

## 関谷断層の長期評価（一部改訂）

関谷（せきや）断層は、栃木県北部、那須野原の西縁に沿って延びる活断層である。ここでは、平成12、13年度に産業技術総合研究所（旧地質調査所）によって実施された調査をはじめ、これまでに行われた調査研究成果に基づいて、この断層の諸特性を次のように評価した。<sup>\*1</sup>

### 1. 断層の位置及び形態

関谷断層は、那須岳北方の福島－栃木県境から、栃木県那須塩原市、矢板市を経て、塩谷（しおや）郡塩谷町北東部に至る活断層である。地表で認められる長さは約38kmで、断層の西側が東側に対して相対的に隆起する逆断層である（図1、図2及び表1）。

### 2. 断層の過去の活動

関谷断層の平均的な上下方向のずれの速度は、1 m／千年程度の可能性があり、最新の活動は14世紀以後、17世紀以前と推定される。本断層の平均的な活動間隔は約2千6百－4千1百年と推定される（表1）。

### 3. 断層の将来の活動

関谷断層は、全体が1つの活動区間として活動する場合、マグニチュード(M) 7.5程度の地震が発生すると推定される。また、その時、断層近傍の地表面では、西側が東側に対して相対的に3－4 m程度高まる段差や撓みが発生する可能性がある（表1）。

関谷断層の平均活動間隔に対する最新活動後の経過率及び将来の地震の発生確率は、表2に示すとおりである（注1、2）。

### 4. 今後に向けて

今回の評価では、重力異常や地質断層などの情報に基づき、関谷断層の地下の長さを新たに評価した。しかしながら、関谷断層の長期評価については、次のような課題が残されている。

関谷断層の活動に伴う1回のずれの量と平均的なずれの速度については、精度の良い数値が得られていない。断層の傾斜角については地表付近の資料しか得られていない。よって、これらの項目に関し、精度のよい資料を得ることが望ましい。また、関谷断層の南方では、重力異常の急変帯が雁行しながら同断層とほぼ同じ向きに延びている。重力異常の急変帯は、地下に伏在する活断層の存在を示している可能性もある。反射法弾性波探査などを実施して、地下に伏在する活断層の有無を確認する必要がある。

<sup>\*1</sup> 関谷断層については、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2004）により、それまでに行われた調査結果に基づいた長期評価が公表されている。それ以後、地表における断層の位置や形状、また過去の活動に関する新たな成果は得られていないものの、「関東地域の活断層の長期評価（第一版）」に際して、重力異常や地質断層などの情報に基づき、関谷断層の地下の長さについて検討を行ったことから、今回長期評価について再検討を行い、評価を一部改訂した。

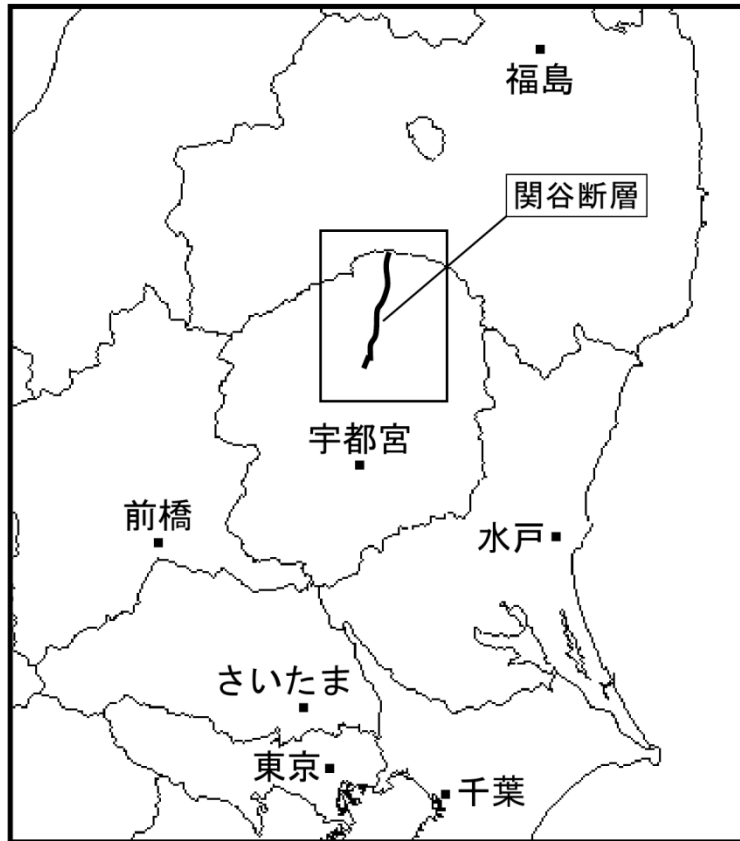


図1 関谷断層の概略位置  
(長方形は図2の範囲)

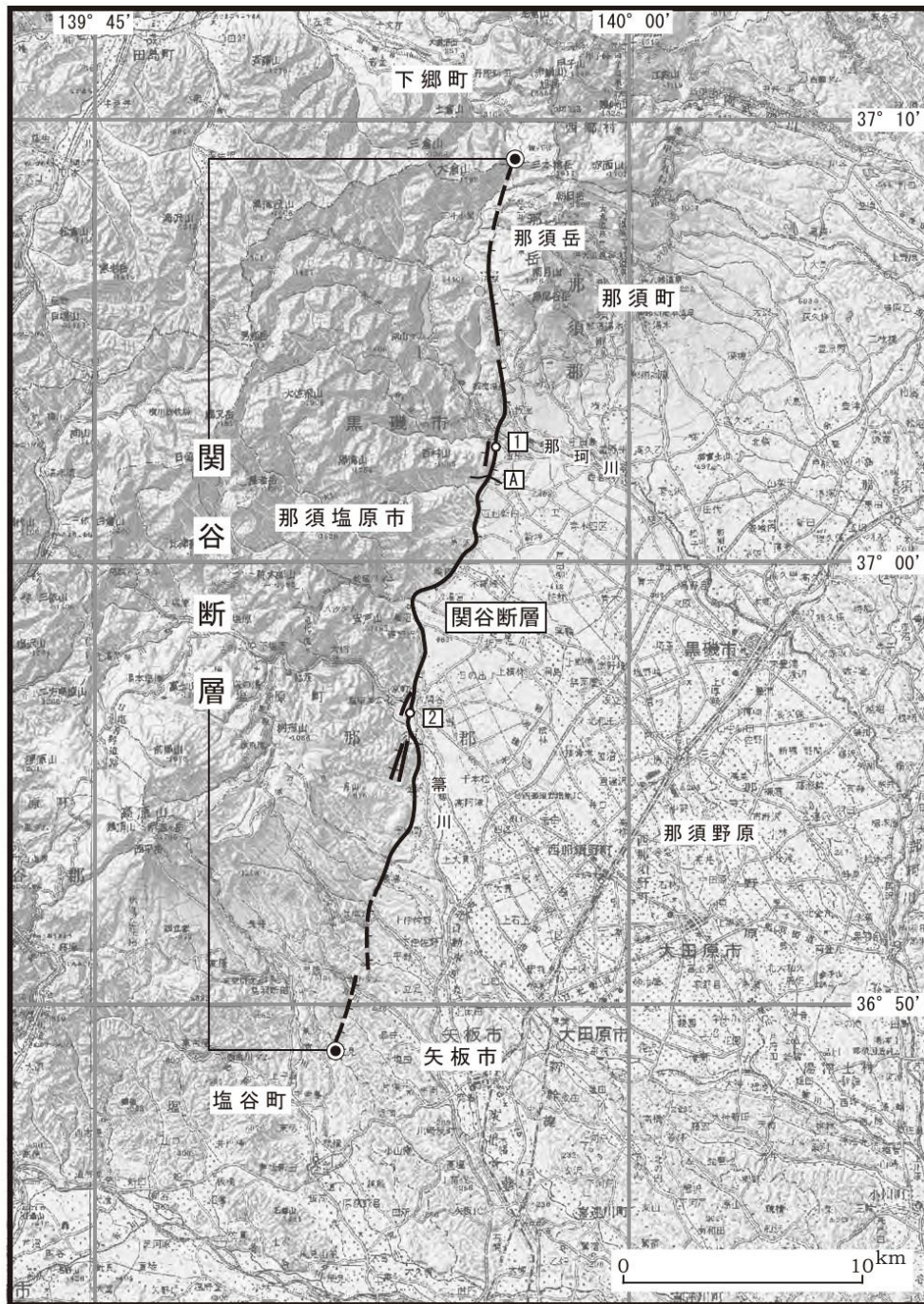


図2 関谷断層の位置と主な調査地点

1：百村地点 2：関谷地点 A：反射法弾性波探査測線（文献9）

●：地表で確認される断層の末端

断層の位置は文献3及び7に基づく。

基図は国土地理院発行数値地図200000「白河」「日光」を使用。

表 1 関谷断層の特性

項目	特性	信頼度 (注3)	根拠 (注4)
1. 断層の位置・形態			
(1) 構成する断層	関谷断層		文献4による。
(2) 断層の位置・形状	地表における断層の位置・形状 断層の位置 (北端) 北緯37° 9.1′ 東経139° 56.9′ (南端) 北緯36° 49.0′ 東経139° 51.6′ 長さ 約38km	○ ◎ ○	文献4、8による。 位置及び長さは図2から計測。
	地下における断層面の位置・形状 長さ及び上端の位置 地表での長さ・位置と同じ  上端の深さ 0 km 一般走向 N12° E	○  ◎ ◎	上端の深さが0 kmであることから推定。  一般走向は、断層の両端を直線で結んだ方向(図2参照)。
(3) 断層のずれの向きと種類	西側隆起の逆断層	◎	文献4、8等に表示された地形・地質の特徴による。
2. 断層面の地下形状			
(1) 断層の傾斜	約15-40° 西傾斜(地表付近)	○	文献1、5、6、7に表示された断層露頭やトレンチ調査の結果による。
(2) 断層の幅	不明		(地震発生層の下限は深さ15km程度。)
(3) 断層面の長さ	約38km	△	文献2などに示された資料から推定。
3. 断層の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	1 m/千年程度(上下成分)	△	文献1、4、5、8等に表示された資料から推定。

(2) 過去の活動時期	活動1 (最新活動) 14世紀以後、17世紀以前	○	文献5、6、10に示された資料から推定(説明文2.3.(2)b)参照)。文献5、6に示された資料から推定。文献7に示された資料から推定。
	活動2 (1つ前の活動) 約5千1百年前以後、約3千8百年前以前	○	
	活動3 (2つ前の活動) 約8千4百年前以後、約5千8百年前以前	○	
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれの量 3-4m程度(上下成分)	△	断層の長さおよび傾斜角(45-90°を仮定)から推定。過去3回の活動から推定。
	平均活動間隔 約2千6百-4千1百年	○	
(4) 過去の活動区間	活動区間 断層全体で1区間	○	断層の位置関係・形状等から推定。
4. 断層の将来の活動			
(1) 将来の活動区間及び活動時の地震の規模	活動区間 断層全体で1区間	○	断層の位置関係・形状等から推定。断層の長さから推定。断層の長さおよび傾斜角(45-90°を仮定)から推定。
	地震の規模 マグニチュード7.5程度	○	
	ずれの量 3-4m程度(上下成分)	△	

