

# 琉球大学学術リポジトリ

## 沖縄県那覇市における空間 $\gamma$ 線線量率の分布

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学理学部 公開日: 2009-04-06 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 本村, 大, 益田, 和, 向, 真希, 外間, 智規, 古川, 雅英, Motomura, Dai, Masuda, Nagi, Mukai, Maki, Hokama, Tomonori, Furukawa, Masahide メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/9527">http://hdl.handle.net/20.500.12000/9527</a>

## 沖縄県那覇市における空間 $\gamma$ 線線量率の分布

本村 大・益田 和・向 真希・外間智規\*・古川雅英

琉球大学理学部物質地球科学科地学系

\*現在：名古屋大学大学院工学研究科エネルギー理工学専攻

### Distribution of gamma radiation dose rate in air in Naha city, Okinawa prefecture

Dai Motomura, Nagi Masuda, Maki Mukai, Tomonori Hokama\*,  
Masahide Furukawa

Department of Physics and Earth Sciences, Faculty of Science, University of the Ryukyus

\*Present address: Graduate school of Energy Engineering and Sciences, Nagoya University

#### Abstract

The absorbed dose rates in air due to terrestrial gamma radiation in Naha city were measured at 1008 points with NaI(Tl) scintillation spectrometers. The mean, minimum and maximum dose rates were estimated to be 38.5nGy/h, 13.7nGy/h, 103.0nGy/h, respectively. The concentrations of  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ -series and  $^{232}\text{Th}$ -series in the geologic and soil samples from Naha city were determined with a Ge semiconductor detector. Based on these results, the minimum and maximum of the dose rates were estimated to be 0.6nGy/h (Ryukyu Limestone) and 104.5nGy/h (Dark red soil), respectively.

#### 1. はじめに

土壌や岩石に含まれる天然放射性核種 ( $^{40}\text{K}$ ・ $^{238}\text{U}$ 系列・ $^{232}\text{Th}$ 系列) の壊変にともなって放出される $\gamma$ 線を計測することにより、地層の区分や伏在断層の位置などを探査する $\gamma$ 線探査が行われてきた(木村ほか, 1990; 木村, 1998, など)。例えば古川ほか(2004)は、未知の伏在活断層探査等、環境放射線データの都市防災への活用を検討するために、1995年兵庫県南部地震後の神戸市および芦屋市の市街地において空間 $\gamma$ 線線量率の高密度測定を実施した。その結果、線量率が相対的に低い地域と全壊家屋が集中する地域とが一致する傾向が認められている。本研究では、都市化の進んだ地域における表層地質・伏在断層分布を探査する手段としての空間 $\gamma$ 線線量率測定の有効性を検討する一環として、沖縄県那覇市における空間 $\gamma$ 線線量率分布の把握を行った。

#### 2. 地勢および地質・土壌の概要

那覇市は沖縄本島南部に位置し、西方は東シナ海に面し、南北及び東の三方は他の市町と接している。市街地の中心部一帯は低い台地や低地および埋立地が広がりほぼ平坦な地形を呈している。

その周辺部は丘陵・台地が広がっており、最高標高は那覇市首里の弁ヶ岳(165.7m)である(Fig.1; 沖縄県企画調整部土地利用対策課, 1983)。

那覇市一帯の地質は下位より新第三紀の島尻層群(砂岩、シルトおよび泥岩)、第四紀更新世の琉球層群(琉球石灰岩)、第四紀完新世の沖積層に分類される(Fig.2; 工業技術院地質調査所, 1995)。島尻層群は沖縄本島中南部の基盤を形成しており、陸上およびその周辺海底下まで広く厚く分布している。琉球層群は礁性石灰岩である琉球石灰岩を主体とし、下位の島尻層群を不整合に覆って分布している。その上位には赤褐色粘土質土壌が広く分布している。この土壌は赤~暗赤色を呈し、琉球石灰岩上に堆積したものは特に島尻マージ(Dark red soils)と呼ばれている(Fig.3; 国土庁土地局国土調査課, 1977)。沖積層は那覇市安里川、安謝川、国場川下流などの河川沿いの低地や現在の海岸沿いに形成されているもので、主に有機質粘土およびサンゴ細片を含む暗灰色粘土やシルト交じりの砂層である。

