

# 宮古島断層帯の将来発生する予測震度などについて —地質構造と地質汚染を主に—

宮古島市総合博物館協議会

委員 安谷屋 昭

本稿は、現在、大きな問題となっている千代田地区の自衛隊基地建設の賛否について考えるために宮古島断層帯の西部地域の地質構造全般について、筆者の踏査と過去の文献などのデータをもとに平成 29 年 10 月、新聞投稿したものです。ここで新たに記述するに当っては一部補足修正をしました。また、地下水に頼る小低島の宮古島は地下水汚染は重要な問題であることから、地質汚染の構造的な進行の怖さがあることに触れておくことにした。

## 1. まだまだわからない地質構造

国・文部科学省の地震調査研究推進本部によると（平成 22 年）、宮古島断層帯は、宮古島と周辺離島に分布する複数の並列した断層帯からなり、その分布状態から、宮古島断層帯中部（28 キロ）と西部（17 キロ）地域の二つに区分されるとしている。

宮古島は形成以来、その中部と西部において、それぞれ固有の地震を繰り返してきた場所で、中部と西部の両地震活動域から成るといわれる。この二つのいずれか一方で地震変動が起きると連なり組み合って、全地域に地震が発生していく、いわゆる「起源断層」と呼ばれるまとまった断層グループである。

そして、地震調査研究推進本部（平成 22 年）は、「宮古島断層帯の将来発生する予測震度」について、宮古島断層帯全体が一つの区間として一度に活動した場合、その地震規模はマグニチュード（M）7.2 となり、また同断層帯西部が一つの区間として活動した場合は M6.9 となると推測している。しかし、実際には、予測よりも 1~2 ランク大きくなると報告している。従って、宮古島断層帯全体は、いずれの場所で起きてても連動して M6~7、あるいはそれ以上の強震が予測されるということである。大地震は必ずくることを知るよう促しているのである。

近年、全国的に起きた大地震の中には、詳細なデータ収集の対象外とされていた 20 キロ未満の起源断層（福岡、警固（けご）起源断層など）の場所で大地震が起きたりしている。そして、現在の地震学研究では、あいまいな「予測」はしても、正確な「地震予知は不可能である」といわれている。従って、前震や地殻変動などの異常現象観測が重視されることにな

ろう。そこで数日先の地震予知ができないことから、突発的に起こる地震防災対策をしなければならぬ（中央防災会議、9月26日）。従って、新しい見解・知見がある度に防災対策も変わることがあるのである。宮古島は全国の主要活断層活動帯の一つである。しかし、島の成り立ち（構造）や地下の現象などが、まだまだわからないことが多い。しかも、宮古島は、他島と異なる特異な地質構造を成した小低島である。表層部地質は、上位層に透水性の良い琉球石灰岩とその下位層の不透水性の島尻層とが傾斜不整合に堆積している。

更に、島尻層群が琉球石灰岩の堆積する以前に起きた地殻変動に伴う褶曲活動に基因した背斜（地層が高くなる場所）や向斜（地層が低下した場所）の構造を形成するなど地質構造が複雑化している。そして、褶曲による向斜した基盤岩上には、多くの地下水が層を成すように溜まる。そして、その地下水盆の下位部には、古い時代の海水や地下水が化石水となって溜まり、そこには、これまで浸透した化学物質が溶存している、いわゆる、ストック（蓄積）汚染の可能性が高くなる。その化学物質の溶存はともかくとして、宮古島の特異な地質構造により、地下水が豊富に貯留していることになる。

また、海洋性亜熱帯地域の宮古島の琉球石灰岩は、降雨による表流水や浸透水の溶食作用によって、石灰岩特有の陥没ドリネやカルスト湧水などを形成し、海岸の段丘面や洞窟内に石灰華段が発達している。しかし、降雨量の少ない干魃の時期になると、土壌は水分が蒸発して乾燥し、森林の植物の葉などがしおれ元気がない。また洞窟内の鍾乳石も浸透水の減少により、鍾乳石の垂直方向への成長がほとんど感じとれない。干魃時になると、森林面積の少ない宮古島においては表層部や地下水量、鍾乳石成長などの表層地質全体に広くダメージを与える。また、与那覇湾、嘉手苧、宮国周辺の西部地域は不透水基盤岩（島尻層）が海水準0～マイナス10メートルの低い地域があり（図1. 水文地質図）、今後の温暖化の高潮位による影響が考えられる。また、貯留水が一度汚染すると汚染物が残留し、回復が困難となる（図2. 第3次宮古島市地下水利用基本計画）。

