

宮古島断層帯の長期評価について

平成22年5月20日
地震調査研究推進本部
地震調査委員会

地震調査研究推進本部は、「地震調査研究の推進について ―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―」（平成11年4月23日）を決定し、この中において、「全国を概観した地震動予測地図」の作成を当面推進すべき地震調査研究の主要な課題とし、また「陸域の浅い地震、あるいは、海溝型地震の発生可能性の長期的な確率評価を行う」とした。

地震調査委員会では、この決定を踏まえつつ、平成17年4月までに陸域の活断層として、98断層帯の長期評価を行い公表した。

その後、「今後の重点的調査観測について」（平成17年8月30日 地震調査研究推進本部）の中で、新たに基盤的調査観測の対象とすべき12の活断層帯が挙げられた。

今回、このうち宮古島断層帯について、現在までの研究成果及び関連資料を用いて評価し、とりまとめた。

評価に用いられたデータは量及び質において一様でなく、そのためにそれぞれの評価の結果についても精粗がある。このため、評価結果の各項目について信頼度を付与している。

宮古島断層帯の評価

宮古島断層帯は、南西諸島西部の宮古列島（宮古島、池間島、来間島、伊良部島）に分布する複数の並走する断層からなる。ここでは、おもに平成 20 年度に地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所によって行われた調査研究成果に基づいて、この断層帯の諸特性を次のように評価した。

1. 断層の位置及び形態

宮古島断層帯は、北西－南東方向に並走する長沼断層系、与那原(よなばる)断層系、野原(のばる)断層系、腰原(こしばる)断層系、嘉手(かで)断層系、牧山断層、来間（くりま）断層によって構成され、分布形状や活動性の違いにより、宮古島断層帯中部と宮古島断層帯西部に区分される（図 1、2 及び表 1、2）。

宮古島断層帯中部は長沼断層系、与那原断層系、野原断層系で構成され、長さは 28km 以上で、北西－南東方向に延びており、断層の東側が西側に対して相対的に沈降する正断層である。

宮古島断層帯西部は腰原断層系、嘉手断層系、牧山断層、来間断層で構成され、長さは 17km 以上で、北西－南東方向に延びており、断層の東側が西側に対して相対的に沈降する正断層である。

2. 断層の過去の活動

(1) 宮古島断層帯中部

宮古島断層帯中部は約 40～90 万年前以降に活動していることが認められ、C 級程度の活動度（1 千年あたりの平均的なずれの量が 0.01 m 以上、0.1 m 未満）があるが、最近の活動を示す地形、地質の痕跡は見つかっておらず、最新活動時期を含めた活動履歴は不明である（表 1）。

(2) 宮古島断層帯西部

宮古島断層帯西部は約 12 万年前以降に活動した可能性があり、C 級程度の活動度がある。1667 年の歴史地震時に断層沿いで地変を生じた記録もあるが、明瞭な地形、地質的な痕跡は見つかっておらず、最新活動時期を含めた活動履歴は不明である（表 2）。

3. 断層の将来の活動

(1) 宮古島断層帯中部

宮古島断層帯中部は、全体が1つの区間として活動する場合、マグニチュード7.2程度もしくはそれ以上の地震が発生する可能性がある。その時、断層近傍の地表面では、東側が西側に対して相対的に2 m程度もしくはそれ以上に低くなる段差が生じる可能性がある(表1)。ただし、宮古島断層帯中部の最新活動後の経過率、及び将来このような地震が発生する長期確率は不明である。

(2) 宮古島断層帯西部

宮古島断層帯西部は、全体が1つの区間として活動する場合、マグニチュード6.9程度もしくはそれ以上の地震が発生する可能性がある。その時、断層近傍の地表面では、東側が西側に対して相対的に1 m程度もしくはそれ以上に低くなる段差が生じる可能性がある(表2)。ただし、宮古島断層帯西部の最新活動後の経過率、及び将来このような地震が発生する長期確率は不明である。

4. 今後に向けて

宮古島断層帯は、石灰岩の露出する亜熱帯の島しょ地域にあり、比較的平坦な地形であることから河川が発達しておらず、地質学的に断層活動を判断する上で指標となる堆積物に乏しい。このため通常のトレンチ調査やボーリング調査による活動履歴の復元が難しく、最新活動を含む活動履歴についてほとんどデータが得られていない。しかし、石灰岩の分布と断層との関係などからみて、断層帯の西側ほど活動的である可能性があり、今後は海域での調査も含め、断層帯西部を中心に過去の活動に関するデータを蓄積する必要がある。

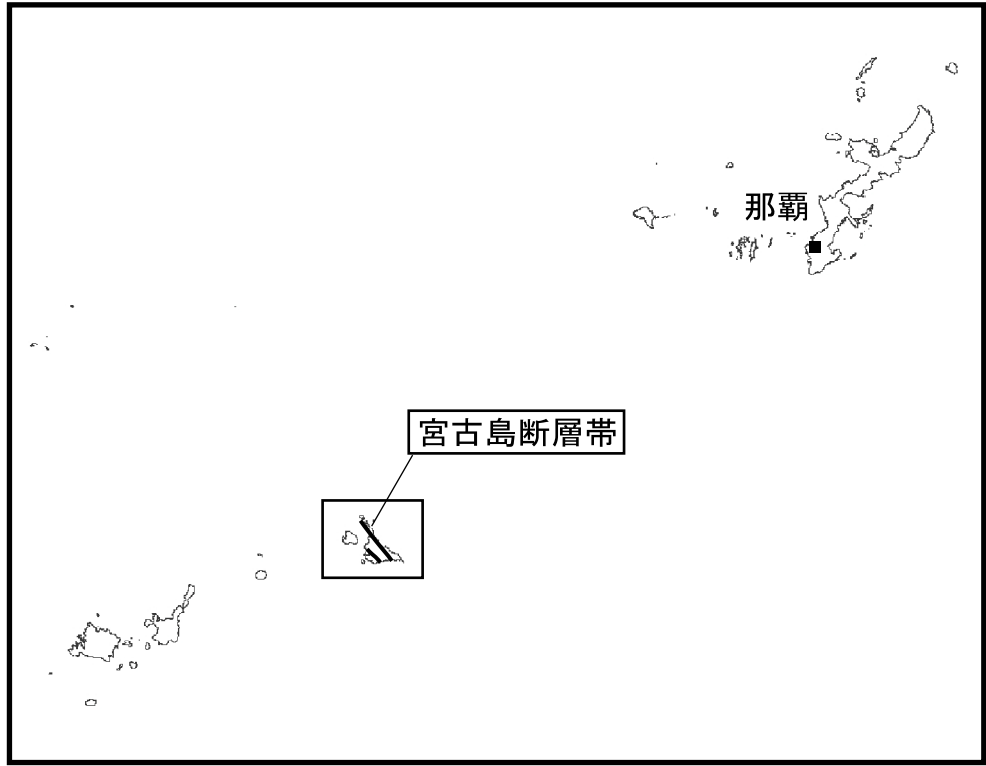


図1 宮古島断層帯の概略位置図
(図中の長方形は図2の範囲)

表 1 宮古島断層帯中部の特性

項目	特性	信頼度 (注 1)	根拠 (注 2)
1. 断層の位置・形態			
(1) 構成する断層	長沼断層系, 与那原断層系, 野原断層系		文献 2 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 24°53' 東経 125°17' (南端) 北緯 24°42' 東経 125°22' 長さ 28 km 以上	△ △ △	文献 3 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 N40°W 傾斜 高角度 幅 不明	○ ○ ○ ○	上端の深さが 0 km であることから推定。 地形の特徴から推定。 一般走向は、並走する各断層系の両端を直線で結んだ方向。 傾斜は文献 1 による音波探査断面による。
(3) 断層のずれの向きと種類	東側沈降の正断層	○	文献 1, 2, 3 による。
2. 断層の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	不明 (活動度は C 級程度)		活動度については注 3 を参照。
(2) 過去の活動時期	不明		
(3) 1 回のずれの量と平均活動間隔	1 回のずれの量 2 m 程度もしくはそれ以上 (上下成分) 平均活動間隔 不明	△	断層の長さから推定。
(4) 過去の活動区間	断層全体で 1 区間	△	断層の位置関係・形状等から推定。

3. 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 地震の規模 マグニチュード7.2程度もしくはそれ以上 ずれの量 2m程度もしくはそれ以上(上下成分)	△ △ △	断層の位置関係・形 状等から推定。 断層の長さから推定。 断層の長さから推 定。
---------------------------------------	---	---------------------	--