### 3. 調査方法

#### 3.1 空間 $\gamma$ 線線量率測定

測定にはいずれも標準線源によって校正された3"  $\phi$   $\times$  3" NaI(Tl) スペクトロサーバイメータ(アロカ製JSM-102) および1"  $\phi$   $\times$  2" NaI(Tl) スペクトロサーバイメータ(浜松ホトニクス製ss- $\gamma$ )を使用した。以下それぞれをJSM-102、ss- $\gamma$ と略称する。

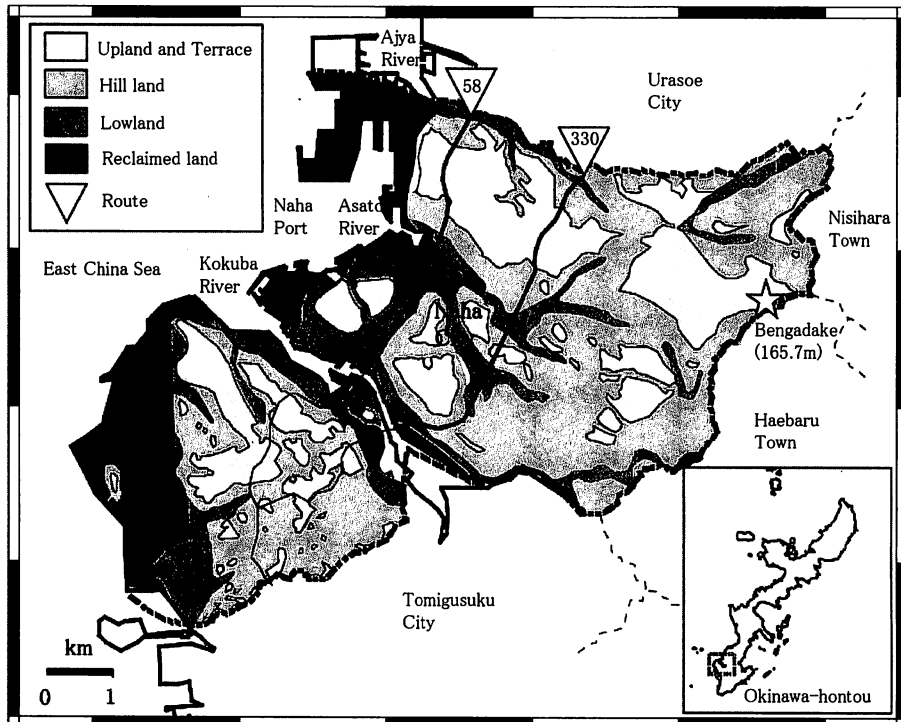


Fig.1 Map of study area.

JSM-102による測定では空間 $\gamma$ 線線量率の算出に十分な波高分布データを得るために計測エネルギーの上限を3.6MeVに設定し、計数時間を900秒とした。また、ss- $\gamma$ による測定では、短時間に多地点においてデータを得るために計数時間を60秒とし、線量率指示値(単位はnSv/h)を記録した。いずれの測定器の場合も検出部を鉛直下向きとして地表から1mの高さに保持し、測定を実施した。

JSM-102は検出部の体積が大きいこと、解析時に波高分布データの個々について $^{40}\text{K}$ および $^{208}\text{Tl}$ のピークを用いてエネルギー校正を行うことから精度の高い線量率を求めることが可能である。そこで、本研究ではJSM-102およびss- $\gamma$ との同時測定によって得られた係数を用いてすべての値をJSM-102による空間 $\gamma$ 線線量率(nGy/h)に換算した。

上記の同時測定を除き、調査地域ではss- $\gamma$ のみを用いて測定を行った。ss- $\gamma$ による測定地点は野外の裸地上および舗装道路上である。舗装道路上では交差点毎を目安として測定を行った。特に国道58号線や国道330号線(Fig.1)については道幅が広いことを考慮し、両側の歩道で計測を行った。また、調査期間内に空間 $\gamma$ 線線量率の広域な変動が無いことを確認するため、測定時にはあらかじめ定めた複数の地点において毎回測定を行った。

### 3.2 試料の採取と分析

那覇市の地質・土壤に含まれる天然放射性核種濃度を把握するため、那覇市内の7地点において、砂岩(1試料)および泥岩(2試料)、石灰岩(2試料)、鳥尻マージ(2試料)の計7試料を採取した。採取地点をFig.3に示す。

