

3. 11 雲仙断層群（南東部）の調査

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 雲仙断層群（南東部）の調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	主任研究員	丸山 正

(c) 業務の目的

雲仙断層群（南東部）（以下、雲仙断層群南東部とする）の平均変位速度については、既往の調査成果からは評価に採用できるほどの信頼度があるとは言えないため、長期評価では参考として記述するに留められている。本業務では、雲仙断層群南東部を構成する複数の断層のうち支配的とされている布津沖の断層を対象として、既往音波探査記録の再処理、海上ボーリング調査によるコア試料採取、コア試料の解析及び年代測定などを実施し、それらに基づいて信頼度の高い平均変位速度を解明することを目的とする。

(d) 年度毎の実施業務の要約

1) 令和元年度：

雲仙断層群南東部の平均変位速度を明らかにすることを目的として、対象地域の既往音波探査記録の再処理を行い、海上ボーリング調査の適地を選定した。海上ボーリング調査は、雲仙断層群南東部を構成する断層のうち支配的な断層をまたいで1箇所ずつ（40 m×1孔、35 m×1孔）の計2箇所を実施した。また、海上ボーリング調査で取得した堆積物コアから貝殻片試料及び腐植質堆積物試料を採取し、放射性炭素（¹⁴C）年代測定を実施した。これらの結果に基づいて、地層の形成年代を予察的に検討した。

2) 令和2年度：

令和元年度に布津沖の断層の両側で実施した海上ボーリングで採取した堆積物コア試料について、肉眼観察による岩相解析及びCTスキャン画像を併用した断層近傍の堆積相の検討に基づき層序の推定及び地質柱状図の作成を行った。また、令和元年度に実施した¹⁴C年代測定結果を用いて堆積速度を検討した。さらに、既存の音波探査記録に基づいて、音響層序を検討した。以上の結果に基づいて、断層を横断する予察的な地質断面図を作成した。

3) 令和3年度：

令和元年度に海上ボーリングで採取した堆積物コア試料の解析及び年代測定を行い、平均変位速度及び活動履歴を検討する。調査観測のまとめを行う。

(2) 令和2年度の成果

(a) 業務の要約

雲仙断層群南東部を構成する複数の断層のうち、累積変位量や最近の活動性の点で支配的な布津沖の断層の活動性を明らかにすることを目的として、令和元年度に断層の北側（相対的低下側）で1箇所（掘削深度40 m）、南側（相対的隆起側）で1箇所（掘削深度35 m）の計2箇所を実施した海上ボーリングで採取した堆積物コア試料について、肉眼観察による岩相解析、CT スキャン解析に基づく断層近傍の堆積相及び層序の検討を行い、地質柱状図を作成した。また、令和元年度に実施した ^{14}C 年代測定結果を用いて堆積速度を検討した。さらに、既存の音波探査記録の再解析イメージに基づいて、音響層序を検討した。以上の結果に基づいて、断層を横断する予察的な地質構造図（地質断面図）を作成した。

(b) 業務の成果

1) はじめに

雲仙断層群は、橘湾から島原半島を経て島原湾にかけて分布する断層群である。本断層群は、ほぼ東西に延びる多数の断層から構成されるが、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2006）は、断層の分布や走向、変位の向きから、雲仙断層群北部、雲仙断層群南東部及び雲仙断層群南西部の3つに区分している。

調査対象とする雲仙断層群南東部は、長崎県雲仙市小浜町から同県南島原市布津東方沖に至る断層群である。雲仙断層群南東部は赤松谷断層、深江断層、鴛鴦ノ池断層、布津断層、高岩山断層、柳原断層、布津沖の断層などから構成され、全長約23 km、大局的には $\text{N}80^\circ\text{W}$ 方向に延び、相対的に南側が隆起する正断層である（図1）。

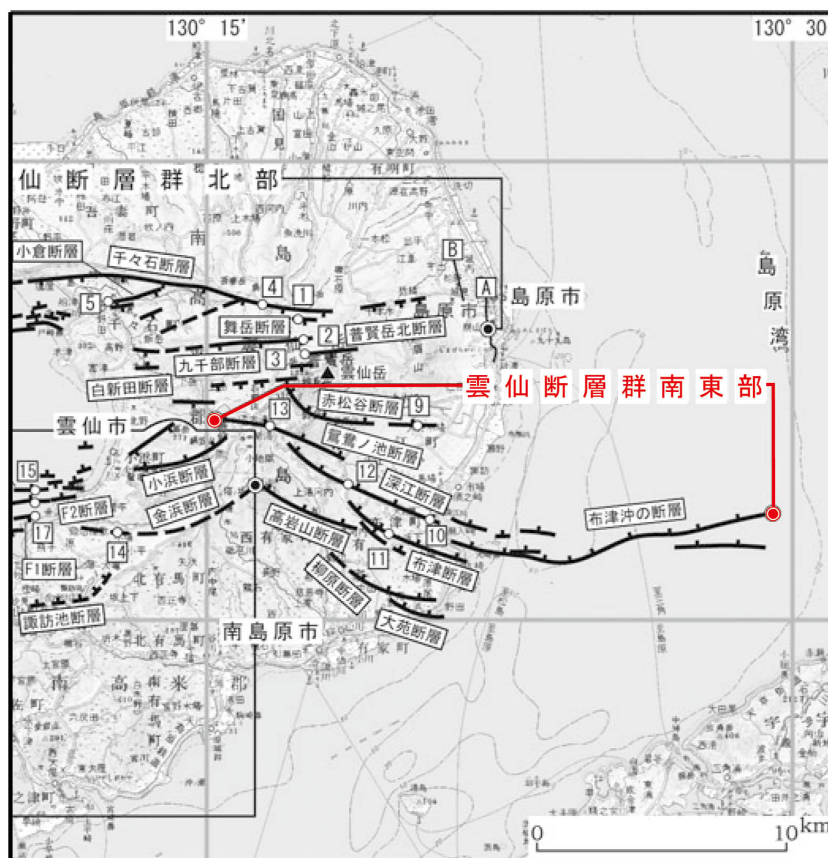


図1 雲仙断層群の分布（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2006）

雲仙断層群南東部の平均変位速度については、これまでに長崎県（2003，2004，2005）や松岡・他（2005）などにより地形・地質調査に基づき平均変位速度の算出が試みられてきた。しかしながら、これらの調査・研究により報告された平均変位速度について、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2006）は、「溶岩や火砕流堆積物等の分布を変位基準としているが、形成時の起伏が不明であることや沈降側が浸食されている可能性があることから、評価に採用できるほどの信頼度があるとは言えないため、参考として記述するに留める」と評価している。

