

## 2. 四国における中央構造線活断層系の調査研究成果と今後の課題

(株)四国総合研究所 ○長谷川修一  
四国電力(株) 大野 裕記  
四国電力(株) 金田平太郎

### 1. はじめに

中央構造線活断層系(岡田,1970)は、右横ずれが卓越した活断層群から構成され、その延長、規模、活動度から日本で第一級の活断層である。四国の中央構造線活断層系は、岡田(1968,1973,1980等)による先駆的な研究を始め、多数の研究論文・調査報告がある(例えば岡田,1992;水野ほか,1993)。

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震(M7.2)以来、四国の中央構造線活断層系の研究は質、量ともに飛躍的に発展した。科学技術庁の地震調査研究交付金によって、愛媛県は平成8年度~11年度の4ヶ年計画で、徳島県は平成9年度~11年度の3ヶ年計画で、中央構造線活断層系の調査をしており、また広島大学、京都大学等による調査によって新しい成果が続々と公表されている。本報告は、四国の中央構造線活断層系についての最近5年間の新知見をとりまとめ、今後の課題について検討する。

### 2. 活断層の分布

四国陸域の中央構造線活断層系に関する縮尺1/2.5万の詳細な分布図は、地質調査所(1993)、国土地理院(1998,1999)によって公表されている。国土地理院発行の「都市圏活断層図」は、最新の研究成果も取り入れ、精度の高い分布図になっている。

兵庫県南部地震以来、活断層調査の高度化に伴い、沖積平野における活断層の分布が明らかになり、鳴門断層の南側の伏在活断層(長谷川ほか,1997;徳島県,1998;後藤,1998は鳴門南断層と命名)や松山平野の重信断層(後藤ほか,1998;国土地理院,1998;愛媛県,1998)が発見された。また、伊予断層の北側に米湊断層(岡田ほか,1998)、本郡断層(長谷川ほか,1998)が発見され、吉野川北岸では右横ずれ断層の屈曲部の前面に形成される逆断層の存在も明らかになった(後藤,1998)。さらに、川上断層および岡村断層の東部が平野へ延長する可能性も指摘されている(後藤ほか,1998)。

なお、これまでの活断層図に記載されていなかった海域部の断層については、緒方(1975)、四国電力(1986)、国土地理院(1992)、小川ほか(1992)、露口ほか(1996)、岡村ほか(1996)、大野ほか(1997)等によって明らかにされている。

### 3. 活動履歴

四国の中央構造線活断層系は、完新世にも度々活動したと推定されている。これまで、四国の中央構造線活断層系は、震源となった歴史地震の記録がないため、近い将来大地震を起こす要注意活断層と指摘されていた(例えば、松田,1995)。しかし、トレンチ調査等により歴史時代に活動した記録が次々と報告され、中央構造線の地震危険度を明らかにするため、現在精力的に調査・研究が進められている(図-2,表-1)。

現在のところ、鳴門南断層では、約3,000年前の活動が確かめられているが、歴史時代の活動も推定されている(徳島県,1999)。これに対して、神田断層、父尾断層および池田断層は16世紀末前後に活動した可能性が高く、1596年慶長大地震との関係が注目されている(岡田・堤,1997)。畑野断層からは600~800年前の活動が、岡村断層からは約1,000年前(9~13世紀)の活動(愛媛県,1999)が推定されており、これらは池田断層以东と比べて活動時期が異なるようである。