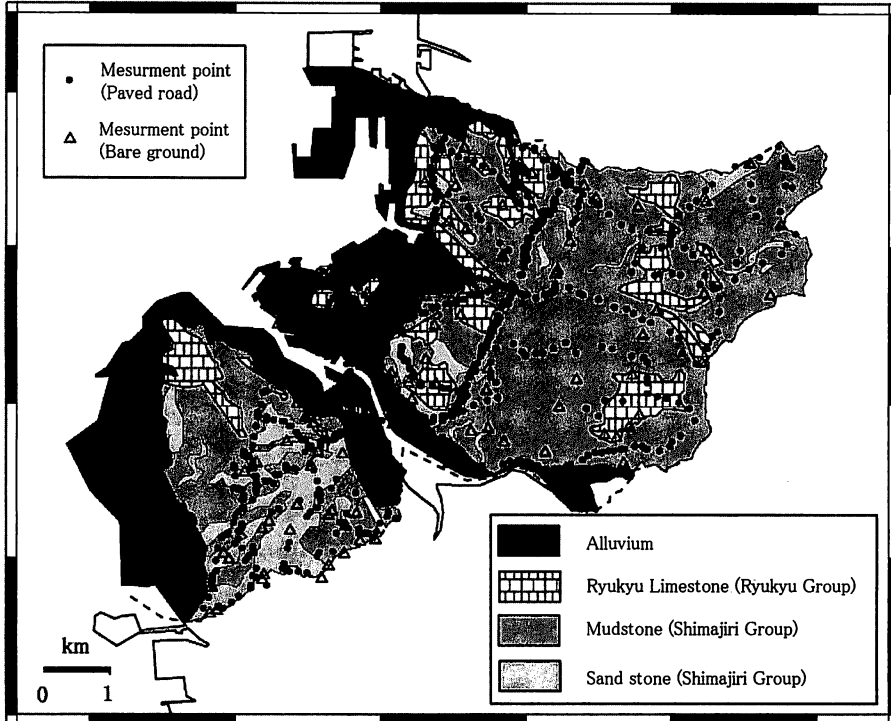


Fig.2 Location of *in situ* measurement for the absorbed dose rate in air due to gamma radiation and geology in Naha city.

試料は粉碎・乾燥して $500\mu\text{m}$ の篩いにかけて、試料の厚さが $12\text{mm}$ になるように試料ケースに封入し、電子天秤にて秤量を行った。その後、琉球大学機器分析支援センターのGe(Li)半導体検出器による $\gamma$ 線スペクトル測定により核種分析を行った。

## 4. 結果

### 4.1線量率の概要

JSM-102およびss- $\gamma$ の同時測定によって得られた関係をFig.4に示す。JSM-102による測定結果では最小値は石灰岩分布域における $12.0\text{nGy/h}$ 、最大値は島尻マージ分布域における $62.1\text{nGy/h}$ であった。

ss- $\gamma$ のみによる測定地点数は裸地上で103地点、舗装道路上で905地点、合計1008地点である。ss- $\gamma$ による定点での繰り返し測定において、線量率指示値の測定期間内での差異は標準偏差で $\pm 3.0\text{nSv/h}$ となった。これにより、測定期間内での空間 $\gamma$ 線線量率に大きな変動は生じておらず、またss- $\gamma$ による異なる日の測定結果についても整合性が保たれていると判断された。

裸地上で得た空間 $\gamma$ 線線量率の算術平均値は $36.7\text{nGy/h}$ 、最小値は琉球層群分布域の測定地点で $13.7\text{nGy/h}$ 、最大値は島尻層群分布域の測定地点における $52.2\text{nGy/h}$ となった。

舗装道路上で得た空間 $\gamma$ 線線量率の算術平均値は $19.5\text{nGy/h}$ 、最小値は沖積層および現世サンゴ礁堆積物分布域の測定地点で $9.9\text{nGy/h}$ 、最大値は琉球層群分布域の測定地点で $51.6\text{nGy/h}$ となった。

