

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号： 8 2 6 2 6

研究種目： 国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(A））

研究期間： 2020 ~ 2022

課題番号： 1 9 K K 0 3 5 6

研究課題名（和文）前弧堆積盆を用いた大陸地殻の成長と衰退のプロセスの定量的モデルの構築

研究課題名（英文）Establishment of quantitative models for growing and shrinking processes of continental crust by using forearc basins

研究代表者

野田 篤（Noda, Atsushi）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・研究企画室長

研究者番号： 5 0 3 5 7 7 4 5

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,400,000 円

渡航期間： 8ヶ月

研究成果の概要（和文）：3月28日から11月30日までフランスのリール大学に滞在し、ペルー沖の前弧域の音波探査記録の解析及び新型アナログ実験装置を用いた沈み込み帯の再現モデルの構築に関する研究を実施した。実験の結果、（1）通常の付加作用は一定の波長を持つ周期的なプロセスであり、その過程では付加体下のプレート境界における上盤と下盤のカップリングの割合が時空間的に変化すること、（2）付加する堆積物内に含まれる弱層の数が増えても付加周期の波長は保たれるが、付加体内の地質構造や断層ネットワークは複雑になること、（3）弱層に不連続がある場合、付加周期の波長は乱れ、順序外衝上断層の活動が顕著になること、などを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、巨大地震の発生が予想されるプレート沈み込み帯において、付加体がどのように発達するのか、断層の活動度はどう変化するのかなどについてを検討したものである。この研究の主な成果は、付加体内やプレート境界における力のかかり方が付加体の成長過程に応じて変化することを示したことである。つまり、付加体の成長過程の段階に応じて、地震の発生しやすさが変化することを示しており、現在の沈み込み帯における地震活動の理解にとって重要な知見となる。

研究成果の概要（英文）：From March 28th to November 30th, I stayed at the University of Lille, France, and conducted research on the analysis of acoustic survey records in the forearc region off the coast of Peru and the construction of a reproduction model of the subduction zone using a new analog experimental device. Experimental results show that (1) normal accretion is a periodic process with a constant wavelength, during which the rate of coupling between the cladding and the cladding at the plate boundary under the accretionary complex changes spatiotemporally; (2) the wavelength of the accretionary period is preserved even if the number of weak layers in the accretionary deposit increases, but the geological structure and fault network within the accretionary complex become more complex; It was clarified that when there is a discontinuity in the layers, the wavelength of the accretionary period is disturbed, and the activity of the out-of-order thrust fault becomes conspicuous.

研究分野：地質学

キーワード：沈み込み帯 付加体 アナログ実験 地震

## 1. 研究開始当初の背景

プレート沈み込み帯の陸側に位置する前弧域は、島弧や大陸の地殻が成長または衰退するところであり、日本を含めた環太平洋および世界各地に分布する。ここでは、海洋プレートが沈み込む際に、その上に堆積している土砂が上盤側の島弧(大陸)地殻に付加されることにより、島弧(大陸)地殻が成長するとともに、その陸側に前弧堆積盆が形成される。

応募者は科研費の助成を受けて、この前弧堆積盆の形成プロセスと付加体の成長プロセスとの関係性を調べる研究を行ってきた(基盤研究C、「前弧堆積盆の累積様式から島弧前縁のひずみ履歴を復元する手法の開発」、平成29年度～平成31年度)。この研究では、アナログ実験と数値モデルを用いて、前弧堆積盆の形成プロセスを沈み込み帯の成長(衰退)様式と関連づけて理解することを目指した。基課題で実施したアナログ実験では、原始的な前弧堆積盆の形成に成功するとともに、前弧堆積盆の地層累積様式は沈み込み帯に供給される土砂量と密接な関係があることを明らかにした。しかし、これまでに利用してきた東京大学大気海洋研究所の実験室および実験装置には、スペース上の制約から、作成できる付加体の規模や変位量に限界があり、堆積盆の成長に重要な役割を果たすと考えられる大規模分枝断層(mega-splay fault)や順序外断層(out-of-sequence thrusts)を発生させることができないといった課題があった。