その後、文部科学省委託「沿岸海域における活断層調査」の一環として雲仙断層群の海域において実施された構造探査によって、雲仙断層群南東部の支配的な断層が明らかにされた（産業技術総合研究所・千葉大学理学部・東海大学海洋学部・地域地盤環境研究所，2010）。この断層を調査対象とし、探査記録断面に年代軸を入れることによって、本断層群の上下変位速度及び活動履歴を高い精度で検討可能になることが見込まれた。しかしながら、過去に実施された採泥調査では、断層変位を確認できる反射面まで到達できなかった。

そこで、従来の海底活断層調査における採泥調査では採取不可能であった深度までの堆積物コア試料を採取するため、令和元年度には、断層の北側（相対的低下側）で1箇所（GS-UT0-1、掘削深度 40 m）、南側（相対的隆起側）で1箇所（GS-UT0-2、掘削深度 35 m）の計2箇所海上ボーリング調査を実施した（図2）。その結果、陸上のボーリング調査と遜色のない採取率でコアが採取された（図3，4）。その際、ボーリング調査地点選定のため、対象地域の既往成果を整理した上で既存の音波探査記録を再処理した詳細な断面の解釈に基づくサイトサーベイを実施した（図5）。また、探査記録の再処理及び海上ボーリング調査で取得した年代試料の予察的な観察に基づく予察的な柱状図の作成及びコアから採取した試料の加速器質量分析（AMS）法による¹⁴C年代測定を行なった。

令和2年度には、令和元年度に取得した堆積物コア試料の堆積相と上述の再処理した既存音波探査記録における音響層序との関係を検討し、断層による地層の上下変位量とその年代を明らかにするため、コア試料の解析を実施した。

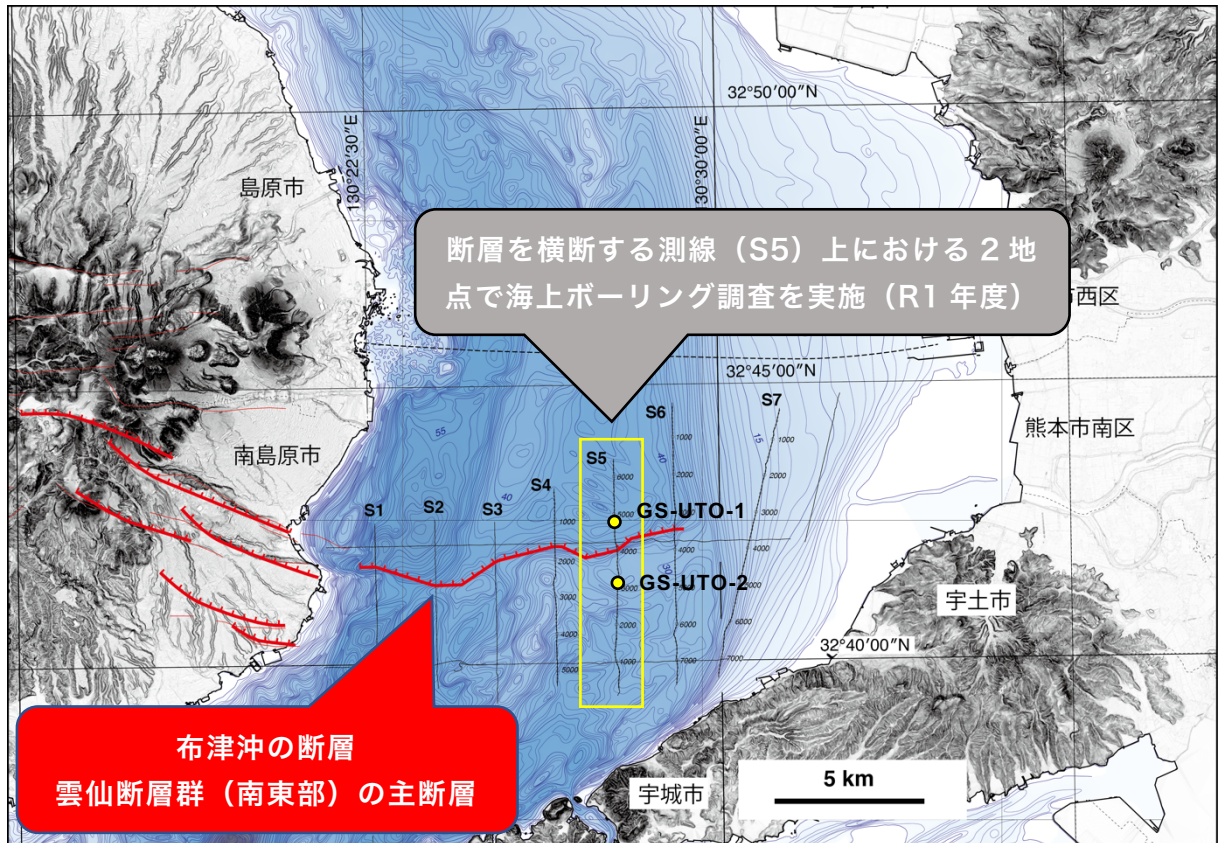


図 2 調査対象海域及び調査対象断層

音波探査測線 S5 上において令和元年度に実施した海上ボーリング調査地点を黄色丸で示す (断層の北側 (相対的低下側 : GS-UTO-1 : 掘削深度 40 m)、南側 (相対的隆起側 : GS-UTO-2 : 掘削深度 35 m))。

GS-UTO-1 (0~18 m)



GS-UTO-1 (18~36 m)

