

五島列島（下五島エリア）ジオパーク活動支援助成金
事業成果概要【公開用】

事業名	五島層群復元プロジェクト
事業の種類	調査・研究事業 / 普及・啓発事業 ※該当する事業に○を記載願います
所属・事業実施者	九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻・高橋宏明
事業期間	2023 年 7 月 31 日 ～ 2024 年 1 月 22 日
関連分野	地質学/堆積学/層序学 ※事業の分野（地質学／考古学／普及・啓発／保全など）について記載願います
キーワード	地質・ジオパーク・フィールド調査 ※事業に関するキーワードを 3 点程度記載願います
対象地	福江島（カヤバ浦，太田，琴石，天保，宮原，半泊，島山島，戸岐，戸楽，福見，檜ノ浦，きびなご，割ノ子島，打折，曲坂峠・六方ノ浜，登屋ノ首，間伏，仏崎） 久賀島（長崎鼻，田ノ江） 奈留島（オゴ鼻島，椿原，兜崎） 若松島（漁ヶ生浦） 中通島（跡次，太田，江ノ浜，黒崎峠，蝙蝠鼻，旧崎浦，頭ヶ島，神ノ浦） ※事業対象の地区や地名（複数の場合は全て）を記載願います

事業成果の概要

<調査・研究事業の場合>

1. どうして調べたのか（背景・目的）

五島列島は日本列島の最西端に位置しており、2200～1700 万年前の五島層群とその上位に不整合で重なる 1500 万年前の五島流紋岩類、70 万年前の玄武岩火山岩類からなります。特に五島層群は厚さ 2000～3000m の陸上の堆積物とされています。五島層群は 3 つのユニットから構成されており、下部ユニットが火山砕屑岩、中部ユニットは小規模河川・湖堆積物、上部ユニットが厚い河川堆積物からなります (Kiyokawa et al., 2022)。

五島層群が堆積していた時代は、全世界的には温暖な時期 (MMCO: Middle Miocene Climate Optimum) が続いていたとされています。実際に福江島北方峠（五島層群上部ユニット）にて、クリ属などの温暖な気候を示す台島型植物化石の産出が報告されています (植田, 1961)。一方で、中通島跡次（五島層群中部ユニット）では、ヤナギ属を主とした比較的涼しい気候を示す植物化石も産出しています (安永ほか, 2007)。つまり五島層群では涼しい環境から温暖な環境へと移り変わっていき、これは全世界的な古気候変動と異なる可能性があります。さらに中通島神ノ浦（五島流紋岩類ユニット）では保存状態の悪い海成貝化石も報告されており、海の流入も指摘されています (川原ほか, 1984)。

泥岩には植物化石や有機物などを含んでおり、堆積していた当時の古気候・古環境が保存されています。本研究では、五島層群の中部及び上部ユニット・五島流紋岩類ユニット中の泥岩層において、詳細な露頭でのルートマップ・柱状図作成により泥岩層が含まれる地層の堆積場を特定しました。また、泥岩試料の顕微鏡観察及び有機物分析、有機炭素濃度 (TOC: 岩石中の炭素の割合) 及び炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$)、全硫黄量 (TS: 岩石中の硫黄の割合)、硫黄安定同位体比 ($\delta^{34}\text{S}$) 測定を行いました。これらの結果を用いて、五島層群中部・上部ユニットそして五島流紋岩類ユニットにおける、泥岩の堆積場の移り変わりや有機物の形態、そして古気候を明らかにしました。

2. どうやって調べたのか（調査・研究手法）

①五島列島において地層が観察できる地点 (Fig. 1) でルートマップ・柱状図作成を行い、泥岩を採取しました。そしてファシス解析からどのような堆積場なのかの認定を行いました。これにより、五島層群の中部-上部ユニットそして五島流紋岩類ユニットの泥岩層の変化を確認しました。また、炭化物が入っている出来るだけ真っ黒な泥岩を採取しました。

②採取した泥岩から厚さ 0.03mm 程度の薄片を作成しました。これを九州大学の顕微鏡を用いて泥岩にどのような鉱物・炭化物が含有しているのかを観察しました。また、倍率 20 倍にてメッシュ（縦 12 個、横 10 個・計 120 個）を用いて石英、有機物、マトリックスの分類分けを行い、楕円形炭化物と棒状炭化物の割合も算出しました。

③泥岩の乾燥・粉碎・酸処理した試料の TOC, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ を高知大学海洋コア国際研究所の元素分析装置 (Flash EA 1112) を用いて測定しました、また TS, $\delta^{34}\text{S}$ を東京大学大気海洋研究所にて安定同位体比質量分析装置 (Isoprime100) を用いて測定しました。

3. なにが分かったのか (結果と考察) : 以下, 代表的なポイントの調査結果をまとめます.