現在、宮古島では、自衛隊基地建設が大きな問題となっている。次世代の安全な暮らしに、果たして、基地建設は宮古島に絶対必要なものなのか、森林面積（約16%）など、生物の生存基盤が悪化しつつある小さな宮古島、地下水盆区などを形成する特異な地質構造は、それ自体はもちろん地震変動によっては地質構造の変化による宿命的要素をかかえている。また、今後の地球温暖化がやってくるなかで、何が優先されるべきか、住民全体は冷静に立ち止まって、地下の構造など必要な精密機器による実態調査のもと、慎重な議論があるべきだと思う。今、宮古島は将来に対する覚悟と責任をもつ重要な時期にあるのではないのでしょうか。

## 2. 宮古島における地質汚染を考える

宮古島は、生活用水を始め、農業用水などを地域の地下水に頼っている。従って、宮古島の地下水に化学物質が混入し汚染されていくことは、危機的な問題となる。地下水汚染物質には、ポリ塩化ビフェニル (PCB)、ダイオキシンなどの環境ホルモン、重金属 (カドミウム、鉛、水銀) など猛毒な化学物質をはじめ、農業用の化成肥料などがある。宮古島では、日本復帰以後「より多くの肥料で、より多くの収穫」を目指して高度化成肥料や農薬 (殺虫剤系) などが耕作地などで多量に使用されて来た。

その結果、日本復帰以前の宮古島は、地下水に溶存していた硝酸性窒素濃度の平均値が約 1.7mg/L であった (琉球政府 土壌研究指導書 1968) が、日本復帰以後、1987 年から 1989 年には、場所によっては、約 8.9mg/L まで上昇した。危険な状況になりつつあった。

日本政府の人体に安全とされる硝酸性窒素濃度の水道水基準値は、10.0mg/L 以下である。そこで、硝酸性窒素濃度を下げるため、本市や関係機関の指導と農家の協力により、地域差はあるものの宮古島は 5.5mg/L から 6.5mg/L の範囲となった (中西 1995 宮古島地下水水質保全調査報告)。

なお、宮古島市上下水道部によると、2016 年 4 月から 2017 年 11 月までの各月毎に調査した主要な白川田や添道など 11 ヶ所の水源の硝酸性窒素濃度の推移表によると高野水源の平均値が約 3.86mg/L、白川田水源が約 4.21mg/L を成し、また、添道水源が最も高く約 6.57mg/L、山川水源が約 5.03mg/L となって、後者は比較的高く推移しているようである。日本復帰以前に比べると 2 倍以上に上昇している。

その他、伊良部島は約 10mg/L を超えた時期 (ここ数年は 8.5mg/L の高止まり) もあった。多良間島では平成 24 年度仲筋第 2 ボーリングが 9.99mg/L であった。従って多良間島などは、濃度の高い時期は水道原水 (地下水) を適切に処理した後に水道水として配水している。その後、宮古島は地域間の濃度変化はあるものの全体的に横ばい状態となっているといわれる。この地下水汚染濃度は化成肥料や家畜排泄物などの寄与によることが多く、また渇水年や豊水年の降水量 (降雨浸透量) の違いによる窒素の負荷量の変化から汚染濃度を推測したもので、これら水道水源地や各地域毎の現在に至る測定値は、宮古島にとって、今後、対策レベルを判断する上で重要な科学的データとなっている。

以上は、地下水の硝酸性窒素濃度による一部の汚染状況を記述したもので、汚染は地下水だけに止まるものではないということです。汚染は表層地質全体に広がるということです。

以下記述は、表層地質全体から見た汚染について考えてみたい。  
結論から言うなら、まずは表層部の地質全体の実態を把握することです。宮古島の特異な地質構造や地下地質の十分な調査把握がなされないまま、仮に猛毒化学物質が地下地層に寄与

されていくと、数年、数十年経過していくにつれ、始めは、微少の汚染濃度が測定されていたのが、表層地質全体が対策レベル以上の高濃度に汚染されていくことが想定されるのです。