表 2 関谷断層の将来の地震発生確率等

項目	将来の地震発生確率等 (注5)	信頼度 (注6)	備考
地震後経過率(注7)	0.08-0.3		
今後30年以内の地震発生確率	ほぼ0%	a	発生確率及び集積確率は文献3による。
今後50年以内の地震発生確率	ほぼ0%		
今後100年以内の地震発生確率	ほぼ0%		
今後300年以内の地震発生確率	ほぼ0%-0.003%		
集積確率(注8)	ほぼ0%		

注1：我が国の陸域及び沿岸域の主要な98の活断層のうち、2001年4月時点で調査結果が公表されているものについて、その資料を用いて今後30年間に地震が発生する確率を試算すると概ね以下のようになると推定される。

98断層帯のうち約半数の断層帯：30年確率の最大値が0.1%未満

98断層帯のうち約1/4の断層帯：30年確率の最大値が0.1%以上-3%未満

98断層帯のうち約1/4の断層帯：30年確率の最大値が3%以上

(いずれも2001年4月時点での推定。確率の試算値に幅がある場合はその最大値を採用。)

この統計資料を踏まえ、地震調査委員会の活断層評価では、次のような相対的な評価を盛り込むこととしている。

今後30年間の地震発生確率(最大値)が3%以上の場合：

「本断層帯は、今後30年の間に発生する可能性が、我が国の主な活断層の中では高いグループに属することになる」

今後30年間の地震発生確率(最大値)が0.1%以上-3%未満の場合：

「本断層帯は、今後30年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中ではやや高いグループに属することになる」

注2：1995年兵庫県南部地震、1858年飛越地震及び1847年善光寺地震の地震発生直前における30年確率と集積確率は以下のとおりである。

地震名	活動した断層	地震発生前の 30年確率 (%)	地震発生直前の 集積確率 (%)	断層の平均活動 間隔 (千年)
1995年兵庫県南部地震 (M7.3)	六甲・淡路島断層帯 主部淡路島西岸区間 「野島断層を含む区間」 (兵庫県)	0.02%-8%	0.06%-80%	約1.7-約3.5
1858年飛越地震 (M7.0-7.1)	跡津川断層帯 (岐阜県・富山県)	ほぼ0%-13%	ほぼ0%- 90%より大	約1.7-約3.6
1847年善光寺地震 (M7.4)	長野盆地西縁断層帯 (長野県)	ほぼ0%-20%	ほぼ0%- 90%より大	約0.8-約2.5

「長期的な地震発生確率の評価手法について」に示されているように、地震発生確率は前回の地震後、十分長い時間が経過しても100%とはならない。その最大値は平均活動間隔に依存し、平均活動間隔が長いほど最大値は小さくなる。平均活動間隔が3千年の場合は30年確率の最大値は8%程度、4千年の場合は

30年確率の最大値は6%程度である。

注3：信頼度は、特性欄に記載されたデータの相対的な信頼性を表すもので、記号の意味は次のとおり。

◎：高い、○中程度、△：低い

注4：文献については、本文末尾に示す以下の文献。

文献1：早川（1985）

文献2：岩生・今井（1955）

文献3：地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001）

文献4：活断層研究会編（1991）

文献5：宮下ほか（2001a）

文献6：宮下ほか（2002a）

文献7：宮下ほか（2002b）

文献8：中田・今泉編（2002）

文献9：渡子ほか（1998）

文献10：宇佐美（2003）

注5：評価時点はすべて2015年1月1日現在。「ほぼ0%」は0.001%未満の確率値を示す。

注6：地震後経過率、発生確率及び現在までの集積確率（以下、発生確率等）の信頼度は、評価に用いた信頼できるデータの充足性から、評価の確からしさを相対的にランク分けしたもので、aからdの4段階で表す。各ランクの一般的な意味は次のとおりである。

a：（信頼度が）高い b：中程度 c：やや低い d：低い

発生確率等の評価の信頼度は、これらを求めるために使用した過去の活動に関するデータの信頼度に依存する。信頼度ランクの具体的な意味は以下のとおりである。分類の詳細については付表を参照のこと。なお、発生確率等の評価の信頼度は、地震発生の切迫度を表すのではなく、発生確率等の値の確からしさを表すことに注意する必要がある。

発生確率等の評価の信頼度

a：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が比較的高く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が高い。

b：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が中程度で、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が中程度。

c：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が低く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性がやや低い。

d：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が非常に低く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が低い。このため、今後の新しい知見により値が大きく変わる可能性が高い。または、最新活動時期のデータが得られていないため、現時点における確率値が推定できず、単に長期間の平均値を確率としている。

注7：最新活動（地震発生）時期から評価時点までの経過時間を、平均活動間隔で割った値。最新の地震発生時期から評価時点までの経過時間が、平均活動間隔に達すると1.0となる。今回評価した数字のうち0.08は315年を4,100年で割った値であり、0.3は714年を2,600年で割った値である。

注8：前回の地震発生から評価時点までの間に地震が発生しているはずの確率。

## (説明)

### 1. 関谷(せきや)断層に関するこれまでの主な調査研究

矢部(1929)は高原火山一帯において地質踏査を実施し、新第三系を変位させる地質断層を報告した。田山(1929)は段丘面形成後の地殻運動について考察を行い、高原火山東縁の断層は第三紀断層であるとした。また、新野(1933a, 1933b)は下野山地周辺で沖積層を切る断層を見出し、本断層を関谷断層と命名した。一方、辻村(1932)は、本断層を下野断層系の一部とされる安戸山断層群に対応するとし、岩生・今井(1955)は関谷断層に相当する断層を安戸山の断層とした。その後、阿久津(1962)、Akutsu(1964)は那須野原周辺で地質踏査を行い、第四紀扇状地礫層からなる那須野面などを変位させる断層を関谷構造線(Sekiya flexure)と命名した。また、加藤(1964)は本地域に分布する活断層を関谷断層と呼称した。

本断層の第四紀における特性に関する研究としては、活断層研究会編(1980, 1991)、早川(1985)、渡子ほか(1998)、宮下ほか(2001a, 2001b, 2002a, 2002b)、中田・今泉編(2002)、幡谷(2006a, 2006b)等がある。活断層研究会編(1980, 1991)、中田・今泉編(2002)は、本断層の位置及び活動性を示した。早川(1985)は関谷断層周辺で、空中写真判読及び地質踏査を行い、本断層の形状や平均変位速度について検討した。幡谷(2006a, 2006b)は、那珂川周辺に分布する河成段丘の調査を行い、関谷断層の平均変位速度について検討している。渡子ほか(1998)は那須塩原市百村(もむら)で浅層反射法弾性波探査を行った。また、宮下ほか(2001a, 2001b, 2002a, 2002b)は那須塩原市百村と那須塩原市関谷でトレンチ調査を行い、過去の活動履歴を推定した。なお、寒川・室井(1989)は、歴史時代の被害地震の記録や地震考古学上の知見から関谷断層と1683年下野の地震(日光の地震)との関係について報告している。

## 2. 関谷断層の評価結果

### 2. 1 関谷断層の位置及び形態

#### (1) 関谷断層を構成する断層

関谷断層は、那須岳西側山腹から那須野原の西縁に沿って、那須岳北方の福島-栃木県境から、栃木県那須塩原市、矢板市を経て、塩谷郡塩谷町北東部に延びる活断層である(図1、2)。

本断層の位置・形態は、活断層研究会編(1980, 1991)、中田・今泉編(2002)等に示されており、断層の地表分布についてほぼ共通する認識が示されている。ここでは、断層の位置は主に中田・今泉編(2002)に基づき、那須塩原市(旧:黒磯市)板室(いたむろ)以北及び矢板市兵庫畑(ひょうごはた)以南の区間に関しては活断層研究会編(1991)に従った。断層の名称は活断層研究会編(1991)によった。

#### (2) 断層面の位置・形状

関谷断層の長さ及び一般走向は、図2に示された断層の両端を直線で結ぶと、約38km、N12° Eとなる。このうち、断層の北端部付近の4km区間に関しては、那須岳の新期の溶岩流等が一部に分布することから断層変位地形が不明瞭となる。

断層面上端の深さは、変位地形や断層露頭が認められていることから0kmとした。

#### (3) 断層の変位の向き(ずれの向き)(注9)

関谷断層は、東向きの撓曲崖や逆向きの副次的断層を伴うこと、断層露頭やトレンチ壁面に認



められる変位の向き及び南部において幅 1 km 程度の範囲で新第三紀—第四紀中期更新世の地層（高原火山噴出物）が東に急傾斜すること（岩生・今井，1955；活断層研究会編，1991）等から判断すると、西側が東側に対して相対的に隆起する逆断層と考えられる。

横ずれ成分を示す直接的な資料は知られていない。

なお、本断層と直交して分布する湯本塩原断層群が火山性の割れ目火口列であるとされていること（中村ほか，1987；活断層研究会，1991；鈴木，2000）からも、関谷断層は西北西—東南東方向に圧力軸を持つ地殻応力によって形成された逆断層の可能性がある。

## 2. 2 関谷断層の地下形状

### (1) 断層面の傾斜

関谷断層の断層面は、トレンチ調査（15—40° 西傾斜：宮下ほか，2001a, 2001b, 2002a, 2002b）や新第三紀と段丘礫層との断層露頭観察結果（35—40° 西傾斜：早川，1985）から、地表付近では約15—40° 西傾斜と推定される。

なお、渡子ほか（1998）は浅層反射法弾性波探査の結果から、深さ300m以浅において西に30—40° 程度傾斜する断層面群を図示している。しかし、それらの断層面群は不明瞭であり、渡子ほか（1998）でも不確実であることに言及していることから、ここではそれを断層深部の傾斜として採用しない。

### (2) 断層面の幅

関谷断層の断層面の幅については、地下における断層面の傾斜が明らかではないため、不明である。

### (3) 断層面の長さ

変動地形から認められる関谷断層の地表における長さは約38kmと推定される（2. 1 (2)）。地表で認められる断層の北端付近には西北西—東南東走向に古第三系と中新統の地質境界が認められ（山元ほか，2000）、同断層を横断する方向の構造が示唆されることから、ここが北端であると考えられる。

関谷断層に沿っては、顕著な重力異常の急変帯が認められる（山本・志知編，2004）。関谷断層の南方では、顕著な重力異常の急変帯は全体として雁行しながら同断層とほぼ同じ向き走向で南へ延びている（図3）。この一連の重力異常の急変帯は、山下（1970）及びYamashita and Fujita（1973）が推定した矢板—宇都宮線にほぼ一致している。しかしながら、地表に認められる関谷断層の南端以南では重力の急変帯の走向が南南東に変化するとともに急変帯自体もやや不明瞭となることに加え、前期更新世の白河火砕流堆積面群（山元・伴，1997；山元，2006）が変位していないことから、ここでは、この地点が関谷断層の南端であると考えられる。