フランスのリール大学海洋・地球科学研究所には、日本にはない規模のアナログ実験装置を備えるとともに、南米のエクアドルやペルー、ニュージーランドなどの環太平洋の前弧域におけるフィールド調査を進めている。そのため、リール大学の研究者とともに実験を行うことにより、付加体の形成プロセスを実験室で再現し、付加体の成長過程を詳しく調査する計画を立てた。また、南米大陸やニュージーランドのフィールドデータを持つ研究者と共同で天然の付加体の形成プロセスを解析することで、実験結果と天然とを比較することが可能となる。以上のことにより、島弧(大陸)地殻の成長と衰退の履歴を付加体の形成プロセスから復元するための定量的モデルの構築へとつなげられ、基課題の研究計画を格段に発展させることができる。

## 2. 研究の目的

基課題である「前弧堆積盆の累積様式から島弧前縁のひずみ履歴を復元する手法の開発」は、プレート境界での物質的・力学的な変動に対して、前弧堆積盆がどのように応答するかという問題に対して、島弧前縁に形成される付加体の変形履歴と前弧堆積盆の埋積様式との相互関係を実験的に明らかにすることを目的としていた。しかし、先に述べたように、基課題では、実験装置に課題が残されていることも分かった。そこで、本研究では、大規模な実験装置を用いて変位量の大きな実験を行うこと、また世界各地に分布する付加体のフィールドデータと実験結果を比較することによって、まずは付加体の形成プロセスについての理解を深め、基課題の研究をさらに発展させることを目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究では、フランスのリール大学海洋・地球科学研究所に所属するメンバー(Bruno Vendeville, Frank Chanier, Fabian Graveleau, Cesar Witt)と共同で実験を行なった。滞在期間は2023年3月末から11月末までの8ヶ月間で、この間に実験の計画から実施、結果の解析、とりまとめまでを行った。

実験では、リール大学に設置されている大型実験装置「Subductor」を使用し、4通りのデコルマの設定条件と表層堆積作用の有無の条件を変えて、計15回の実験を行った。研究のとりまとめの段階では、表層堆積作用の無い実験(計8回)に注目して、解析した(図1)。