また、小松断層は12世紀以降に活動した可能性があり、松山平野の重信断層も10世紀末以降の活動が推定されている（愛媛県, 1999）。

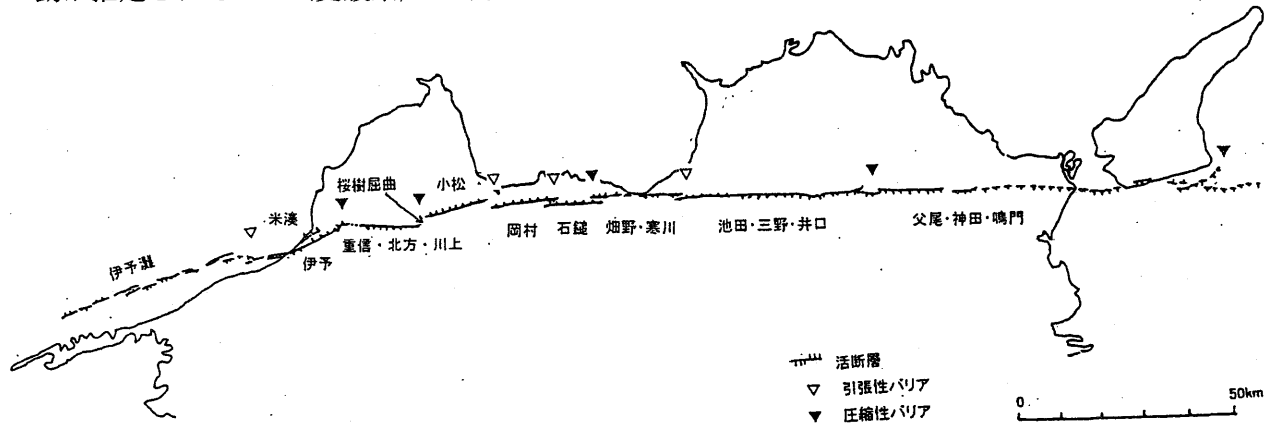


図-1 四国の中央構造線活断層系の分布形態

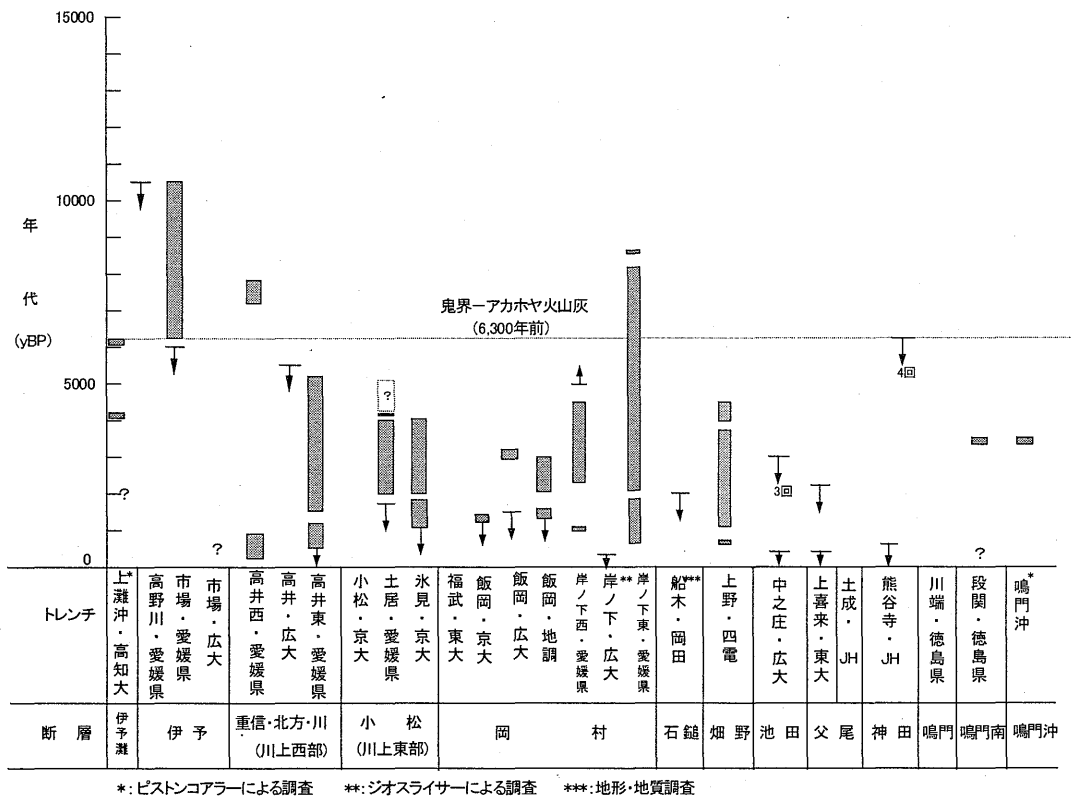


図-2 トレンチ調査等による四国の中央構造線活断層系の活動履歴（文献は本文参照）

### 3.1 最新活動時期

トレンチ調査、ジオスライサー調査により推定された最新活動時期等は、以下の通りである。

- ① 鳴門南断層（鳴門市沖断層）：約3,000年前（岡村ほか, 1996）  
デルタ形成以降、干拓地形形成前（高田ほか, 1999）  
2,800~3,000yBPの後1回の活動（徳島県, 1999）
- ② 神田断層：最新活動時期を10数世紀以降（岡田ほか, 1993）
- ③ 父尾断層：16世紀末、1596年慶長伏見大地震時に活動した可能性あり（岡田ほか, 1991；岡田・堤, 1997）