以上のことから、関谷断層の地下の断層面の長さは、地表で認められる長さと同じく約38kmとする。

ただし、関谷断層のおよそ17km南方に位置し、主として中部中新統から構成される宇都宮丘陵の中心部からやや西寄りの脊梁部には南北方向に軸跡をもつ緩やかな背斜構造が認められている（吉川ほか，2010）。これが丘陵東方に伏在する活断層の上盤側に生じた断層関連褶曲の可能性もある。上述のように関谷断層の南方には同断層とほぼ同じ走向の重力異常の急変帯が認められ

ることから関谷断層の南方には活断層が地下に伏在している可能性もある。

## 2. 3 関谷断層の過去の活動

### (1) 平均変位速度 (平均的なずれの速度) (注9)

関谷断層中央部付近の那須塩原市関谷では、本断層の運動による河成段丘面の累積的変位が認められる(早川, 1985; 活断層研究会編, 1991; 中田・今泉編, 2002)。このうち、断層の上盤側に分布する関谷上位段丘(4万年前:注10)と下盤側のより新期の段丘面との高度差が40m程度であることに基つくと、関谷上位段丘形成以降の平均上下変位速度は1.0m/千年以上と推定される。また、関谷下位段丘2(2万8千年前以降:注10)は断層の両側に分布し、その上下変位量は約20mとされている(早川, 1985; 活断層研究会編, 1991, 中田・今泉編, 2002)。これに基つくと、平均上下変位速度は0.7m/千年より大きいことになる。

関谷断層の北部の那珂川右岸(那須塩原市百村)では、那須野ヶ原扇状地堆積物1に約20mの上下変位が認められるとしている(早川, 1985)。また、後述するトレンチ調査において、那須野ヶ原扇状地堆積物1を構成する砂礫層の上に日光男体沓掛スコリア3(約1.6万年前:鈴木, 1993)の分布が確認されている(宮下ほか, 2001a)。これらに基つくと、平均上下変位速度は、1.3m/千年程度と推定される。

このほか那須塩原市百村の南部では、浅層反射法弾性波探査結果から、断層の沈降側に厚さ150m程度の第四系(川崎層群及び上位層)に覆われて、厚さ300mの白河火砕流堆積物(100-140万年前:山元・伴, 1997)が分布する可能性があるとされている(渡子ほか, 1998)。この結果からは断層下盤側の相対的低下量(150m)しかわからないが、この付近での断層の平均上下変位速度は0.1-0.2m/千年より大きいことは明らかである。また、本断層南部の那須塩原市宇都野では、高位面の上下変位量が100m程度とされている(中田・今泉編, 2002)。この高位面が分布する地域には、約30万年前頃(鈴木, 2000)とされる高原火山の第1期の噴出物(伴・高岡, 1995; 岩生・今井, 1955の高原凝灰角礫岩)が分布していることから、高位面の形成時期は少なくとも30万年前頃よりは新しい可能性がある。したがって、ここでの平均上下変位速度は0.3m/千年よりも大きい可能性がある。

以上の検討結果に基つき、関谷断層の平均上下変位速度は1m/千年程度の可能性があるとした。

### (2) 活動時期

#### a) 地形・地質的に認められた過去の活動

関谷断層では、本断層北部の那須塩原市百村地点(宮下ほか, 2001a, 2001b, 2002a)及び本断層南部の那須塩原市関谷地点(宮下ほか, 2002b)でトレンチ調査が実施され、過去の活動時期が推定されている。

#### ① 百村地点

宮下ほか(2001a, 2001b, 2002a)は、本断層北部に位置する那珂川支流の木ノ俣川の右岸(那須塩原市百村)において、3箇所トレンチ調査を実施した。

#### ○トレンチA

トレンチAは那須野ヶ原扇状地堆積物2(低位面)上で、撓曲部の下端に位置する断層崖を横

切るように掘削された。トレンチAの南・北両壁面の中央部には、2つの逆断層（AF1断層、AF2断層）が40–70cmの間隔で、約40°西傾斜で分布する。これらの断層は、A5層を上下に約2m変位させ、A2'層（隆起側のA2層起源の崩積性堆積物：宮下ほか、2001a, 2001b）に覆われる。宮下ほか（2001a, 2002a）は、下盤側に楔状に分布するA4層に関し、その分布形態と層相から、断層活動に伴って形成された崩積性堆積物であると推定している。A4層が崩積性堆積物であるとすると、AF1、AF2断層の活動時期は、A4層から得られた最も新しい<sup>14</sup>C年代値（約5千7百–5千4百年前）より後と推定される。

#### ○トレンチB

トレンチBは、トレンチAの南方約130mの地点で、那須野ヶ原扇状地堆積物1（高位面）上の断層崖を横切って掘削された。宮下ほか（2001a）は、トレンチBの南・北両壁面において、断層崖の基部と、その約7m西側で逆断層を確認した（図4）。このうち、断層崖基部のBF1断層は、B8層からB2層最上部（14–15世紀）までを切る20°西傾斜の明瞭な断層面を持つ。BF1断層によるB7–B2層基底面の変位量の傾斜成分はいずれも0.7–1m程度であり、この間に変位量の累積は認められない。以上のことから、BF1断層は14世紀以後に1回の活動で形成されたと考えられる。

また、断層崖の基部から約7m西側に分布するBF2断層は分岐する低角逆断層群からなり、B7–B5層を逆転させている。このBF2断層は少なくともB5層中部までを切り、B4層に覆われる。宮下ほか（2002a）は、このB4層が下位のB8層をブロック状に取り込むこと、層厚が隆起側で厚く、低下側で徐々に薄くなり尖滅することに基づいて、B4層をBF2断層の活動直後に堆積した崩積性堆積物と推定した。そして、BF2断層の活動時期をB4層から得られた最も若い年代（約5千3百–4千9百年前）以後、B3層最下部の年代（約4千–3千8百年前）以前に絞り込むことができるとした。ただし、B4層が再堆積層である直接的な証拠はないため、ここでは、BF2断層の活動は、B5層中部堆積時（約8千1百–7千9百年前）以後、B3層最下部堆積時（約4千–3千8百年前）以前であると判断する。

#### ○トレンチC

トレンチCは、トレンチBの南方約330mの地点で、那須野ヶ原扇状地堆積物1（高位面）上の断層崖を横切って掘削された。トレンチ壁面には、2つの逆断層（CF1断層、CF2断層）が分布する（図5）。このうち、東側のCF1断層は、15°西傾斜の明瞭な面を持つ低角逆断層で、C7層からC3層中部までを切り、C2層に覆われる。ただし、宮下ほか（2002a）では、C3層の上位とC2層から得られた<sup>14</sup>C年代値が、一部層序と逆転してほぼ同じ年代を示すこと及びC3層に挟在される榛名二ツ岳伊香保軽石（Hr-Fp：6世紀中葉、町田・新井編、2003）起源の角閃石濃集層がC2層において成層構造をなしていることから、C2層中に含まれる腐植質の多くもC3層に由来する可能性があるとした。ここでは本検討結果に基づき、CF1断層の活動時期の上限をC2層から得られた年代値で拘束するのは適当でないと考え、その活動時期を、C3層中部堆積時（8–10世紀）以後と推定した。

一方、西側のCF2断層はC5層を切りC4層に覆われる。よって、CF2断層の活動時期はC5層上部堆積時（約5千1百–4千9百年前）以後、C4層堆積時（5–6世紀、C3下底部から<sup>14</sup>C年代試料を採取）以前と推定される。

## ② 関谷地点

宮下ほか(2002b)は、関谷断層の南部にあたる那須塩原市関谷の箒(ほうき)川左岸でトレンチ調査を実施した。本トレンチは、那須野原の西縁に断続的に認められる比高数10mの崖の最前面に位置する、比高1-2mの低崖部を横切るように掘削された。

トレンチ壁面ではF1-F3の3つの断層が確認された(図6)。このうち、F1断層は2層の最上部以下の地層を明瞭に変位させており、同層準から得られた<sup>14</sup>C年代値に基づくと、F1断層の活動時期は11-12世紀以後と考えられる。また、F2断層は7層以下の地層を変位させ、5層に覆われていることから、各々の地層から得られた<sup>14</sup>C年代値に基づくと、F2断層の活動時期は約6千年前以後、約2千8百年前以前となる。さらに、F3断層は、8層中部以下の地層を切り7層に覆われている。このことから、F3断層に切られる8層中部の最も若い年代と7層の最も古い年代を、断層活動の時期を拘束するデータとして採用し、約8千4百年前以後、約5千8百年前以前にF3断層の活動があったと推定する。

なお、宮下ほか(2002b)では、8層中の<sup>14</sup>C年代値の分布に基づき、同層の下部-中部間に傾斜不整合が存在する可能性を指摘した。この考えに基づくと、不整合面の形成(8千年前頃)以前に2つ前の活動が限定される可能性がある。ただし、ここで指摘された不整合面は直接トレンチ壁面では確認できないため、詳細は不明である。

#### b) 先史時代・歴史時代の活動

宇佐美(2003)等に基づくと、少なくとも1683年より後には関谷断層付近で発生した大地震は知られていない。

関谷断層付近で記録されている歴史時代の地震としては、1659年(万治2年)の岩代・下野の地震及び1683年(天和3年)の下野の地震(日光の地震)がある(宇佐美, 2003)。1659年の地震では、南山田鳩町で人家297(一説197)軒、土蔵30(一説39)棟が押し倒れ、死者8(一説14)名の被害が生じたとともに、関谷断層付近の塩原温泉では一村(約80余戸)がほとんど土砂に埋まり、死者11人がでたとの記録がある(宇佐美, 2003)。また、1683年6月には、日光で御宮・御堂・石垣等が崩れ、同10月には、関谷断層の約18km西方の下野三依川五十里村(現在の日光市)のほか、会津・日光でも山崩れがあり、川をせき止めたとの記録がある(宇佐美, 2003)。寒川・室井(1989)によれば、両地震の規模と被害分布から、条件をみたま唯一の震源断層として関谷断層が挙げられている。また、寒川・室井(1989)は、1683年の下野の地震について、早川(1985)の指摘する河川段丘面の変位や、宿場の移転及び「地震割」・「ジシンワレ」という地名の存在から、同地震は関谷断層の活動によるものと推定した。

以上のように、関谷断層周辺では、1659年岩代・下野の地震及び1683年下野の地震がトレンチ調査から推定された本断層の最新活動時期に対応する可能性がある。しかし、これらの地震と本断層の活動を直接関連付ける地震断層や地殻変動の出現に関する記録、あるいは断層付近の被害分布に関する詳細な記録はないため、詳細な関係は不明である。

以上の調査結果をまとめると、関谷断層の最新活動時期は14世紀以後、17世紀以前、1つ前の活動時期は約5千1百年前以後、約3千8百年前以前、また2つ前の活動時期は、約8千4百年前以後、約5千8百年前以前と推定される(図7)。