表2 宮古島断層帯西部の特性

項目	特性	信頼度 (注1)	根拠 (注2)
1. 断層の位置・形態			
(1) 構成する断層	腰原断層系, 嘉手断層系, 牧山断層、来間断層		文献2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 24°49' 東経 125°13' (南端) 北緯 24°41' 東経 125°18' 長さ 17 km 以上	△ △ △	文献3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 N40°W 傾斜 高角度 幅 不明	○ ○ ○ ○	上端の深さが 0 km であることから推定。 地形の特徴から推定。 一般走向は、並走する各断層系の両端を直線で結んだ方向。 傾斜は文献1による音波探査断面による。
(3) 断層のずれの向きと種類	東側沈降の正断層	○	文献1、2、3による。
2. 断層の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	不明 (活動度はC級程度)		活動度については注3を参照。
(2) 過去の活動時期	不明		
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれの量 1 m 程度もしくはそれ以上 (上下成分) 平均活動間隔 不明	△	断層の長さから推定。
(4) 過去の活動区間	断層全体で1区間	△	断層の位置関係・形状等から推定。

3. 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。
	地震の規模 マグニチュード6.9程度もしくはそれ以上	△	断層の長さから推定。
	ずれの量 1m程度もしくはそれ以上(上下成分)	△	断層の長さから推 定。

注1：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2：文献については、本文末尾に示す以下の文献。

文献1：地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所（2009）

文献2：活断層研究会編（1991）

文献3：中田・今泉編（2002）

注3：宮古島断層帯では、平均的なずれの速度を具体的に示すことはできないが、活断層の活発さの程度、すなわち活動度（松田，1975）は推定できるので、それを示した。

- ・活動度がAの活断層は、1千年あたりの平均的なずれの量が1m以上、10m未満であるものをいう。
- ・活動度がBの活断層は、1千年あたりの平均的なずれの量が0.1m以上、1m未満であるものをいう。
- ・活動度がCの活断層は、1千年あたりの平均的なずれの量が0.01m以上、0.1m未満であるものをいう。

(説明)

1. 宮古島断層帯に関するこれまでの主な調査研究

宮古島断層帯は、南西諸島西部の宮古列島（宮古島、来間島（くりまじま）、伊良部島（いらぶじま）、下地島（しもじしま）、池間島（いけまじま））に分布し、主に北北西－南南東方向に並走する複数の断層からなる断層帯である（図1，2）。

宮古列島における断層の存在は古くから知られており、Hanzawa (1935)によって宮古島が北西－南東走向の断層と傾動地塊からなることが記載されている。その後、Doan et al. (1960)や沖縄第四紀調査団 (1976) によって同様の記載がなされ、矢崎・大山 (1978, 1979, 1980) や中森 (1982) は、宮古列島の基盤となる新第三系の島尻層群やそれを覆う琉球石灰岩を切る断層を報告している。しかし、活断層として記載を行ったのは活断層研究会編 (1980, 1991) が最初であり、本断層帯を構成する断層（系）を10本認定して、東から新城(あらぐすく)断層系、福里断層系、長沼断層系、与那原(よなばる)断層系、野原(のばる)断層系、腰原(こしばる)断層系、嘉手(かで)断層系、牧山断層、来間(くりま)断層、佐和田断層と呼んだ(図3)。これらは高角の正断層で、確実度I～II、活動度B～C級と評価されている。また、小池・町田編 (2001) や中田・今泉編 (2002) もほぼ同様の断層を認定しているが、推定活断層としており、現時点では明確に特定できないものとしている。このほか、海上保安庁水路部 (1986, 1994) が作成した海底地質構造図には、陸域の断層の南南東延長海底に連続性のよい断層が描かれている。宮古列島周辺の海底には、本断層帯と同様の走向で、島弧とほぼ直交してのびる高角正断層が数多く発達しており、外弧隆起帯全体が島弧方向の引張力を受けて地殻変動を起こしていると考えられる。地震学的データ・測地学的データもこの考えを支持する（例えば Kubo and Fukuyama, 2003 ; Nakamura, 2004）。

本断層帯の具体的な活動時期などに関する情報はなく、活動履歴の解明を目的にした調査は、地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所 (2009) 以外にはほとんど行われていない。

2. 宮古島断層帯の評価結果

宮古島断層帯は、活断層研究会編 (1980, 1991) によって活動度が一部でB級相当と考えられること、長さが最長で27kmであり、さらに海域まで延長される可能性があることから、基盤的調査観測としての活断層調査の対象となるべき基準を満たし、地震調査研究推進本部 (2005) の中で、新たに基盤的調査観測の対象として挙げられた12の活断層帯のうちの1つである。本断層帯は、活動性や断層の位置から、宮古島断層帯東部（新城断層系、福里断層系）、宮古島断層帯中部（長沼断層系、与那原断層系、野原断層系）と宮古島断層帯西部（腰原断層系、嘉手断層系、来間断層、牧山断層）に区分できると判断した(図3)。ただし、宮古島断層帯東部は、長さが、20km未滿(11km程度)と地震調査研究推進本部 (1997) による基盤的調査対象活断層の基準に該当しないこと、並びに、更新世中期に堆積したと考えられる友利石灰岩を変位させておらず、現在は活動していない可能性があることから、詳細な評価の対象とはしなかった。また、伊良部島に分布する佐和田断層については他の断層（系）とは走向や変位の向きが異なり、単独ではその長さは約3km(活断層研究会編, 1991)と基盤的調査観測対象の基準に該当しないことから、詳細な評価の対象とはしなかった。

2. 1 宮古島断層帯中部

2. 1. 1 宮古島断層帯中部の位置及び形態

(1) 宮古島断層帯中部を構成する断層

宮古島断層帯中部は、長沼断層系、与那原断層系、野原断層系の3列の並走する断層系で構成される(図2)。

構成する断層の位置及び形態は、中田・今泉編(2002)などに示されている。断層の名称は活断層研究会編(1991)にしたがった。

(2) 断層面の位置・形状

宮古島断層帯中部では、各断層系とも雁行配列しているが、いずれも全体的な走向がN40°Wであることから、宮古島断層帯中部の一般走向はN40°Wとみなせる。長沼断層系は池間島から西平安名(にしへんな)岬、宮古島市福山付近を通り、海域を挟んで山川(やまがー)付近から杉の字状に雁行しながら仲原(なかばり)付近まで延びる。与那原断層系と野原断層系も杉の字状に雁行し、それぞれ宮古島市成川から友利まで、および宮古島市下崎から砂川(うるか)まで延びる。また各断層系とも海岸まで断層が達していることから、海域に向かって北方および南方へそれぞれ延長されると考えられる(図2)。断層の長さは、図2に示された陸域の範囲では、長沼断層系の北端と南端を一般走向方向で結んで計測すると約27 kmとなる。また海域の音波探査結果に基づけば、断層の南方は、与那原断層系と野原断層系でそれぞれ少なくとも1 km程度延長できる(地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所、2009)。一方、断層の北方の海域では調査は行われていないが、上述したように断層が海岸線に達していることから、断層が北方にも延長される可能性は否定できない。これらを考慮すると、宮古島断層帯中部の長さは、28 km以上と考えられる。

断層面上端の深さは、変位が地表付近まで及んでいることから0 kmとした。

断層面の傾斜は、地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所(2009)による海域の音波探査断面によれば、高角度と推定される(図4)。

断層面下端の深さは、地震発生層の下限が明瞭でないことから不明である。断層面の幅も、地下深部の傾斜が明らかではないことから不明である。

(3) 断層の変位の向き(ずれの向き)(注4)

宮古島断層帯中部は、中田・今泉編(2002)などに示された変位地形から、東側が西側に対して相対的に沈降する正断層と考えられる。

2. 1. 2 宮古島断層帯中部の過去の活動

(1) 平均変位速度(平均的なずれの速度)

活断層研究会編(1980、1991)は、太田・堀(1980)などを基に、宮古島全体が最終間氷期(12万年前頃)に形成されたサンゴ礁段丘面からなると考え、宮古島断層帯を構成する各断層の変位量(5~40m)との関係から、活動度をB~C級と評価している。しかし、段丘面の年代や区分については諸説あり、離水時期が更新世前期であるという考え(沖縄第四紀調査団、1976)や、複数の面に分化できるという考え(矢崎・大山、1980)もある。小池・町田(2001)や地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所(2009)では、宮古島西部の一部と池間島、伊良部島にのみ段丘面を認定しており、宮古島の大部分は溶食によって原面が失われているとしている(図5)。