- ④ 池田断層：1524～1744AD以降（後藤・中田, 1997）
- ⑤ 岡村断層：5～8世紀（岡田ほか, 1988），4～7世紀（山崎ほか, 1992）  
最新活動時期を4～12世紀（Tsutsumi & Okada, 1996）  
最新活動時期を4～7世紀より後（岡田ほか, 1998）  
1,682±107AD以降（中田ほか, 1998）  
1,090～960yBP（AD885～1235年）（愛媛県, 1999）
- ⑥ 小松断層（川上東部断層）：  
1,200～1,900年前（堤ほか, 1998）  
1,770yBP以降（1,200yBP以降の可能性あり）（愛媛県, 1998）
- ⑦ 川上・北方・重信断層：5,550yBP以（後藤ほか, 1999）  
990yBP（990AD）以降で、1649年以前と推定（愛媛県, 1999）。  
松環古照遺跡の15世紀以降かつ近世のある時期以前に発生した噴砂（埋文関係  
救援連絡会, 1996）、1596年（慶長元年閏7月）松山市余戸の薬師寺崩壊（宇佐  
美, 1996）、1584年川内町医王寺楼門倒壊（高橋, 1995）を示す地震記録との関係  
も注目される。
- ⑧ 伊予断層：鬼界-アカホヤ火山灰降灰後（愛媛県, 1998）  
歴史時代（中田ほか, 1998）
- ⑨ 上灘沖：約6,200年前および4,000年前に活動、最新活動時期の約2,000年前を想定（小川ほ  
か, 1992）

### 3.2 活動間隔

中央構造線活断層系の活動間隔については、断層によって異なるが、1,000～4,000年間隔が報告されている。

- ① 父尾断層：2,050年以内（Tsutsumi & Okada, 1996）。
- ② 岡村断層：1,000～千数百年前（岡田ほか, 1998；岡田, 1989）  
1,300年以上（堤ほか, 1992）  
1,300～2,700年（Tsutsumi & Okada, 1996）  
活動間隔を1,730～2,290年（愛媛県, 1999）
- ③ 小松断層（川上断層東部）：1,000～1,500年（堤ほか, 1998）  
800～2,000年（愛媛県, 1999）
- ④ 重信断層（川上断層西部）：3,500～4,000年（愛媛県, 1999）
- ⑤ 上灘沖：約2,000年（小川ほか, 1992）

### 3.3 1回の地震時の変位量（単位変位量）

トレンチ調査等による1回の地震時の変位量は以下のように報告されている。

- ① 父尾断層：約6m（岡田, 1992）、6.9±0.7m（Tsutsumi & Okada, 1996）
- ② 岡村断層：5.7m（堤ほか, 1992）
- ③ 伊予断層：1.5m以上（愛媛県, 1998）、約4m（中田ほか, 1998）
- ④ 伊予灘：上灘沖北断層で2.4m、上灘沖南断層で3.6mの鉛直変位量を試算（小川ほか, 1992）

### 3.4 再来周期

平均変位速度（S：m/千年）、1回当たりの変位量（D：m）、再来周期（R：年）との間には、 $R=1,000 \times D / S$ の関係がある。これから、中央構造線活断層系の再来周期は1,000～3,000年（Tsutsumi & Okada, 1996）と推定されている。

- ① 父尾断層  
R=700～1,900年（Tsutsumi & Okada, 1996）
- ② 岡村断層  
R=800～1,450年（Tsutsumi & Okada, 1996）

