

## 宮古諸島下地島の西沿岸域における アンキアライン陥没ドリーネ群の予備調査\*

眞部広紀<sup>\*\*1</sup>, 長嶋豊<sup>\*\*2</sup>, 浦田健作<sup>\*\*3</sup>,  
山本祐二<sup>\*\*4,5</sup>, 近藤正義<sup>\*\*6</sup>, 岡本渉<sup>\*\*7</sup>

### Preliminary Survey for Anchialine Collapse Dolines in West Coastal Area of Shimojishima, Miyako Islands, Okinawa, Japan

Hiroki MANABE<sup>\*\*1</sup>, Yutaka NAGASHIMA<sup>\*\*2</sup>, Kensaku URATA<sup>\*\*3</sup>,  
Yuji YAMAMOTO<sup>\*\*4,5</sup>, Masayoshi KONDO<sup>\*\*6</sup>, Wataru OKAMOTO<sup>\*\*7</sup>

Key words: Coastal Karst, Anchialine, Collapse Doline,

#### Abstracts

In this paper, we report the preliminary surveys of anchialine collapse dolines in the west coastal area of Shimojishima, Miyako Islands, Okinawa Prefecture, Japan.

#### 1. はじめに

沿岸域の地下では海水が海底から陸域側に浸透して、淡水・汽水と安定的に隣接する塩水楔や淡水レンズなどの地下水文現象が生起する。沿岸域の池や湖沼には塩分濃度躍層があるもの、水面高が近隣海域の干満と連動するものがある。このようなアンキアライン水文環境に重なる沿岸域の石灰岩カルストでは、海水準の上昇に伴って水没した地下空洞(洞窟)が陸域の池や沼と海底洞窟をつなぐ、アンキアライン水中洞窟系が形成される。国内では沖縄県宮古島市下地島の西部沿岸域にある『通り池』(国指定の名勝・天然記念物)がよく知られていて、ダイビングポイントとしても人気がある。西沿岸域には『アカムタイキ』『パサマイキ』『鍋底』など、『通り池』に類似する水没した陥没ドリーネが存在する。しかしながら、植生や水面までの高低差が調査ポイントへのアプローチを阻むため、現場の詳細を把握することが困難である。

全体像を把握するためには、上空からの撮影が望ましい。また、海岸には埋没した陥没ドリーネと推定される沈水地形が多く、海面下の地形を把握するためには水底の観察が必要となる。

本研究グループは工学系と理学系、2つのサブグループによって構成されている。工学系のサブグループでは、水中ロボットによる水中洞窟の撮影とソナー計測<sup>2)</sup>、地上ロボットによる横穴洞窟のレーザー計測<sup>3)</sup>、ドローンによる縦穴洞窟のレーザー計測と周辺地形の空中撮影<sup>4)</sup>など、水中洞窟を含む洞窟系探索システムの開発・実証を進めてきた。理学系のサブグループでは、洞窟形成の研究と並行して、実証実験候補地の選定、調査ポイントの洞窟と周辺環境の地形・地質調査を実施してきた。平成23年度に本研究グループはキャンオン財団研究助成「理想の追求」第2回採択課題『陸海域カルスト水文系の追跡によるロボット探査とマッピング』に基づいて、南西諸島の沿岸域カルスト調査プログラムを立ち上げた。平成27~28年度は宮古島の推定アンキアライン陥没ドリーネ水中調査(平成27年4月、平成28年3月・5月)とともに、下地島西沿岸域において資機材運搬ルートの現況把握を目的とする予備調査(平成28年1月・5月)を行った。

本稿では、下地島西沿岸域のアンキアライン陥没ドリーネ群の踏査結果を報告し、ドローンによる空撮調査の必要性について検討する。また、宮古島で発見した「ピキヤズ」水中洞窟について報告し、今後の調査手法を検討する。

\* 原稿受付 平成28年10月20日

\*\*1 佐世保工業高等専門学校 一般科目

\*\*2 佐世保工業高等専門学校 特命教授

\*\*3 大阪経済法科大学

\*\*4 南西諸島水中文化遺産研究会

\*\*5 国際考古学文化人類学調査研究所(イタリア)