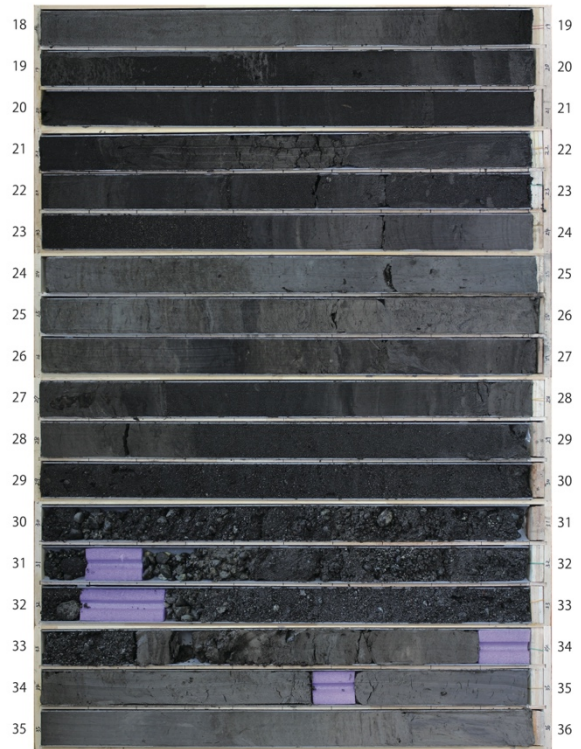
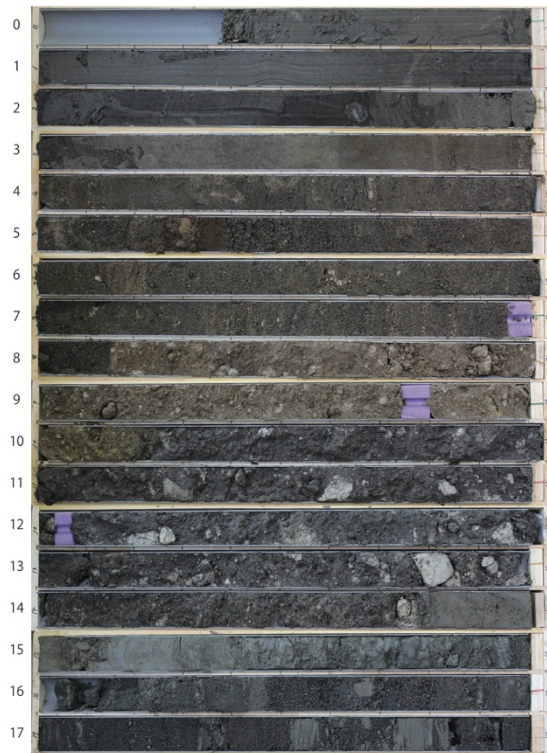


図3 GS-UTO-1 コアのコア写真 (深度 0 ~ 36 m)

GS-UTO-2 (0~18 m)



GS-UTO-2 (18~35 m)

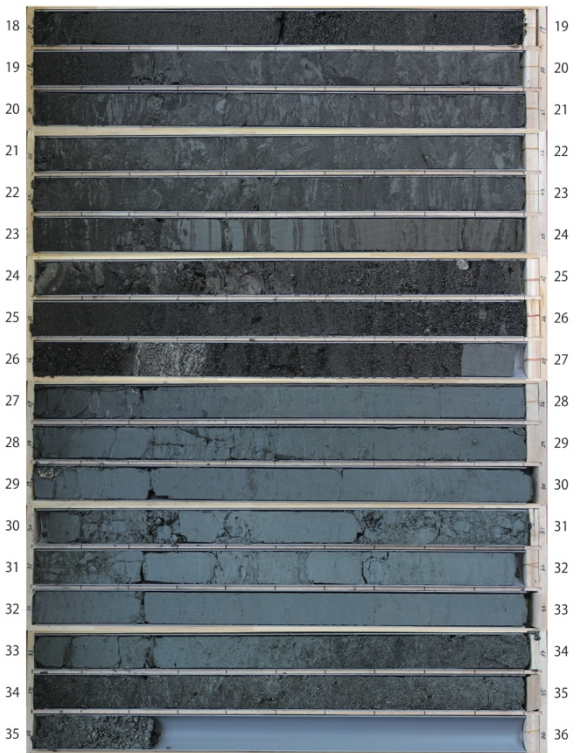


図4 GS-UTO-2 コアのコア写真 (深度 0 ~ 35 m)

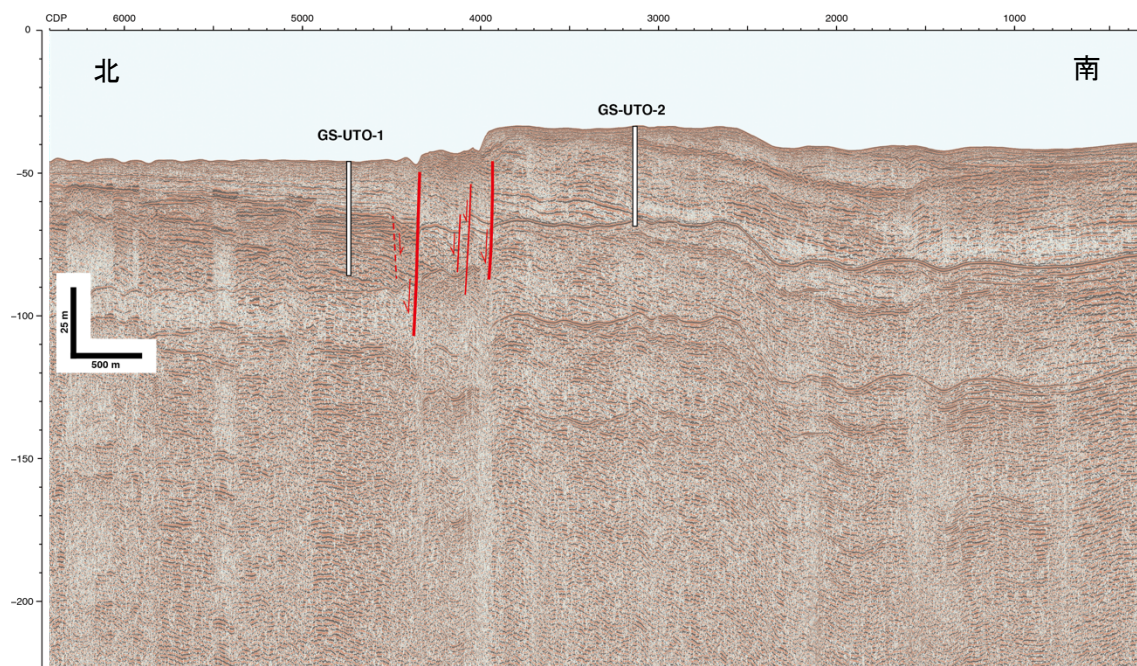


図5 測線 S5 の再解析断面から認定される断層と令和元年度に実施した海上ボーリング掘削地点 (GS-UTO-1, GS-UTO-2)

探査記録は、産業技術総合研究所・千葉大学理学部・東海大学海洋学部・地域地盤環境研究所（2010）によるブーマーを音源としたマルチチャンネル音波探査記録を令和元年度に再処理したもの。深度変換の際、海水中および堆積物中の弾性波伝播速度を 1,500 m/s と仮定。