### (3) 1回の変位量(ずれの量) (注9)

関谷断層は長さが約38kmと推定されることから、松田ほか(1980)の経験式(1)を用いると、本断層全体における1回の活動に伴う変位量は上下成分が3-4m程度(計算値約2.7-3.8m:傾斜不明のため傾斜角45-90°を仮定)の可能性がある。用いた経験式は、次の式である。ここで、Lは1回の地震で活動する断層の長さ(km)、Dは1回の活動に伴う変位量(m)である。

$$D=10^{-1}L \quad (1)$$

なお、宮下ほか(2001a, 2002a)に基づくと、百村トレンチBにおいて、最新活動で活動したとされるBF1断層によるB7-B2層基底の傾斜方向の変位量は0.7-1.0m程度である。しかし、百村トレンチBは断層崖の基部で掘削されており、撓曲帯全体の変位量はこれより有意に大きいと考えられる。また、早川(1985)によると、那須塩原市関谷付近の箒川左岸に分布する和田山下位段丘面3が約3m上下に変位するとされている。そして、寒川・室井(1989)は、同段丘面3には、榛名二ツ岳伊香保軽石を上位に伴う黒土が分布しないこと(早川, 1985)から、同段丘面は6世紀以後に形成され、その後に約3mの上下変位が生じたとしている。これらの資料に基づくと、これは最新活動時の変位を示すことになるが、同段丘面の形成年代や変位に関する確実な資料はなく、詳細は不明である。

以上の検討から、1回の活動に伴う関谷断層の上下変位量は3-4m程度であった可能性があるとした。

### (4) 活動間隔

関谷断層では、過去3回の活動時期が得られており、それらの年代値から本断層の平均活動間隔は約2千6百-4千1百年と推定される。

なお、本断層の平均変位速度は1m/千年程度、1回の活動に伴う上下変位量は3-4m程度(計算値2.7-3.8m)と求められている。これらを用いると平均活動間隔は2千7百年-3千8百年程度と計算でき、上述の結果と整合的である。

### (5) 活動区間

関谷断層では、構成する断層がほぼ連続的に分布することから、全体が1つの区間として活動したと推定される。

### (6) 測地観測結果

関谷断層周辺における1994年までの約100年間の測地観測結果では、本断層周辺で顕著なひずみは見られない(図8-1)。2004年から6年間のGNSS連続観測結果では、本断層北部を中心におおむね北西-南東方向のわずかな縮みが見られる。この変動は周辺の火山活動の影響を受けている可能性も考えられる。(図8-2)。

### (7) 地震観測結果

最近約13年間の地震観測結果によれば、関谷断層の地震発生層の深さの下限は15km程度である

(図9-1)。また、本断層付近の発震機構(図9-2)は、北側で西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型が多く、中央部周辺で東西方向に圧力軸を持つ逆断層型が多い(ただし、サンプルは少ない)。

なお、本断層周辺地下では太平洋プレートが沈み込んでおり、その深さは約100kmに達している。断層周辺では、深さ約40kmからの物質上昇を想起させるような、低周波地震を伴う地震の連なりが数か所観測されている(図9-3)が、いずれも活火山に近く、火山活動に伴う地震活動であると推定される。

## 2. 4 関谷断層の将来の活動

### (1) 活動区間と活動時の地震の規模

関谷断層は、断層全体が1つの活動区間として同時に活動すると推定される。地下の断層の長さが約38kmと推定されることから、松田(1975)の経験式(2)を用いて、発生する地震の規模はM7.5程度と求められる。用いた経験式は、次の式である。

$$\log L = 0.6M - 2.9 \quad (2)$$

また、その際、断層近傍の地表面では西側が東側に対して相対的に3-4m程度高まる段差や撓みが生じる可能性がある。

### (2) 地震発生の可能性

関谷断層全体が同時に活動する場合、過去の活動に基づく平均活動間隔が約2千6百-4千1百年で、最新活動時期が14世紀以後、17世紀以前と求められていることから、平均活動間隔に対する現在における地震後経過率は0.08-0.3となる。地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001)に示された手法(BPT分布モデル、 $\alpha = 0.24$ )によると、今後30年以内、50年以内、100年以内の地震発生確率はほぼ0%、今後300年以内の地震発生確率は、ほぼ0%-0.003%である。また、現在までの集積確率はほぼ0%となる。

## 3. 今後に向けて

今回の評価では、重力異常や地質断層などの情報に基づき、関谷断層の地下の長さを新たに評価した。しかしながら、関谷断層の長期評価については、次のような課題が残されている。

関谷断層の活動に伴う1回のずれの量と平均的なずれの速度については、精度の良い数値が得られていない。よって、これらの項目に関し精度のよい資料(断層近傍の撓曲変位量、新旧の段丘面の形成年代)を得ることが望ましい。また、関谷断層の南方では、顕著な重力異常の急変帯が雁行しながら同断層とほぼ同じ向きに延びている。重力異常の急変帯は、地下に伏在する活断層の存在を示している可能性もある。さらに、関谷断層のおよそ17km南方の宇都宮丘陵では緩やかな背斜が認められる。反射法弾性波探査などを実施して、地下に伏在する活断層の有無を確認する必要がある。

注9: 「変位」を、1頁の本文及び4、5頁の表1では、一般にわかりやすいように「ずれ」という言葉で表現している。ここでは専門用語である「変位」が、本文や表1の「ずれ」に対応するものであることを示すため、両者を併記した。以下、文章の中では「変位」を用いる。なお、活断層の専門用語では、「変位」は切

断を伴う「ずれの成分」と、切断を伴わない「撓（たわ）みの成分」よりなる。

注10：関谷上位段丘は、始良Tn (AT) テフラの降下期（約2万8千年前：小池・町田編，2001など）に離水した関谷中位段丘よりもやや古い年代に形成されたと考えられる。ここでは、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2004）と同様に、関谷上位段丘の形成年代を概ね4万年前程度と推定した。なお、中田・今泉編（2002）は、早川（1985）が関谷上位段丘面の変位を記載した地点で、10万年前に形成された中位面に40m西上がりの断層崖を記載している。また、幡谷（2006a, 2006b）は、段丘面の形態的特徴、連続性、段丘礫の風化の程度から、関谷上位段丘あるいは中田・今泉編（2002）の中位面は、MIS（海洋酸素同位体ステージ）6の最大海面低下時にあたる13.5万年前（小池・町田編，2001）に形成されたMf面に相当するとしている。中田・今泉編（2002）及び幡谷（2006a, 2006b）で推定された関谷上位面の形成年代は、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2004）による推定値に比べ有意に古い。しかしながら、中田・今泉編（2002）及び幡谷（2006a, 2006b）ともに、関谷上位面を構成する段丘堆積物あるいは被覆層から形成年代に関する具体的な資料が得られていない。同段丘面の形成年代については今後の課題である。関谷下位段丘2は、関谷中位段丘よりも新しい年代に形成されたと考えられるが、詳細な年代は不明である。よって、ここでは関谷下位段丘2の年代を約2万8千年前以後とした。

注11：20,000年BPよりも新しい放射性炭素同位体年代（<sup>14</sup>C年代）については、較正曲線としてIntCal13 (Reimer *et al.*, 2013) を用いたOxCal4.2 (Bronk Ramsey, 2009) に基づいて暦年補正し、原則として1 $\sigma$ の範囲の数値で示した。このうち2,000年前よりも新しい年代値は世紀単位で示し、2,000年前よりも古く、10,000年前よりも新しい年代値については、四捨五入して百年単位で、10,000年よりも古い年代値は四捨五入して千年単位で示した。また、20,000年BPよりも古い<sup>14</sup>C年代については、Kitagawa and van der Plicht (1998) のデータに基づいて暦年補正した値を用いた。

## 文 献

- 阿久津 純（1962）：那須野が原の第四系について．宇都宮大学学芸学部研究論集，**12**，73-92.
- Akutsu, J. (1964) : The geology and paleontology of Shiobara and its vicinity, Tochigi Prefecture. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd Ser., **35**, 211-293.
- 伴 雅雄・高岡宣雄（1995）：東北日本弧・那須火山群の形成史．岩鉱，**90**，6，195-214.
- Bronk Ramsey, C. (2009) : Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, **51**, 337-360.
- 早川唯弘（1985）：箒川上流域における河岸段丘の発達と関谷断層の活動．活断層研究，**1**，41-53.
- 幡谷竜太（2006a）：河成段丘を用いた第四紀後期の隆起量評価手法の検討（2）－那珂川沿いに分布する河成段丘の層序－．電力中央研究所報告，N05016，29p.
- 幡谷竜太（2006b）：河成段丘を用いた第四紀後期の隆起量評価手法の検討（3）－過去10万年間の隆起量分布により明らかにされる内陸部の地殻変動－．電力中央研究所報告，N05017，21p.
- 岩生周一・今井 巧（1955）：7.5 万分の1地質図及び説明書「塩原」．地質調査所，158p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001）：「長期的な地震発生確率の評価手法について」．46p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2004）：「関谷断層の評価」．21p.
- 加藤祐三（1964）：那須火山の岩石的研究．岩石鉱物鉱床学会誌，**51**，233-243.
- 活断層研究会編（1980）：「日本の活断層－分布図と資料－」．東京大学出版会，363p.

- 活断層研究会編 (1991) : 「新編日本の活断層—分布図と資料—」. 東京大学出版会, 437p.
- Kitagawa, H. and van der Plicht, J. (1998) : Atmospheric radiocarbon calibration to 45,000yrB.P. : Late Glacial fluctuations and cosmogenic isotope production. *Science*, **279**, 1187-1190.
- 小池一之・町田 洋編 (2001) : 「日本の海成段丘アトラス」. 東京大学出版会, CD-ROM 3 枚・付図2 葉・122p.
- 町田 洋・新井房夫編 (2003) : 「新編 火山灰アトラス—日本列島とその周辺」. 東京大学出版会, 336p.
- 松田時彦 (1975) : 活断層から発生する地震の規模と周期について. 地震第2 輯, **28**, 269-283.
- 松田時彦・山崎晴雄・中田 高・今泉俊文 (1980) : 1896年陸羽地震の地震断層. 地震研究所彙報, **55**, 795-855.
- 宮下由香里・杉山雄一・山元孝広・吉岡敏和・寒川 旭・宍倉正展・丸山直樹・大石 朗・細谷卓志 (2001a) : 栃木県関谷断層の活動履歴調査. 活断層・古地震研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター. No.1, 53-76.
- 宮下由香里・山元孝広・吉岡敏和・寒川 旭・宍倉正展・丸山直樹・大石 朗・細谷卓志・杉山雄一 (2001b) : 栃木県・関谷断層のトレンチ調査. 地質学雑誌, **107**, 722-725.
- 宮下由香里・杉山雄一・山元孝広・丸山直樹・大石 朗 (2002a) : 栃木県関谷断層の活動履歴調査 (1) —黒磯市百村における補足調査—. 活断層・古地震研究報告, No.2, 産業技術総合研究所地質調査総合センター. No.2, 1-11.
- 宮下由香里・下川浩一・寒川 旭・杉山雄一・丸山直樹・大石 朗・斉藤 勝 (2002b) : 栃木県関谷断層の活動履歴調査 (2) —塩原市関谷におけるトレンチ調査結果—. 活断層・古地震研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター. No.2, 13-23.
- 中村一明・松田時彦・守谷似智雄 (1987) 火山と地震の国. 岩波書店, 338p.
- 中田 高・今泉俊文編 (2002) : 「活断層詳細デジタルマップ」. 東京大学出版会. DVD-ROM 2 枚・60p.
- 新野 弘 (1933a) : 下野山地東北縁の地質 (1) . 地質学雑誌, **40**, 517-532.
- 新野 弘 (1933b) : 下野山地東北縁の地質 (2) . 地質学雑誌, **40**, 578-585.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T. J., Hoffmann, D. L., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Staff, R. A., Turney, C. S. M. and van der Plicht, J. (2013) : IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **55**, 1869-1887.
- 寒川 旭・室井利一郎 (1989) : 街道・宿場の移転と地震—塩原街道と関谷宿について—. 考古学と自然科学, **21**, 85-92.
- 鈴木毅彦 (1993) : 北関東那須野原周辺に分布する指標テフラ層. 地学雑誌, **102**, 73-90.
- 鈴木毅彦 (2000) : 那須火山群—中期更新世から活動を続ける火山フロント上の火山. 貝塚爽平ほか編, 関東・伊豆小笠原, 日本の地形4, 東京大学出版会, 49-54.
- 田山利三郎 (1929) : 塩原火山東斜面及び塩原盆地に発達する段丘に就いて. 地理学評論, **5**,