五島層群中部ユニット (福江島東部・久賀島西部海岸) : 厚い泥岩勝ちの砂岩泥岩互層からなります (Fig. 2). 5-10m の互層が規則的に繰り返し、薄い砂岩層を挟みます. リップルマークも観察できます.

堆積環境 : 小規模河川を伴う広域な湖環境.

顕微鏡観察 : 粗粒シルトサイズの石英や粘土鉱物, 黒色炭化物も多く含まれます.

分析結果 : 31 試料測定し, TOC は 0.01~0.25%, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は -26.7~-20.8‰, 1 試料のみ TS は 0.02% でした. $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ が -26‰ を示す泥岩には大きさ 40 μm を超える棒状炭化物が多く含まれますが, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ が重い値を示すに従って楕円形炭化物が多くなる傾向にあります.

五島層群上部ユニット (福江島北部海岸) : イプシロン型の斜交層理を伴う厚さ 10m を超える砂岩主体の砂岩泥岩互層からなります (Fig. 3). 石英を主体とする砂岩には厚さ数 cm の木炭片や珪化した立木を挟みます. 泥岩層は泥岩とシルト岩互層からなり, 側方数百メートル追跡できます.

堆積環境 : 巨大河川周辺部に広がった氾濫原.

顕微鏡観察 : 細粒シルトサイズの石英や炭質物を含みます.

分析結果 : 20 試料測定し, TOC は 0.32~0.62%, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は -32.8~-25.0‰, 木炭の TOC は 5.8%, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は -25.4‰ でした.

五島流紋岩類ユニット (神ノ浦層 : 中通島) : 厚さ数 m の泥岩を主体とします (Fig. 4) が, 厚さ 50cm の流紋岩質粗粒凝灰岩を少なくとも 2 枚挟みます. 下位の泥岩層は黒色の塊状ですが, 上位になると風化が激しく, 茶~黄色を呈します.

堆積環境 : 五島層群堆積後の 15Ma における北東-南西方向の伸長 D2 変形時に形成した流紋岩火山活動を伴う狭い浅海堆積盆 (Kiyokawa, 2022)

顕微鏡観察 : 粗粒シルトサイズの石英や棒状炭化物を含みます.

分析結果 : 14 試料測定し, TOC は 0.14~0.57%, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は -25.5~-24.7‰, TS は 5 試料で 0.12~0.56%, $\delta^{34}\text{S}$ は -15.6~19.2‰ でした.

考察

陸上植物は大気中の二酸化炭素の自由交換による光合成回路の違いにより, C3 植物と C4 植物に分けられます. イネなどの低温と湿った環境を好む C3 植物の $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は -35~-21‰ の範囲内にあります. 一方, サボテンなどの比較的温暖で乾燥した環境を好む C4 植物の $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は -19~-6‰ を示します. 本研究で測定した中部ユニットの泥岩の $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は -32.0~-20.8‰ でした. また, 上部ユニットの泥岩の $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は主に -25‰ 前後の値を示します. これらの値から C3 植物の範囲内にあります. 単体で測定した木炭の値と一致し比較的寒冷的な木々や湿地帯に生える C3 植物が起源だと考えられます. 全硫黄量においては, 五島層群では 0.2% 未満であり淡水性を示しましたが, 神ノ浦層では 0.3% を超えており, その堆積場は海成環境と考えられます. この事は, 本地域から報告されている保存状態の悪い海成貝化石の報告と一致します. 五島列島では, 五島層群堆積後, 神ノ浦層の堆積で初めて海の寄与が明らかになりました.