実験中に撮影した画像を用いて、付加体の長さ・高さ・傾斜を測定するとともに、DICソフトで画像を解析することで、変位速度とひずみ速度を可視化した(図2)。

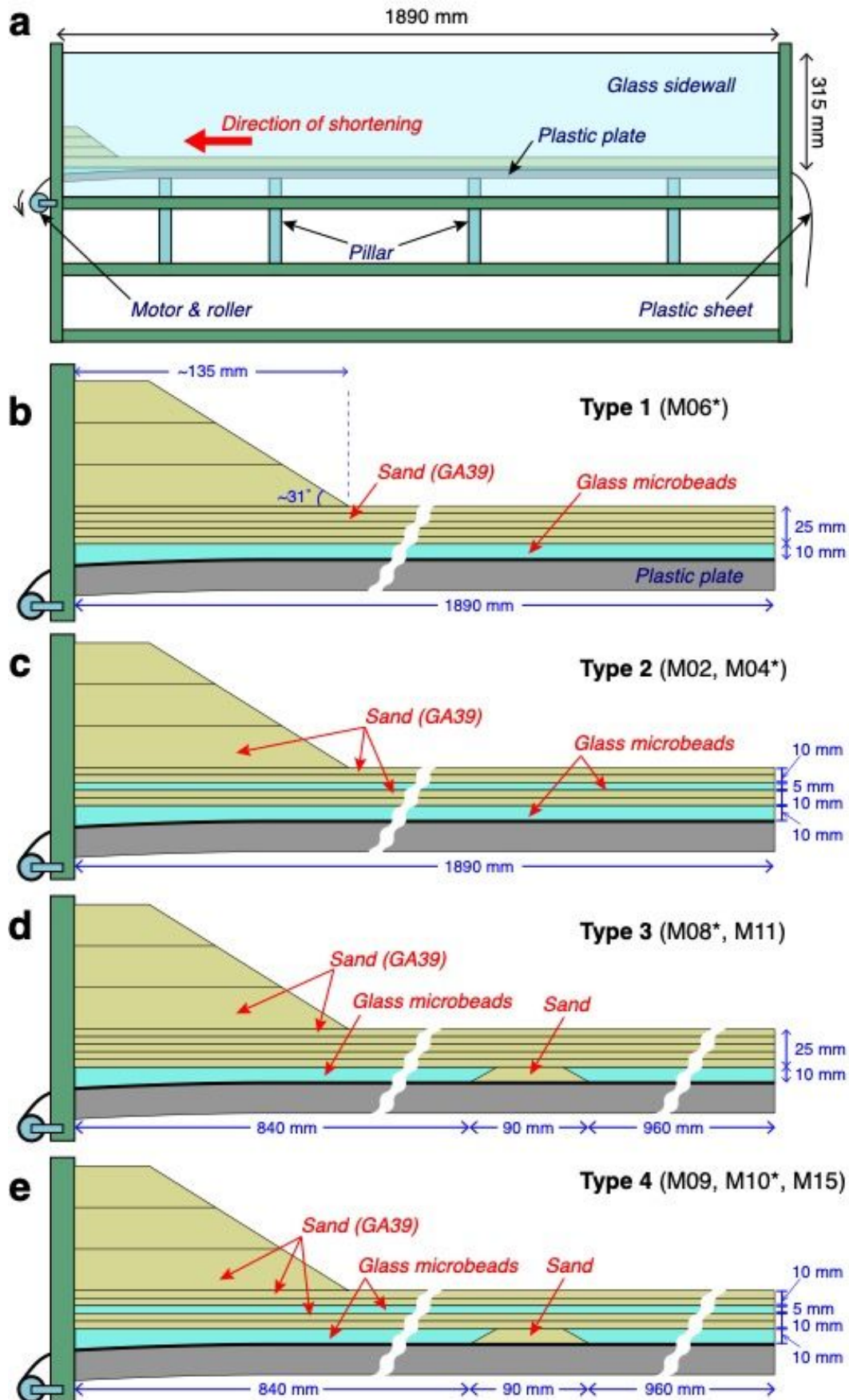


図 1 実験で用いた初期設定。(a) タイプ 1: 連続する 1 層のデコルマ。(b) タイプ 2: 連続する 2 層のデコルマ。(c) タイプ 3: 不連続な 1 層のデコルマ。(d) タイプ 4: 連続する 1 層と不連続な 1 層のデコルマ。