2) 堆積物コアの解析

令和元年度に海上ボーリング調査で採取した堆積物コアの堆積相と音波探査記録における音響層序との関係を検討するため、令和2年度には、以下の解析を行なった。i) 肉眼観察とCTスキャン画像の判読を併用した堆積相の観察。ii) 令和元年度に実施した¹⁴C年代測定値について最新の暦年較正データに基づく年代較正とそれらを用いた堆積速度の検討。また、これらの結果に基づいて、地質柱状図の作成及び年代・層序の推定を行い、堆積物コアの堆積相と音波探査記録における音響層序との関係を検討した(図6)。

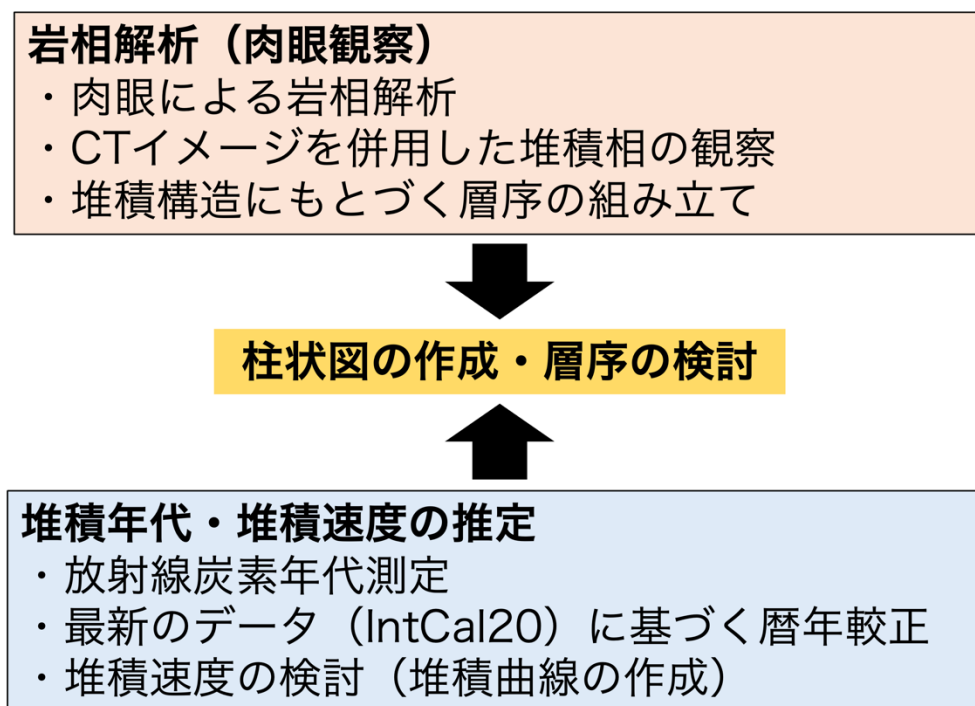


図6 令和2年度に実施したコア解析の内容

3) 結果

i) 堆積物コアのCTスキャン

堆積物コアの堆積相の検討のために実施した肉眼観察及びCTスキャン画像の解析のうち、ここでは、GS-UT0-1コア、GS-UT0-2コアのCTスキャン画像をそれぞれ図7、図8に示す。CTスキャンは、国立研究開発法人産業技術総合研究所が所有する64列マルチスライスCT装置Supria Grande（株式会社日立製作所）を使用した。