宮古島断層帯中部周辺の表層では、友利石灰岩とそれを覆う大野越粘土層が観察されている(図

6 ; 矢崎・大山、1978 ; 地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所、2009)。地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所 (2009) によれば、友利石灰岩の堆積年代は更新世中期と推定され、大野越粘土層も複数回の氷期-間氷期サイクルを経験したレス起源の風成層およびその再堆積であると報告している。すなわち、本地域の地形面の離水時期が更新世中期まで遡る可能性を示している。本田ほか (1994) は、伊良部島において琉球石灰岩中部を9つのユニットに岩相区分し、ナンノ化石層序に基づいて、その最下部から 0.89 Ma、最上部から 0.39 Ma 以前という年代をそれぞれ得ている。そして、各ユニットを酸素同位体ステージ (MIS) 26~16 に対応させた。本田ほか (1994) が示した伊良部島の琉球石灰岩中部は、矢崎・大山 (1978) が伊良部島で記載した友利石灰岩に相当し、宮古島の友利石灰岩とも対比される。2. 2. 2 (1) で後述するように、友利石灰岩の上位の平良 (ひらら) 石灰岩の堆積時期は MIS9 (約 30 万年前) もしくはそれ以前の可能性があり、その場合、友利石灰岩の堆積時期は MIS11 (約 40 万年前) 以前となる。これらのことから、友利石灰岩は 40~90 万年頃に堆積した可能性がある。

宮古島断層帯中部を横切る方向に 20 本の測線を設け、10m メッシュの DEM データから地形断面図を作成した結果、リニアメント沿いの崖の比高は、長沼断層系で 5~35m、与那原断層系で 5~50m、野原断層系で 5~50m である (図 7、8)。しかし、断層沿いは溶食の影響によりライムストーンウォールが発達し、崖の比高が断層のずれの量を直接示しているわけではなく、地形から上下変位量を見積もることは難しい。一方、露頭調査やボーリング資料の解析によれば、長沼断層系、与那原断層系、野原断層系とも、基盤の島尻層群とその上位の友利石灰岩の上下方向のずれが 10~30m 程度である可能性を示している (図 6 ; 地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所、2009)。

したがって、これらの値に基づき、約 40~90 万年前以降に累積で 10~30m 程度、断層が変位したとすれば、宮古島断層帯中部の平均変位速度は 0.01~0.08m/千年程度と見積もることが出来る。しかし、推定に用いたデータは信頼性の高い値ではなく、また更新世後期以降の活動に関する資料もないことから、ここでは参考値とし、宮古島断層帯中部の評価では採用しない。

(2) 活動時期

a) 地形・地質的に認められた過去の活動

宮古島断層帯中部は、友利石灰岩およびそれに構成される地形面を変位させていることから、更新世中期以降に活動していることは明らかである。2. 1. 2 (1) で述べたように友利石灰岩の堆積年代は、約 40~90 万年前である可能性があり、最新活動時期はそれ以後であると考えられる。しかし、更新世後期以降における活動履歴は不明である。

地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所 (2009) は、沿岸において完新世に汀線付近で形成されたビーチロックの高度と年代を測定し、断層を挟んで汀線高度分布に変化が生じているかどうかを検討した。その結果、いずれの地点でも汀線高度が潮間帯の範囲内に収まり、断層を挟んで有意な変化は認められなかった (図 10)。ビーチロック年代は 2 千年前頃以降のものが多く、すなわち 2 千年前頃以降に顕著な断層活動はなかった可能性を示す。

以上より、宮古島断層帯中部は、約 40~90 万年前以後、約 2 千年前以前の間に活動していると考えられる。しかし、1 回ごとの活動の痕跡は認められておらず、具体的な活動履歴は不明である。

b) 先史時代・歴史時代の活動

宮古島断層帯中部の活動を直接示唆する記録はない。

なお、宮古列島では 1771 (明和 8) 年八重山地震津波によって甚大な被害が発生している (羽鳥, 1988 ; 渡辺, 1998 ; 宇佐美, 2003)。この津波の発生源は、これまでプレート境界説 (中田・河名, 1986 ; 河名・中田, 1987) や海底での大規模な陥没・地すべり説 (松本・木村, 1993 ; 平石ほか, 2001)、プレート境界と海底地すべりの複合説 (今村ほか, 2001) などが考えられていたが、最近、多良間島と石垣島との間の海域で、島弧とほぼ直交する外弧内海底活断層が発生源であるとする説が出された (Nakamura, 2006)。これは宮古島断層帯と同じセンスを持つと考えられる断層である。

また、宮古列島および周辺では、津波石が多く観察されており、河名・中田 (1994) は多数の津波石の年代測定から約 3000 年前以降 1771 年八重山地震津波までに 4 回の津波が発生したことを明らかにしている。

(3) 1 回の変位量 (ずれの量)

宮古島断層帯中部では、1 回の活動に伴う変位量を示す直接的な資料は得られていない。しかしながら、宮古島断層帯中部の長さは 28 km 以上と推定されていることから、以下に示す松田 (1975) の経験式 (1)、(2) に基づくと、1 回の変位量は 2.2 m と求められる。

$$\text{Log } L = 0.6M - 2.9 \quad (1)$$

$$\text{Log } D = 0.6M - 4.0 \quad (2)$$

ここで、L は 1 回の地震で活動する断層の長さ (km)、D は断層の変位量 (m)、M は地震のマグニチュードである。

以上のことから、宮古島断層帯中部における 1 回の変位量は 2 m 程度もしくはそれ以上であった可能性がある。

(4) 活動間隔

宮古島断層帯中部では、活動間隔に関する直接的資料は得られていない。

なお、参考値として求められた平均変位速度 (0.01~0.08m/千年程度) と 1 回の変位量 (2 m 程度もしくはそれ以上) に基づけば、平均活動間隔は 3~20 万年程度もしくはそれ以上と算出される。

(5) 活動区間

宮古島断層帯中部は、松田 (1990) の起震断層の基準に基づくと、断層全体が 1 つの区間として活動してきた可能性がある。

(6) 測地観測結果

宮古島断層帯周辺における 2007 年までの 32 年間の測地観測結果では、顕著な歪みは見られない。

宮古列島周辺の広域における 2009 年までの 10 年間の GPS 観測結果では、宮古島、多良間島、石垣島にかけて南北～北西－南東方向のわずかな伸びが見られる。

(7) 地震観測結果

宮古島断層帯周辺の最近約 8 年間の地震観測結果によると、断層帯付近の地殻内の地震活動はマグニチュード 4 未満の地震が点在する程度で、断層帯の西方や南方沖合に比べて相対的に低調である。これらの地震の下限は明瞭ではなく、深さの精度も良くないため、地震発生層の下限の深さは不明である。宮古島断層帯の西方及び南方沖合の地震のメカニズム解には、北東－南西ないし東北東－西南西方向に張力軸を持つ正断層型がよくみられる。なお、宮古島断層帯周辺では、深さ 50km 程度でマグニチュード 5 クラスの地震が平均約 6 年間隔で周期的に発生するなど、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う地震活動が活発である。

2. 1. 3 宮古島断層帯中部の将来の活動

(1) 活動区間と活動時の地震の規模

2. 1. 2 (5) で述べたように、宮古島断層帯中部は、全体が 1 つの区間として同時に活動する可能性がある。その場合、前述の経験式 (1) に基づくと、宮古島断層帯中部 (長さ 28 km 以上) で発生する地震の規模はマグニチュード 7.2 程度もしくはそれ以上の可能性がある。また、このような地震が発生した場合、断層近傍の地表面では東側が西側に対して相対的に 2 m 程度もしくはそれ以上低くなる段差を生じる可能性がある。

(2) 地震発生の可能性

宮古島断層帯中部では、過去の活動に関する資料が得られていないため、将来の地震発生確率は不明である。

2. 2 宮古島断層帯西部

2. 2. 1 宮古島断層帯西部の位置及び形態

(1) 宮古島断層帯西部を構成する断層

宮古島断層帯西部は、陸域では腰原断層系、嘉手断層系、牧山断層、来間断層の 4 列の断層・断層系で構成される (図 2)。腰原断層系は宮古島西部の宮古島市平良地区周辺に分布し、数条の短い並列した断層からなる。嘉手断層系は宮古島市下地地区周辺に分布し、数条の短い並列した断層からなる。牧山断層は伊良部島の東岸に沿って、来間断層は来間島の東岸に沿って、それぞれ分布する。(図 2)。