\*\*6 沖縄潜水科学技術研究所

\*\*7 名古屋大学



図 A 南西諸島



図 B 宮古諸島

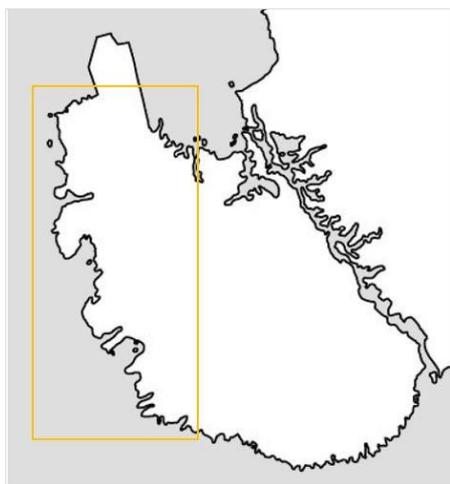


図 C 下地島



図 D 下地島西沿岸域

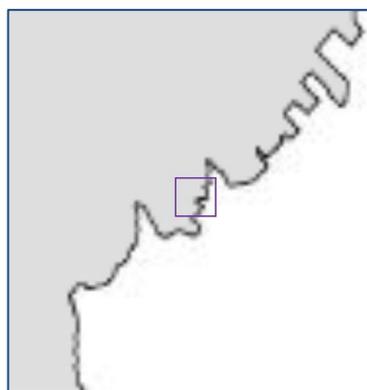


図 E 宮古島北西沿岸

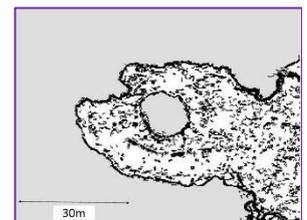


図 F 「ピキヤズ」

## 2. 下地島西沿岸域

下地島空港西側を南北に通る車道で最寄り地点までアクセスし、各目的地には徒歩でアプローチした。

### 2.1 南部・中部

#### ① 「アカムタイキ」



図 1a アプローチルート



図 1b 「アカムタイキ」全景 (南西方向を望む)



図 1c 「アカムタイキ」東岸水面 (西方向を望む)



図 1d 「アカムタイキ」西岸からの眺望

「アカムタイキ」の北東にある農道入口から耕作地の脇を通り、斜面の踏み分け道を下りていくと「アカムタイキ」の東岸水面まで到達できた(図 1a, b, c)。西岸は海から約 20m に位置する(図 1d)。

#### ② 「パサマイキ」

宮古島市史跡「帯岩」入口の南にある農道入口から耕作地の脇を通り、耕作地の西端から「パサマイキ」(東西約 63m、南北約 38m)<sup>1)</sup>を目指すルートを移動した(図 2a)。しかしながら密集した植生に阻まれて、「パサマイキ」から約 90m 東に位置する小規模な窪地の池で引き返した(図 2b)。



図 2a アプローチルート



図 2b 窪地の池

③ 「通り池」



図 3a アプローチルート



図 3b 「通り池」 二の池 (内陸側)



図 3c 「通り池」 一の池 (海側)

④ 「鍋底」

遊歩道の木道は「鍋底」まで建造されていたが、現在は約 3 分の 1 が失われている。岩場に点在する木道の基礎跡を辿っていくと「鍋底」に到達する。



図 4a アプローチルート



図 4b 「鍋底」

国の名勝・天然記念物に指定されている「通り池」には駐車場と遊歩道が整備されている。遊歩道は一の池と二の池の間にある陸橋の展望所前から木道となり、④の「鍋底」の方向に続く。

## 2.2 北部

### ⑤ 「オコイキ」

「オコイキ」(東西約 50m、南北約 35m)<sup>1)</sup>の北東にある未舗装道の入口から西に進む。海岸近くで南進して「オコイキ」の南西側からアプローチするルートを移動したが、密集した植生に阻まれて引き返した(図 5a)。



図 5a アプローチルート

### ⑥ 「ククルイキ」

上記の未舗装道入口から西進して、林の中の記念杭から北進すると「ククルイキ」(東西約 35m、南北約 55m)南東岸に到達できた(図 6a,6b)。さらに、一旦南進してから西に移動すると南西岸に到達できた(図 6c)。



図 6a アプローチルート



図 6b 「ククルイキ」南東岸(西方向を望む)



図 6c 「ククルイキ」南西岸(北方向を望む)