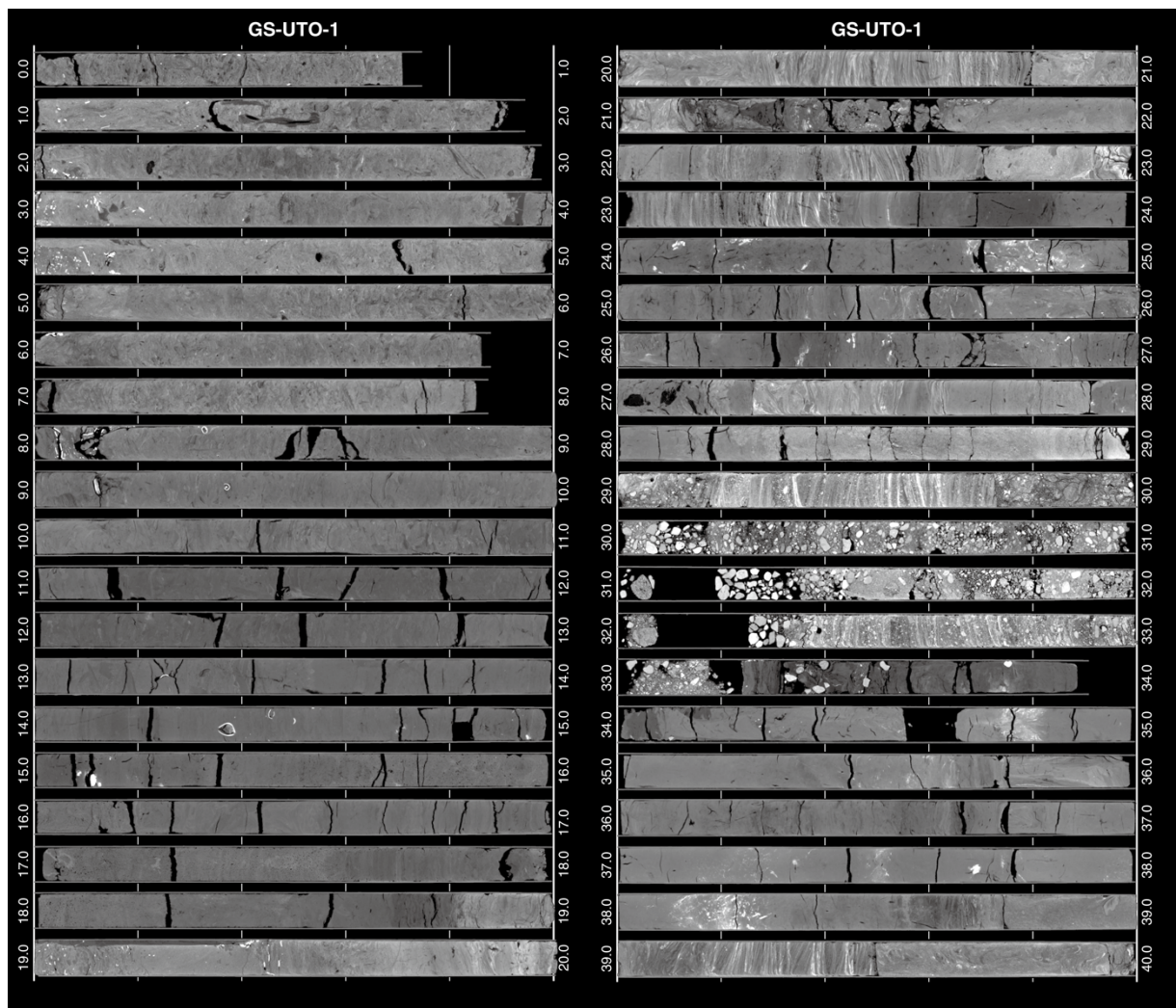


図 7 GS-UTO-1 コアの CT スキャン画像

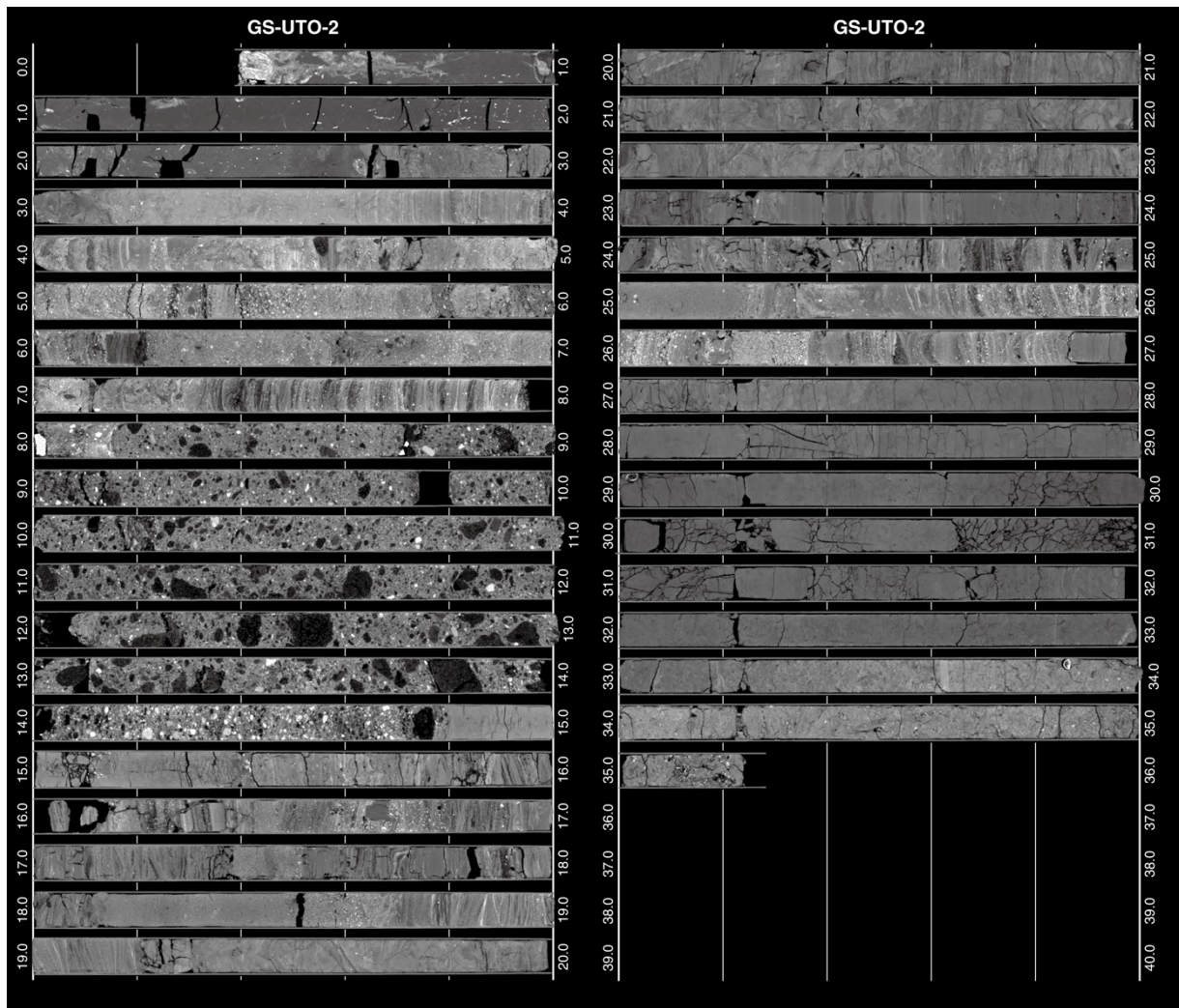


図 8 GS-UTO-2 コアの CT スキャン画像

ii) 堆積物コア観察に基づく地質柱状図の作成

肉眼観察及び CT スキャン画像の解析に基づいて、堆積物コアの堆積相を検討し、GS-UT0-1 コア及び GS-UT0-2 コアの地質柱状図を作成した (図 9)。