構成する断層の位置及び形態は、活断層研究会編 (1991)、小池・町田編 (2001)、中田・今泉編 (2002) などに示されている。断層の名称は活断層研究会編 (1991) にしたがった。

(2) 断層面の位置・形状

宮古島断層帯西部は、複数の短い断層からなるが、走向はいずれも概ね N40°W であることから、宮古島断層帯西部の一般走向は N40°W とみなせる。宮古島断層帯西部を構成するいずれの断層・断層系とも、断層が海岸まで達していることから、海域に向かって北方および南方へそれぞれ延長されると考えられる。断層の長さは、図 2 に示された陸域の範囲では、腰原断層系が約 3 km、

嘉手断層系が約 3 km、牧山断層が約 2 km、来間断層が約 3 km である。これらのうち腰原断層系と嘉手断層系は松田 (1990) の起震断層の基準に基づくと、一連の断層と認定でき、また両者は、海域の音波探査の結果から、牧山断層と連続する可能性が高い。これらの断層の北端と南端を結び、一般走向方向に長さを計測すると、15km 程度になる。さらに嘉手断層系の南方は、地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所 (2009) が実施した海域の音波探査結果に基づけば、少なくとも 2 km 延長すると考えられることから、宮古島断層帯西部の総延長は 17km 以上である可能性がある。なお、来間断層も海域の音波探査結果に基づけば、北方へ少なくとも 3 km 程度延長でき、総延長で 6 km 程度になるが、これを考慮しても宮古島断層帯西部の全体の長さは変わらない。

断層面上端の深さは、変位が地表付近まで及んでいることから 0 km とした。

断層面の傾斜は、地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所 (2009) による海域の音波探査断面によれば、高角度と推定される (図 4)。

断層面の下端の深さは、地震発生層の下限を目安とすると 20 km 程度と推定されるが、断層面の幅は、地下深部の傾斜が明らかではないことから不明である。

(3) 断層の変位の向き (ずれの向き) (注 4)

宮古島断層帯西部は、中田・今泉編 (2002) などに示された変位地形から、東側が西側に対して沈降する正断層と考えられる。

2. 2. 2 宮古島断層帯西部の過去の活動

(1) 平均変位速度 (平均的なずれの速度)

活断層研究会編 (1980、1991) は、宮古島断層帯西部を構成する断層の活動度を B～C 級と評価しているが、変位量の見積もりや変位基準の年代推定に関する根拠が明らかにされていない。

小池・町田編 (2001) は、嘉手断層系の隆起側で段丘面を認定しており、形成時期を MIS5e (約 12 万年前) と推定している。また地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所 (2009) は、段丘面を I 面および II 面の 2 面に細分し、嘉手断層系の低下側にも II 面を認定している (図 5)。小池・町田編 (2001) の示す段丘面および地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所 (2009) の I 面 (一部 II 面) は、更新世後期に堆積した下地島石灰岩 (矢崎・大山、1980) で構成されている。下地島石灰岩は上部と下部に分けられ、2 回の氷期-間氷期サイクルを示すと考えられており、これらのうち上部が MIS5e に対比されている (地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所、2009)。一方、腰原断層系周辺では更新世中期に堆積した平良石灰岩 (矢崎・大山、1980) が露出し、その分布域をリニアメントが通過している。下地島石灰岩の上部と下部がそれぞれ MIS5e および MIS7 (約 20 万年前) に対比されるとすれば、平良石灰岩は MIS9 (約 30 万年前) もしくはそれ以前に対比される可能性がある。

宮古島断層帯西部を横切る方向に設定した 9 本の測線で 10m メッシュの DEM データから地形断面図を作成した結果、リニアメント沿いの崖の比高は、腰原断層系で 5～20m、嘉手断層系で 5 m 以下と計測された (図 9)。また、地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所 (2009) は嘉手断層系沿いのリニアメントにおける崖の比高が最大で 10m 程度であると報告している。嘉手断層系のリニアメントは、I 面と II 面の境界に一致しており、断層を挟んで同時代面の対比ができない。しかし断層の低下側の II 面は、地形面を構成する石灰岩や堆積物は確認されておらず、風

成レスおよびその再堆積層である大野越粘土層が層厚 5 m 以上で分布していることが確認されている（地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所、2009）。このことから、断層の低下側に I 面に対比される地形面が埋没している可能性がある。すなわち嘉手断層系のリニアメント沿いの崖の比高は見かけ上のものであり、実際の断層のずれの量はさらに大きくなる可能性がある。また、断層沿いの溶食の影響などにより、崖の比高が断層のずれの量を直接示しているわけではないが、嘉手断層系では、露出する石灰岩が比較的新しく、溶食の影響は腰原断層系や宮古島断層帯中部に比べ、小さいと考えられる。したがって、嘉手断層系のずれの累積量は 5～10m 程度もしくはそれ以上の可能性がある。

以上より、宮古島断層帯西部では、約 12 万年前以降、累積で 5～10m 程度もしくはそれ以上の変位が生じた可能性があり、平均変位速度は 0.04～0.08m/千年程度もしくはそれ以上と計算される。しかし推定に用いたデータは信頼性の高い値ではなく、また具体的な断層活動に関する資料もないことから、ここでは参考値とし、宮古島断層帯西部の評価では採用しない。

（2）活動時期

a) 地形・地質的に認められた過去の活動

宮古島断層帯西部では、嘉手断層系において MIS5e（約 12 万年前）に離水した段丘面を変位させている可能性が指摘されており（地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所、2009）、約 12 万年前以後に活動していると考えられる。

また、2. 1. 2 (2) a) で説明したとおり、地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所（2009）による沿岸でのビーチロックの高度と年代の調査結果（図 10）から、2 千年前頃以降に顕著な断層活動はなかった可能性がある。一方で、後述するように宮古島断層帯西部では、1667 年の歴史地震に関する史料に、嘉手断層系沿いの洲鎌地区で地変があったことが記録されている。この検証のため、地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所（2009）が宮古島市下地字洲鎌で行ったボーリング調査では、断層の低下側で 1～12 世紀頃の年代を示す腐植層が、現海面より低い高度（標高 -1m 付近）に分布し、沈降が生じていた可能性を示唆する。しかし、1667 年の歴史地震とは年代が一致せず、また腐植層の高度分布は、広域な地殻変動や海面自体の変動でも説明がつくことから、断層活動の証拠としては信頼性が低い。

以上より、宮古島断層帯西部は、約 12 万年前以後、約 2 千年前以前の間活動していると考えられるが、1 回ごとの活動の痕跡は認められておらず、具体的な活動履歴は不明である。

b) 先史時代・歴史時代の活動

琉球地域の史書の一つである『球陽』に「1667 年（寛文 7 年）琉球宮古島で地震強く、洲鎌村の早田 1210 坪（約 40a）約三尺（約 0.9m）沈下して水田となる」という記述があり（渡辺，1998；宇佐美，2003）、宮古島南西部の洲鎌地区で地変が生じたことを示している。これは宮古島断層帯西部の活動と関係している可能性があるが、これまでのところ明確な地形・地質学的な痕跡は認められていない。宮古列島および周辺における地震・津波に関しては 2. 1. 2 (2) b) を参照。

（3）1 回の変位量（ずれの量）

宮古島断層帯西部では、1 回の活動に伴う変位量を示す直接的な資料は得られていない。なお、

1667年の歴史地震において、宮古島断層帯西部の洲鎌地区周辺で約1mの沈下が生じた記録があるが、断層活動との関係は明らかではない。また、宮古島断層帯西部の長さは17km以上の可能性があることから、前述の経験式(1)、(2)に基づくと、1回の変位量は1.4mと求められる。

以上のことから、宮古島断層帯西部における1回の変位量は1m程度もしくはそれ以上であった可能性がある。

(4) 活動間隔

宮古島断層帯西部では、活動間隔に関する直接的資料は得られていない。

なお、参考値として求められた平均変位速度(0.04~0.08m/千年もしくはそれ以上)と1回の変位量(1m程度もしくはそれ以上)に基づけば、平均活動間隔は1万年3千年~2万5千年もしくはそれより短いと算出される。