そこで、表層地質環境を形成する地下地質の汚染がどのように進行拡大していくのか。地学辞典による解説から見ていくことにする。地層の構成は、地層粒子の集まり（固体部分）と地下水（液体部分）、そして、粒子間、隙間の地下空気（気体部分）の三体から構成されると指摘している。従って、土壌汚染は地質学的には、地層を構成する固体部分、液体部分、気体部分の三体全体の汚染のということになるのです。この地下地質の汚染を地質学的には「地質汚染」と呼称し、その地質汚染は、三体全部分が地層中で相互に連動組み合わせられていくとされている。従って、地下地質汚染を浄化していくのには、地下水汚染だけの一面的な対処では汚染浄化対策は成功しないといわれる（地学辞典 2007）。また、三体部分の完全撤去や固定化による対処も、汚染物の種類（人工放射性元素、重金属など）や地下地層の広がり、深さなどの実態から完全回復は困難となるといわれる。

数年前、福島第一原発事故が発生した。薬剤散布や土壌撤去、土壌固定化が進められ試行錯誤による放射線障害を防ぐ対策が取られている。我われ全ての生命は、地球誕生以来、天然の自然放射線（ $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線）や宇宙線（高エネルギー陽子）に取り囲まれた放射線環境圏の中で被曝し暮らしている。その上、人為的な放射線量を浴びることは、健康な生活に害する対策レベルの線量を吸収していくことになり、健康状態如何によっては早期に障害を引き起こすおそれがあるといわれる。

#### コラム（宮古島のウラン系列とトリウム系列の自然放射線）

宮古島には、特異な大野越粘土が厚く堆積している（写真1）。この土壌は、世界的にも自然放射レベルの高い中国大陸南東部からの広域風成塵（黄砂）が主要母材となって堆積している（成瀬 2006）。宮古島が日本国内でも比較的高い大気中のウラン系列のラドンが  $302\text{Bg/Kg}$  ( $1\text{Kg}$  当たりのベクトル)、トリウム系列のトリウムが  $104\text{Bg/Kg}$  の放射性元素濃度を有している。 $\text{Bg/Kg}$  とは、乾燥重量  $1\text{Kg}$  の土壌や岩石試料に含まれる放射性元素から1秒間に放出される  $\alpha$  線の数を指すものです。



写真1. 大野越粘土層の採土地  
高野集落南耕作地（2012.12）

大野越粘土が比較的高い放射性元素（ラドン系列・トリウム系列）を呈することは、アジア

大陸起源の風成塵を母材とした大野越粘土が厚く分布していることに起因していると考えられている（古川、卓、床次 2004）。

宮古島の中で、1立方メートルの空気中に存在するラドンやトロンから1秒間に放出される $\alpha$ 線の線量は、大野山林内でラドンが $20\text{Bg}/\text{m}^3$ 、トロンが $88\text{Bg}/\text{m}^3$ であり宮古島では屋外濃度が最も高くなっている（写真1.大野越粘土層）。

琉球石灰岩では、ラドン系列・トロン系列の核種濃度が大野越粘土に比べて、それぞれ $8\text{Bg}/\text{kg}$ となって大野越粘土より低くなっている。

一方、地球内部から放出されて来た天然放射性元素が表層部の地殻に濃集し、その天然放射性元素（ $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線）に起因する $\gamma$ 線を地殻（大地） $\gamma$ 線と呼び、その放射線レベルを表す単位を $n\text{Gy}/\text{h}$ （ナノグレイ毎時）とし、それは「地表から1m高さの空気に1時間当たり」に吸収された $\gamma$ 線エネルギー」を指すものです。宮古島の地殻 $\gamma$ 線の範囲は $2.6\sim 165.3\text{ nGy}/\text{h}$ となり、 $76\text{ nGy}/\text{h}$ 以上が約60%を占め、その $76\text{ nGy}/\text{h}$ 以上は大野越粘土（島尻マージ）が広く分布する地域に多くなっている。

風成塵を母材とした大野越粘土（大野山林）の屋外ラドン濃度の平均値は $13.6\text{ Bg}/\text{m}^3$ にあるが、全国平均値の2.2倍、沖縄本島南部（ $2.9\text{ Bg}/\text{m}^3$ ）の4.7倍、波照間島（ $2.6\text{ Bg}/\text{m}^3$ ）の5.2倍となって、日本国内でも比較的高い濃度を呈している。

国際放射線防護委員会（1993年）は、屋内ラドン濃度による健康に影響する $\alpha$ 線内部被曝の対策レベルを「 $200\sim 600\text{ Bg}/\text{m}^3$ 以内」と目安を立てている。