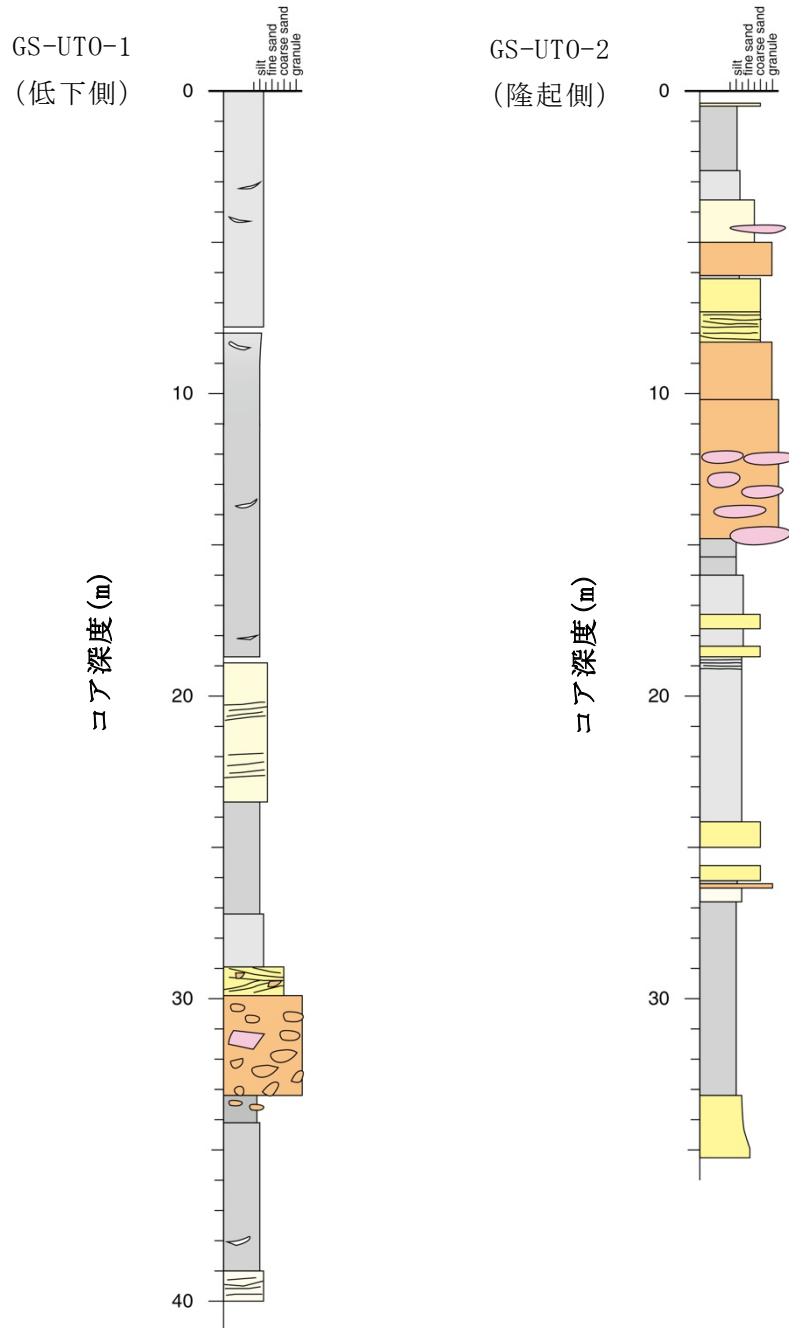


図 9 GS-UT0-1 コア (左) 及び GS-UT0-2 コア (右) の地質柱状図

iii) ^{14}C 年代測定値に基づく堆積速度の検討

^{14}C 年代測定値に基づく堆積速度の検討に際して、令和元年度に取得した ^{14}C 年代測定値について最新の暦年較正データに基づく年代較正を行なった（表 1）。暦年較正に際して、暦年較正プログラム OxCal (Version 4.4; Bronk Ramsey, 2009) を使用し、較正年代は 2σ (95.4%) の範囲および最大の確率値を示す年代で示した。内湾堆積物から産出した貝化石から得た放射性炭素年代の暦年較正では、較正曲線には Marine 20 (Heaton et al., 2020) を使用し、海洋リザーバ効果の地域差 ΔR は 0 とした。堆積物バルク試料から得た放射性炭素年代の暦年較正では、較正曲線には IntCal 20 (Reimer et al., 2020) を使用した。

これらの結果及び地質柱状図に基づき、地層の年代・層序の推定を行った（図 10, 11）。なお、堆積曲線の作成および堆積速度の推定の際には、最大の確率値を示す較正年代を使用した。圧密の効果については考慮していない。

表 1 海上ボーリングコアから採取した試料の AMS ^{14}C 年代測定結果

Lab Code	Sample Name	Core Name	Core Depth (m)	Material	CRA (BP)	$\delta^{15}\text{O}$ (‰)	Calibration Curve	Calibrated Date	
								2σ (cal BP)	peak (cal kBP)
Beta-552585	UZN-1-1	GS-UTO-1	3.10	shell	4720 ± 30	+0.12	Marine 20	4935 - 4586	4.80
Beta-552586	UZN-1-2	GS-UTO-1	6.82	shell	7680 ± 30	+0.50	Marine 20	8116 - 7814	7.96
Beta-552587	UZN-1-3	GS-UTO-1	11.49	shell	9520 ± 30	+0.20	Marine 20	10390 - 10054	10.21
Beta-552588	UZN-1-4	GS-UTO-1	15.04	shell	10110 ± 30	-7.70	Marine 20	11196 - 10835	11.08
Beta-554715	UZN-2-4	GS-UTO-2	1.10	sediment	11600 ± 30	-21.8	IntCal 20	13576 - 13356	13.48
Beta-554716	UZN-2-5	GS-UTO-2	2.27	sediment	10480 ± 30	-21.5	IntCal 20	12618 - 12200	12.58
Beta-554717	UZN-2-6	GS-UTO-2	2.70	sediment	14920 ± 40	-21.2	IntCal 20	18284 - 18168	18.23

GS-UTO-1 コア及び GS-UTO-2 コアの観察に基づく堆積相及び年代測定結果から、両コアに分布する地層を上位のものより、ユニット A～ユニット E に区分した。このうち、両コアに分布するのはユニット A 及びユニット B である。一方、ユニット C は断層北側（相対的沈降側）の GS-UTO-1 コアにのみ、ユニット D 及びユニット E は断層南側（相対的隆起側）の GS-UTO-2 コアにのみ分布する。図 10 及び図 11 の左側に示すように、ユニット A は沖積層、ユニット B は沖積基底礫、ユニット C は上部更新統、ユニット D は火砕流堆積物（軽石を多く含む：阿蘇 4 火砕流堆積物 (Aso-4 テフラ：85～90 ka (ka：千年前)；町田・新井, 2003) の可能性がある)、ユニット E は更新統（中期更新世以前）と解釈した。また、図の右側にユニット A の堆積曲線の予察的结果を示す。令和 3 年度には、 ^{14}C 年代の追加測定及び火砕流堆積物（ユニット D）の火山灰分析を行い、各ユニットの年代値、年代曲線、対比の改善を行う予定である。