### ⑦ 「ガーナイキ」

⑤⑥と同じ未舗装道入口から西進し海岸近くで北進する。「ガーナイキ」(東西約 30m、南北約 50m)<sup>1)</sup>の南西側からアプローチするルートを移動したが、密集した植生に阻まれて引き返した(図 7a)。



図 7a アプローチルート

⑧ 「ナガビダイキ」

車道の北端近くの未舗装道入口から西進し、海岸に出る手前で南進する。途中で踏み分け道を東進すると「ナガビダイキ」(東西約 30m、南北約 20m)<sup>1)</sup>の西岸に到達できた(図 8a,8b,8c)。



図 8a アプローチルート



図 8b 「ナガビダイキ」西岸(東方向を望む)



図 8c 「ナガビダイキ」南西岸(北方向を望む)

2.3 課題

アプローチルートが確定した①③④⑥⑧は継続的な調査段階に移行できるが、②⑤⑦は次の段階に進めない。従来からある手法として伐採・藪こぎを行えば植生を突破して水面へのアプローチは可能であるが、植生に手を加えずに水面にアプローチして観察する手法を検討した。本研究グループではドローンによる縦穴洞窟の上空撮影・概形計測の研究を行っている<sup>4)</sup>。簡便に数 m~数 10m の上空から近接俯瞰撮影を実施することができるドローンを使用すればリアルタイム観察・反復的な現況調査、写真測量が可能であり、密集した植生も障害にならない。また、透明度の良い浅い海域では海底微地形の撮影・位置特定に使うことができる<sup>5)</sup>。次回の予備調査では、ドローンによる事前偵察を計画している。

3. 「インクルシャダウ」の潜水探索

海底洞窟「インクルシャダウ」は③④の東の入江の水面下に開口するとされている<sup>1)</sup>。位置特定のために、入江北岸一帯のダイバー(山本、近藤)による潜水探索を行ったが、当該の洞窟は確認できなかった。

4. 宮古島「ピキャズ」

「ピキャズ」は宮古島北西部の海岸線が腰原断層系の延長線と交わる位置する海面下の湧泉であり、東西約 14m、南北約 15m の陥没ドリーネの形状をもつ<sup>6)</sup>(図 9a)。カルスト地下水文系の一部である可能性が大きいため、本研究グループでは「ピキャズ」の深部にアンキアライン水中洞窟の存在を推定していた。

4.1 水中調査

水中ロボット(ROV、3号機「海猫」・4号機「塩ビ丸」とCCR ケイブダイバーを「ピキャズ」に潜行させ、未知の水中洞窟を発見した。東~東北東の方向に水面から約 20m、水深約 11m が今回調査の到達点あり、奥からの水流が確認できた(図 9b, 9c, 9d,9e,9f)。しかしながら、到達点では天井近くまでシルト厚く堆積していたため、透明度を悪化させずに奥に進入することは困難と判断して引き返した。