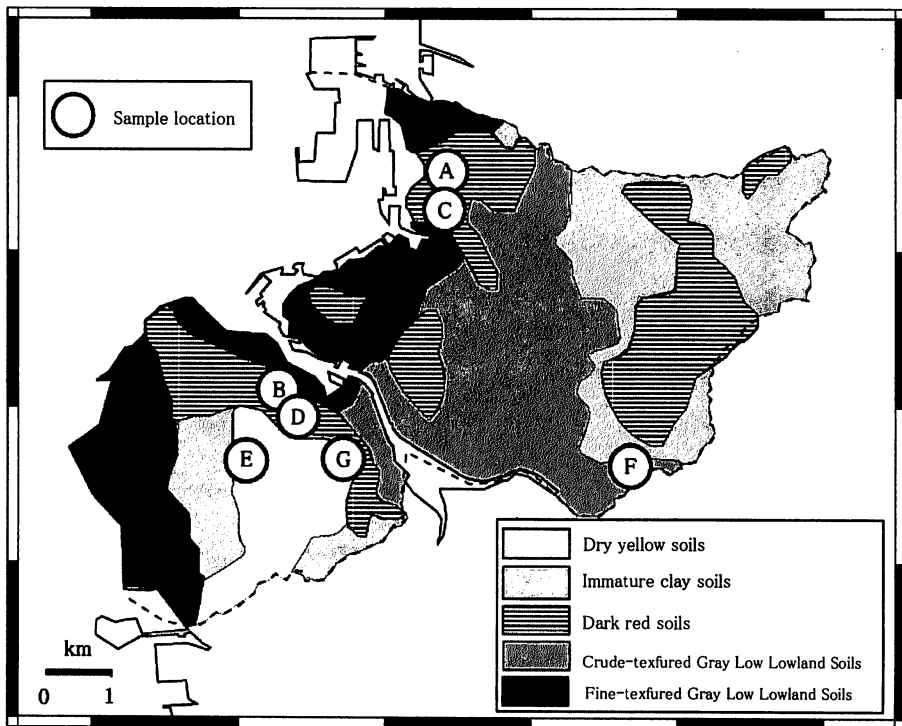


Fig.3 Locations of soil samples and distribution of the soils.

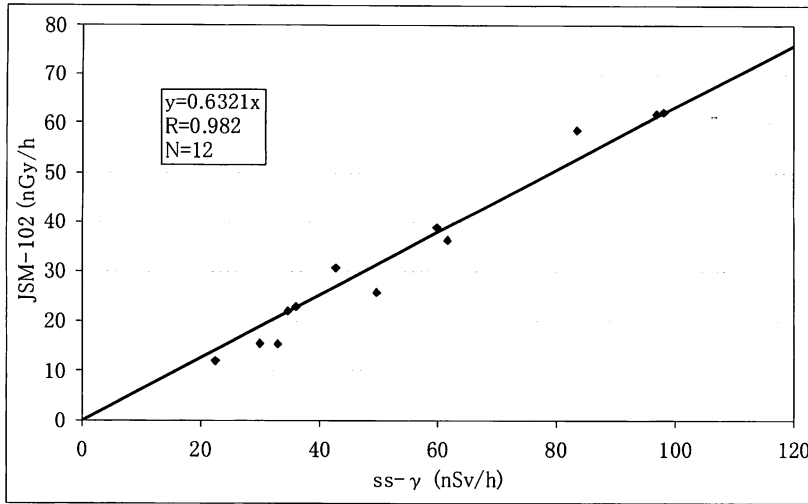


Fig.4 Relationship between dose rates measured with JSM-102 (nGy/h) and ss-γ (nSv/h).

#### 4.2 舗装道路値の裸地値への換算

裸地上で確認した地質・土壌が近傍の舗装道路下に存在すると仮定して、計9ヶ所で両者の比較測定を実施した。このデータセットから求めた関係(Fig.5)から、舗装道路上で得た値を裸地への値に換算した。これをさらにJSM-102による空間γ線線量率(nGy/h)に換算し、裸地のデータと合わせて線量率分布図を作成した (Fig.6)。換算結果と裸地データ (計1008地点) を基に、単純内挿によって10nGy/h間隔の等値線を引き、9段階に塗り分けたものである。ただし、20nGy/h以下および90nGy/h以上の地域は局所的であるため、一括して示した。