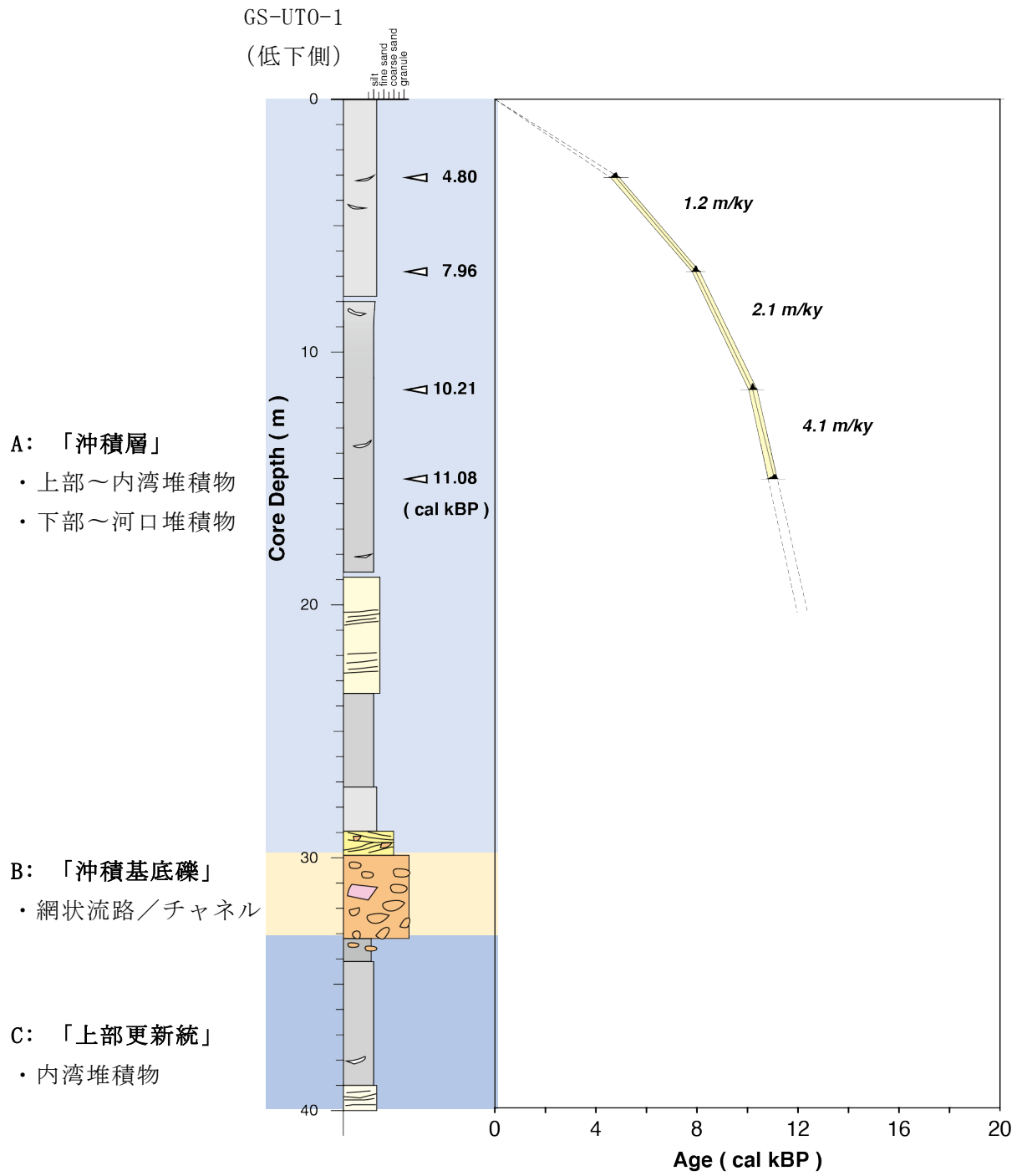


図 10 GS-UT0-1 コアの層序 (左) 及び堆積曲線 (右)

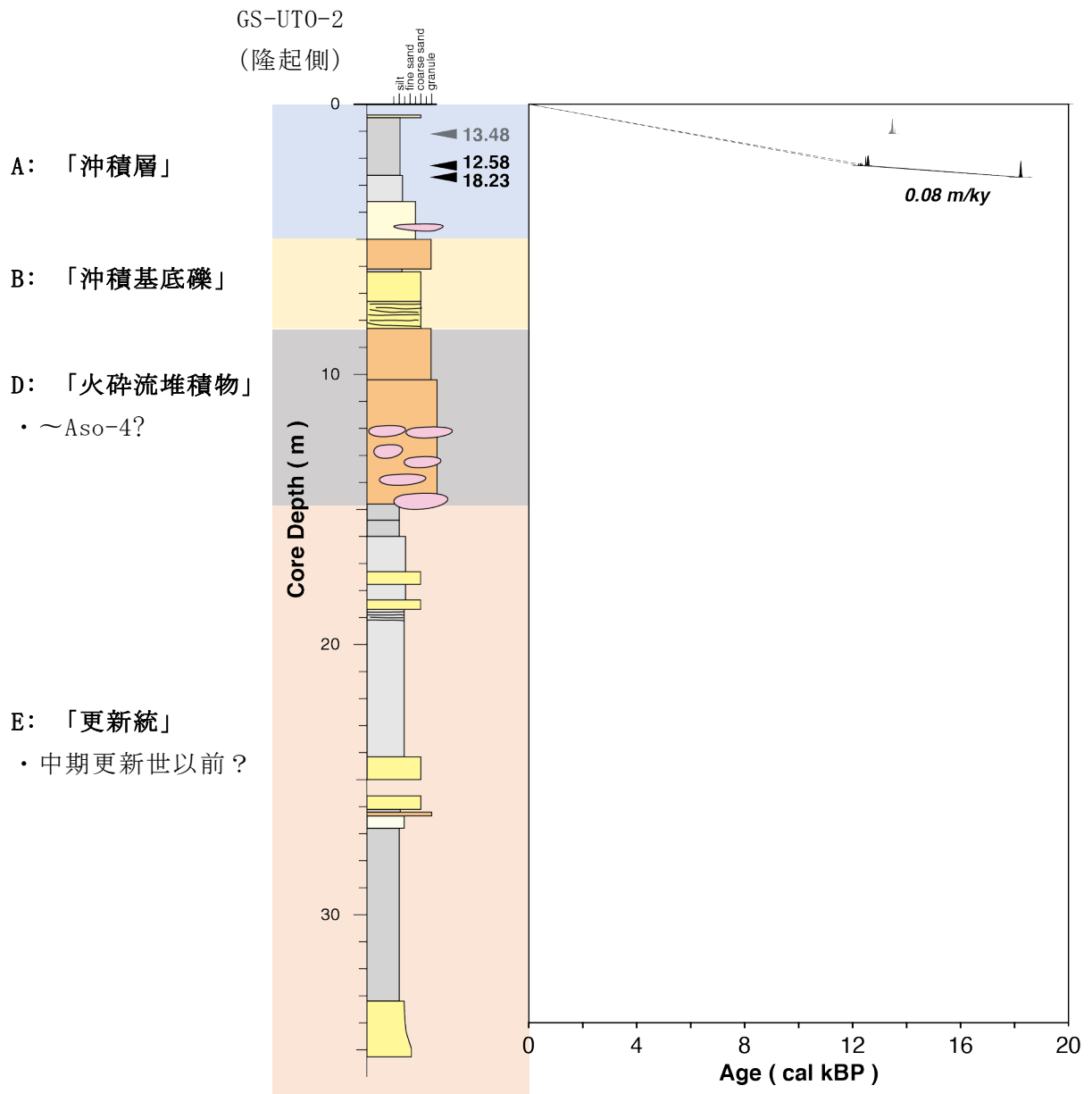


図 11 GS-UT0-2 コアの層序 (左) 及び堆積曲線 (右)

iv) 堆積物コアの堆積相と音波探査記録における音響層序との関係

上記 i) ~iii) に基づいて、堆積物コアの堆積相と音波探査記録における音響層序との関係を検討し、予察的な断層周辺の地質構造解釈図（地質断面図）を作成した（図 12）。これによると、ユニット境界は探査記録の顕著な反射面と対応しているように見える。また、布津沖の断層を挟んで沖積基底礫層とみられるユニット B 基底面に 50 m 程度の北側低下の落差が認められる。今後、ユニット A/B 境界面の形成年代の推定及びユニット D（火砕流堆積物）の同定・対比を進めることで地質解釈図（地質断面図）を改善し、信頼度の高い活動性の検討が可能になると考えられる。

