

沖縄県与那国島海底遺跡ポイントおよびその周辺域の水没年代に関する研究

木村政昭¹⁾, 市川逸土¹⁾, 上集里香¹⁾, 古川雅英¹⁾, 中村俊夫²⁾

1) 琉球大学理学部物質地球科学科 E-mail: kimura@sci.u-ryukyu.ac.jp

2) 名古屋大学年代測定総合研究センター

1. はじめに

本研究は、1996～2004 年度に名古屋大学年代測定総合研究センターで測定した試料を中心として、従来の成果に加えて行ったものである。沖縄県与那国島近海の海底遺跡ポイントと呼ばれる遺跡のような見かけをした海底地形を示す地域を中心として調査を行った。当域の一部は、1986 年に新嵩喜八郎氏により与那国島南岸、荒川鼻から約 100m 沖の海底で発見され、遺跡ポイントと名付けられた(木村, 2000)(Fig. 1)。この遺跡ポイントの高まりは第一海丘と呼ばれ、およそ南北 150m、東西 300m、高さ 26

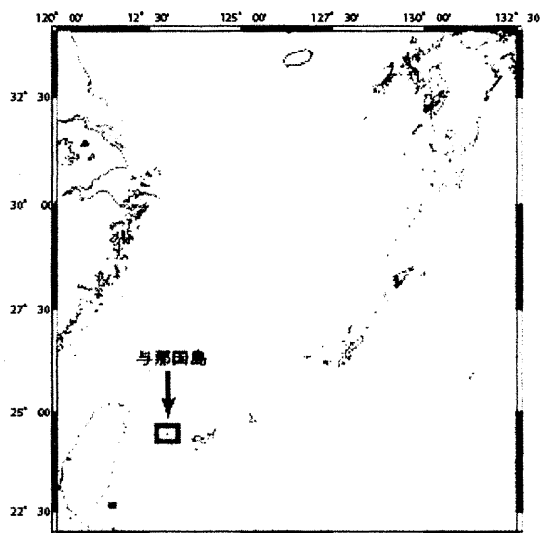


Fig. 1 調査域

mに及ぶ構造物で、人工的な印象の地形を含む構造物となっている。また、その付近からは海底鍾乳洞も発見されている(木村, 1997)。遺跡ポイントの調査は 1997 年の琉球大学海底調査団発足から本格的に開始され、現在に至るまで調査を行ってきた。近年では、水中ロボットやマルチチャンネル音波探査：シーバットを導入し、海底地形の画像データや海底地形図を得てそれを解析することにより、より正確な地形が明らかになり、また、それを基に遺跡ポイントの正確な立体図や模型も完成している(Fig. 2)。

これまでに行ってきた年代測定の結果から、遺跡ポイントは 6,000 年以前に海面下に沈み、その形成年代は 10,000 年前頃前であろうと予測されるまでになった。

本研究では、遺跡ポイントとその周辺域、海底鍾乳洞から採取したサンゴ化石、貝化石、鍾乳石の放射性炭素年代測定結果に基づき、本研究域の水没年代と水没理由について考察する。

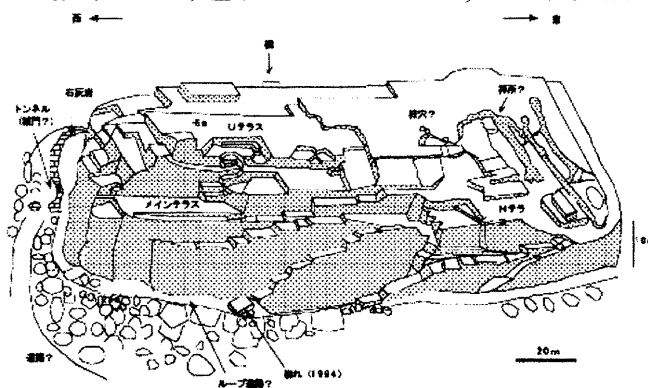


Fig. 2 遺跡ポイント第一海丘立体図

2. 調査および使用データ

本調査域である遺跡ポイントは、1,500 万年ほど前の八重山砂岩を基盤とし、それを覆う形で石灰岩が部分的に付着している。2003 年 11 月の第 15 次調査で新たに得られた試料を炭素年代測定にかけた。試料採取に関しては、地元ダイバーの協力を得て、スキューバダイビングにより、海底地形を変化させないよう、必要最小限の石灰岩試料を直接採取した。石灰岩試料は主にサンゴ化石からなり、その年代値は当時、そこが海中であったことを示す。遺跡ポイントでの試料採取ポイントは、水深 7m~30m、範囲として第一海丘の西側を中心にほぼ全域に及んでいる(Fig. 3)。また、遺跡ポイントの南東部に位置する 5 finger と呼ばれるポイントと遺跡ポイント北東に位置する立神岩海底の人面岩と呼ばれるポイントからも石灰岩試料を採取し年代測定を行った。