表-1 四国の中央構造線活断層系の活動履歴

断層名	平均変位速度		単位変位量 (m)	最新活動時期 (ka)	1つ前の活動時期 (ka)	2つ前の活動時期 (ka)	その他の 活動履歴	再来間隔 (ky)	経過時間率 (要注程度)	歴史資料等	主な文献
	水平(m/ky)	上下(m/ky)									
伊予灘西部		2.2~3									磯口ほか(1996)
伊予灘東部		1.8(S), 4.2(N) 1.2	2.4(S), 3.6(N)	2?	4	6.2		2	1?	・1649年 安芸・伊予(M7±1/4) ・1686年 安芸・伊予(M7~7.4)	小川ほか(1992) 磯口ほか(1996)
伊予	1.3~1.6(R)	≥0.17(N) 0.17~0.2(S)	>1.5(N) 4前後(R)	<6.3 地割以降の歴史時代	6.3~11	28~29		<5	<1.2<	・1596年 松山市余戸薬師寺本堂仁生 門崩れる ・松山市松環古照遺跡で15世紀以降~ 近世以前の噴砂	愛媛県(1998) 後藤(1996) 中田ほか(1998) 後藤ほか(1998) 中田ほか(1999) 愛媛県(1999)
重信		0.1~1(N) 0.1~0.2(N)		<5.5 0.3~1	(5.5~6.7)? 1.5~5.2	8前後		3.5~4	<0.3	・1584年 医王寺楼門大地震倒壊	愛媛県(1999)
北方		0.2(N)		>0.6							岡田(1972)
川上				1.2~1.9			過去4kyに2回	1.0~1.5	0.8~1.9	・1595年 東予市壬生川鶴岡八幡の 社殿が陥没	堤ほか(1998)
小松 (川上東部)				<1.8(<1.2)	1.8~4	4前後	4.1~5.1	0.8~2	0.25~1.5	・東予市幸ノ木遺跡で12世紀以降 の噴砂	愛媛県(1999)
岡村	5~7(R)	0.4~0.8(S)		1.2~1.6 1.3~1.7 <1.7 0.8~1.6 <0.5 <1.3~1.7 0.9~1	<2.9 2~3 1.9~3.4	10	4kyに少なくとも2回 4~11kyに数回	1+	1.2~1.6 <1.3 0.3~1.2	・1494年 新居郡大地震 ・1498年 黒島の土地崩壊3/4失う ・1533年 西条市福神宮神社が地震と 高潮で潰没	岡田ほか(1989)など 山崎ほか(1992) 堤ほか(1992) Tsumi&Okada(1996) 中田ほか(1998) 岡田ほか(1998) 愛媛県(1999)
石鏡	6~7(R)	1.1~1.3(S)		<1.9	2.2~4.5	>4.9		千~千数百年 1.2~3.4 (1.7~2.3)	0.3~0.8 (0.4~0.6)	・1585年 黒島大地震・高潮	岡田(1973) 岡田(1977) 岡田(1992)
畑野	2(R) 3.3(R) 0.5~1(R)	1.7(S)						1.5~2.0	0.3~0.5		岡田(1973) Grapes&Takahashi(1987) 活断層研究会(1991) 長谷川ほか(1999)
寒川	0.3~0.5(R)			0.6~0.8	1.0~3.8	4.0~4.5					岡田(1973)
池田	>6.6(R) 2.5~4(R)	1.7(N)		1.5~2.4 >0.5			3kyに3回		<0.5	・伊予三島市丸山II遺跡で弥生時代 中期の住居に地すべり跡 ・三野町勢力で弥生時代?の噴砂	岡田(1968) 後藤(1996) 後藤・中田(1997) 岡田(1970)
三野	8~9(R)										岡田(1970)
井口											岡田(1970)
父尾	6(R) 6(R)	0.6(N) 0.5~0.6(N)								・1596年伏見地震に活動?	岡田(1970) Okada&Tsumi(1996) 岡田・堤(1997)
鳴門				0.4~0.5 <0.8	2		6.3ky以降4回	<2.1 [0.7~1.9] 1.6	0.3	・1596年伏見地震に活動? ・坂野町川端で11~13世紀に液状化	岡田(1992) 徳島県(1999)
鳴門南				予形成後、干拓前 <1.6	2.8~3						高田ほか(1998)
鳴門沖	1(N)			2.5~3.5	3.5~5.0						徳島県(1999) 吉岡・水野(1996)

#### 4. セグメンテーション

中央構造線活断層系のように四国だけでも延長190kmに達する長大活断層は、いくつか分割して地震を発生させる可能性が高いと考えられている（岡田, 1992）。しかし、一度に活動する区間（セグメント）の認定は、現在活断層研究の第一級の研究課題となっており、確定していない（図-3）。これまでのところ、セグメント区分（案）としては、断層線の走向の変化、活断層と活断層とのステップの状況、平均変位速度、分岐断層ないし逆断層への移行状態に注目した岡田（1992）のセグメント試案、これを修正した Tsutsumi & Okada（1996）のセグメント試案が発表されている。また、佃（1996）は、周辺の地質構造、地殻変動を考慮して、中央構造線活断層系の断層セグメント構造について検討している。一方、中田ほか（1998）、中田・後藤（1998）は、横ずれ断層の上下変位方向や分岐形態から新しいセグメント区分を提案している。