4. まとめ【堆積場復元】

中部ユニット

北東南西の伸長 D1 変形時に形成された、広域な湖または小規模河川の氾濫原で堆積したと考えられます (Fig. 5). 湖は少なくとも数 km 規模で水深が 20m を超える可能性もあります. 砂岩中に観察されるリップルマークは水底だと考えられます. 泥岩は基本的に粗粒シルト岩から構成され, 石英も多く入ります. 泥岩の TOC は 0.01~0.25%, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は -32.0~-20.8‰, TS はほぼ 0% でした (Fig. 6). TS が検出されていないことから, 陸上で堆積し, かつヘドロ状態ではない比較的酸化的な堆積環境であったと考えられます.

上部ユニット

北東南西の伸長 D1 変形時に形成された, 巨大河川 (氾濫原) にて堆積したと考えられます (Fig. 7). 泥岩は細粒シルト岩または粘土岩から構成される事が多いです. 泥岩の TOC は 0.01~1.33%, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は -32.8~-24.2‰, TS はほぼ 0% でした (Fig. 8). TS が検出できていないことから, 本ユニットも陸上で堆積し, かつ酸化的な堆積環境下にあったと考えられます. また砂岩中に立木や木炭も観察されることから, 氾濫原に繁栄した陸上植物が有機物の主起源であると考えています.

五島流紋岩類ユニット (神ノ浦層)

五島層群堆積後の 15Ma における北東南西方向の伸長 D2 変形時に形成された浅海堆積盆にて堆積したと考えられます (Fig. 9). 泥岩は粗粒シルト岩から構成されます. 泥岩の TOC は 0.14~0.57%, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は -25.5~-24.7‰, TS は 0.12~0.61%, $\delta^{34}\text{S}$ は -19.2~15.6‰ でした (Fig. 10). 本ユニットの $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は五島層群の泥岩の示す範囲内にありますが, 上部ユニットの泥岩よりもその値の幅が小さいことから, 有機物の起源は同一の生物種である可能性もあります. TS が 0.3% 以上検出できたことより, ここで初めて海水が流入してきた事が明らかになりました. $\delta^{34}\text{S}$ から五島層群堆積時よりは無酸素条件下に近い還元的な堆積環境 (ヘドロ的な環境) であったと考えられます. ただし 1 試料のみ正の値を示す $\delta^{34}\text{S}$ も観測されており, 局所的に酸化的な環境下であった可能性もあります.