海生試料と比較する陸生試料として与那国島の比川海底鍾乳洞から鍾乳石を、海生試料として貝化石を得て炭素年代測定を行った。

鍾乳洞は地下水平衡面付近で形成される。洞穴は、雨水が石灰岩の割れ目を流れて平衡面に達し、そこで水平方向へ移動した後に、石灰石を溶かして形成される。すなわち、平衡面つまり地下水位の安定期には、横穴を拡大させる溶食が進行し、水位が変動している時期には段丘崖や縦穴が形成されると考えられている(町田ほか, 2003)。こうして形成された鍾乳洞が何らかの理由で水没し、海底鍾乳洞となる。

与那国の比川海底鍾乳洞は1998年に与那国島比川沖約500m沖合の水深17m地点で発見された(木村, 2000)。入り口は横幅20m、高さが1.5mほどでその奥行きは20mほどである(Fig. 4)。採取した鍾乳石と鍾乳石に付着した Lime mudの年代測定を行った。鍾乳石は陸上でしか形成されないため、その年代値はサンゴ、貝化石などの海生生物試料とは逆に当時そこが陸上であったことを示す。

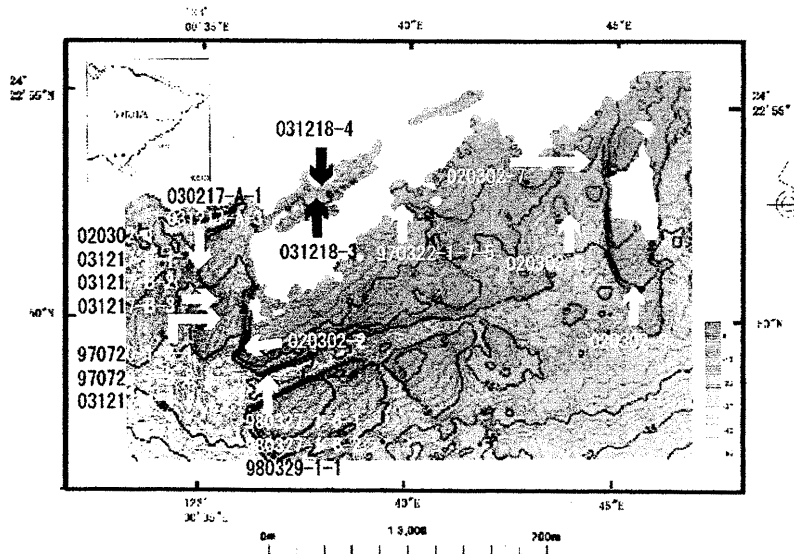


Fig. 3 試料採取場所

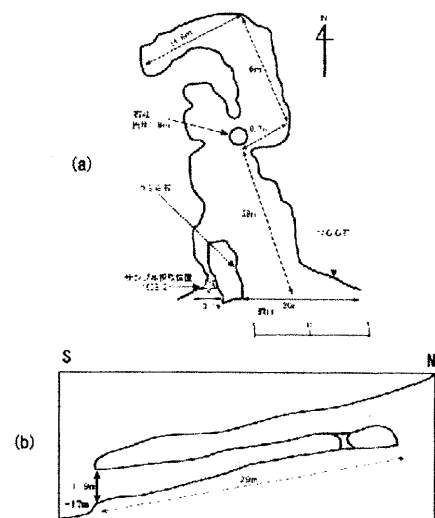


Fig. 4 比川海底鍾乳洞試料採取場所

(a) 平面図, (b) 断面図

3. 測定

年代測定には、名古屋大学年代測定総合研究センターのタンデトロン加速器質量分析計(AMS)の2号機を使用した。また、一部の試料はアメリカのベータアナリティック社に測定を依頼し、液体シンチレーション係数法を用いて測定した。炭素年代値の算出には半減期としてLibbyの半減期5,568年を使用し、暦年代への較正にはRadiocarbon Calibration Program : Calib 4.3を使用した。試料調整には、一般的な炭酸カルシウム試料における前処理、精製を行った。