一方、伊予灘海域については、海底活断層の分布に基づく露口ほか（1996）によるセグメント区分と断層分布形態と地下構造を考慮した大野ほか（1997）のセグメント区分がある。

これらは、主に断層の分布形態によるセグメント区分のため、トレンチ調査、古文書調査などによる古地震記録とともに地下構造の検討が望まれる。

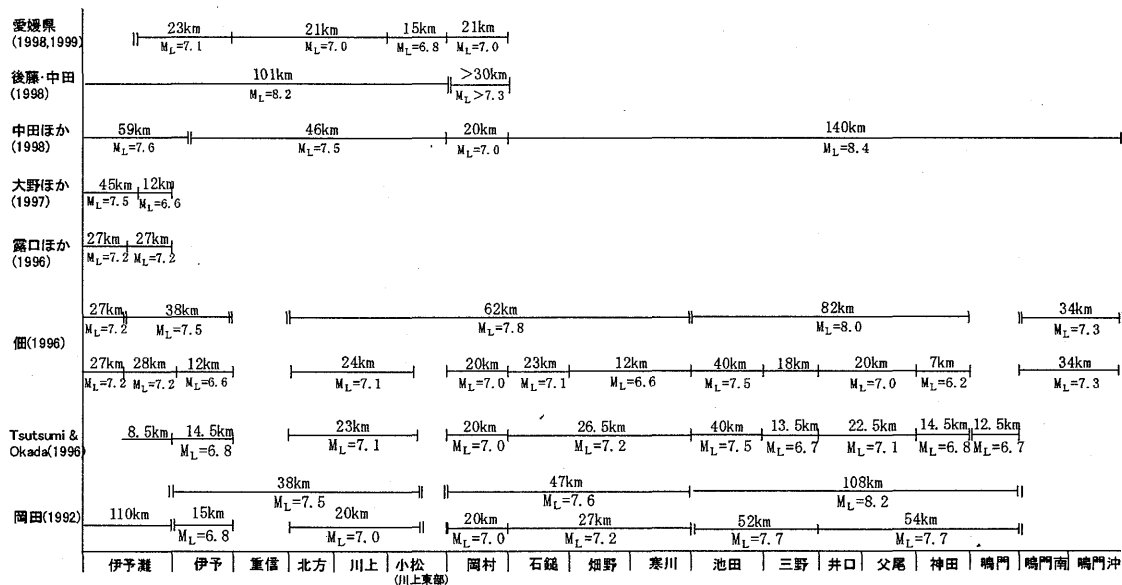


図-3 四国の中央構造線活断層系のセグメント区分に関する見解  
M<sub>L</sub>は松田(1975)の関係式に基づくマグニチュードの試算

#### 5. 地下構造

活断層の地下構造を解明することは、①断層モデルの設定、②セグメント区分の検討、③活断層が形成する地盤構造による地震動の増幅等を評価する上で必要である。四国の中央構造線活断層系では、反射法地震探査等による地下構造調査が、実施されている。（伊藤ほか, 1996；佃・佐藤, 1996；大野ほか, 1997；愛媛県, 1997, 1999；徳島県, 1998；長谷川ほか, 1999）

その結果、これらの活断層は、山地（基盤岩）と平野の厚い堆積物との境界断層であることが、反射法地震探査によって確実になった。また、断層面は概ね北傾斜であるが、高角度と低角度と2つのケースが報告されており、トレンチ調査における地表の高角度断層と地下の震源断層との関係の解明が課題となっている。

#### 6. クリープ変位の評価

中央構造線活断層系は、地震を発生させずに動くクリープ的な変位がないとされていた（岡田,

1973)。ところが最近、光波測量によって、中央構造線の一部にクリープ的な断層変位がある可能性が報告されている(尾上ほか, 1998 ; 桧・田中, 1998)。また、国土地理院のGPS観測データから、中央構造線を挟んで年ミリメートルオーダーの右横ずれを示す相対変位が認められる(図-4)。このため今後は、中央構造線に沿うクリープ変位の検討も必要と考えられ、さらに地震時の変位量の見直しも必要になるかも知れない。クリープ変位を考慮した活断層の変位モデルを図-5に示す。