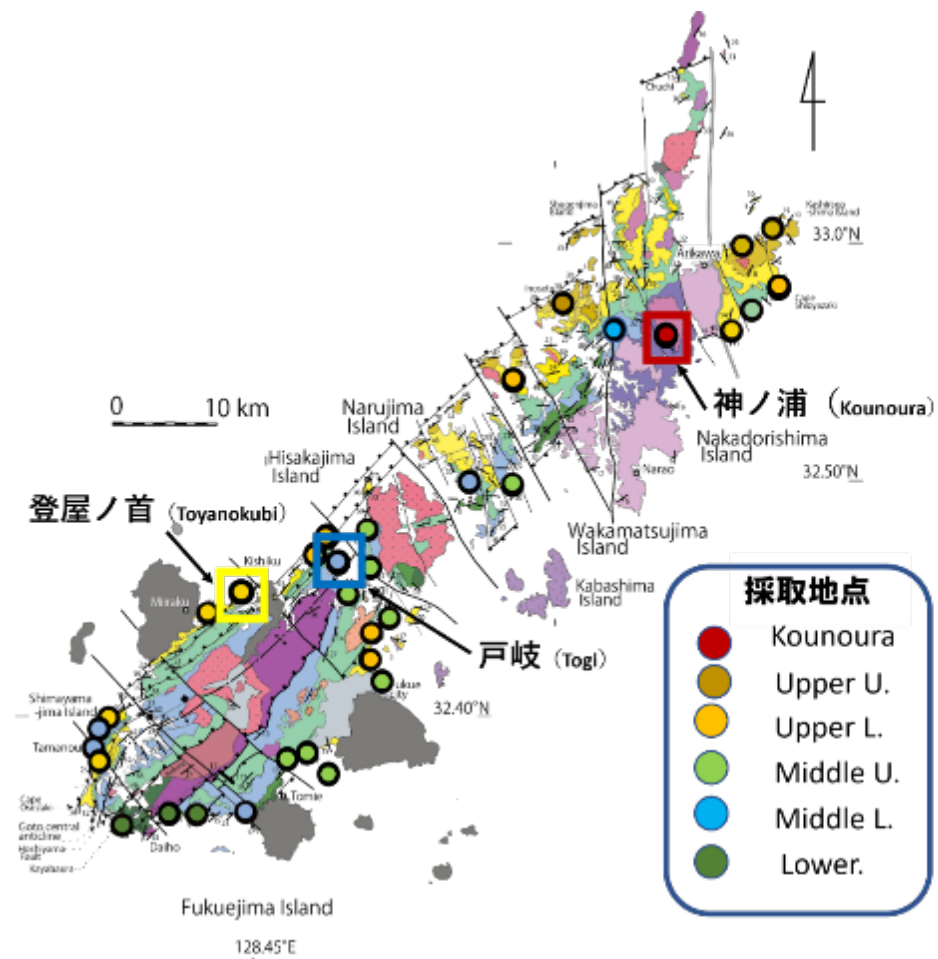


Fig. 1 本研究の調査・泥岩採取地点. 五島列島全域を調査しました.

五島層群中部ユニット(福江島東部海岸「戸岐, Togi」)



Fig.2 戸岐の全体図. 福江島東部に位置し, 層厚 20m 以上の泥岩層が観察できます.

五島層群上部ユニット（福江島北部海岸「登屋ノ首，Toyanokubi」）



Fig. 3 登屋ノ首の全体図，福江島北部に位置し，砂岩層には斜交層理が観察できます。

五島流紋岩類ユニット（中通島中央部「神ノ浦，Kounoura」）



Fig. 4 神ノ浦の全体図．中通島中央部に位置し，流紋岩の他にも泥岩層も観察できます。

中部ユニット

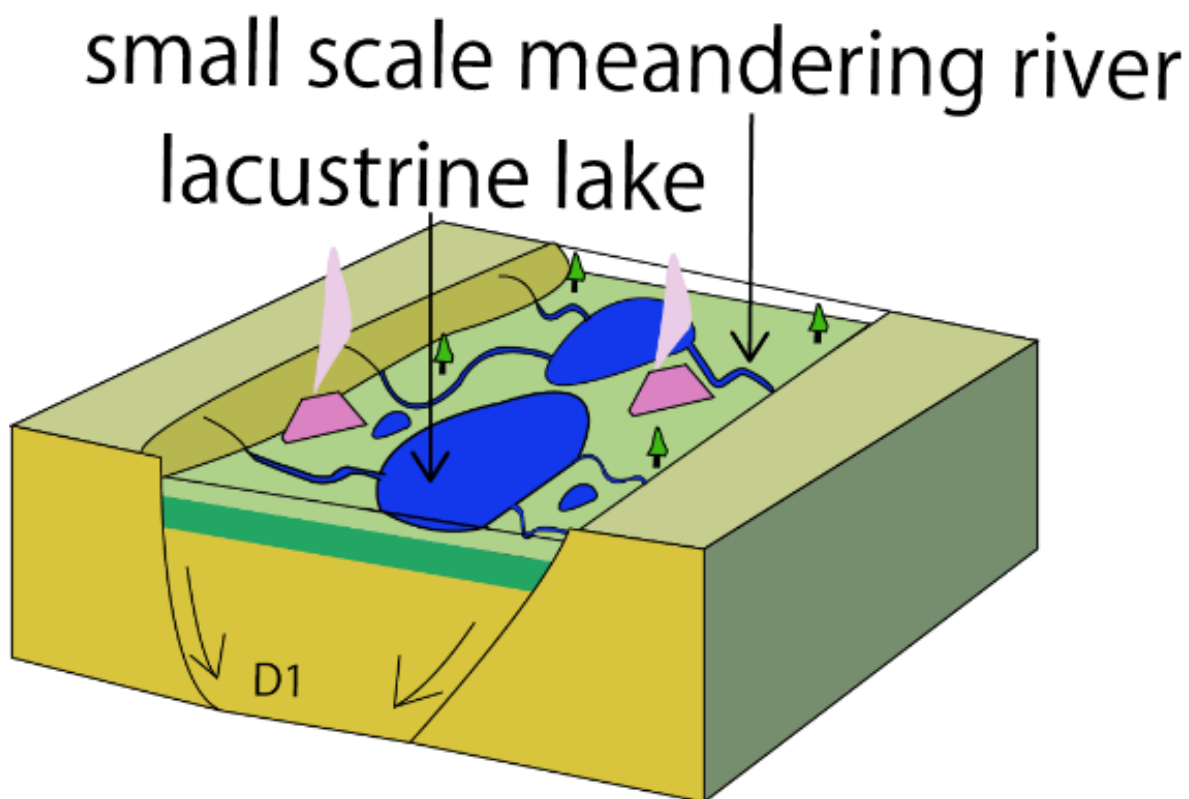


Fig. 5 中部ユニットのモデル図. 泥岩層は小規模河川または広域な湖に堆積したと考えています.