Fig.6に基づけば、調査域の空間γ線線量率は、全体的には30nGy/h以上であるが、40nGy/h以上の

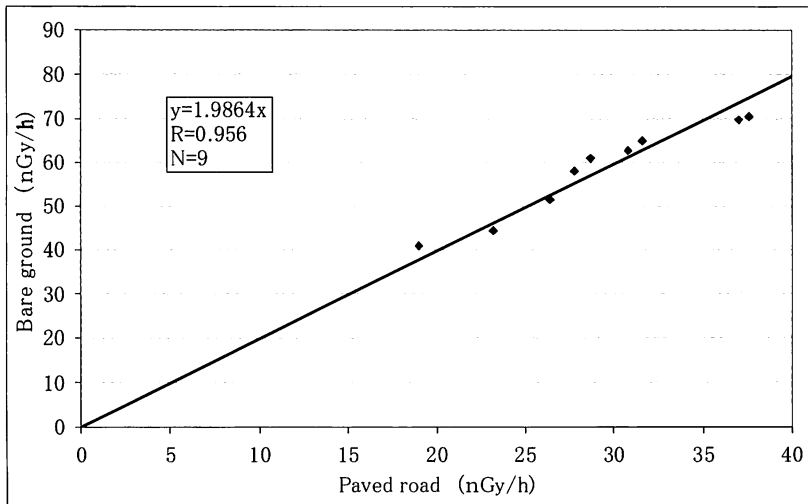


Fig.5 Relationship between the dose rates measured on the paved road and bare ground.

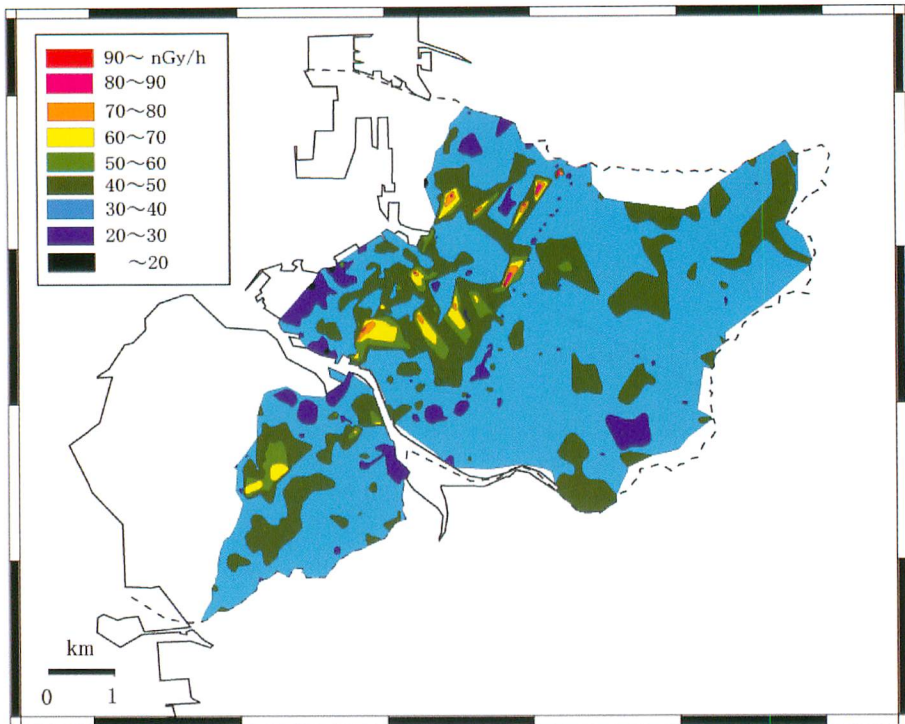


Fig.6 Contour map of the absorbed dose rate in air due to terrestrial gamma radiation using a total of 1008 data points. The data for paved road were converted to the values for bare ground.

地域が国道330号線を境として北西側に集中して分布している。上記の換算データと裸地データを合わせた計1008地点の算術平均値は38.5nGy/h、最小値は琉球層群分布域の測定地点で13.7nGy/h、最大値は琉球層群分布域の測定地点で103.0nGy/hとなった。

#### 4.3 天然放射性核種濃度

Ge(Li)半導体検出器による試料中の天然放射性核種濃度 ( $^{40}\text{K}$ 、 $^{238}\text{U}$ 系列、 $^{232}\text{Th}$ 系列) に関する分析結果をTable 1に示す。泥岩および砂岩の3試料 (島尻層群) と島尻マージの2試料は、琉球石灰岩の

**Table 1**  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ -series and  $^{232}\text{Th}$ -series concentrations and the estimated dose rates. Sample locations are shown in Fig.3.

