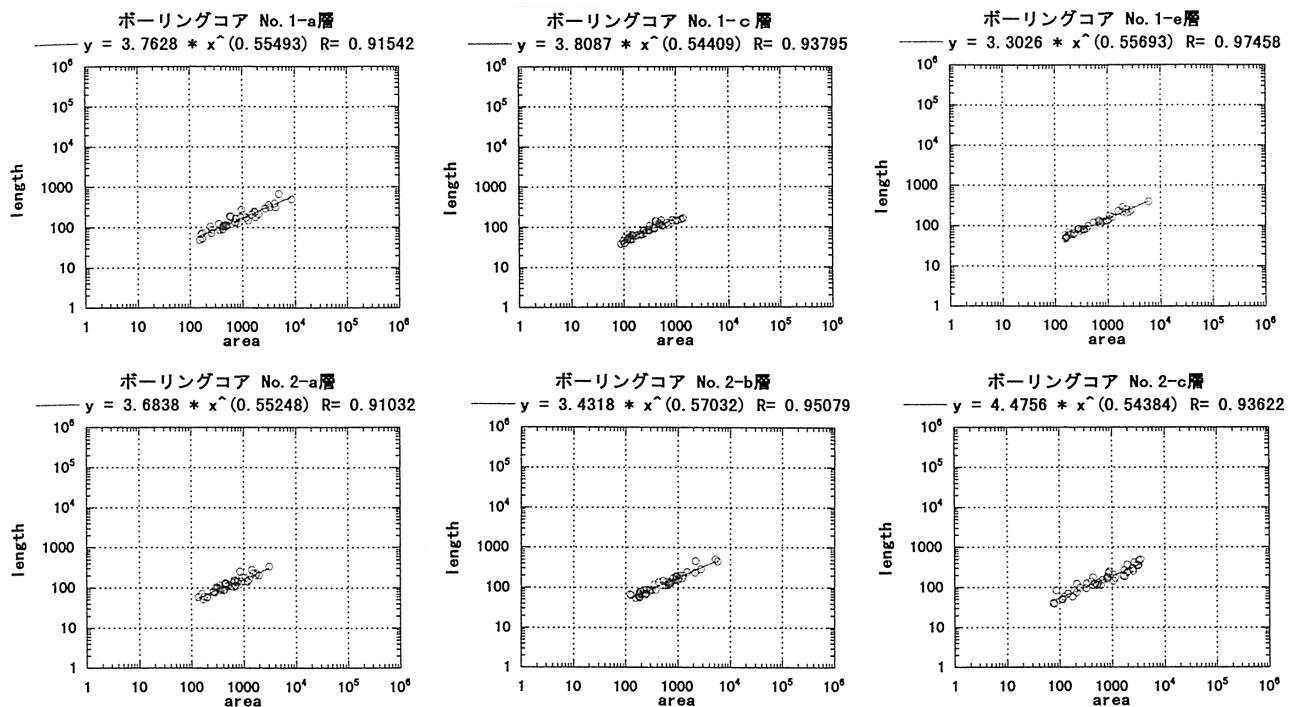
### 解析結果の解釈

**1. 粒径分布：**野島断層の地表ガウジ試料では、20ないし 10  $\mu\text{m}$  以下の細粒領域で、石英・長石粒径分布曲線の傾きがほぼ 0 (= 水平) となり、それより小さい石英・長石粒がほとんど含まれていないことを示しているものがある（市川, 1999MS）。これは、10  $\mu\text{m}$  以下の大きさの石英・長石粒の消失を示すと考えられ、摩擦熱による溶融あるいは時間の経過による溶食を示唆している。これとは対照的に、この掘削コア試料中の野島断層ガウジ帯の薄片 No. 1, 2 は細粒域においても直線に近い石英・長石粒径分布曲線を示し、10  $\mu\text{m}$  以下の細粒の粒子の存在を示している。このことは、粉碎起源の断層岩でしかも粉碎後の時間の経過が短いことを示唆している。

**2. 円磨度：**野島断層の地表ガウジ試料では、石英・長石粒は 0.4~0.9 の円磨度を示し、溶融あるいは溶食の進行を示していると考えられるものがある（市川, 1999 MS）。一方、薄片 No. 1, 2 中の石英・長石粒の 0.1~0.4 という低い円磨度は、粉碎起源の断層岩でしかも粉碎後の時間の経過が短いことを示している。



第3図 石英・長石粒の円磨度。



第4図 石英・長石粒の面積と周囲長との関係。

3. フラクタル次元：本解析で求めたフラクタル次元Dは、その値が小さいほど石英・長石粒の表面（周囲）がなめらかであり溶融あるいは溶食が進行していることを示し、大きいほど表面（周囲）はなめらかさに欠け複雑な形態であることを示している。従って、この