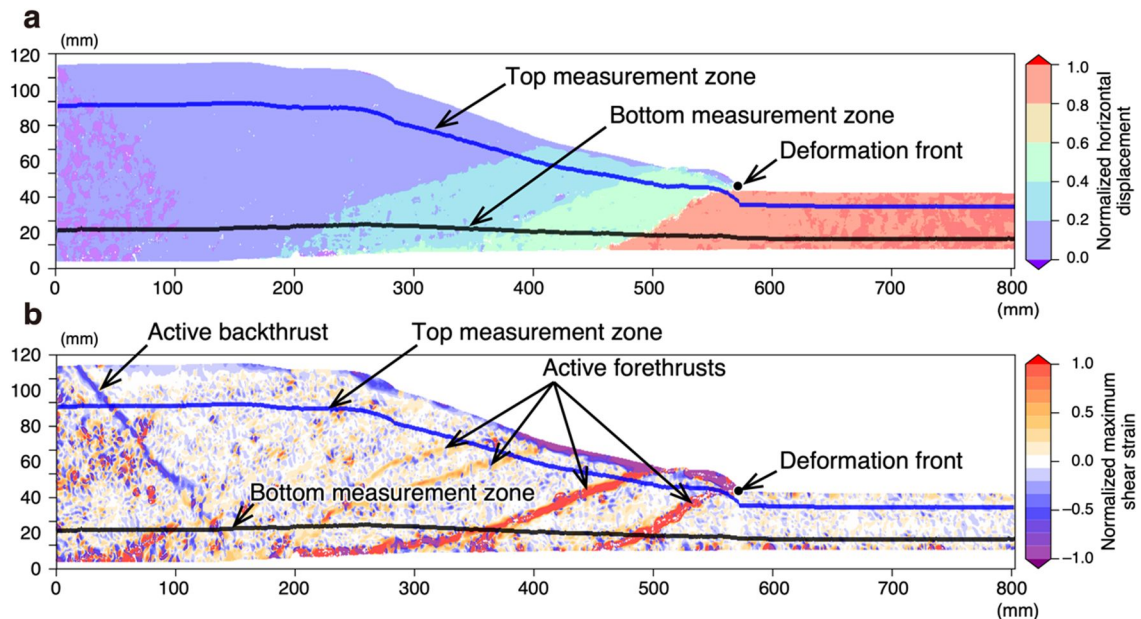


図 2 (a) 正規化された水平変位と下部 (黒線) と上部 (青線) の測定ゾーン。(b) 正規化された最大せん断ひずみ。

#### 4. 研究成果

異なる 4 種類のデコルマの設定条件のもとで実験を行い、付加ウェッジの幾何学的および運動学的データから、次のことが明らかになった。

連続する 1 層のデコルマモデル (タイプ 1) では、付加体は複数回の前縁付加サイクルによって形成される。各回の付加サイクルは、準備 (フェーズ 1)、開始 (フェーズ 2)、付加 (フェーズ 3)、再活性化 (フェーズ 4) の 4 つのフェーズで構成される。この付加サイクルを通じたウェッジの運動学的特徴として、(1) プレート境界面における固着域の段階的な内側への伝播、(2) ウェッジ内の既存断層の再活性化を伴う歪み集中域の陸側 (内側) への移動、(3) 新規前縁断層の形成時における基底カップリングの喪失が挙げられる (図 3)。ウェッジがデコルマ上でクリープまたはロックする程度は、ウェッジとデコルマとの間の相対的な強度に依存する可能性がある。ウェッジは、複数の付加サイクルを経験することで、次第に強度が増し、臨界状態に近づいていく。

連続する二層のデコルマモデル (タイプ 2) では、付加する堆積層の摩擦強度は、不均一であり、タイプ 1 よりも弱い。前縁付加の過程において、デコルマ (すべり面) は、堆積層中間の弱面と基底の弱面とを交互に行き来することにより、付加サイクルの初期段階でウェッジの前縁で堆積物がアンダースラストする (図 4)。付加する堆積層に挟まれた弱層は、既存断層が再活性化されるときに、断層ネットワークの再編成に貢献する。これにより、ウェッジの中央部分においてもアンダースラストが促進される。

底部デコルマの不連続は、海山の沈み込みと同様の効果のいくつかを誘発する。例えば、高角度の順序外スラストの発達、アンダースラストとアンダープレート (底付付加) の累積によって特徴付けられる。底付付加が起るとき、堆積層の間の弱層が低角度プレート境界断層として機能する。

本研究により、デコルマの設定条件を変えることにより、付加体の内部構造とスラスト活動の空間的および時間的進化に対する影響を明らかにすることができた。この成果は、天然における沈み込み帯のメカニズムとダイナミクスの理解に貢献する。