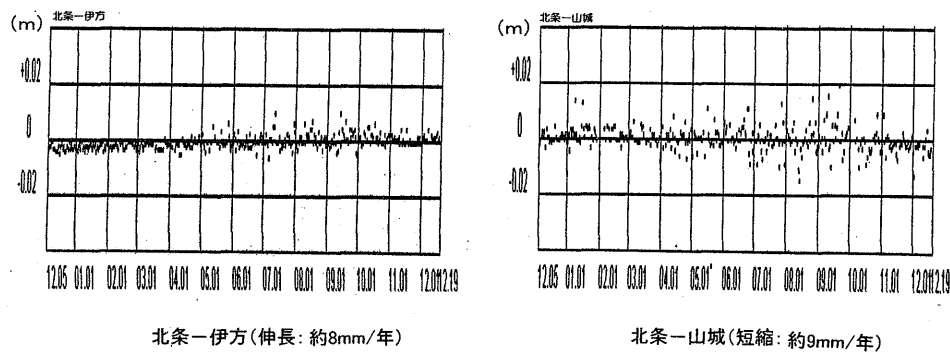
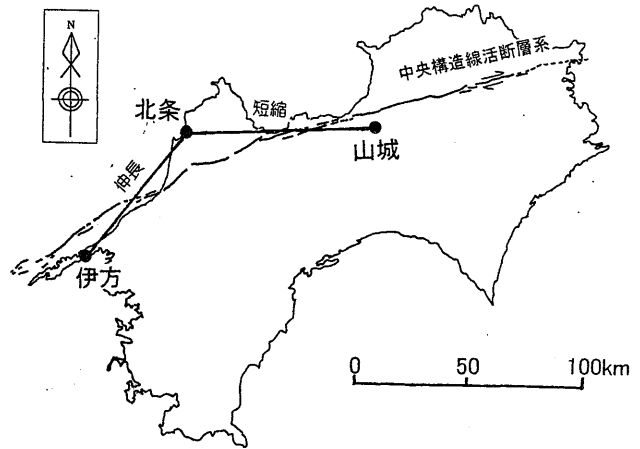
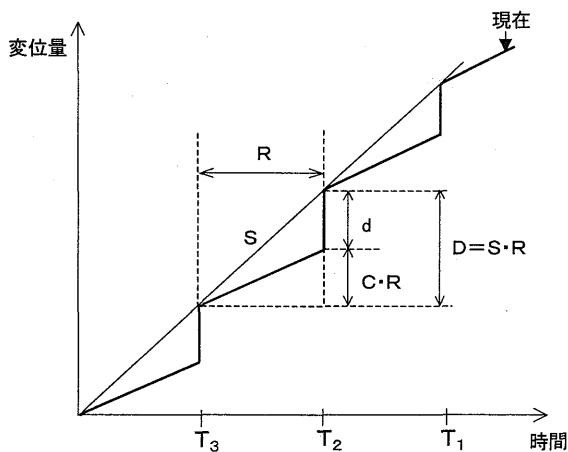


図-4 国土地理院公開データによる基線解析結果 ([http://mekira.gsi-mc.go.jp/hendou\\_new.html](http://mekira.gsi-mc.go.jp/hendou_new.html))



- R : 地震発生間隔(再来周期) (y)
- d : 単位変位量 (m)
- S : 平均変位速度 (mm/y)
- C : クリープ変位速度 (mm/y)
- T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> : 断層活動時期(地震)

図-5 クリープ変位を考慮した活断層変位モデル

この図は、活断層の累積変位量の50%をクリープ変位がまかなっている場合を示している(実際のクリープ変位量の割合は0~100%のケースが考えられる)。瞬間的な活動時に地震が発生し(変位:d)、長期間の休止期(地震発生間隔:R)にクリープ変位(C・R)が累積し、両者が累積して総変位量(D=S・R)が得られる。平均変位速度Sは、 $d/R+C$ となる。日本の内陸のほとんどの活断層は $C=0$ と考えられている。

## 7. おわりに

本報告については、今後1~2年間に公表される調査研究成果に基づき再検討したいと考えている。紙面の都合上引用文献は、以下の文献を参照されたい。

### [参考文献]

長谷川修一(1999) : 四国の活断層, 地質工学会四国支部支部創立40周年記念出版「40年のあゆみ」, p. 3-28.