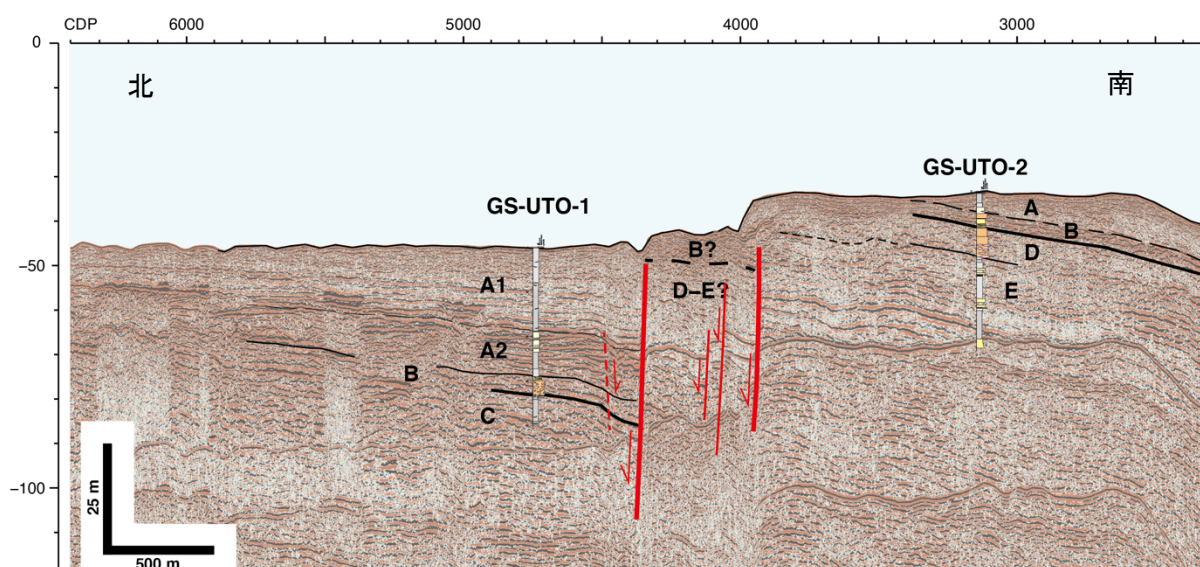


図 12 既存の音波探査記録の再解析イメージの解釈による音響層序と堆積物コアの解析に基づく層序から推定される布津沖の断層を横断する地質解釈図（地質断面図）

(c) 結論ならびに今後の課題

本年度は、令和元年度に海上ボーリング調査により取得された堆積物コアを対象として、肉眼観察による岩相解析、CTスキャン画像解析に基づく断層近傍の堆積層及び層序の検討を行った。また、令和元年度に実施した¹⁴C年代測定結果を用いて堆積速度を検討した。さらに、既存の音波探査記録の再解析イメージに基づいて、音響層序を検討した。以上の結果に基づいて、音響層序と堆積相の関係を検討し、断層を横断する予察的な地質解釈図（地質断面図）を作成した。令和3年度には、¹⁴C年代測定や火山灰分析等を充実させることにより、地質解釈図（地質断面図）を改善し、活動性の検討を行う。さらに、断層低下側の堆積物コアの詳細な解析を令和2年度に引き続き行い、活動履歴に関するデータの取得を目指す。

(謝辞)

産業技術総合研究所地質情報研究部門海洋環境地質研究グループの横井久美氏には堆積物コアのCTスキャンを実施していただきました。お礼申し上げます。

(d) 引用文献

- Bronk Ramsey, C., Bayesian analysis of radiocarbon dates, *Radiocarbon*, 51, 337-360, 2009.
- Heaton, T. J., Köhler, P., Butzin, M., Bard, E., Reimer, R. W., Austin, W. E. N., Bronk Ramsey, C., Grootes, P. M., Hughen, K. A., Kromer, B., Reimer, P. J., Adkins, J., Burke, A., Cook, M. S., Olsen, J., Skinner, L. C., Marine20—the marine radiocarbon age calibration curve (0-55,000 cal BP), *Radiocarbon*, 62, 779-820, 2020.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 「雲仙断層群の評価 (一部改訂)」, 48p, 2006.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 「布田川断層帯・日奈久断層帯の評価 (一部改訂)」, 66p, 2013.
- 町田 洋・新井房夫, 「新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺]」, 東京大学出版会, 336p, 2003
- 松岡 暁・堤 浩之・竹村恵二・星住英夫・松本哲一, 雲仙活断層群の変位速度と活動史, 活断層研究, 25, 135-146, 2005.
- 長崎県, 「平成 14 年度 地震関係基礎調査交付金「雲仙活断層群に関する調査」成果報告書」, 242 pp, 2003.
- 長崎県, 「平成 15 年度 地震関係基礎調査交付金「雲仙活断層群に関する調査」成果報告書」, 1-1-8-4, 2004.
- 長崎県, 「平成 16 年度 地震関係基礎調査交付金「雲仙活断層群に関する調査」成果報告書」, 1-1-10-3, 2005.
- Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., Manning, S. W., Muscheler, R., Palmer, J. G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Turney, C. S. M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S. M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A. & Talamo, S., The IntCal20 northern hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62, 725-757, 2020.
- 産業技術総合研究所・千葉大学理学部・東海大学海洋学部・地域地盤環境研究所, 沿岸海域における活断層調査「雲仙断層群北部 (海域) 及び雲仙断層群南東部 (海域)」成果報告書, 本文 49p, 図表 134p, 2010, https://jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/engankaiiki/h21/h21_unzen.pdf
https://jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/engankaiiki/h21/h21_unzen1.pdf
https://jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/engankaiiki/h21/h21_unzen2.pdf
https://jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/engankaiiki/h21/h21_unzen3.pdf
https://jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/engankaiiki/h21/h21_unzen4.pdf (2021 年 3 月 25 日閲覧).