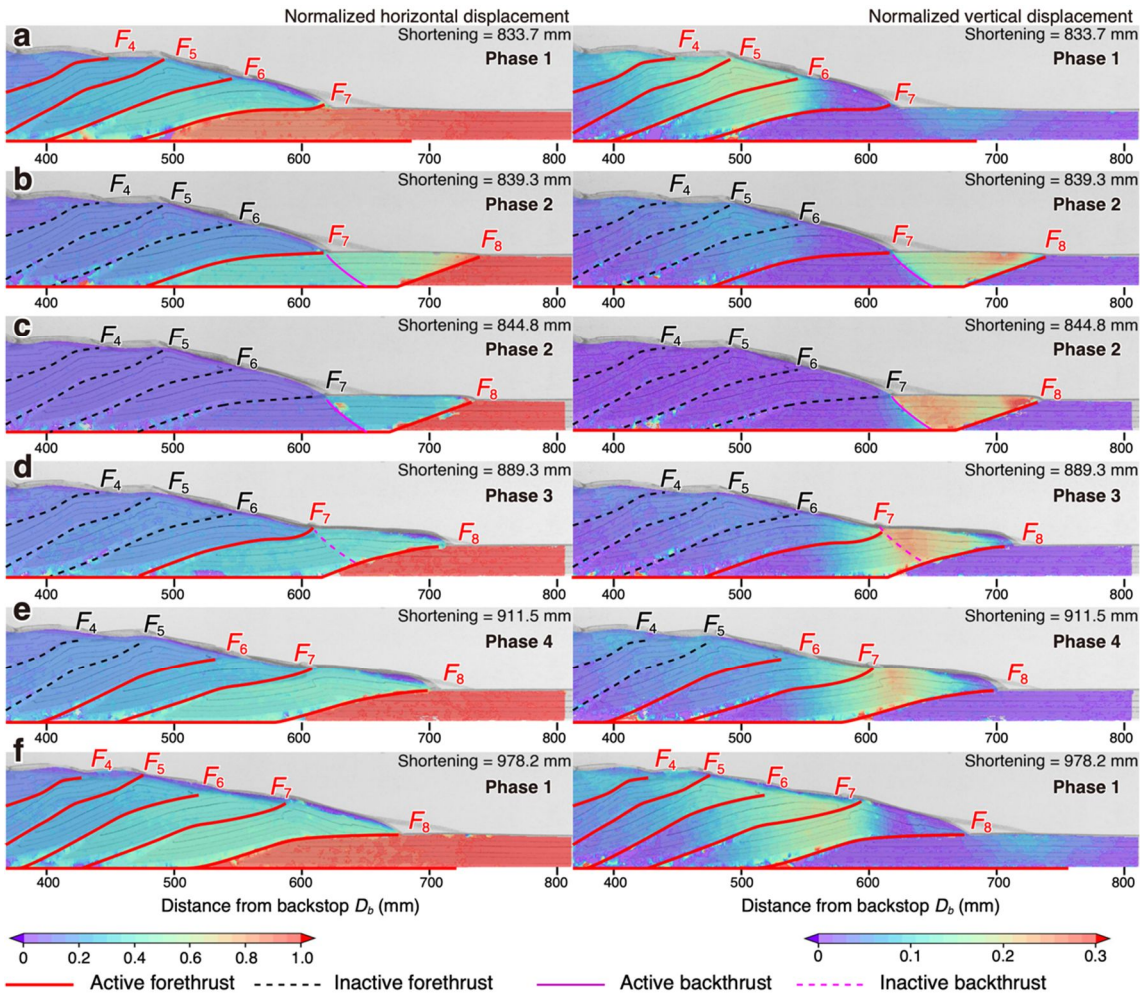


図 3 連続する一層のデコルマモデル (タイプ 1) の付加サイクルを示す正規化された水平変位 (左列) と垂直変位 (右列) の連続画像 .