(5) 活動区間

宮古島断層帯西部は、松田(1990)の起震断層の基準に基づくと、断層全体が1つの区間として活動してきた可能性がある。

(6) 測地観測結果

2. 1. 2 (6) を参照

(7) 地震観測結果

2. 1. 2 (7) を参照

2. 2. 3 宮古島断層帯西部の将来の活動

(1) 活動区間と活動時の地震の規模

2. 2. 2 (5) で述べたように、宮古島断層帯西部全体は、全体が1つの区間として同時に活動する可能性がある。その場合、前述の松田(1975)の経験式(1)に基づくと、宮古島断層帯西部(長さ17km以上)で発生する地震の規模は、マグニチュード6.9程度もしくはそれ以上の可能性がある。また、このような地震が発生した場合、断層近傍の地表面では、東側が西側に対して相対的に1m程度もしくはそれ以上低くなる段差を生じる可能性がある。

(2) 地震発生の可能性

宮古島断層帯西部では、過去の活動に関する資料が得られていないため、将来の地震発生確率は不明である。

3. 今後に向けて

宮古島断層帯は、石灰岩の露出する亜熱帯の島しょ地域にあり、比較的lowな地形であることから河川が発達しておらず、地質学的に断層活動を判断する上で指標となる堆積物に乏しい。このため通常のトレンチ調査やボーリング調査による活動履歴の復元が難しく、最新活動を含む活動履歴についてほとんどデータが得られていない。しかし、石灰岩の分布と断層との関係などからみて、断層帯の西側ほど活動的である可能性があり、今後は海域での調査も含め、断層帯西部

を中心に過去の活動に関するデータを蓄積する必要がある。

注4：「変位」を、1～2頁の本文及び5～7頁の表1～2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。

文 献

- 地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所（2009）：宮古島活断層帯の活動性および活動履歴調査。「活断層の追加・補完調査」成果報告書，No. H20-1，46p.
- Doan D. B., Passeur, J. E., and Fosberg, F. R. (1960): Military geology of the Miyako Archipelago, Ryukyu Retto. U. S. Army. Intell. Div. Off. Eng. with personnel of U. S. Geol. Surv., 214p.
- Hanzawa, S. (1935): Topography and geology of the Riukiu Islands. Science reports of the Tohoku University, Second series, Geology, 17, 1-61.
- 羽鳥徳太郎（1988）：琉球列島における津波の規模と波源域. 地震2, 41, 541-547.
- 平石哲也・柴木秀之・原 信彦（2001）：円弧滑り法を利用した地滑り津波波源による明和八重山地震津波の再現. 海岸工学論文集, 48, 351-355.
- 本田信幸・辻 善弘・松田博貴・五月女順一（1994）：琉球列島伊良部島の第四系石灰岩の堆積相と海水準変化. 石油技術協会誌, 59, 86-98.
- 今村文彦・吉田 功・Andrew Moore（2001）：沖縄県石垣島における1771年明和大津波と津波石移動の数値解析. 海岸工学論文集, 48, 346-350.
- 地震調査研究推進本部（1997）：「地震に関する基盤的調査観測計画」. 38p.
- 地震調査研究推進本部（2005）：「今後の重点的調査観測について（一活断層で発生する地震及び海溝型地震を対象とした重点的調査観測、活断層の今後の基盤的調査観測の進め方一）」. 32p.
- 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長期評価部会（1999）：「(改訂試案) 長期的な地震発生確率の評価手法について」. 74p.
- 海上保安庁水路部（1986）：5万分の1沿岸の海の基本図，海底地形地質調査報告書「宮古島」，59p+付図1葉.
- 海上保安庁水路部（1994）：5万分の1沿岸の海の基本図 海底地形地質調査報告書「多良間島」. 58p+付図1葉.
- 活断層研究会編（1980）：「日本の活断層一分布図と資料」. 東京大学出版会，363p.
- 活断層研究会編（1991）：「新編日本の活断層一分布図と資料」. 東京大学出版会，437p.
- 河名俊男・中田 高（1987）：明和津波と海底地殻変動. 歴史地震, 3, 181-194.
- 河名俊男・中田 高（1994）：サンゴ質津波堆積物の年代からみた琉球列島南部周辺海域における後期完新世の津波発生時期. 地学雑誌, 103, 352-376.
- 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・105p.

- Kubo, A. and Fukuyama, E. (2003) : Stress field along the Ryukyu Arc and the Okinawa Trough inferred from moment tensors of shallow earthquakes. *Earth and Planetary Science Letters*, 210, 305-316.
- Maekado, A. (1984) : Solution rate of the Ryukyu Limestone in Okinoerabu-jima, Ryukyu Islands, *Anm. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, 10, 57-58
- 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 (1990) : 最大地震規模による日本列島の地震分帯図. *地震研究所彙報*, **65**, 289-319.
- 松本 剛・木村政昭 (1993) : 1771 年八重山地震津波発生域における精密地形調査と津波発生メカニズムに関する一考察. *地震*, 2, 45, 417-426.
- 中森 亨 (1982) : 琉球列島 宮古群島の地質. *東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告*, 84, 23-39.
- Nakamura, M. (2004): Crustal deformation in the central and southern Ryukyu Arc estimated from GPS data. *Earth and Planetary Science Letters*, 217, 389-398.
- Nakamura, M. (2006): Source fault model of the 1771 Yaeyama tsunami, southern Ryukyu Islands, Japan, inferred from numerical simulation. *Pure and Applied Geophysics*, 163, 41-54.
- 中田 高・河名俊男 (1986) : 明和 8 年 (1771) の地震津波について. *歴史地震*, 2, 141-147.
- 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. 付図 1 葉.
- 沖縄第四紀調査団 (1976) : 沖縄および宮古島群島の第四系一とくに“琉球石灰岩”の層序について一, *地球科学*, 30, 3, 145-162
- 太田陽子・堀 信行 (1980) 琉球列島の第四紀後期の地殻変動に関する一考察, *第四紀研究*, 18, 4, 221-240
- 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.
- 矢崎清貫・大山 桂 (1978) : 伊良部島地域の地質, *地域地質研究報告 5 万分の 1 図幅*, 地質調査所, 27p
- 矢崎清貫・大山 桂 (1979) : 宮古島北部地域の地質, *地域地質研究報告 5 万分の 1 図幅*, 地質調査所, 46p
- 矢崎清貫・大山 桂 (1980) : 宮古島地域の地質, *地域地質研究報告 5 万分の 1 図幅*, 地質調査所, 83p
- 渡辺偉夫 (1998) : 「日本被害津波総覧第 2 版」. 東京大学出版会, 238p.