577-595.

- 渡子直記・藤井 徹・三戸嘉之 (1998) : 黒磯地域における反射法地震探査の実施とその一考察. 日本応用地質学会研究発表会講演論文集, 209-212.
- 辻村太郎 (1932) : 東北日本の断層盆地 (上). 地理学評論, 8, 641-658.
- 矢部長克 (1929) : 塩原火山と地帯構造との関係. 地理学評論, 5, 142-158.
- 山本明彦・志知龍一編 (2004) : 「日本列島重力アトラスー西南日本および中央日本 [CD-ROM付]」. 東京大学出版会, 136p.
- 山元孝広 (2006) : 1/20万「白河」図版地域の第四紀火山: 層序及び放射年代値に関する新知見. 地質調査所研究報告, 57, 17-28.
- 山元孝広・伴 雅雄 (1997) : 那須火山地質図. 地質調査所.
- 山元孝広・滝沢文教・高橋 浩・久保和也・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久 (2000) : 20万分の1地質図幅「日光」, 地質調査総合センター, NJ-54-29.
- 山下 昇 (1970) : 柏崎一銚子線の提唱. 星野通平・青木 斌 (編) 「島弧と海洋」. 東海大学出版会, 179-191.
- Yamashita, N. and Fujita, Y. (1973) : The Shin' estu-Bozu Zone, an Intersecting Province of the Honshu and Shichito Arcs, and the Initial Stage of the Green Tuff Orogeny: A Report of Geotectonic Researches in the B-Zone (Central Japan) . Crust and Upper Mantle of Japanese Area, Part 2 Geology and Geochemistry, Geological Survey of Japan, 61-83.
- 吉川敏之・山元孝広・中江 訓 (2010) : 「宇都宮」地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅) , 産総研地質調査総合センター, 79p.
- 宇佐美龍夫 (2003) : 「最新版 日本被害地震総覧[416]-2001」. 東京大学出版会, 605p.

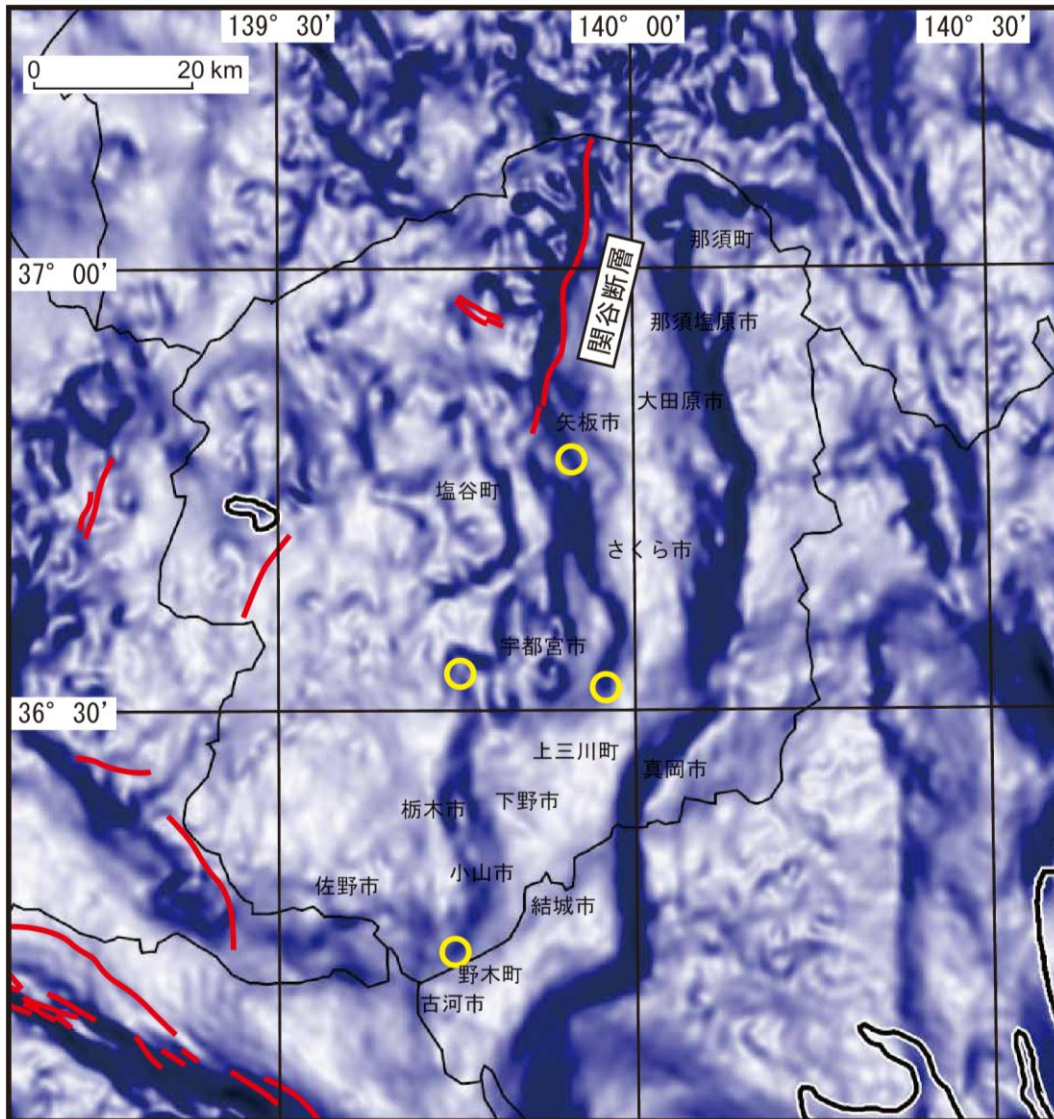


図3 関谷断層及びその周辺の重力異常水平勾配分布図（基図は中部大学工藤 健教授提供）  
 色の濃い地域ほど重力異常の水平勾配が急であることを示す。黄色の丸は、関谷断層の南方に認められる重力異常の急変帯の端点。

Hr-Fp : 榛名二ツ岳伊香保軽石 (6世紀中葉 : 町田・新井, 2003)  
 Nm-NK : 沼沢-沼沢湖軽石 (約5000yBP : 山元, 1995)  
 Nk-Ku3 : 日光男体沓掛スコリア (約1.6万年前 : 鈴木, 1993)

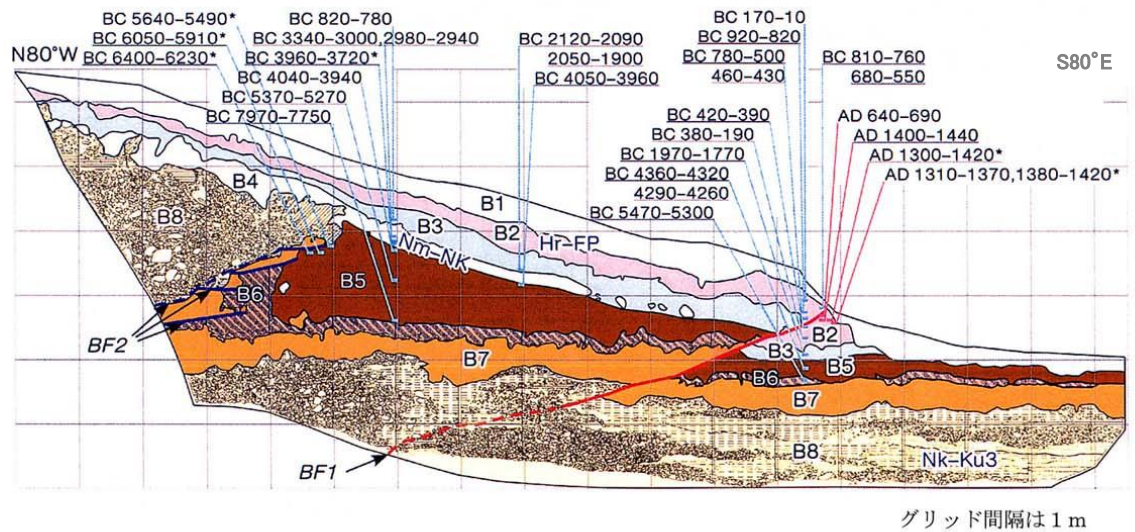


図4 百村トレンチB北側壁面のスケッチ (宮下ほか, 2002a に一部加筆)

年代値は暦年補正後の放射性炭素同位体年代。評価に用いた年代値を較正曲線としてIntCal13 (Reimer *et al.*, 2013) を用いた較正プログラムOxCal4.2 (Bronk Ramsey, 2009) に基づいて暦年補正し、紀元後を世紀単位、紀元前を100年単位で四捨五入して表示すると以下のようになる。  
 AD1400-1440 (B2層) → 14-15世紀、AD1300-1420 (B2層) → 14-15世紀、AD1310-1370, AD1380-1420 (B2層) → 14-15世紀  
 BC2120-2090, BC2050-1900 (B3層) → 約4千-3千8百年前、BC3340-3000, BC2980-2940 (B4層) → 約5千3百-4千9百年前  
 BC6050-5910 (B5層) → 約8千1百-7千9百年前

Hr-Fp : 榛名ニツ岳伊香保軽石 (6 紀中葉 : 町田・新井, 2003)  
 Nk-Ku3 : 日光男体沓掛スコリア (約 1.6 万年前 : 鈴木, 1993)