場合のフラクタル次元Dは値が大きいほど破壊面の複雑な形状が残されていることを示しており、溶融あるいは溶食が進行していないことを示している（注：対象のサイズが異なるため、走査型電子顕微鏡による観察の場合と逆である）。野島断層の地表ガウジ試料

では 1.00～1.03 のフラクタル次元を示すガウジがあるが（市川, 1999MS），薄片 No. 1, 2 は 1.09～1.14 という比較的高いフラクタル次元を示しており，このことも粉碎起源の断層岩でしかも粉碎後の時間の経過が短いことを示している。

### 結論

石英・長石粒に関する以上の 3 種の解析結果はいずれも，野島断層 500 m 孔掘削コアに見られる断層ガウジ帶ではフォリエーションのどの部分も粉碎起源でしかも粉碎後の時間の経過が短いことを示している。しかも，2 本目のコア試料の ESR 測定から，断層面を中心として数 mm 幅のところで温度が上昇したことが報告されており（福地, 1998），この温度上昇で示されるスリップゾーン（slip zone）は，薄片 No. 2 の b 層にあたることが分かっている。野島断層の地表ガウジ試料の解析に基づいて，数 mm のスリップゾーンの 1 層 1 層が 1 回または複数回の地震断層イベントを記録していることが示されている（重富・林, 1999）。断層ガウジ帶のフォリエーションの一層一層が異なる活動の歴史を示していることは他の場所でも知られている（Kosaka & Sawada, 1985）。

以上をまとめると，野島断層 500 m 孔掘削コアに見られる断層ガウジ帶は，組織解析に基づいてどの部分の層も粉碎起源でしかも粉碎後の時間の経過が短いことが知られ，さらに ESR 測定に基づいてその中の 1 層のスリップゾーンで断層変位に伴う摩擦熱の影響が兵庫県南部地震の時にあったと考えられる。

**付記：**コア試料薄片 No. 1 および No. 2 は「断層解剖計画」の試料として日本大学文理学部地球システム科学科地質科学研究室に保管されています（薄片番号：1050, 1051）。

### 文献

安藤雅孝・島崎邦彦・竹村恵二, 1998, 総論；断層解剖計画. 月刊地球. 号外 21, 6-12.  
福地龍郎, 1998, ESR 解析による断層熱現象の解明：

- 総説. 構造地質研究会 1998 冬の例会講演要旨集, 21-22.
- 市川果奈, 1999MS, 野島地震断層の断層ガウジ解析. 日本大学大学院理工学研究科地理学専攻修士論文.
- Kosaka, K. and Sawada, S., 1985, Fault gouge analysis and ESR dating of the Tsurukawa fault, west of Tokyo : Significance of minute sampling. Ikeya, M. and T. Miki (eds.), *ESR dating and dosimetry*, Ionics Publ., Co. Ltd., Tokyo, 257-266.
- Krambein, W.C., 1941, Measurement and geologic significance of shape and roundness of sedimentary particles. *J. Sed. Petrol.*, **11**, 64-72.
- 林 愛明, 1997, シュードタキライトに含まれる破片の円磨度—摩擦溶融起源の証拠として—. 構造地質, no. 42, 69-76.
- 林 愛明・福地龍郎・長谷部徳子・樋口孝幸・小林健太・小坂和夫・丸山 正・宮田隆夫・村田明広・重富素子・竹村恵二・田中秀実・宇田進一・山北聰・嶋本利彦・安藤雅孝, 1999, 野島断層 500 m 孔掘削コアに見られる断層ガウジ帶の産状と組織構造. 地質学雑誌, **105**, 口絵.
- Lin A. and Uda, S, 1996, Morphological characteristics of the earthquake surface ruptures on Awaji Island, associated with the 1995 Southern Hyogo Prefecture Earthquake. *The Island Arc*, **5**, 1-15.
- マンデルブル, ベンワー・広中平祐 監訳, 1982, フラクタル幾何学. 日経サイエンス社, 407 pp.
- 村田明広・竹村恵二・宮田隆夫・林 愛明, 1998, 野島断層 500m ボーリングコアの層序と累積変位. 月刊地球, 号外 no. 21, 137-143.
- 重富素子・林 愛明, 1999, 野島断層に産出する互層状の断層ガウジとシュードタキライトから推定される地震断層イベント. 構造地質, no. 43, 33-42.
- 高安秀樹, 1986, フラクタル. 朝倉書店, 186 pp.
- Wadell, H. A., 1932, Volume, shape and roundness of rock particles. *J. Geol.*, **40**, 1074-1106.