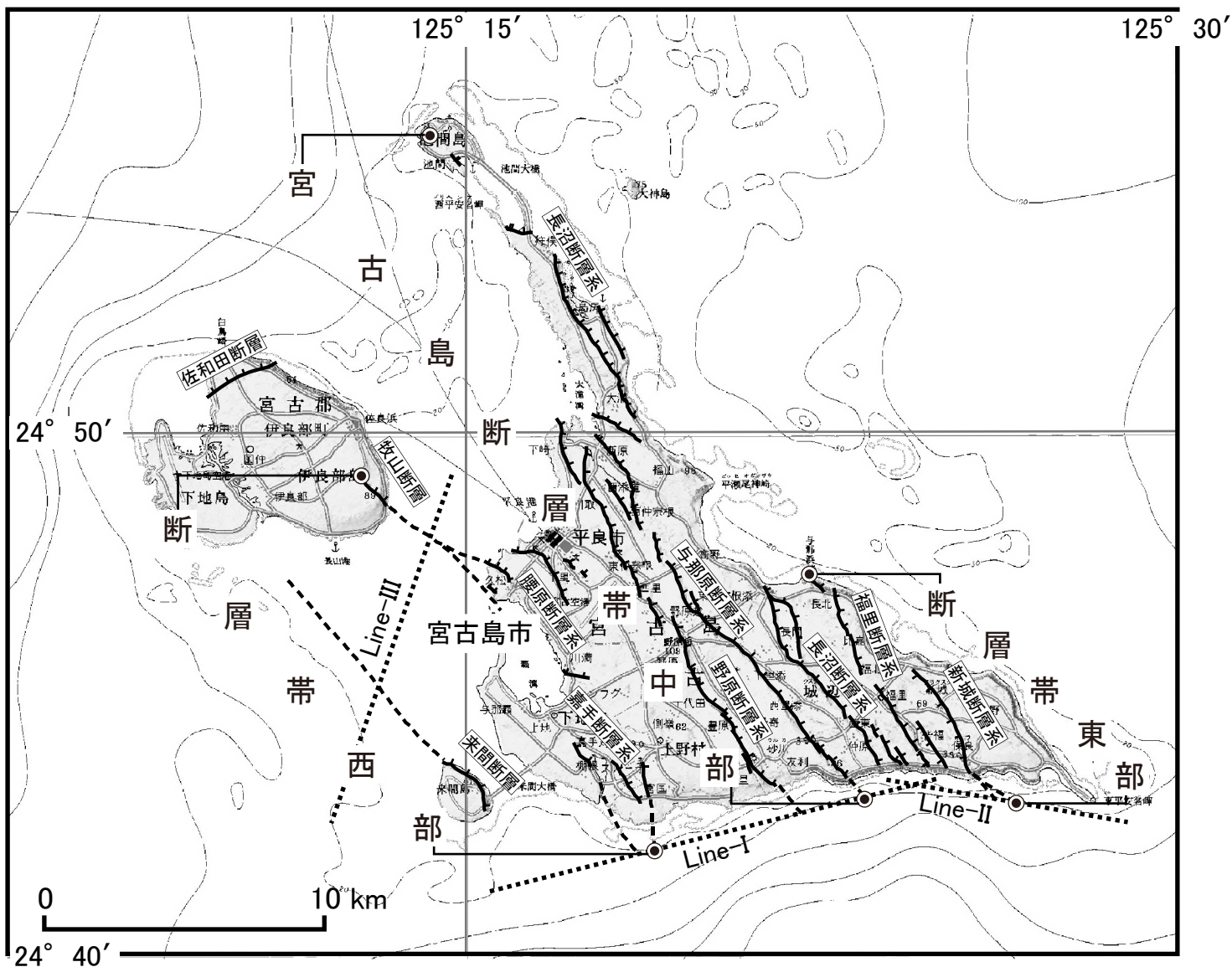


図3 宮古島断層帯の評価において考慮した断層と調査測線
 点線は地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所(2009)による音波探査測線.

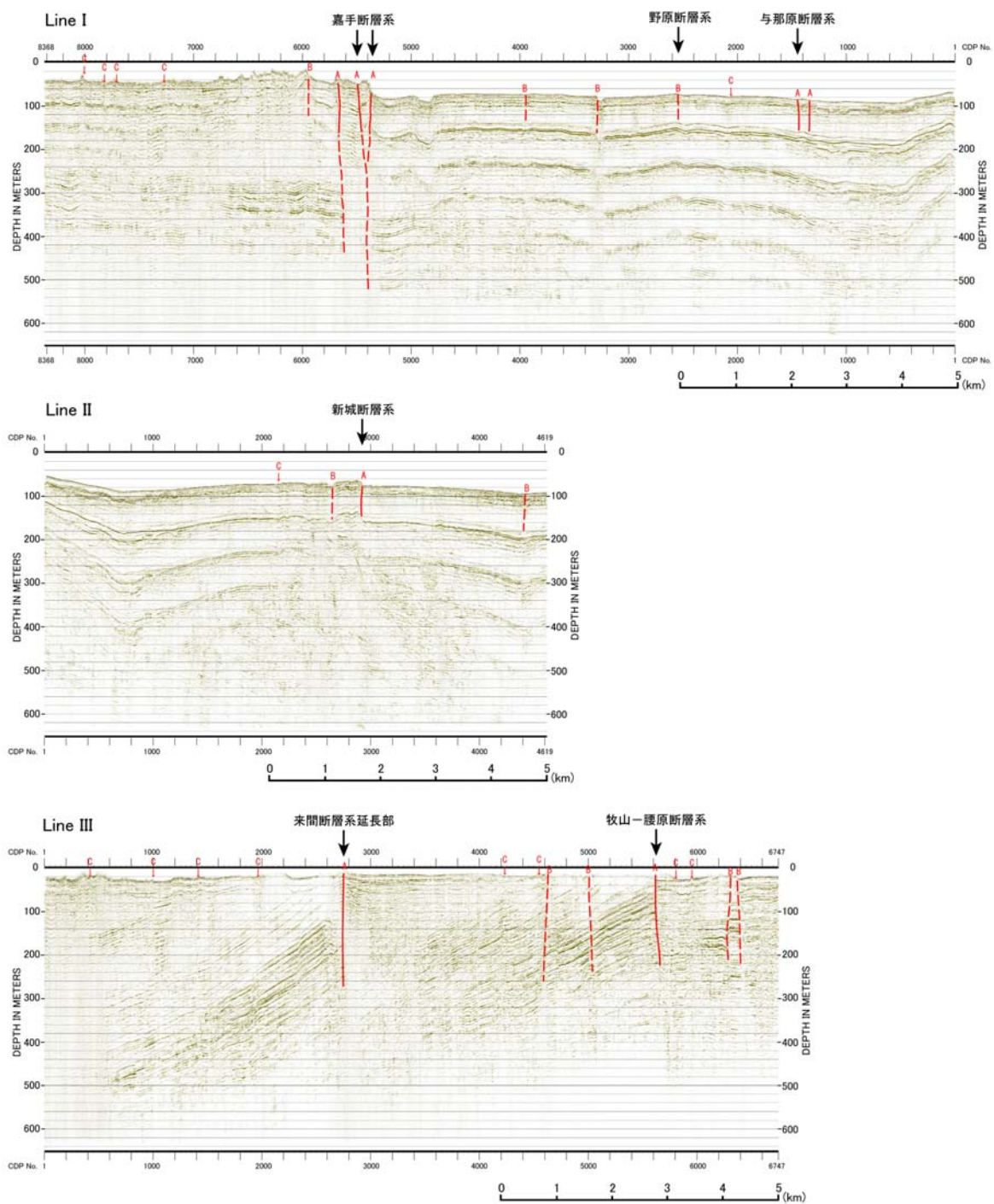


図4 宮古島周辺海域での音波探査断面
 (地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所, 2009に加筆)
 赤い実線が明瞭な断層、破線は推定断層。測線の位置は図3に示す

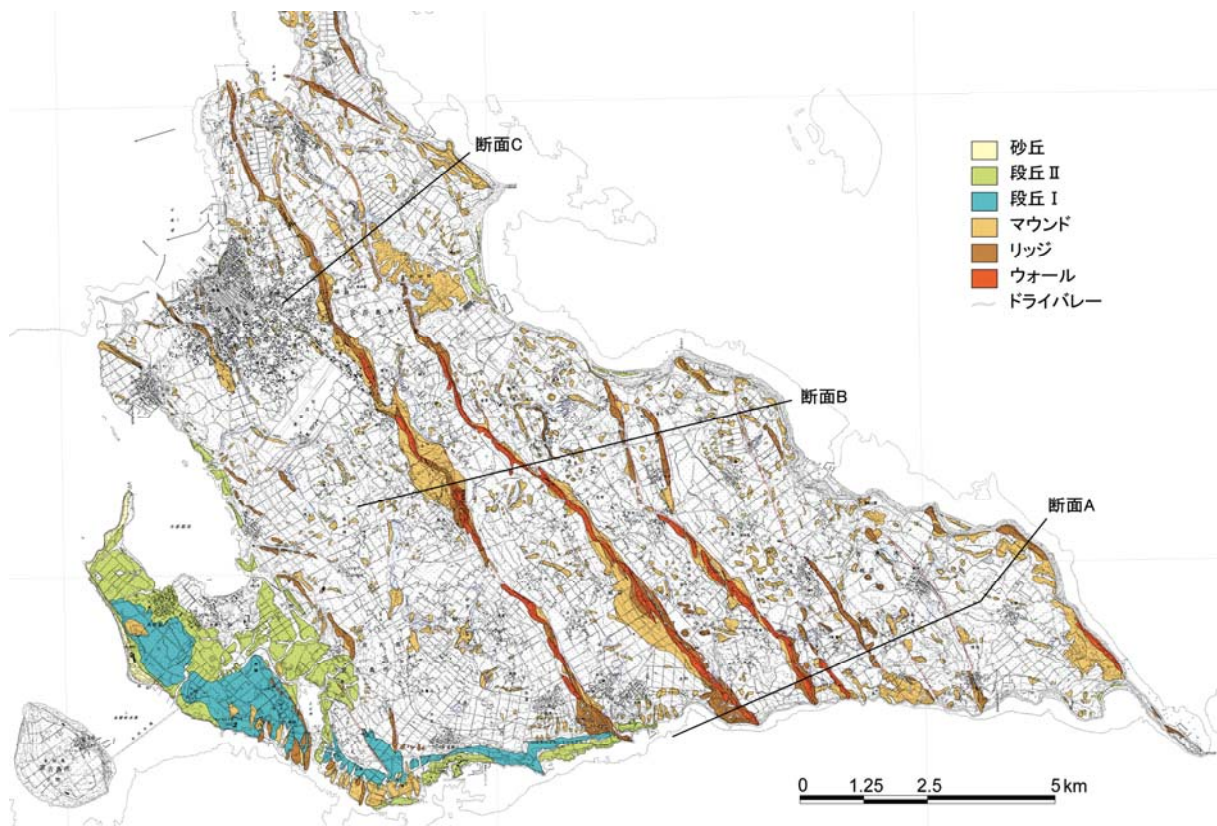


図5 宮古島における地形分類図
 (地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所, 2009に加筆)