4. X線結晶構造解析

本研究では遺跡ポイント周辺域から得られた2試料について粉末X線回折を行った。粉末のように多数の単結晶の集合と考えられる試料のX線回折を測定することを粉末X線回折といい、通常、未知試料を同定するために行われる。粉末X線回折で得られる回折X線強度はさまざまな方向をランダムに向けた単結晶からの回折の総和となる。測定は琉球大学機器分析センターに依頼し行った。

5. 結果

これまでに得られた試料の採取場所と年代値を表に示す。Table 1が比川海底鍾乳洞の試料、Table 2が遺跡ポイント及びその周辺域の試料を示す。それぞれの測定結果は採取した年月の新しいもの順に並べてある。サンプルナンバーの03から始まるものが測定値として未公表のサンプルにあたる。測定番号のNUTAは名古屋大学年代測定総合研究センターのタンデトロン加速器質量分析計(AMS)2号機で、Betaはアメリカのベータアナリティック社の放射能測定法を用いた年代測定であることを意味する。炭素年代値はyr BPで、較正した暦年代値はcal BPで示し、西暦1950年からさかのぼった年数を表している。誤差は、1標準偏差(1σ)を示す。

測定した貝化石、サンゴ化石などの海生生物試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値は-2.4～5.5‰と海生炭酸塩の標準値である0‰に近い値を示した。また、得られた炭素年代を暦年代に較正した結果、その較正年代値は14 cal BP～6,199 cal BPまでは千年代、二千年代、三千年代とそれぞれの値が穴埋めをする形となり、一番長い空白期間でも約1,100年間という連続的な値が得られた。また、水深12.5, 29.3mで得られた試料の年代値はそれぞれ23,080±100 yr BP, 20,119～19,483 cal BPというこれまでにない古い値が得られた。

X線結晶構造解析の結果、No.031217-A-6の試料はカルサイト32.5%、アラゴナイト8.3%というコンテンツを、No.031217-A-10の試料はカルサイト26.3%、アラゴナイト7.8%というコンテンツを示した(Table 3)。また、同試料および、No.031218-2の試料を琉球大学理学部の長井孝一教授に肉眼で鑑

定していただいた結果、前者はほぼカルサイトで、後者はアラゴナイトで構成されているという結果が得られた。

Table 1 海底鍾乳洞試料の測定結果

サンプルNo.	試料物質	採取地	水深(m)	$\delta^{13}C$ (‰)	14C年代 (yr BP)	較正暦年代 (cal BP)	誤差範囲 (calBP)(1 σ)	測定日	測定番号
990703-1	鍾乳石	比川海底鍾乳洞	-10	-11	12630 \pm 40	12159	12370-12105		NUTA2-2697
990201-1	鍾乳石	比川海底鍾乳洞	-5	-10.5	38480 \pm 420	38720		99'4	Beta-128120
990201-2	鍾乳石	比川海底鍾乳洞	-5	-9.9	42325 \pm 670	42590		99'4	Beta-128121
1998-2-B	鍾乳石	比川海底鍾乳洞	-18.0	-12.2	30020 \pm 130	Invalid age for this calibration		03'10	NUTA2-6366
1998-2-S	Lime mud	比川海底鍾乳洞	-18.0	-8.3	3840 \pm 30	3807	3827-3743	03'10	NUTA2-6364
1998-2-(2)	Lime mud	比川海底鍾乳洞	-18.0	2.2	3600 \pm 30	3468	3528-3448	02'10	NUTA2-4418
1998-2-(1)	Lime mud	比川海底鍾乳洞	-18.0	3.2	3970 \pm 30	3955	3979-3903	02'10	NUTA2-4419