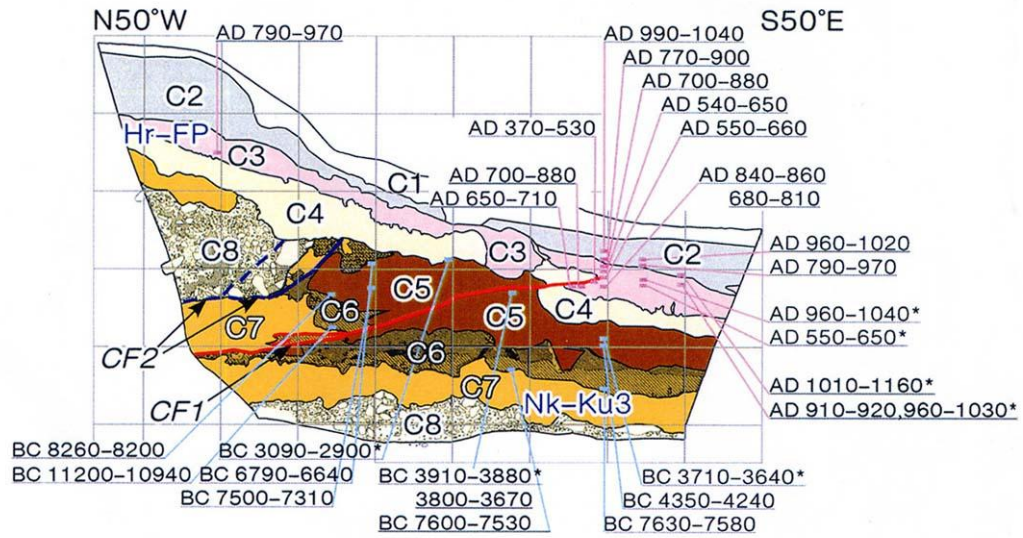


図 5 百村トレンチC南側壁面のスケッチ (宮下ほか, 2002a に一部加筆)

年代値は暦年補正後の放射性炭素同位体年代。評価に用いた年代値を較正曲線としてIntCal13 (Reimer *et al.*, 2013) を用いた較正プログラムOxCal4.2 (Bronk Ramsey, 2009) に基づいて暦年補正し、紀元後を世紀単位、紀元前を100 年単位で四捨五入して表示すると以下ようになる。

AD840-860, AD680-810 (C3 層) → 8-10世紀、AD370-530 (C3 層下底部) → 5-6世紀  
 BC3090-2900 (C5 層) → 約5千1百-4千9百年前



Hr-Fp: 榛名ニツ岳伊香保軽石 (6世紀中葉: 町田・新井, 2003)

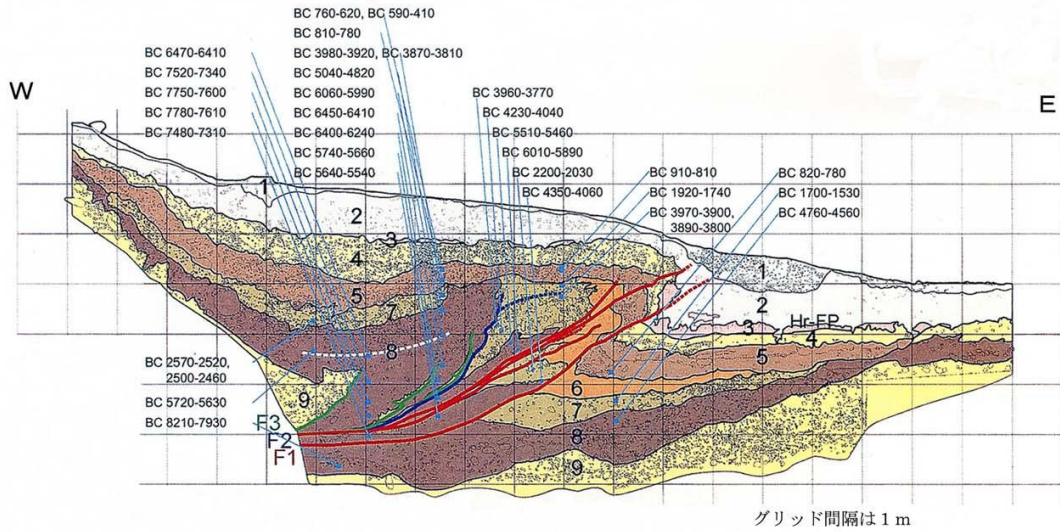


図6 関谷トレンチ北側壁面のスケッチ (宮下ほか, 2002b に一部加筆)

年代値は暦年補正後の放射性炭素同位体年代。評価に用いた年代値を較正曲線としてIntCal13 (Reimer *et al.*, 2013) を用いた較正プログラムOxCal4.2 (Bronk Ramsey, 2009) に基づいて暦年補正し、紀元後を世紀単位、紀元前を100年単位で四捨五入して表示すると以下ようになる。