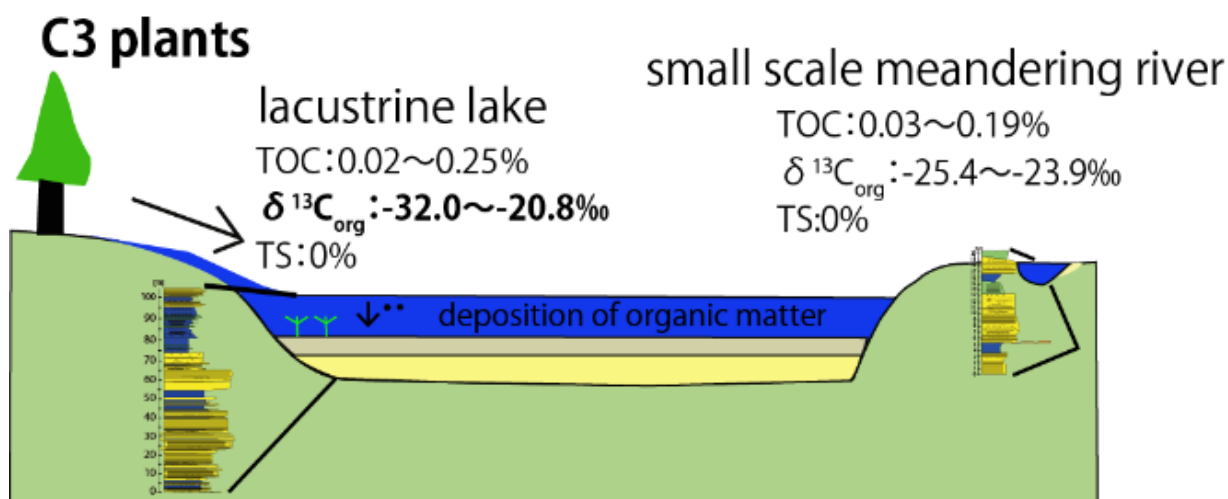


Fig.6 中部ユニットの堆積場復元. 広域な湖に堆積した泥岩の $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ は幅広い値を示します. これは水深の変化により有機物の供給源が異なる可能性があります.