Table 2 遺跡ポイント試料の測定結果

サンプルNo.	試料物質	採取地	水深(m)	$\delta^{13}C$ (‰)	14C年代 (yr BP)	較正暦年代 (cal BP)	誤差範囲 (calBP)(1 σ)	測定日	測定番号
031217-A-4	サンゴ藻	アーチ右	-14.8	1.3	1150 \pm 30	693	723-661	04'03	NUTA2-7113
031217-A-6	サンゴ藻	5finger	-29.3	1.8	17120 \pm 70	19851	20119-19483	04'03	NUTA2-7118
031217-A-10	サンゴ藻+砂岩	5finger	-12.5	0.6	23080 \pm 100	Invalid age for this calibration		04'03	NUTA2-7119
031218-2	サンゴ藻	人面岩下	-14.1	1.6	5250 \pm 40	5968	5997-5931	04'03	NUTA2-7120
031218-3	サンゴ	第一海丘北側	-14.3	-2.4	340 \pm 30	modern		04'03	NUTA2-7121
031218-4	サンゴ	第一海丘北側	-14.8	0.6	420 \pm 30	modern		04'03	NUTA2-7122
020302-6	サンゴ	第四海丘東壁	-8.9	5.5	465 \pm 25	57.14	99-0	02'10	NUTA2-4417
020302-7	サンゴ藻	第四海丘東壁	-7.9	1.1	795 \pm 25	446	464-426	02'10	NUTA2-4427
020302-9	サンゴ藻	第四海丘西壁	-12.0	4	975 \pm 25	548	566-534	02'10	NUTA2-4422
020302-2	サンゴ藻	二枚石左	-15.1	2.7	1025 \pm 25	616	631-564	02'10	NUTA2-4428
020302-1	サンゴ藻	アーチ門西壁左	-14.6	1	430 \pm 25	modern		02'10	NUTA2-4429
980327-1-6-1	サンゴ藻	廊下北側溝	-23	1.8	1490 \pm 70	1041	1122-951	98'8	NUTA-6190
980327-1-6-2	サンゴ藻	廊下北側溝	-23	1.2	2400 \pm 60	2020	2108-1954	98'8	Beta-125736
980329-1-1	サンゴ藻	廊下北側溝	-23	1.1	1920 \pm 105	1477	1528-1392	98'7	Beta-9071
980328-2-1-1	石灰岩	サーウエス	-29	0.5	740 \pm 90	409	524-247	99'9	NUTA-6846
970720-1-2-1	サンゴ藻	本体西岸	-18	2.1	5790 \pm 80	6199	6280-6152	98'8	NUTA-6175
970720-1-2-2	サンゴ藻	本体西岸	-18	1.5	4780 \pm 60	5028	5133-4944	98'8	Beta-125737
970718-1-2	石灰岩	立神岩付近	-10	2.6	3430 \pm 70	3321	3375-3161	99'9	NUTA-6843
970322-1-7-5	サンゴ	玉石奥の小円礫	-11	1.4	495 \pm 80	116	251-0	97'10	NUTA-5475

Table 3 X線解析結果

sample No.	Calcite counts	estimated calcite content(%)	Aragonite counts	estimated aragonite content(%)
031217-A-6	6.191	32.47311828	0.325	8.339748525
031216-A-10	5.008	26.26803042	0.305	7.826533231

6. 考察

Fig. 5は得られた年代値をこれまでの海水準変動曲線(木村ほか, 2003)に当てはめたものである。

鍾乳石は形成当時の大気と周囲の石灰岩の混成によって作られるため、その年代値は実際の形成年代より古く見積もられる。そのため、その混成割合を1:1と仮定し、放射改変理論式(Bowman, 1998)に当てはめ、充分安全度を見積もり、得られた年代の半分という年代幅を設定した。つまり、点線幅の範囲内に形成されたと考えられる。