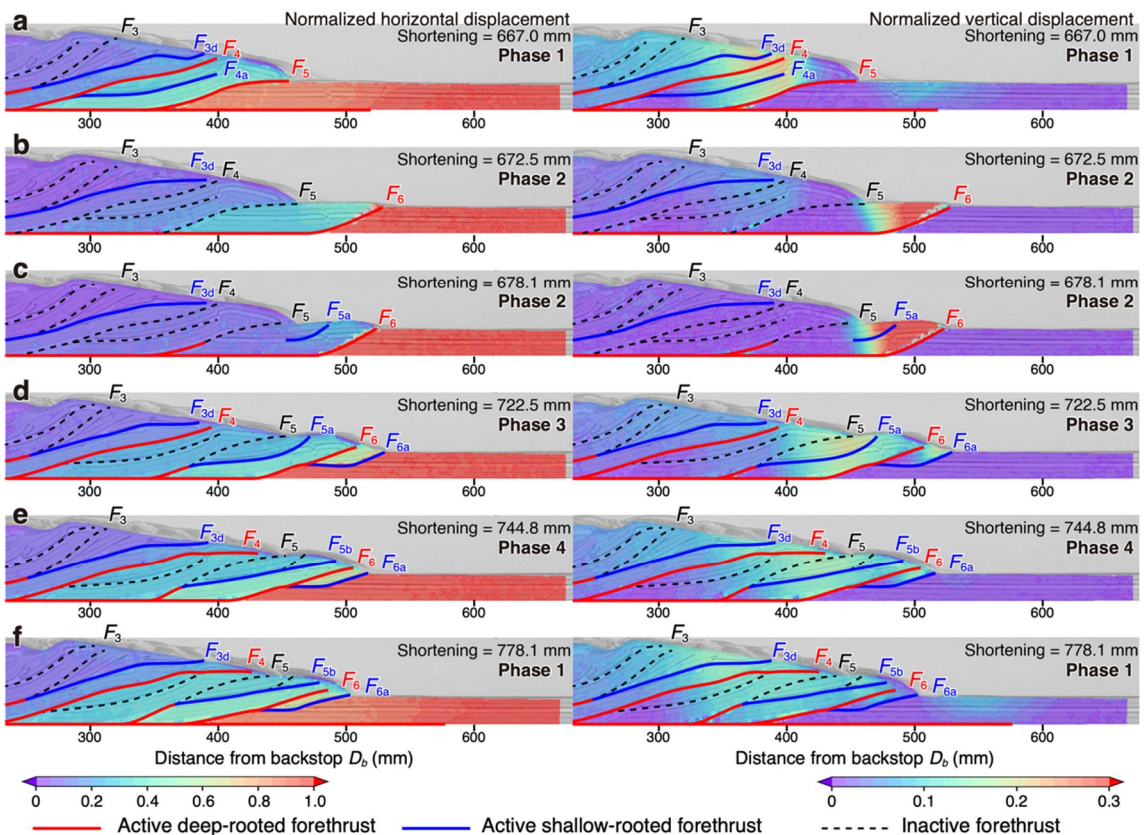


図 4 連続する二層のデコルマモデル (タイプ 2) の付加サイクルを示す正規化された水平変位 (左列) と垂直変位 (右列) の連続画像 .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Atsushi Noda, Fabien Graveleau, Cesar Witt, Frank Chanier, and Bruno Vendeville
2. 発表標題 Analog modeling of accretionary wedges with various decollement settings: Quantitative analysis of deformation process and strength evolution
3. 学会等名 EGU General Assembly 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ウィット セザー  (Witt Cesar)	リール大学・海洋地質学研究室・准教授	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ファビアン グラヴェロウ  (Fabien Graveleau)	リール大学・海洋地質学研究室・准教授	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	カニエ フランク  (Chanier Frank)	リール大学・海洋地質学研究室・教授	
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ヴェンデヴィル ブルノ  (Vendeville Bruno)	リール大学・海洋地質学研究室・教授	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
フランス	リール大学			