宮古島で得られた屋内ラドン濃度の範囲は $8\sim 113\text{ Bg}/\text{m}^3$ となっており、地域差はあるものの特に高いレベルでなく人体に悪影響を及ぼす心配は無い。屋内乾気を行っておれば、鉱山や地下室など気密性の高い家屋でも濃度低減対策になるといわれる。

また、宮古島には、過去の大気中核実験（ビキニ岩礁水爆実験）に起因する人工放射線元素（セシウム）が残存しているが、その量は、大野越粘土で $2\text{Bg}/\text{Kg}$ となっており、他は検出下限値以下となって無視できるほど微量とされている。

※上記の自然放射性元素（ラドン・トロン）の屋内・屋外における放射線レベルの測定調査研究は、古川雅英・卓維海・床次眞司によって長年にわたって中国大陸や日本列島を調査されたとき、宮古島における天然放射性・核種濃度が測定されたものです。（独法人）放射線医学総合研究所 ラドン研究グループによる研究成果の一つです。（古川雅英・卓維海・床次眞司 2004 「沖縄県宮古島のラドン・トロン濃度」）

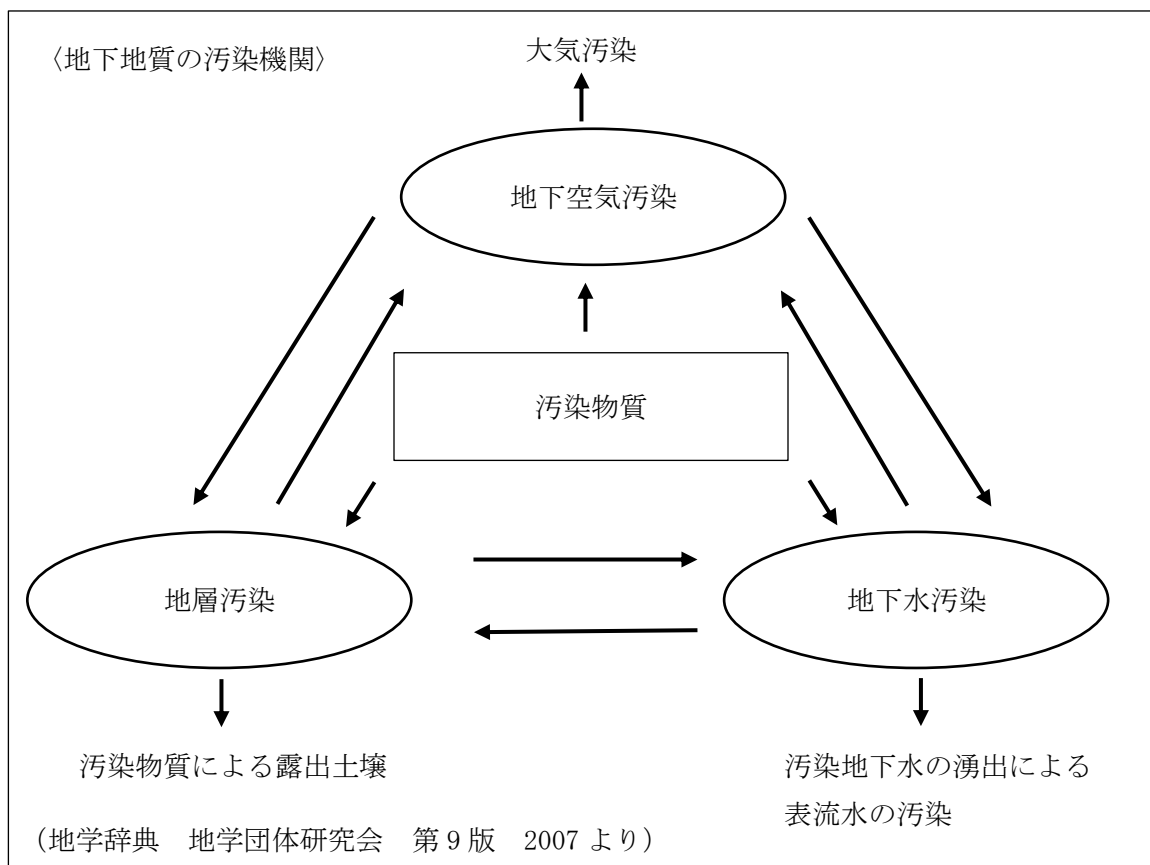
宮古島は活断層活動帯にあり、過去の地殻変動によって、基盤岩の新世代第三紀島尻層群が褶曲を伴った地質構造を成し、地下地層の実態が複雑化している。