AD970-1030 (2層, 南壁面) → 11-12世紀、BC910-810 (5層) → 約2千9百-2千8百年前

BC3980-3920, BC3870-3810 (7層) → 約6千-5千8百年前、BC6400-6240 (8層) → 約8千4百-8千2百年前

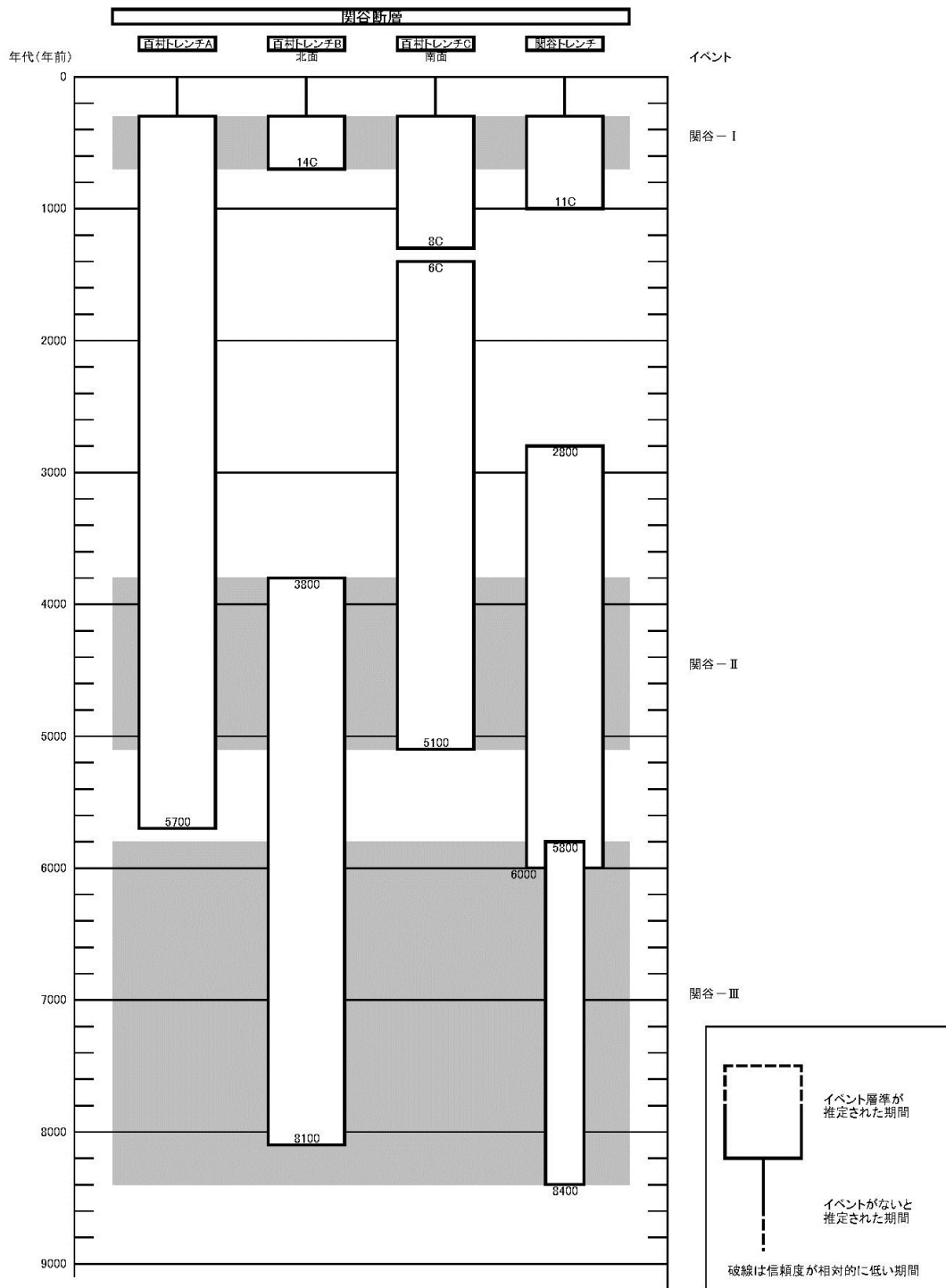


図7 関谷断層の活動の時空間分布

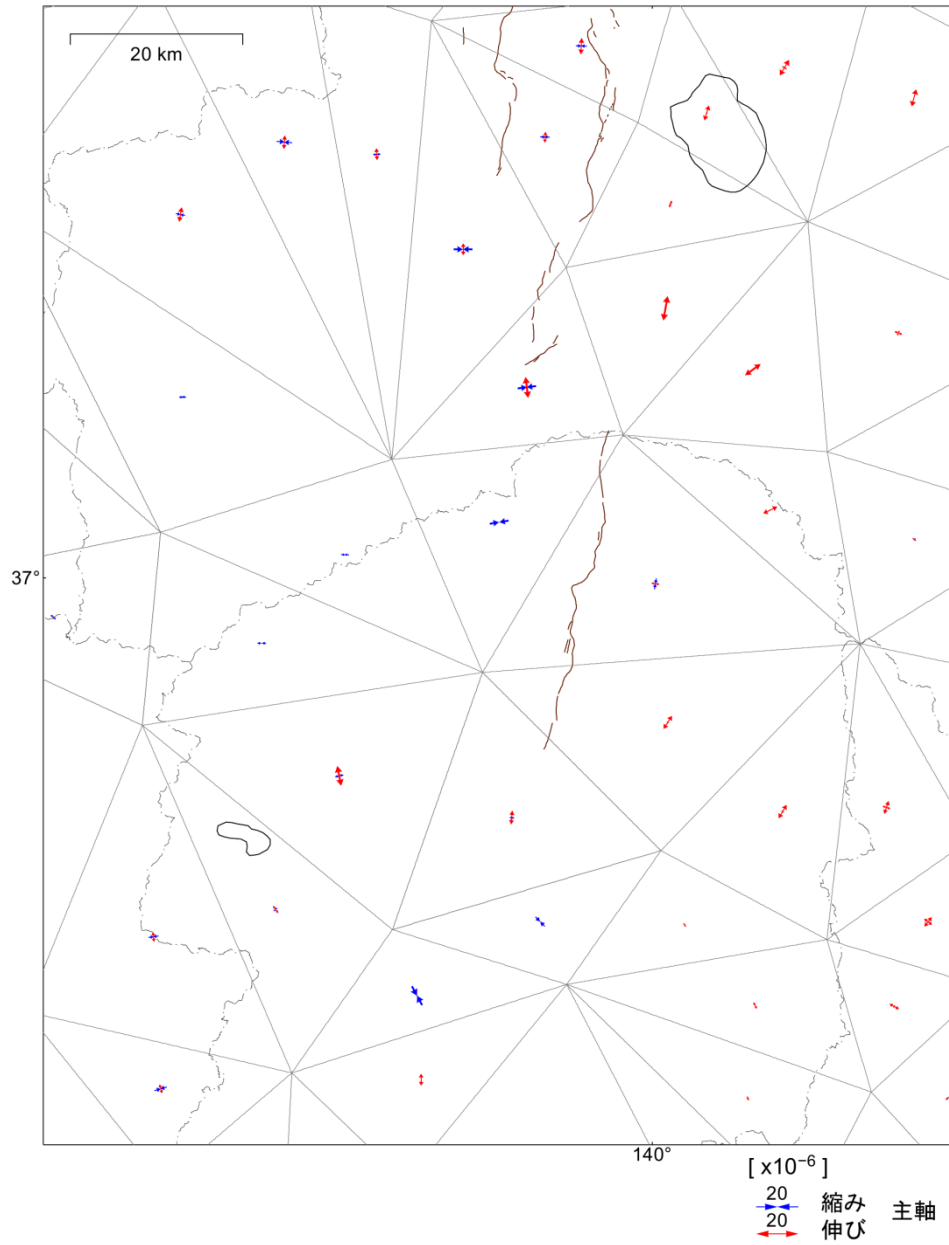


図 8 - 1 約100年間（1883年～1994年）の測地観測による関谷断層周辺の水平ひずみ分布  
 （国土地理院作成）  
 スケールは $20 \times 10^{-6}$ 。年間あたりのひずみ速度に換算すると、スケールは  
 $0.2 \times 10^{-6}$ /年となる。

基準期間：2004年11月01日 - 2005年02月28日  
比較期間：2010年11月01日 - 2011年02月28日

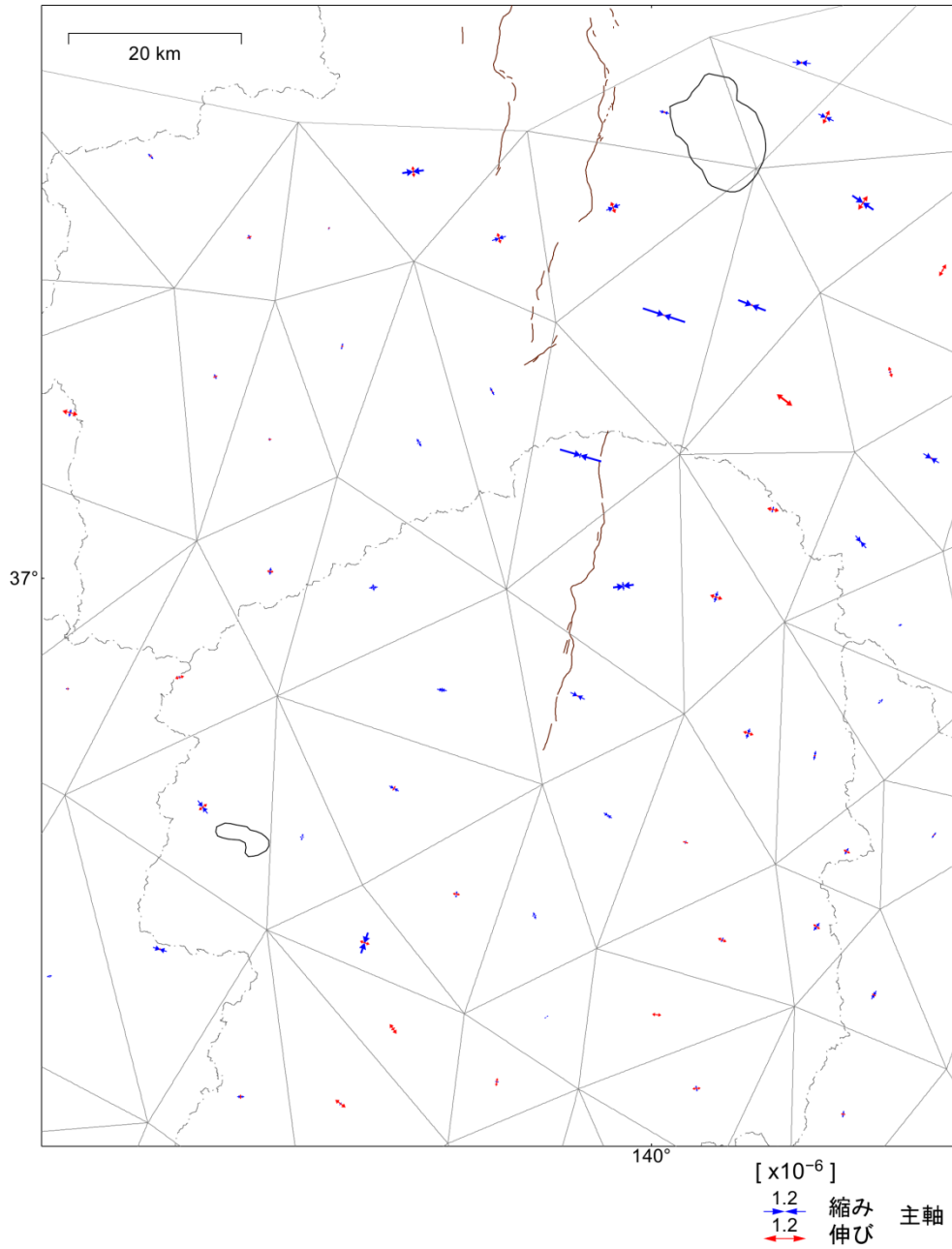


図8-2 2004年11月から2011年2月までのGNSS連続観測による関谷断層周辺の水平ひずみ分布（国土地理院作成）  
スケールは $1.2 \times 10^{-6}$ 。年間あたりのひずみ速度に換算すると、図8-1のスケール（ $0.2 \times 10^{-6}/\text{年}$ ）とほぼ等しい。



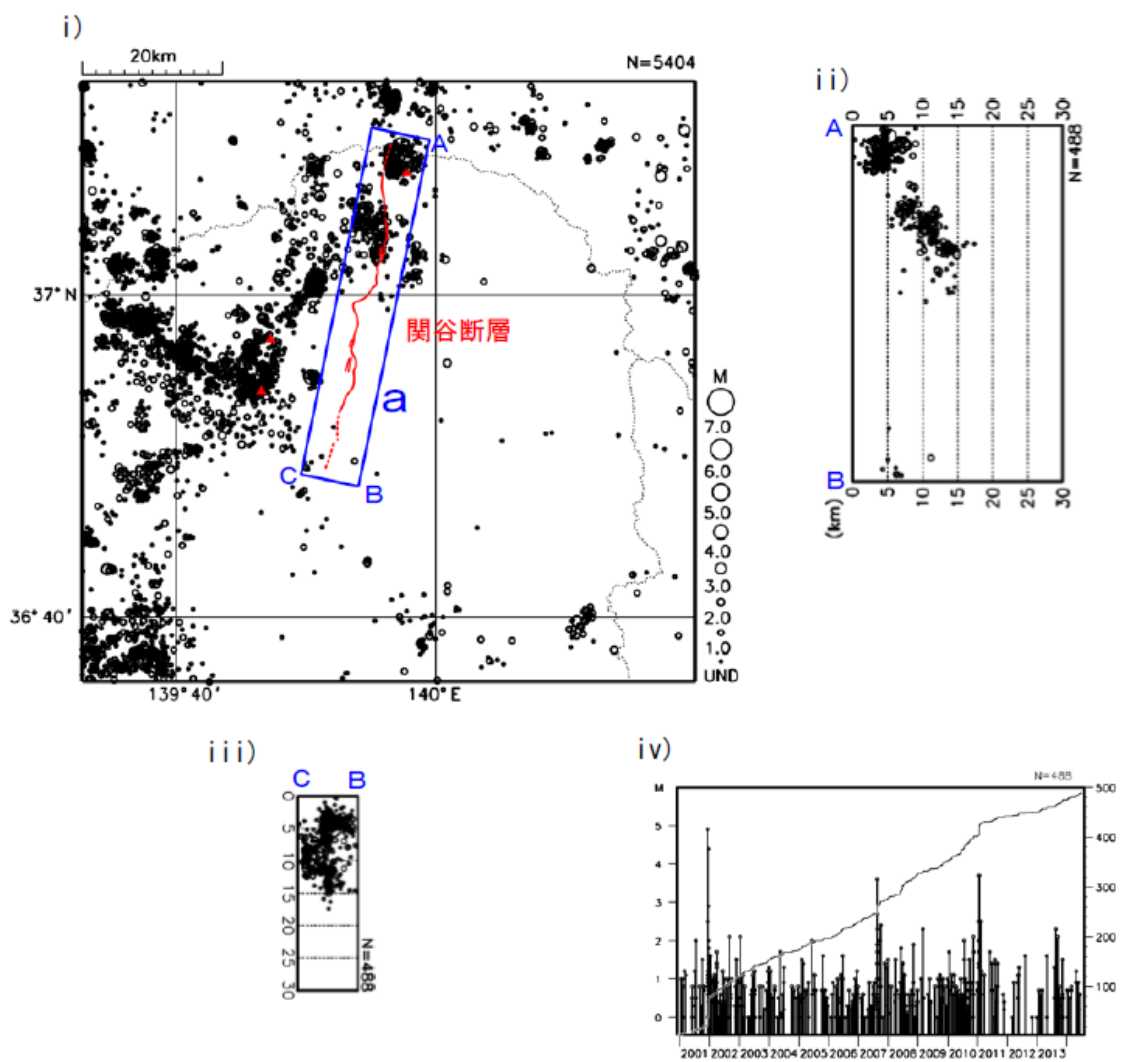


図9-1 関谷断層周辺の地震活動（気象庁作成）

i) 関谷断層周辺の震央分布（低周波地震を除く、2001年1月1日～2014年6月30日）。深さ30km以浅。Mすべて。赤三角は活火山。ii) 領域a内のA-B投影の断面図。iii) 領域a内のB-C投影の断面図。iv) 領域a内のM-T図及び回数積算図（地震活動経過図）。