Sample	Sample Location	Concentration (Bq/kg)			Absorbed dose rate in air (nGy/h)*
		$^{40}\text{K}$	$^{238}\text{U}$ -series	$^{232}\text{Th}$ -series	
Dark red soil	A	450.2	99.1	66.0	104.5
Dark red soil	B	416.1	34.9	45.0	60.7
Ryukyu Limestone	C	30.1	9.3	5.0	8.6
Ryukyu Limestone	D	4.4	0.9	N.D.	0.6
Mudstone	E	549.2	32.4	45.4	65.3
Mudstone	F	574.3	21.8	37.0	56.3
Sand stone	G	442.4	14.6	28.0	42.0

\* Absorbed dose rate in air =  $0.0417 \cdot \text{K}(\text{Bq}/\text{kg}) + 0.462 \cdot \text{U}(\text{Bq}/\text{kg}) + 0.604 \cdot \text{Th}(\text{Bq}/\text{kg})$   
(Beck, *et al.*, 1972)

2試料（琉球層群）に比べ、いずれの天然放射性核種濃度についても高い値となった。

島尻層群3試料、島尻マージ2試料の $^{40}\text{K}$ 濃度の算術平均値は、それぞれ522Bq/kgおよび433Bq/kgとなり、島尻層群で高い値となった。 $^{238}\text{U}$ 系列濃度はそれぞれ23Bq/kgおよび67Bq/kgとなり、島尻マージで高い値となった。 $^{232}\text{Th}$ 系列濃度はそれぞれ37Bq/kgおよび56Bq/kgとなり、島尻マージで高い値となった。 $^{238}\text{U}$ 系列濃度については、島尻マージの1試料が特に高い値（99.1Bq/kg）を示した。

天然放射性核種濃度から算定した空間 $\gamma$ 線線量率は、高い順に島尻マージ、島尻層群、琉球石灰岩となった。天然放射性核種濃度の合計が最大となったのは島尻層群であるが、空間 $\gamma$ 線線量率の合計が最大となったのは島尻マージである。これは、 $^{238}\text{U}$ 系列の空間 $\gamma$ 線線量率への寄与が他の核種に比べて大きいためである。

## 謝 辞

地質・土壌試料の核種分析に際しては、琉球大学機器分析支援センターの棚原朗准教授より測定器の使用方法などの指導を頂きました。記して謝意を呈します。

## 文 献

- Beck, H.L., DeCampo, J. and Gogolak, C. (1972) In situ Ge(Li) and NaI(Tl) gamma-ray spectrometry. USAEC Report, HASL-258, New York.
- 古川雅英 (1993) 日本列島の自然放射線レベル. 地学雑誌, 102, 868-877.
- 古川雅英, 赤田尚史, 床次真司 (2005) 大東諸島の自然放射線レベルとその地学的解釈. Radioisotopes, 54, 213-224.
- 古川雅英, 藤田清士, 安岡由美 (2004) 神戸市および芦屋市の市街地における空間ガンマ線線量率分布. 第38回日本保健物理学会要旨集, 77.
- 古川雅英, 床次真司 (2001) 沖縄県宮古島における空間ガンマ線線量率の分布, 保健物理, 36, 195-206.
- 木村重彦 (1998) 地上および海・湖底上の自然 $\gamma$ 線による伏在裂からの位置と間隙状態の検出法. 応用地質, 39, 5, 443-445.
- 木村重彦, 高野 彬, 五十嵐生男 (1990) 携帯用自然ガンマ線測定装置による割れ目の解析. 応用地質, 31, 4, 15-24.
- 国土庁土地局国土調査課 (1977) 土地分類図, 沖縄県 縮尺1:12500 土壌図, 財団法人日本地図センター, 東京.
- 工業技術院地質調査所 (1995) 日本地質図大系 九州地方, 沖縄本島中一南部の地質 5万分の1, 112-113, 朝倉書店, 東京.
- 沖縄県企画調整部土地利用対策課 (1983) 土地分類基本調査, 沖縄県5万分の1 沖縄本島中南部地域.