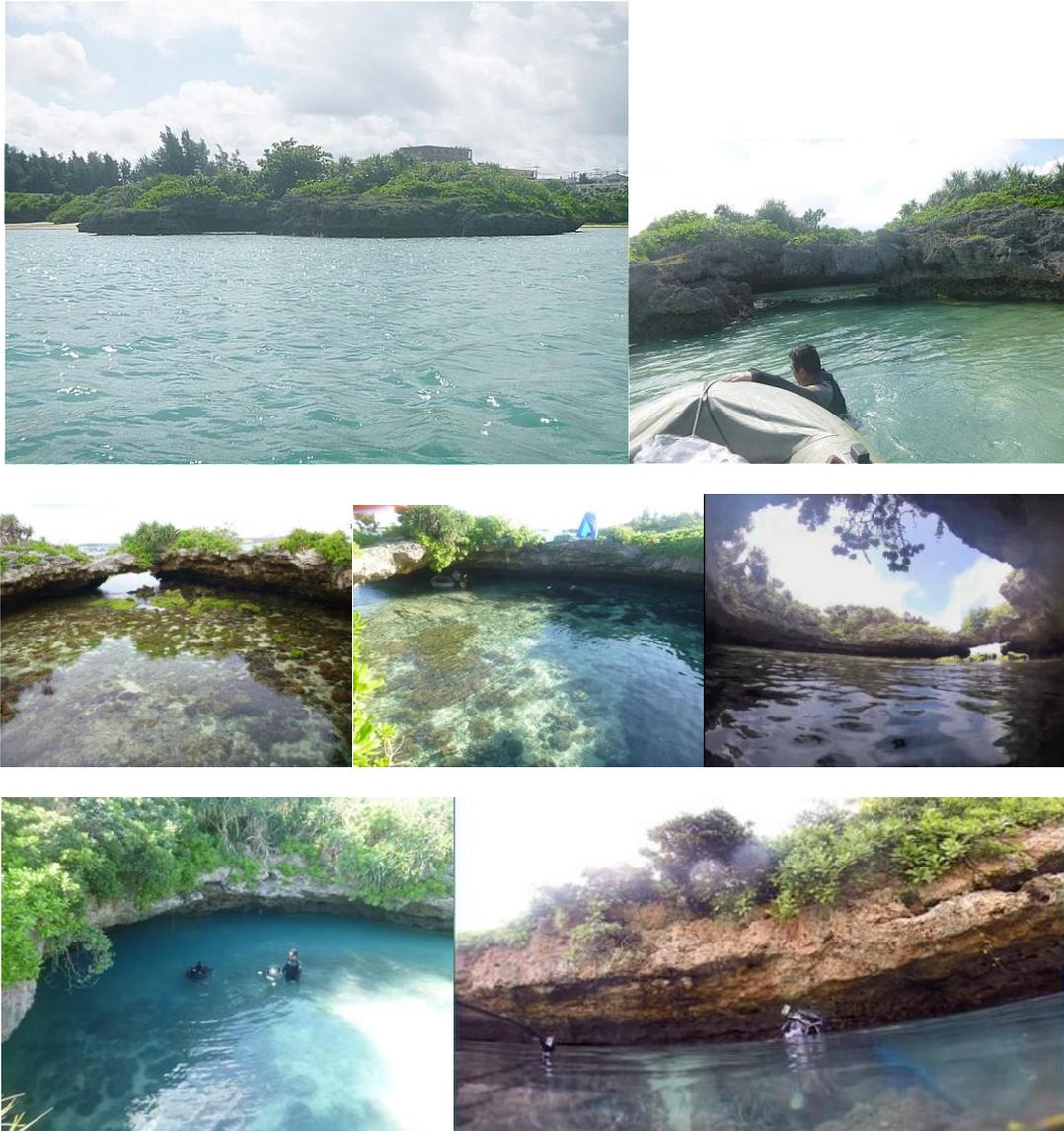


図 9a 「ピキャズ」



図 9b 前進基地

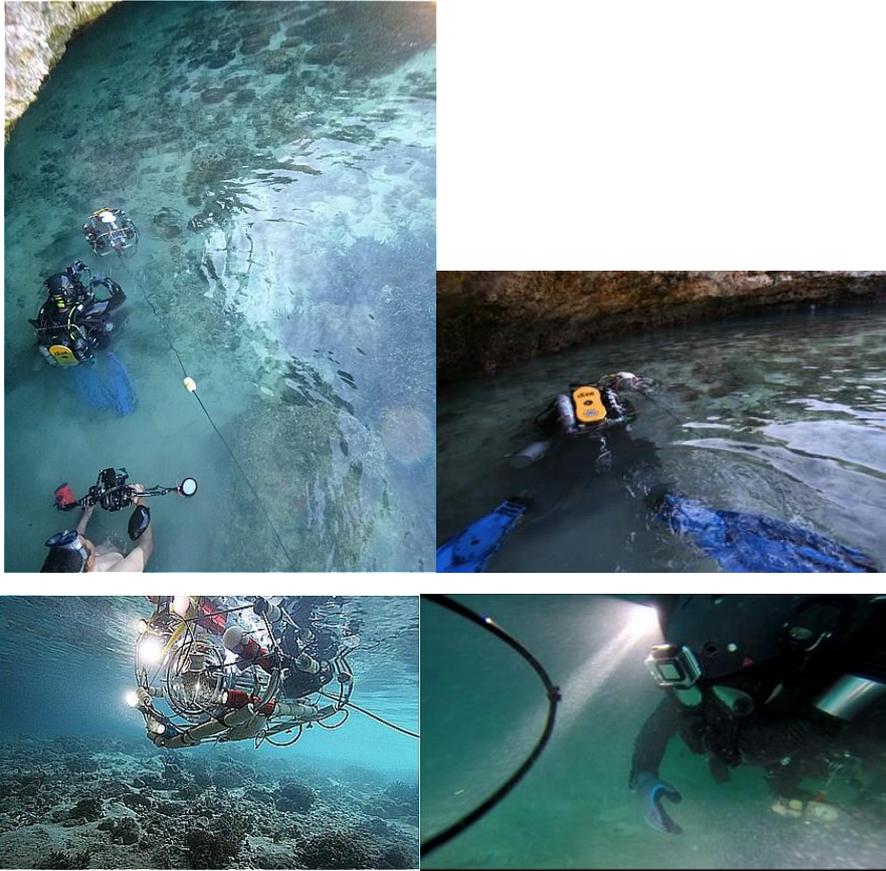


図 9c 潜航・潜水調査

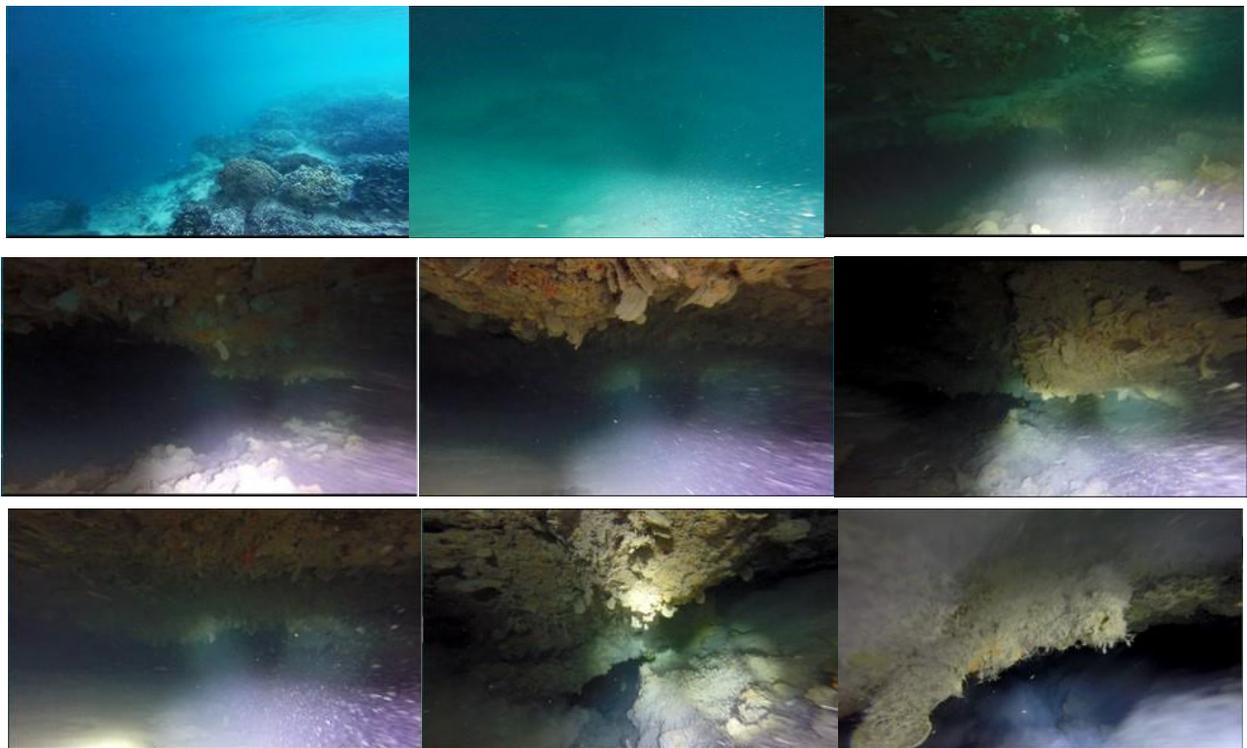


図 9d 「ピキャズ」水中洞窟

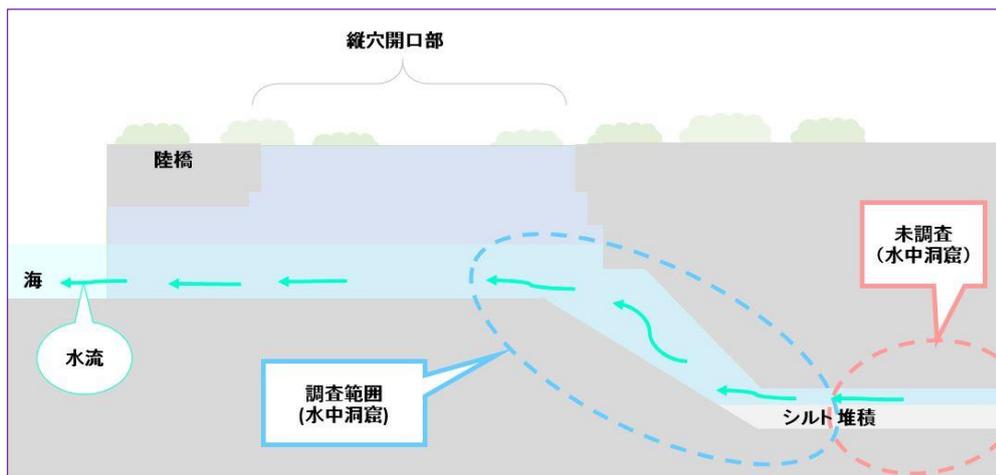


図 9e 「ピキヤズ」湧泉・水中洞窟の縦断面概念図

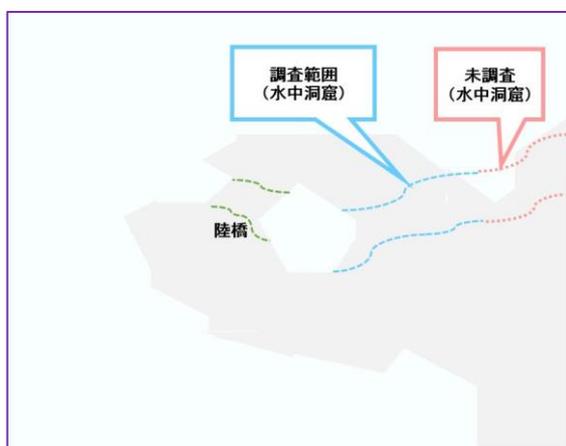


図 9f 「ピキヤズ」湧泉・水中洞窟の水平概念図

#### 4.2 課題

今回の到達点の位置は障害となるシルト堆積によって決定された。良好な視界を確保して安全に進入するためにはシルトの段階的な浚渫が不可欠であり、水中考古学の海底発掘現場で採用されているエアリフトやジェットポンプを使用した排土作業の手法が必要となる。