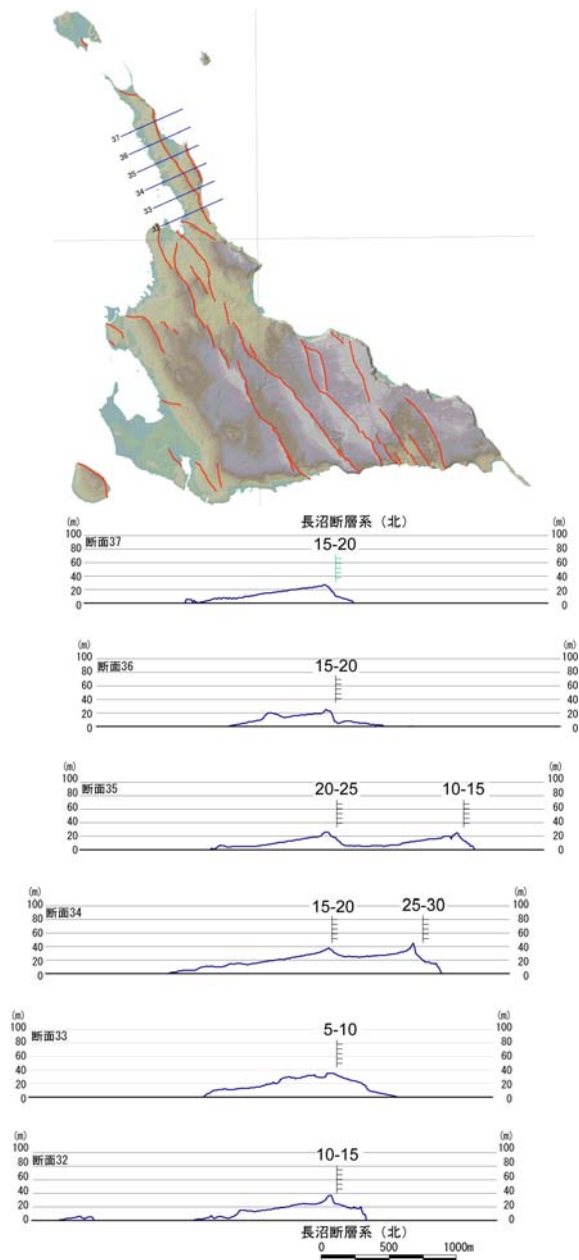


図7 宮古島断層帯中部における地形断面図（北部）
（越後ほか，私信）

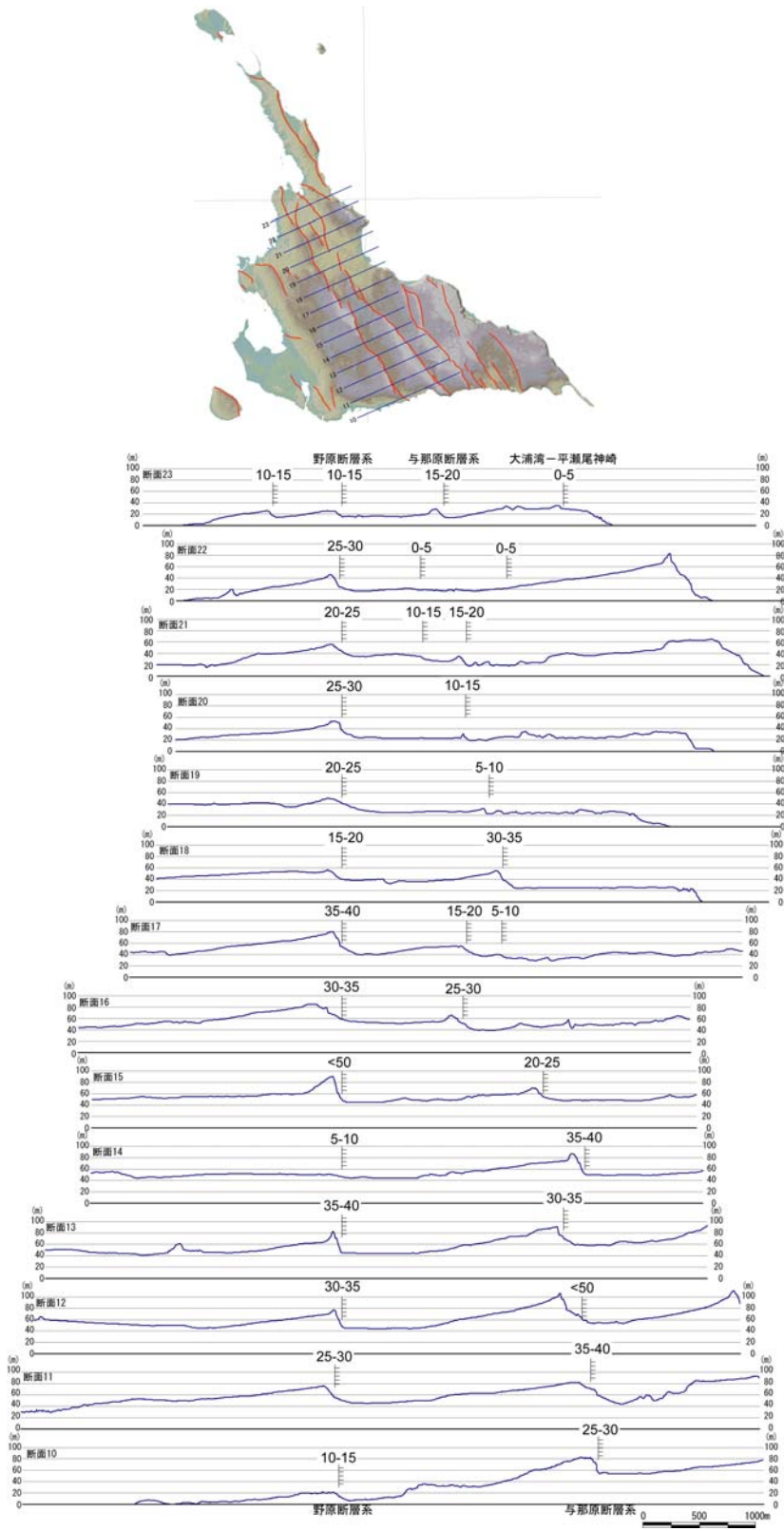


図8 宮古島断層帯中部における地形断面図（南部）
（越後ほか，私信）

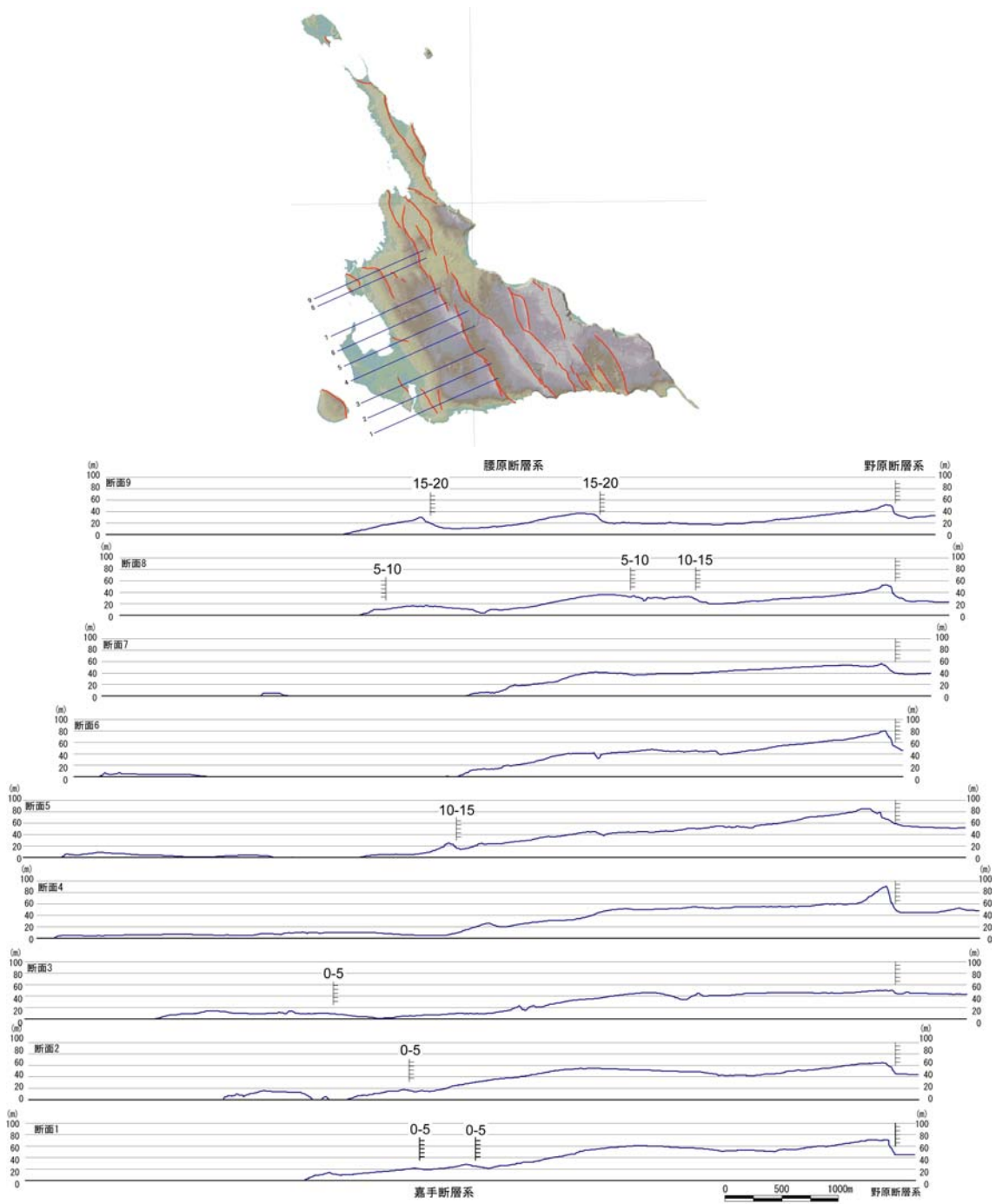