従って、島の地下水盆地境界や、地下水流動方向、貯留水の広がり、地下水面等高線、塩水浸入地域などは、地質構造によって決定づけられているのである（図 1. 水文地質図）。そして、将来発生する大地震の予測震度もマグニチュード（M）7.0、またはそれ以上と報告している。また、宮古島の歴史地震に「寛文7年の大地震」（早田1,210坪沈下し水田化、井戸数ヶ所閉塞、うり井出現）が起きた。

そのような大地震が発生した場合、地下地層や地質構造に何らかの地層変動が想定されるのです。

そのような危険性の高い、宿命的な地質構造による被害から少しでも抜け出すためには、度々強調して来たように、まだまだわからない調査不足となっている宮古島南東部（保良など）や宮古島西部（上野・下地など）地域における精度の高い音波探査機材による調査を実施し、より正確な地質構造の解明や新しい水文地質構造などを明らかにし、化学物質によって汚染された場合の汚染浄化への対策、対応を適切に進めていくことが重要となる。

次の図版は、地質汚染における地質三体の汚染機構図である。



## まとめにかえて

宮古島の特異な地質構造と地質汚染に関する課題などを以下記述する。

1. 高精度機材による宮古島南東部と西部地域の調査を実施し、地下水盆の範囲を決定していく。正確な地質構造や水文地質学的検討を、現時点の情報として知ることである。(城辺保良地域、上野の野原、千代田、宮国、下地の川満、洲鎌、高千穂)
2. 活断層活動帯に指定され、将来発生する大きな予測震度 (M. 7.0 以上) が報告されていることから、必ず大規模地震が起こることを想定し、その対策を考えることである。
3. 大地震が発生した場合、地域や場所によっては地下地層や地質構造の変動による崖崩落、陥没沈下、地下水面勾配傾斜などを想定することである。
4. 将来のストック汚染の可能性とその対策、そして、何よりか、地下水は単に貯留しているのではなく、被圧地下水となって存在していることの認識を高めることである。
5. 地質汚染の浄化対策は試行錯誤の段階であり、将来の技術開発による対応とはいえ実際の成果がない。また、単期間での汚染解消は困難と考えられ、地層汚染は完全な自然回復は困難ともいわれている。
6. 宮古島は、宿命的な地質構造を有していることから、軍事基地などは危険な汚染源となる可能性が高いことからその誘致には慎重な議論が必要となる。