上部ユニット

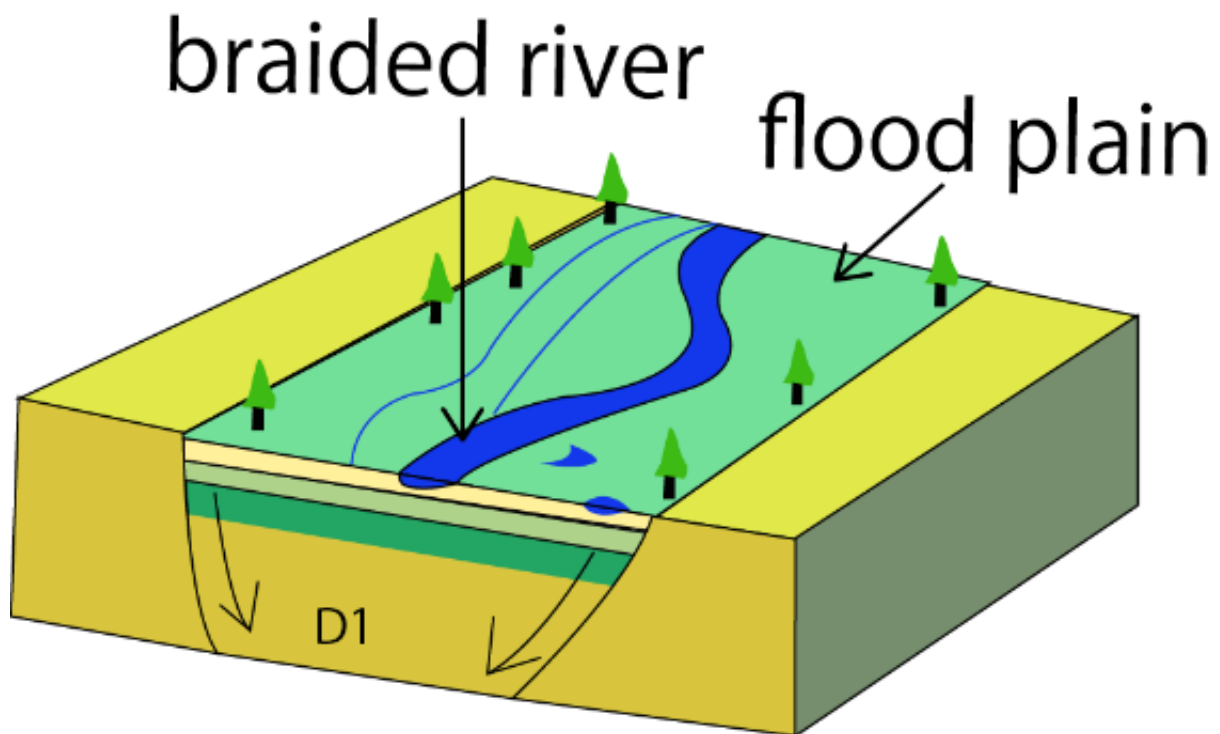


Fig.7 上部ユニットのモデル図. 泥岩層は巨大河川・氾濫原に堆積したと考えています.

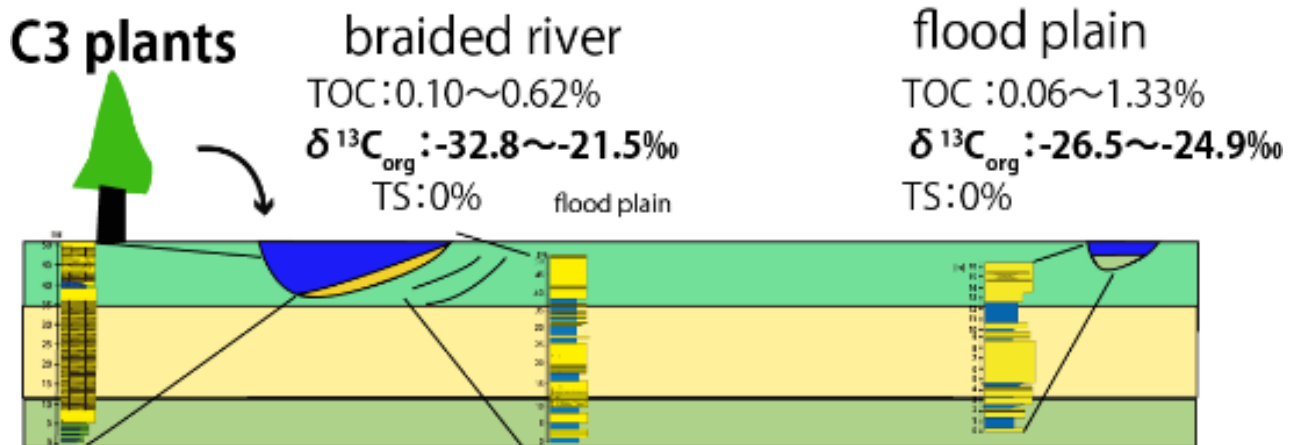


Fig.8 上部ユニットの堆積場復元. 氾濫原に堆積した泥岩の $\delta^{13}C_{org}$ は-25‰前後の値を示します. これは有機物の供給が同一種である可能性があります.