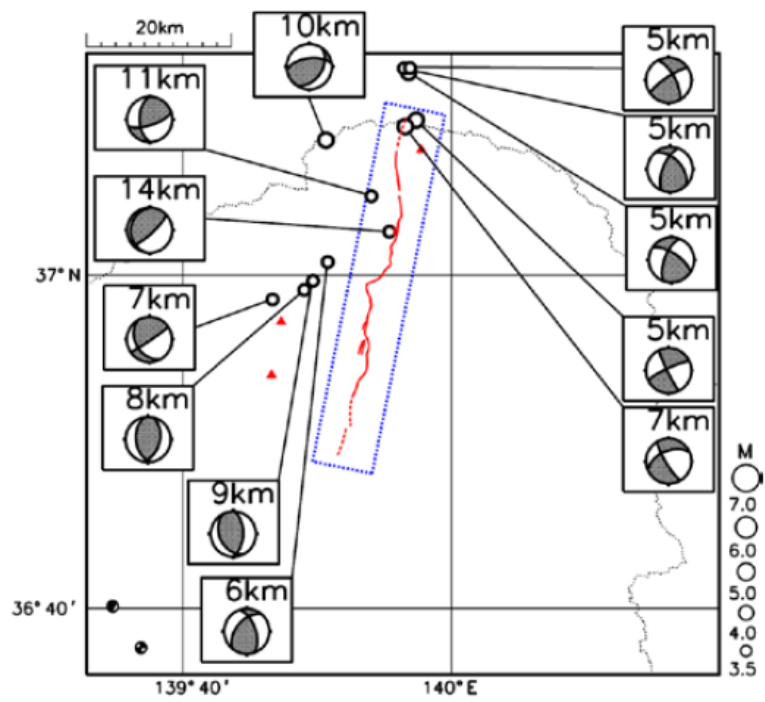


図9-2 関谷断層周辺の地震の発震機構（気象庁作成）  
 2001年1月1日～2014年6月30日、深さ30km以浅、 $M \geq 3.5$ 。赤三角は活火山。

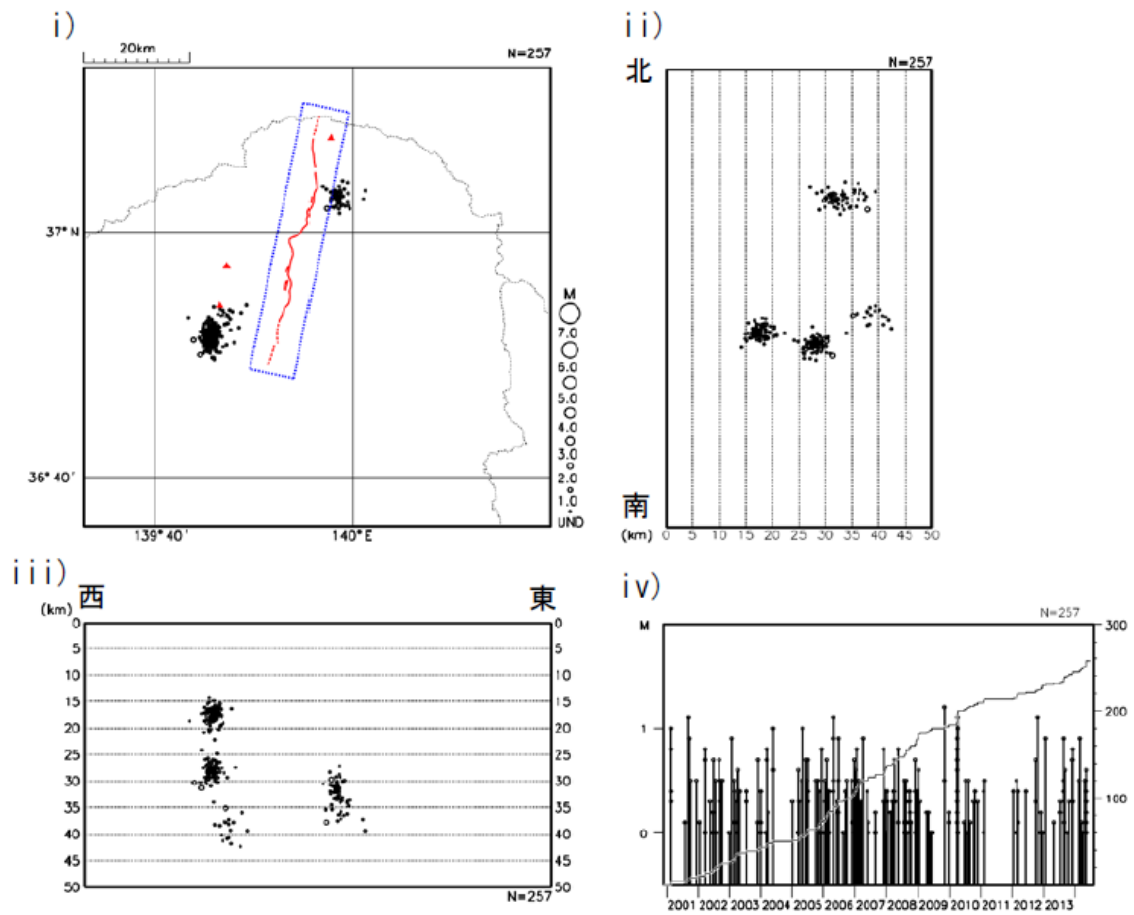


図9-3 関谷断層周辺の低周波地震の活動（気象庁作成）  
 i) 関谷断層周辺の低周波地震の震央分布（2001年1月1日～2014年6月30日）。深さ50km以浅。Mすべて。赤三角は活火山。ii) 図i) 内の南北投影の断面図。iii) 図i) 内の東西投影の断面図。iv) 図i) 内のM-T図及び回数積算図（地震活動経過図）。

表3 関谷断層の地震発生確率及び参考指標

項目	数値	備考
地震後経過率	0.08-0.3	発生確率及び集積確率は地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001）参照。
今後30年以内の発生確率	ほぼ0%	
今後50年以内の発生確率	ほぼ0%	
今後100年以内の発生確率	ほぼ0%	
今後300年以内の発生確率	ほぼ0%-0.003%	
集積確率	ほぼ0%	地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001）参照。
指標（1）経過年数	マイナス2千4百年-マイナス1千年	
比	0.1-0.4	
指標（2）	ほぼ0	
指標（3）	ほぼ0%	
指標（4）	ほぼ0	
指標（5）	0.0002-0.0004	

注12：評価時点はすべて2015年1月1日現在。「ほぼ0%」は $10^{-3}$ %未満の確率値を、「ほぼ0」は $10^{-5}$ 未満の数値を示す。

指標（1）経過年数：当該活断層での大地震発生の危険率（1年間あたりに発生する回数）は、最新活動（地震発生）時期からの時間の経過とともに大きくなる（BPT分布モデルを適用した場合の考え方）。一方、最新活動の時期が把握されていない場合には、大地震発生の危険率は、時間によらず一定と考えざるを得ない（ポアソン過程を適用した場合の考え方）。この指標は、BPT分布モデルを適用した場合の危険率が、ポアソン過程を適用した場合の危険率の値を超えた後の経過年数である。値がマイナスである場合は、BPT分布モデルを適用した場合の危険率がポアソン過程を適用した場合の危険率に達していないことを示す。関谷断層の場合、ポアソン過程を適用した場合の危険率は、2千6百分の1-4千1百分の1（0.0002-0.0004）であり、いつの時点でも一定である。BPT分布モデルを適用した場合の危険率は、時間とともに増加する。BPT分布モデルを適用した場合の危険率がポアソン過程を適用した場合の危険率に達するには今後1千年から2千4百年を要する。

指標（1）比：最新活動（地震発生）時期から評価時点までの経過時間をAとし、BPT分布モデルによる危険率がポアソン過程とした場合のそれを超えるまでの時間をBとする。前者を後者で割った値（A/B）。

指標（2）：BPT分布モデルによる場合と、ポアソン過程とした場合の評価時点での危険率の比。

指標（3）：評価時点での集積確率（前回の地震発生から評価時点までに地震が発生しているはずの確率）。

指標（4）：評価時点以後30年以内の地震発生確率をBPT分布モデルでとりうる最大の確率の値で割った値。

指標（5）：ポアソン過程を適用した場合の危険率（1年間あたりの地震発生回数）。

付表

地震発生確率等の評価の信頼度に関する各ランクの分類条件の詳細は以下のとおりである。

ランク	分類条件の詳細
a	発生確率を求める際に用いる平均活動間隔及び最新活動時期の信頼度がいずれも比較的高く（◎または○）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性が高い。
b	平均活動間隔及び最新活動時期のうち、いずれか一方の信頼度が低く（△）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性が中程度。
c	平均活動間隔及び最新活動時期の信頼度がいずれも低く（△）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性がやや低い。
d	平均活動間隔及び最新活動時期のいずれか一方または両方の信頼度が非常に低く（▲）、発生確率等の値は信頼性が低い。このため、今後の新しい知見により値が大きく変わる可能性が高い。または、データの不足により最新活動時期が十分特定できていないために、現在の確率値を求めることができず、単に長期間の平均値を確率としている。

〈付録〉

関谷断層については重力異常や地質断層などの検討に基づき、地下の断層の長さなどについて改訂を行った。

以下に改訂となった項目とその値について、前回の評価と今回の評価の対比表を示す。なお、評価にあたっては、下表に示す数値のほか各値を求めた根拠についても改訂していることに留意されるとともに、その詳細については評価文を参照されたい。

また、本評価では、放射性炭素同位体年代 ( $^{14}\text{C}$  年代) について、Bronk Ramsey (2009) に基づいた方法によって暦年補正を行っていることから、過去の活動時の一部が前回の評価 (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2004) から変更となっている (注 11)。

さらに、本評価では、1 回の地震で活動する断層の長さはずれの量との関係について、松田ほか (1980) による経験式を採用した。これに伴い、過去の活動履歴に関する新たな資料は得られていないものの、1 回のずれの量に変更が生じていることに留意する必要がある。

関谷断層の評価についての新旧対比表\*

項目	前回の評価 (平成 16 年 5 月 14 日)		今回の評価 (平成 27 年 4 月 24 日)	
	1. 断層の位置・形態 (2) 断層の位置・形状	地表における断層帯の位置・形状 断層帯の位置 (北端) 北緯 37° 9' 東経 139° 56' (南端) 北緯 36° 49' 東経 139° 51'	○ ◎	地表における断層帯の位置・形状 断層帯の位置 (北端) 北緯 37° 9.1' 東経 139° 56.9' (南端) 北緯 36° 49.0' 東経 139° 51.6'
	地下における断層面の位置・形状 一般走向 N10° E	◎	地下における断層面の位置・形状 一般走向 N12° E	◎
3. 断層の過去の活動 (2) 過去の活動時期	活動 2 (1 つ前の活動) 約 5 千 1 百年前以後、約 3 千 9 百年前以前	○	活動 2 (1 つ前の活動) 約 5 千 1 百年前以後、約 3 千 8 百年前以前	○
(3) 1 回のずれの量と平均活動間隔	1 回のずれの量 3 m 程度 (上下成分)	△	1 回のずれの量 3 - 4 m 程度 (上下成分)	△
4. 断層の将来の活動 (1) 将来の活動区間及び活動時の地震の規模	ずれの量 3 m 程度 (上下成分)	△	ずれの量 3 - 4 m 程度 (上下成分)	△

\*変更が生じた項目のみ表示