市民の安心・安全を守るため、市行政機関などは調査実施機関として慎重な検討を行い調査することを期待するものです。

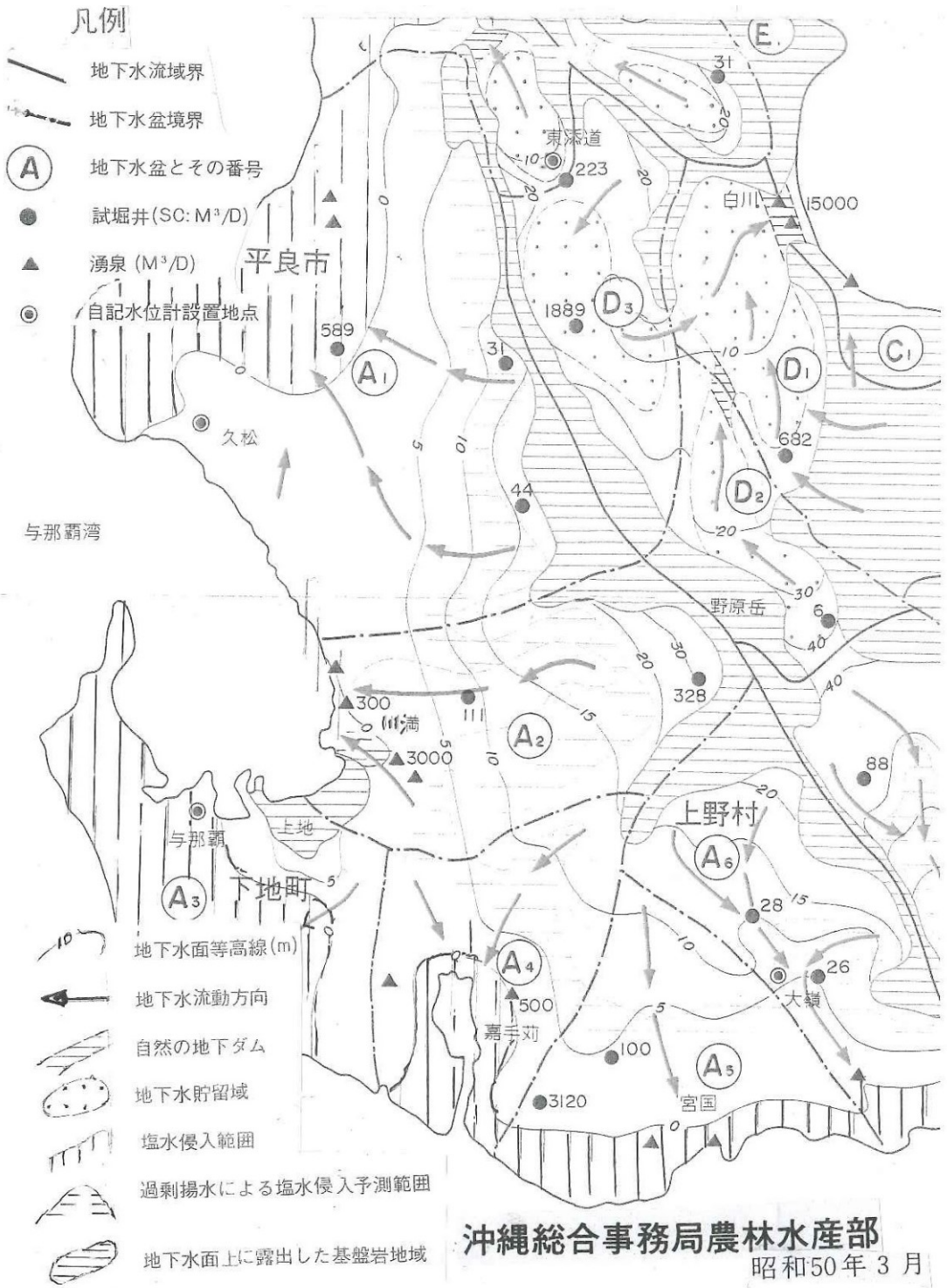


図1 宮古島水文地質図



〈引用文献〉

- 町田洋 大場忠道 小野昭 山崎晴雄 河村善也 百原新 編著, 2007: 第四紀学 朝倉書店
- 古川雅英 卓維海 床次眞司, 2004: 沖縄県宮古島の大气中ラドン・トロン濃度, (独法)放射線医学総合研究所, ラドン研究グループ
- (株)エイト日本技術開発, 2014: 宮古島市水道水源流域保全調査報告書, 宮古島市宮古島層帯の活動性および活動履歴調査, 2009: (財法)地域・地盤環境研究所・(独法)産業技術総合研究所
- 矢崎清貫, 1978: 地域地質研究報告, 伊良部島地域の地質, 工業技術院 地質調査所
- 矢崎清貫 大山桂, 1980: 地域地質研究報告, 宮古島地域の地質, 通商産業省工業技術院 地質調査所
- 琉球政府, 1963: 工業研究指導報告, 沖縄の天然ガス調査・水質調査など, 通商産業局 琉球工業研究指導所
- 琉球政府, 1970: 工業研究指導報告, 第五次天然ガス調査・水質調査など, 通商産業局 琉球工業研究指導所
- 沖縄総合事務局 農林水産部 土地改良課, 1974: 国営宮古島地区土地改良事業概要, 与那覇湾淡水湖計画 淡水湖計画, 宮古島地区調査概要
- 沖縄総合事務局 農林水産部 土地改良課, 1975: 沖縄の農業用地下水資源, 地下水資源の量的評価とその利用と管理について
- 沖縄総合事務局 農林水産部 土地改良課, 1984: 国営宮古土地改良事業計画書, 地質地下水編 宮古島基盤岩上面等高線図 ボーリング台帳
- 日本地震調査研究推進本部, 2010: 宮古島断層帯の地震による予測震度分布と解説

〈参考文献〉

- 半谷高久、高井雄、小倉紀雄 著 2001 : 水質調査ガイドブック、丸善株式会社
- 井上嘉則 著 2001 : 環境基本用語事典、オーム株式会社