鍾乳石の年代値はどの曲線とも矛盾しないことから、その年代値がそれ以降にその鍾乳石が陸上にあったといえる。

海水準変動曲線から現在の遺跡ポイントの深度である水深30m付近の海

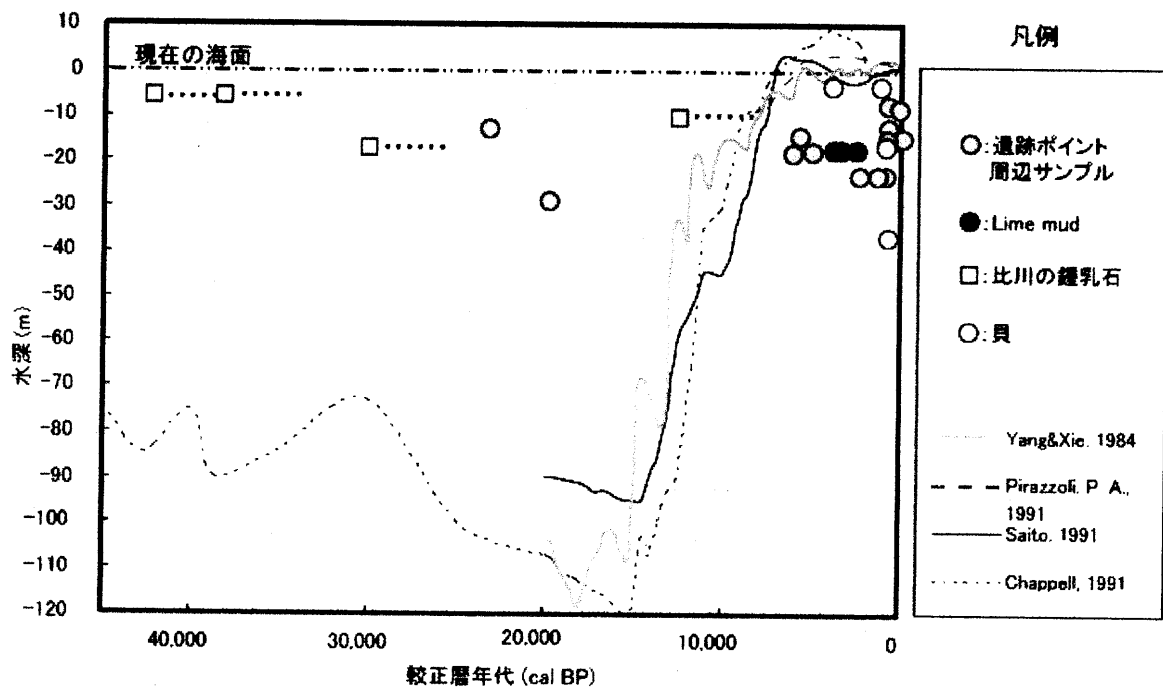


Fig. 5 海水準変動曲線

底は約 10,000 年前以降に海面下に水没したであろうことがわかる。このことは、海生生物試料中、19,851 cal BP と 23,080 ± 100 yr BP を示す 2 試料を除いたすべての海生試料の年代値と水深とは矛盾せず、それらの試料はその年代値、もしくはそれ以前は海中にあったといえる。また、その校正暦年代値は 6,199 cal BP ~ 14 cal BP の間、一番長い空白期間でも約 1,100 年間という連続的な値が得られたため、6,199 cal BP 以降に陸化した可能性は低い。このことから、少なくとも 6,199 cal BP 以前に遺跡ポイント周辺域は水没したといえる。

これまでの海水準変動曲線に矛盾する 19,851 cal BP と 23,080 ± 100 yr BP を示した 2 つのサンゴ試料は、その X 線結晶構造解析結果から、純粋なアラゴナイトではなく、カルサイトを含む試料であることがわかった。サンゴは基本的にアラゴナイトからなり、海中にある間はアラゴナイトのままである。これが陸化するとアラゴナイトは時間がたつにつれカルサイトに変わっていく。しかし、サンゴは間隙が多いため、そこにカルサイト質の生物などが混ざることが多い。そのため、カルサイトの検出されたサンゴ試料の年代値は陸と海どちらの年代を示しているのか確定することは難しい。従来用いられている曲線、例えば Chappell (1991) の曲線によると、ウルム氷期中の温暖期を示唆するピークが 4 万年前と 3 万年前にあり、2 試料の年代値である 22,000 年ほど前はウルム氷期最盛期に近く、海面も現在より 100m 以上浅かったと推定されている。もしこの 2 試料が陸化した際に炭素が置き換えられ、その年代値が陸を示すのならこれは曲線に矛盾し

ない。

これらのことから、この2試料の年代値がかつてその場所が海であったことを示す可能性は低く、この試料は過去に陸化し、その際に年代値が置き換えられたと考えられる。

7. まとめ

- 1) 与那国遺跡ポイント域において、これまでに得られた海生生物試料の年代値は、6,000年代、5,000年代、4,000年代、3,000年代と連続している。このことから遺跡ポイントおよび周辺域は連続的に得られた年代値で最も古い、6,199 cal BP 以前に陸域で形成された可能性があるといえる。
- 2) 19,851 cal BP と 23,080 ± 100 yr BP を示した2つの試料は、海水準変動曲線、X線結晶構造解析、久米島海底鍾乳洞の鍾乳石の年代と水深との比較から、その年代値は海水高度がそこまで来ていたことを示すのではなく、過去に陸化し炭素が置き換わったことによる年代を示すと考えられる。
- 3) 本測定による海面変動に関する研究は、有効なものであるということが確認された。今後、より多くの厳選した試料について年代測定を行う必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、琉球大学理学部の野口拓郎氏、および大森保教授にはX線解析データの解析、および結果に関する助言を頂いた。また、同学部の長井孝一助教授には石灰岩試料の鑑定に教示をいただいた。海中調査には、与那国島のサーウェスの新嵩喜八郎・和泉用八郎氏をはじめ地元ダイバーの方々に適切なガイドおよび助力を承った。¹⁴C年代測定については、名古屋大学年代測定総合研究センターの池田晃子技官には技術的指導および測定に関して協力を頂いた。