#### 謝辞

宮古島市教育委員会の新城崇史氏と宮古島総合博物館の與那覇史香氏には、調査の計画を進めるにあたり御協力いただきました。前文化財保護審議委員長の安谷屋昭先生には陥没ドリーネについてご教示いただきました。また、近角敏道氏に下地島の情報をご提供いただきました。深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 安谷屋昭,  
沖縄県下地島の石灰岩段丘地形について,  
— 陥没ドリーネ・入江水道の形成発達 —  
宮古島市総合博物館紀要第 18 号, pp1-23, 2014?年
- 2) 眞部広紀, 長嶋豊, 浦田健作, 染谷孝, 原田明, 福岡聡紀  
徳之島浅間湾屋のウンブキ水中洞窟における  
ロボット探査とソナーによる形態計測の予備実験  
佐世保工業高等専門学校研究報告  
第 51 号 pp.19-27, 2014 年
- 3) 眞部広紀, 前田貴信, 久間英樹, 新部一太郎, 浦田健作,  
染谷孝, 春山純一,  
洞窟探査のためのレーザー計測と 3 次元モデルについて  
佐世保工業高等専門学校研究報告,  
第 52 号 pp.16-21, 2015 年
- 4) 前田貴信, 眞部広紀,  
マルチコプター(ドローン)を活用した縦穴洞窟の形状計測  
佐世保工業高等専門学校研究報告  
第 52 号 pp.8-11, 2015 年
- 5) 長谷川均,  
UAV(自律型飛行体)を使った高解像空中写真の  
撮影と活用—サンゴ礁浅海域での事例—,  
国土館大学地理学報告 pp13-21, No.22, 2014 年
- 6) 宮古島市:  
平成 26 年度宮古島市地下水水質保全調査報告書,  
2014 年
- 7) 地震調査研究推進本部:  
宮古島断層帯の評価, p4, 2014 年