五島流紋岩類（神ノ浦）

shallow marine

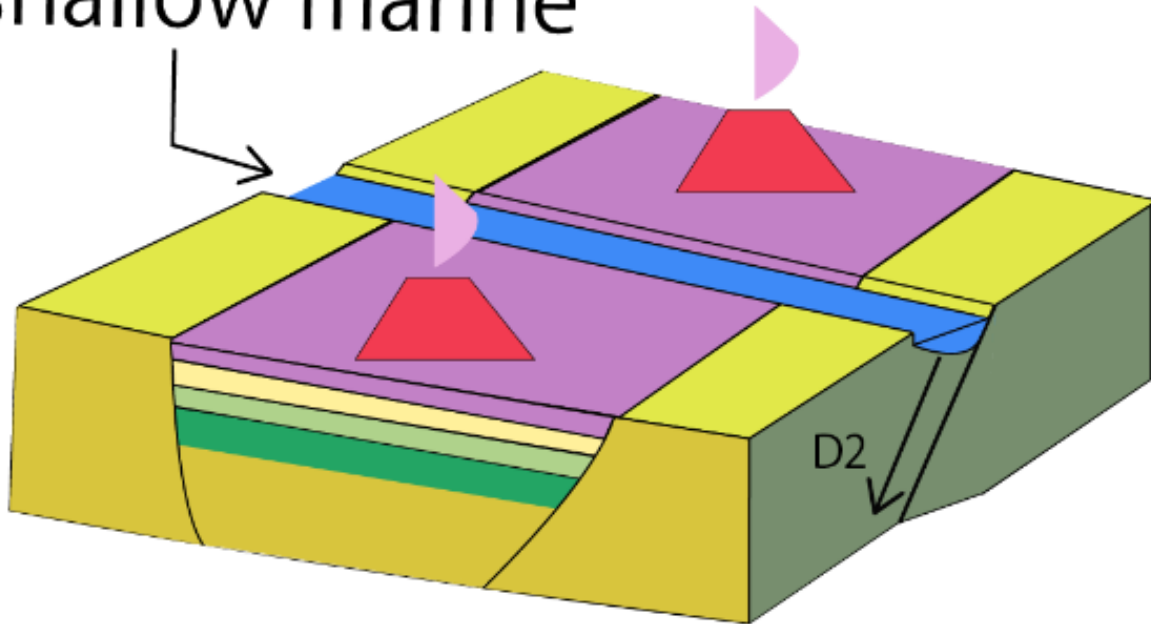


Fig. 9 五島流紋岩類ユニットのモデル図. 流紋岩質火山活動が活発でしたが、泥岩層は D2 変形に伴う浅い海に堆積したと考えています.

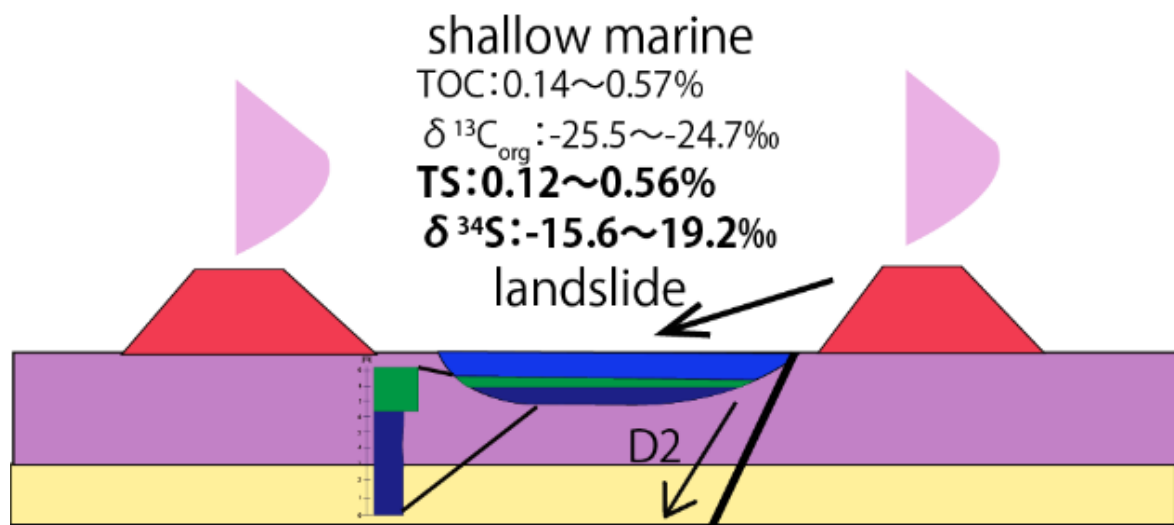


Fig. 10 五島流紋岩類ユニットの堆積環境. TS が 0.3%を超えている試料もあったため、ここで海水が流入してきたと考えています. $\delta^{34}\text{S}$ から五島層群堆積時よりは無酸素条件下に近い還元的な堆積環境（ヘドロ状態）であったと考えられます.