図9 宮古島断層帯西部における地形断面図
(越後ほか，私信)

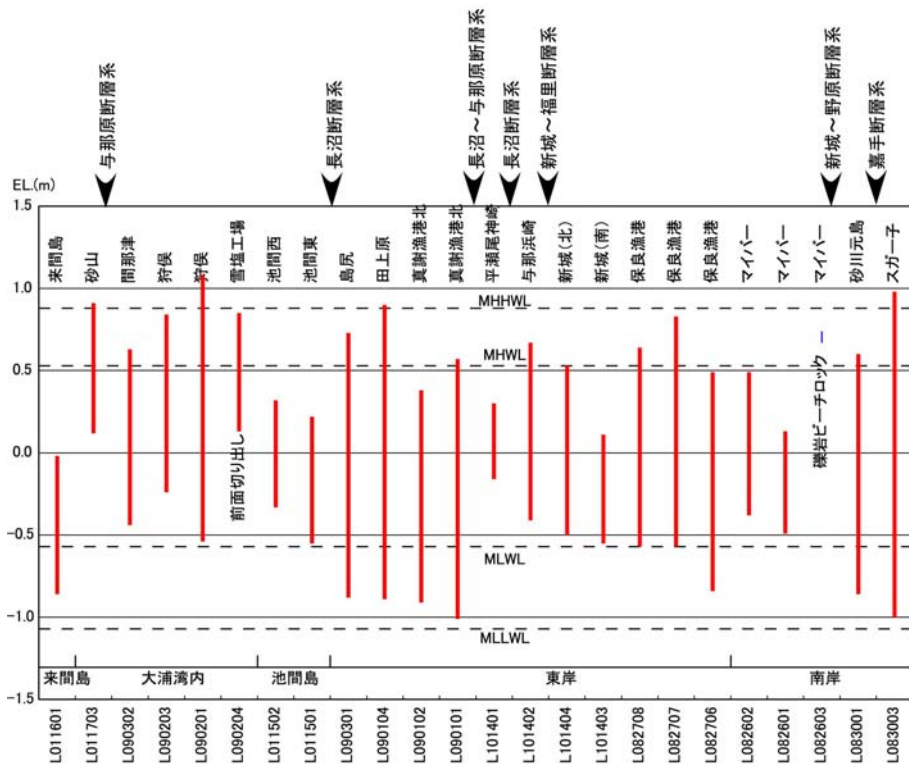
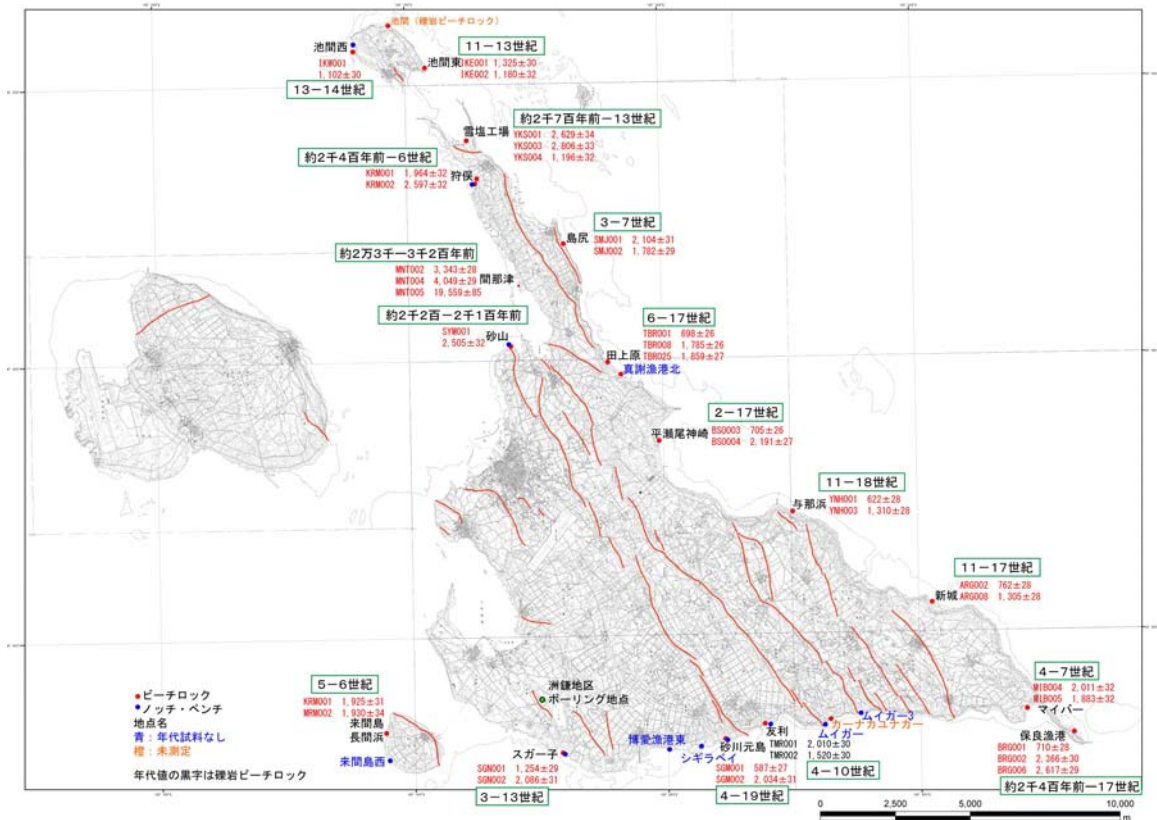


図 10 宮古島周辺沿岸におけるビーチロックの調査地点・年代（上）と高度分布（下）
 （地域地盤環境研究所・産業技術総合研究所，2009 に加筆）