以上の方々に対して、紙面をもって感謝の意を記し、謝辞とさせて頂く。

文献

- Bowman, S.(北川浩之 訳): 年代測定 初版. 東京大學藝書林, 東京, 120pp.
- Chappell, J. (1994) : Upper Quaternary sea level, coral terraces, oxygen isotope and deep-sea temperature. *J. Geogr.* 103, 828-840.
- Eduardo Bard. (1998): Geochemical and geophysical implications of the radiocarbon calibration. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62, 12, 2025-2038.
- 石川賀子(2002): 沖縄島および与那国島の完新世海面変動と地殻変動. 琉球大学大学院理工学研究科修士論文. (MS).
- 町田洋・大場忠道・小野昭・山崎晴雄・河村善也・百原新(2003): 「第四紀学」. 朝倉書店, 東京, 323pp.
- 中村俊夫(2004): 加速器を利用した放射性炭素年代測定. 文化資源の保存、活用及び創造を支える科学技術の振興-第1章-3, 28-43.
- 木村政昭・中村俊夫・杉山真人・市川逸士(2003): 沖縄県与那国島海底遺跡トおよび周辺の炭素年代測定. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書(X I V), 191-200.
- 木村政昭・中村俊夫・石川賀子(2000): 与那国島遺跡ポイントおよび沖縄本島付近海底から得られた炭酸塩質サンプルの ^{14}C 年代測定. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書(X I), 210-230.
- 木村政昭・新田勝也(1996): 沖縄本島で発見された海底鍾乳洞. 月刊地球, Vol. 18, No. 8, 544-554.
- 関藤博史(2000): 久米島海底鍾乳洞ポイント調査報告書3.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., Bard, E., Beck, J.W., Burr, G.S., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, F.G., v.d. Plicht, J., and Spurk, M. (1998) : INTCAL98 Radiocarbon calibration, 24,000-0cal BP. *Radiocarbon*, 40, 1041-1083.
- 杉山真人(2004): 沖縄島における第四期の海面変動と海底鍾乳洞研究. 琉球大学大学院理工学研究科修士論文. (MS).

Submerged age of the Iseki point area and its vicinity off Yonaguni Island,
in Okinawa, Japan

Masaaki Kimura¹⁾, Hayato Ichikawa¹⁾, Rika Yoshimatsu¹⁾, Masahide Furukawa¹⁾,
Toshio Nakamura²⁾

1) Department of Physics and Earth Sciences, College of Science, University of the
Ryukyus

2) Center for Chronological Research, Nagoya University

Abstract

The Iseki point area is located at the sea-bottom off the south coast of the Yonaguni Island, where shows artificial features. In this research, submerged age of the Iseki point area and its vicinity is considered based on ^{14}C age determination using fossil fragments, fossil corals and submarine stalactite. Result of correlation with radiocarbon ages and the Japanese sea-level curve showed the Iseki point may have been submerged older than 6,199 cal BP. Two fossil coralline algae samples collected from the natural seafloor near the Iseki point showed that they have emerged in sub-aerial circumstance about 20 thousand years ago based on X-ray analysis, radiocarbon age determination and sea-level curve.

学会での発表・学会誌への発表論文

論文・著書

1. 木村政昭 (2005) : 沖縄の海底遺跡. 南島史学, 合併号 (65-66), 129-138.

口頭発表等

1. 木村政昭, 市川逸土, 上集里香, 古川雅英, 中村俊夫 (2006) : 沖縄海底遺跡域の水没年代に関する考察. 第18回(2005年度)名古屋大学年代測定総合センターシンポジウム. 名古屋大学シンポジオンホール, 名古屋.
2. 木村政昭 (2005) : 沖縄トラフと大陸棚の地下構造. 物理審査学会終期学術講演特別講演会, 那覇.
3. 木村政昭 (2005) : 東シナ海大陸棚の地質構造. 第35回海中海底工学フォーラム, 東京大学, 東京.